

ISBN 978-987-24771-9-6

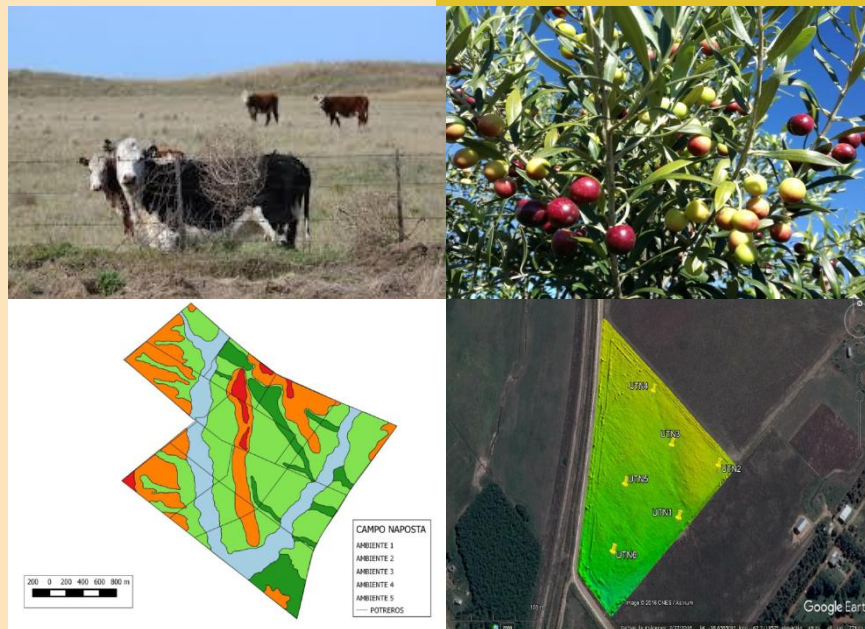
III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

7 y 8 de Septiembre de 2017 en Bahía Blanca (BA)

ACTAS

Juan Alberto Galantini, Matias E. Duval, María Rosa Landriscini y Liliana Suñer

Compiladores



III Jornadas Nacionales de Suelos de Ambientes Semiáridos / Juan Galantini ... [et al.] ;
compilado por Juan Galantini ... [et al.]. - 1a edición especial - Ciudad Autónoma de Buenos
Aires : Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo -AACS, 2018.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga

ISBN 978-987-24771-9-6

1. Ciencias del Suelo. I. Galantini, Juan II. Galantini, Juan , comp.

CDD 550

Fecha de catalogación: 17-04-2018

III Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos
II Taller Nacional de Cartografía Digital.
7 y 8 de Septiembre de 2017 en la ciudad de Bahía Blanca

Libro de Actas

Juan Alberto Galantini, Matias E. Duval, María Rosa Landriscini y Liliana Suñer
(Compiladores)



Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS)

Los artículos incluidos en las Actas son el resultado de las investigaciones realizadas por los autores y presentadas en las III Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos y II Taller Nacional de Cartografía Digital. Los conceptos vertidos en ellos quedan bajo la responsabilidad de los autores.



Estimado lector:

Los suelos de los ambientes semiáridos se caracterizan por su baja productividad, donde el agua suele ser el principal factor limitante para la producción biológica. Con un adecuado manejo pueden volverse moderadamente productivos. Su sensibilidad a la degradación obliga a un manejo cuidadoso, basado en el conocimiento. Si bien dichos ambientes semiáridos representan una superficie importante, tanto a nivel nacional como mundial, la investigación y transferencia sobre ellos no se encuentra acorde a las necesidades. El desafío va más allá de la generación de conocimiento, debe llegar hasta su divulgación, para que sea la inspiración de nuevas ideas y una guía en la búsqueda de manejos productivos en armonía con la naturaleza. Este es el gran desafío que enfrenta la sociedad actual para asegurar las futuras demandas de alimentos sin comprometer los recursos naturales.

La Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACCS), a través de la Comisión Química de Suelos, llevó a cabo las III Jornadas Nacionales de Suelos en Ambientes Semiáridos y II Taller Nacional de Cartografía Digital. Las mismas fueron organizadas en forma conjunta por el INTA, la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC, BA), el CERZOS (UNS-CONICET) y el Dpto. de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. Este evento se realizó el 7 y 8 de Septiembre de 2017 en la ciudad de Bahía Blanca. Con la participación de más de 120 inscriptos y la presentación de 80 contribuciones se generó un ámbito en el que se compartieron dos días de intenso intercambio de información para difundir las actividades que los diferentes grupos de trabajo llevan adelante en ambientes semiáridos de nuestro país.

Las presentaciones se organizaron siguiendo los siguientes Ejes Temáticos: 1) Política y Gestión de Recursos Naturales; 2) Tecnologías de manejo de suelos y agua; 3) Evaluación integral de un sistema productivo con diferentes labranzas; 4) Sistemas alternativos de uso del suelo; 5) Cartografía digital en ambientes frágiles.

Estas Actas contienen la información que se presentó y analizó durante las Jornadas.

COMISIÓN ORGANIZADORA

Presidente: Juan A. Galantini ^{1,2}
Vicepresidente: Matias E. Duval ³
Secretarios: Juan I. Vanzolini ⁴
Hugo Krüger ⁵
Tesorera: María R. Landriscini ²
Protesorera: Liliana Suñer ^{1,2, 3}
Vocales:
Oscar Bravo ³
Ramiro García ³
Julio Iglesias ³
Juan M. Martínez ^{2,3}
Corina Cerda ⁵
Josefina Zilio ⁵
Gabriela Minoldo ³
Fabiana Limbozzi ²
Fernando López ^{2,3}

¹ Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la Provincia de Buenos Aires;

² Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina

³ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca, Argentina

⁴ EEA INTA Hilario Ascasubi

⁵ EEA INTA Bordenave

Instituciones organizadoras

Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo (AACS)

Behring 2519 5to A
1427 CABA

Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS)

Edificio E-1, Centro Científico Tecnológico (CCT CONICET Bahía Blanca)
Camino La Carrindanga km 7.
8000 Bahía Blanca (BA)
Tel. (0291) 486 1124

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS)

San Andrés 800
8000 Bahía Blanca (BA)
Tel. (0291) 4595101

EEA INTA Hilario Ascasubi

Ruta 3 km 794
8142 Hilario Ascasubi (BA)
Tel. (02928) 491011

EEE INTA Bordenave

Ruta Provincial 76 km 36,5
8187 Bordenave (BA)
Tel. (02924) 420 621

Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)

Calle 526 entre 10 y 11
1900 La Plata (BA)
Tel. (0221) 4217374



Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo



Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (UNS-CONICET)



Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires



Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur



Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria

Indice

Eje Temático 1: Política y Gestión de Recursos Naturales	
MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS CON ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO, EXPERIENCIAS DEL PROYECTO SOBA	7
CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO EN EL PDO. DE VILLARINO: PASTURAS PERENNES Y EL PLAN DE SUSTENTABILIDAD FORRAJERA	13
ENERGÍAS RENOVABLES: UNA APUESTA AL FUTURO.....	21
Eje Temático 2: Tecnologías de manejo de suelos y agua de regiones semiáridas	
AVANCES EN INDICADORES FÍSICO-HÍDRICOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA Y SU RELACIÓN CON PRÁCTICAS DE MANEJO	23
EL PROCESO DE EROSIÓN EÓLICA EN EL SO BONAERENSE. ¿CUÁNTO NOS AFECTA?	24
INCIDENCIA DEL USO Y MANEJO DEL SUELO SOBRE EL ESCURRIMIENTO Y LA EROSIÓN EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA ARGENTINA	28
MECANISMOS DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS FINAS (PM10) POR EROSIÓN EÓLICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ARGENTINA	38
DISTRIBUCIÓN DE FRACCIONES DE FÓSFORO EN LA SUBREGIÓN PLANICIE CON TOSCA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL	47
VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE RAICES DE CENTENO COMO CULTIVO DE COBERTURA	53
ESTUDIO FRACTAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y PSEUDOPARTÍCULAS EN SUELOS DE LA PAMPA ARENOSA DE BUENOS AIRES	59
ANÁLISIS MULTIVARIADO DE PROPIEDADES EDÁFICAS BAJO SIEMBRA DIRECTA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA SUR COMO BASE PARA LA SELECCIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD	65
PARÁMETROS EDÁFICOS Y PRODUCTIVOS QUE CONDICIONAN EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN GRANO DE TRIGO	73
MONITOREO DEL PERFIL DEL SUELO EN UNA PARCELA IRRIGADA CON AGUA DEL DRENAJE EN LA ZONA DE CORFO RÍO COLORADO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES	79
Eje Temático 3: Evaluación integral de un sistema productivo con diferentes labranzas	
ENSAYOS DE LARGO PLAZO: UN CASO DE ESTUDIO EN EL ESTABLECIMIENTO HOGAR FUNKE	84
DINÁMICA DE LA BIOQUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA DEL SUELO EN SUELOS DEL SUDOESTE BONAERENSE CON DIFERENTES MANEJO DE LABRANZA	91
VALORACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE LABRANZA: ESTUDIO DE CASO EN EL SO BONAERENSE	92
ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN UN SUELO CON DIFERENTES LABRANZAS	98
CARBONO Y NITRÓGENO RECALCITRANTE EN UN SUELO CON DOS SISTEMAS DE LABRANZA: EFECTOS DE LARGO PLAZO	99
Eje Temático 4: Sistemas alternativos de uso del suelo	
LA OLIVICULTURA COMO ALTERNATIVA DE USO DE SUELO EN EL SUDOESTE BONAERENSE Y SUS IMPLICANCIAS	104
PRODUCTIVIDAD DE UN OLIVAR DE LA VARIEDAD NEVADILLO POR DIFERENTES DOSIS DE RIEGO EN EL SUDOESTE BONAERENSE	116
ADICIÓN AL SUELO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA	117
ECONOMÍA DE CULTIVOS ALTERNATIVOS EN LA REGION SEMIÁRIDA: EL CASO DE LA OLIVICULTURA	123
	130
	135

EFICIENCIA DE CONTROL DE LA EROSIÓN EÓLICA DE CULTIVOS DE COBERTURA LUEGO DE MANÍ EN EL SUDOESTE DE CÓRDOBA.....	138
ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA VEGETACIÓN COMO HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL PROCESO DE DESERTIFICACIÓN (25 DE MAYO, RÍO NEGRO).....	143
CEPAS BACTERIANAS NATIVAS SIMBIOTES DE VICIA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA, PARA LA FORMULACIÓN DE BIOFERTILIZANTES	144
EFFECTO DEL USO DE EFLUENTES DE TAMBO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD FÍSICA DEL AGUA EN MAÍZ PARA SILO	149

Eje Temático 5: Cartografía digital en ambientes frágiles

CONTRIBUCIONES DE LOS RADARES ACTIVOS Y PASIVOS AL IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES SECOS DE LA ARGENTINA	154
USO DE DRONES EN AGRICULTURA	156
APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA TELEDETECCIÓN EN EL SUDOESTE BONAERENSE	157
UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS PARA EL ESTUDIO DE AMBIENTES FRÁGILES: CASO VILLARINO Y PATAGONES.....	159
PROCESAMIENTO DE IMAGENES LANDSAT PARA EL ESTUDIO DE COBERTURAS DEL SUELO EN UNA CUENCA HIDROGRAFICA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA.....	160
RELACIÓN ENTRE INDICES OPTICOS Y LA PROFUNDIDAD DE SUELOS EN 6 AÑOS DE TRIGO.....	161
USOS DE INDICES ESPECTRALES EN LA DETECCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS CULTIVOS EN AMBIENTES DELIMITADOS POR DIFERENTES CARACTERISTICAS EDAFICAS.....	167
UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES PARA DETERMINAR LA PROBABILIDAD DE ÁREA CUBIERTA DE NIEVE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NEUQUÉN	174
UTILIZACIÓN DEL SIG PARA CONSTATAR LA ZONIFICACIÓN DE AMBIENTES PRODUCTIVOS EN LOS PARTIDOS DE BAHÍA BLANCA Y CORONEL ROSALES	175
Trabajos presentados en poster	176
DISPONIBILIDAD DE ALGUNOS MICRONUTRIENTES EN SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS ARSENOTÓXICAS	177
CONTENIDOS DE MATERIA ORGÁNICA Y FÓSFORO EN SUELOS DE LA PAMPA MEDANOSA CORDOBESA BAJO ROTACIONES CON Y SIN CULTIVO DE MANÍ.....	182
FRACCIÓN EROSIONABLE Y DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS EN SECO EN SUELOS DE DIFERENTE GRANULOMETRÍA	187
CONTRIBUCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO Y PROTEÍNA EN EL CULTIVO DE TRIGO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA	191
DIAGNÓSTICO Y POTENCIALIDAD DEL RIEGO EN LOS TRAMOS MEDIO E INFERIOR DEL VALLE DEL RÍO SAUCE CHICO	197
CARACTERIZACIÓN DE SITIOS ECOLÓGICOS EN LA SUBREGIÓN DE MESETAS Y VALLES, LA PAMPA	202
ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LA MACROFAUNA EDÁFICA EN SUELOS BAJO DISTINTAS PRÁCTICAS DE USO	208
¿EL NITRÓGENO ANAERÓBICO MEJORA EL DIAGNÓSTICO DE NITRÓGENO EN TRIGO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA BONAERENSE?.....	214
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UN SUELO Y EFECTOS DE UNA QUEMA ESPONTÁNEA SOBRE EL pH EDÁFICO.....	220
FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE TRIGO EN DOSIS VARIABLE EN EL SUDOESTE BONAERENSE....	225
CONSTANTES HÍDRICAS DETERMINADAS A CAMPO EN UN SUELO HAPLUSTOL DE CÓRDOBA, ARGENTINA	231
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CENTENO (<i>Secale cereale</i>) UTILIZADO COMO CULTIVO DE COBERTURA.....	235
MAPA DE VEGETACIÓN DE LA ESTEPA MAGALLÁNICA SECA, SANTA CRUZ	242
VARIACIONES DEL pH EN DOS LOTES AGRÍCOLAS DEL PARTIDO DE CORONEL DORREGO	249
EROSIÓN EÓLICA EN TRIGO LUEGO UN CULTIVO DE MANÍ EN EL SUR DE CÓRDOBA	255
EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN TRIGO CONTINUO SOBRE VARIABLES EDAFICAS BAJO SIEMBRA DIRECTA.....	258
SUFUSIÓN EN SUELOS HOLOCENOS (SAN LUIS, ARGENTINA).....	264

CULTIVOS DE COBERTURA EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA.....	270
CONSERVACIÓN DE SUELOS EN EL MARCO DE LA EMERGENCIA AMBIENTAL EN LA CUENCA EL MORRO (SAN LUIS).....	276
ESTIMACIÓN DEL FÓSFORO DISPONIBLE Y LA CALIDAD DE SUELOS DE USO AGRÍCOLA EN EL ÁREA DE SECANO DEL PARTIDO DE VILLARINO.....	280
EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE DOS CULTIVARES DE TRIGO PAN EN DIFERENTES ESTRUCTURAS DE CULTIVO EN OMBUCTA (PDO. DE VILLARINO).....	285
EVALUACIÓN DE LA HABILIDAD COMPETITIVA DE DOS CULTIVARES DE TRIGO PAN CON DISTINTA ESTRUCTURA DE CULTIVO EN OMBUCTA (PDO. DE VILLARINO).....	289
ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES QUÍMICAS EN SUELOS DE CORONEL SUÁREZ MEDIANTE SIG.....	293
APORTE DE CARBONO EN LA SECUENCIA CULTIVO DE COBERTURA – MAÍZ SOBRE UN ENTISOL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA.....	300
VARIACIÓN DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS RESISTENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN PAMPEANA.....	305
USO DE INDICES BASADOS EN FRACCIONES DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO BAJO DIFERENTES SISTEMAS con TRIGO de LARGO PLAZO.....	311
EFFECTOS DE SIEMBRA DIRECTA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DE SUELO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL DE CÓRDOBA.....	318
PLASTICIDAD ADAPTATIVA EN ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMILLA Y PLÁNTULA EN <i>Buglossoides arvensis</i> L. EN EL SUDOESTE BONAERENSE: I. DISPONIBILIDAD HÍDRICA.....	325
PLASTICIDAD ADAPTATIVA EN ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMILLA Y PLÁNTULA EN <i>Buglossoides arvensis</i> L. EN EL SUDOESTE BONAERENSE: II. FERTILIZACIÓN NITROGENADA.....	332
SIEMBRA DIRECTA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL SUDOESTE BONAERENSE.....	338
Resúmenes presentados en Poster.....	346
TENDENCIAS ACTUALES DE LA DESERTIFICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHUBUT.....	347
EVOLUCIÓN ESPACIAL DEL MATERIAL MOVILIZADO POR SALTACIÓN Y SU EFECTO SOBRE LA EMISIÓN DE MATERIAL PARTICULADO (PM ₁₀) EN DOS SUELOS AGRÍCOLAS.....	348
ANÁLISIS DE LOS USOS Y COBERTURAS DEL SUELO MEDIANTE EL DISEÑO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN ESPACIAL EN LA CUENCA DEL RÍO SAUCE GRANDE (ARGENTINA).....	349
FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE SORGO: UNA HERRAMIENTA CLAVE PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LA ALCALINIDAD.....	350
ANÁLISIS DE TENDENCIA Y PERIODICIDAD DE EXTREMOS TERMO-PLUVIOMÉTRICOS EN EL SUDOESTE BONAERENSE: APORTES PARA EL MANEJO SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES.....	351
PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE un BIOCHAR DE EUCALYPTUS.....	352
CARTOGRAFÍA DE UN ECOSISTEMA DE MURTILLA EN LA ESTEPA DEL SUR DE SANTA CRUZ.....	353
RESERVAS DE CARBOHIDRATOS EN GRAMÍNEAS EXPUESTAS A UN FUEGO CONTROLADO EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS DEL CENTRO DE ARGENTINA.....	354
EFICIENCIA EN EL USO DE LAS PRECIPITACIONES EN GRAMÍNEAS PERENNES QUEMADAS Y NO QUEMADAS EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS.....	355
ESTUDIO PRELIMINAR DE SUSTANCIAS HUMICAS EN DOS SITIOS BAJO USO CONTRASTANTE EN LA PAMPA.....	356
ROLADO SELECTIVO Y SU EFECTO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE UN SUELO DEL CALDENAL PAMPEANO CON DIFERENTE VEGETACIÓN.....	357
DELIMITACIÓN DE AMBIENTES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON PASTIZALES Y “CAMPOS” NATURALES DEL SEMIÁRIDO BONAERENSE.....	358
HIDROFOBICIDAD E INFILTRACIÓN DE AGUA EN UN SUELO DEL CALDENAL: RESPUESTA A DIFERENTES MANEJOS.....	359
DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FITOLITOS EN PASTO LLORÓN Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE FORRAJE.....	360
RELACIÓN SUELO-PAISAJE EN LA SUBREGIÓN DE MESETAS Y VALLES, LA PAMPA.....	361
USO EFICIENTE DEL AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE COBERTURA PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN SISTEMAS MIXTOS AGRÍCOLA-GANADEROS DEL SUDOESTE BONAERENSE.....	362

DENSIDAD Y BIOMASA RADICAL EN GRAMÍNEAS PERENNES NATIVAS DE PASTIZALES SEMIÁRIDOS	363
COLONIZACIÓN TOTAL Y DE ESTRUCTURAS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES ASOCIADAS A GRAMÍNEAS PERENNES DE DIFERENTE CALIDAD FORRAJERA, EXPUESTAS A DEFOLIACIÓN	364
EFFECTO DEL VERTIDO DE EFLUENTES PESQUEROS SOBRE LAS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS DEL SUELO Y LA VEGETACIÓN EN UN AMBIENTE ÁRIDO DE PATAGONIA	365
ANÁLISIS DE PERFILES DE pH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUELOS DE MALLINES CON DIFERENTE CONDICIÓN DE PASTIZAL	366
UTILIZACIÓN DE AGUAS SALINAS CON DIFERENTES AÑOS DE RIEGO EN UN OLIVAR DEL PARTIDO DE CORONEL DORREGO	367
TRIGO CONTINUO EN UN AMBIENTE SEMIARIDO: EFECTO SOBRE PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO	368
EFFECTO DE LABRANZA DIFERENCIAL PARA UN SISTEMA DE AGRICULTURA CONTINUA EN EL SUDOESTE BONAERENSE	369
EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN VERDEOS DE INVIERNO BAJO DOS POSICIONES TOPOGRÁFICAS EN UN SITIO SEMIÁRIDO	370
VARIACIONES EN PROFUNDIDAD DE LAS FORMAS DE FÓSFORO EDÁFICO EN AMBIENTES DE MONTE SEMIÁRIDO	371
CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ ASOCIADO A INCREMENTOS EN LA DOSIS DE FÓSFORO	372
EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS EN EL MANEJO INTEGRADO DE <i>Meloidogyne</i> SPP.	373
UTILIZACIÓN DE HORNO MICROONDAS PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO	374
EMISION DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (MPS) Y SU RELACIÓN CON LA ERODABILIDAD DE UN SUELO DEL SO BONAERENSE	375
RESPUESTA DEL TRIGO A LA INOCULACIÓN CON <i>AZOSPIRILLUM</i> EN SUELOS DEL SECTOR SEMIARIDO BONAERENSE	376
VARIABILIDAD ESPACIAL DE SUELOS: INFLUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE PASTO LLORÓN	377
ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL SEMIÁRIDO SECANO BONAERENSE. NODO VILLARINO NORTE	378
RESULTADOS DE IMPLANTACION DE PASTURAS PERENNES EN LOS PARTIDOS DE BAHÍA BLANCA Y CNEL. ROSALES EN EL MARCO DEL PROYECTO PARA LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS	379
APLICACIÓN DEL INDICE VERDE (NDVI) AL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE PASTIZALES Y “CAMPOS” NATURALES EN EL SEMIÁRIDO BONAERENSE	380
ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS HISTÓRICAS PARA EL ESTUDIO DE CUERPOS DE HIELO EN EL CERRO CRESTÓN (NEUQUÉN, ARGENTINA)	381
CONTENIDO DE OXALATO EN ECOTIPOS DE <i>Portulaca oleracea</i> L. CRECIDOS EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA EN RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE NITRÓGENO EDÁFICO	382
EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO MEDIANTE DOS INDICADORES DE CALIDAD	383



III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL



**III JORNADAS NACIONALES DE
SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y
II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL**

**EJE TEMÁTICO 1: POLÍTICA Y GESTIÓN DE RECURSOS
NATURALES**

**MANEJO SOSTENIBLE DE TIERRAS CON ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO,
EXPERIENCIAS DEL PROYECTO SOBA**

Etorena Hormaeche, J.

Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación. Coordinador del Proyecto:
Aumentando la Resiliencia Climática y Mejorando el Manejo Sostenible de la Tierra en el sudoeste
de la Provincia de Buenos Aires. – jetorena@ambiente.gob.ar

1. La variabilidad climática: un desafío para la región árida y semiárida bonaerense

Los suelos del semiárido bonaerense se encuentran en situación de vulnerabilidad frente al cambio climático, ya que por su fragilidad biofísica y por la intervención de la actividad humana, son tierras que muestran severos procesos de desertificación, que se expresan especialmente en la erosión eólica y la vulnerabilidad ante eventos de sequía. Además, se ven afectadas por el fenómeno El Niño Oscilación Sur que sume a la Región en una variabilidad climática de ciclos extremadamente secos seguidos por ciclos cortos con mayor humedad, permaneciendo el promedio debajo de los 600 mm/año.

Por otro lado, los suelos, en su mayoría franco-arenosos, especialmente aquellos que son destinados a la agricultura, son los que presentan mayor susceptibilidad ante los impactos de la variabilidad climática que, en definitiva, redundan en graves procesos de erosión de los suelos (desertificación), la pérdida de materia orgánica, compactación.

Esta pérdida de capital natural afecta gravemente a la productividad, a la capacidad de recuperación en el largo plazo y, con ello, conduce a un deterioro socioeconómico del sector productivo en una zona altamente ligada a la producción agro-ganadera: descapitalización, migración del campo especialmente de los jóvenes y abandono de las explotaciones agropecuarias, con su consecuente pérdida de saberes.

Con el fin de hacerle frente a los desafíos que implica la problemática del cambio climático de manera coordinada, se elaboró y obtuvo la Donación del Fondo de Adaptación de Naciones Unidas para el Proyecto “Aumentando la resiliencia climática y mejorando el manejo sostenible de la tierra en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires”, que es ejecutado dentro del marco del Acuerdo Marco de Cooperación entre el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación y el Organismo Provincial para el Desarrollo Sustentable y con el apoyo del Banco Mundial.

Se propone un enfoque ambiental y ecosistémico, orientado a la recuperación y preservación de servicios ambientales básicos para asegurar la capacidad de recuperación (resiliencia) de los ecosistemas que sostienen la producción agropecuaria en la zona.

2. La mirada ambiental: un enfoque holístico a una problemática localizada

Si bien existen medidas del tipo tecnológicas para tratar diferentes problemáticas agroclimáticas, lo cierto es que por sí solas, las tecnologías no pueden ofrecer soluciones en el largo plazo y que excedan el nivel predial. Por ello, desde el punto de vista ambiental, la búsqueda de fortalecer los sistemas socio-productivos locales (reducción de vulnerabilidad), se traduce el manejo sustentable de los recursos naturales tomando en consideración de efectos e impactos del cambio climático con **cuatro conceptos clave: Riesgo - Vulnerabilidad y Adaptación - Resiliencia**.

Este enfoque, aun cuando se vale de tecnologías ya conocidas de manejo sustentable del suelo en el nivel predial, las enmarca de una manera que implica el fortalecimiento de otros ejes tales como la mejora de la información, el desarrollo de capacidades y el fortalecimiento de las instituciones, tales como leyes, programas, redes comunitarias, etc.

a. El riesgo agroclimático

El **riesgo** se define como la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y sus consecuencias negativas. Los factores que lo componen son la amenaza y la vulnerabilidad:

$\text{RIESGO} = \text{AMENAZA} \times \text{VULNERABILIDAD}$

La **amenaza** es el “factor externo” al sistema productivo, representado por la potencial ocurrencia de un evento que puede causar daños, con determinada intensidad y duración. Está conformada por la relación de tres parámetros climáticos: **precipitación, temperatura máxima y temperatura mínima en un período estacional**, dado que son estos los parámetros considerados como los factores externos que inciden en el desarrollo fenológico de los cultivos; los efectos adversos del aumento de intensidad y frecuencia de los mismos producen inundaciones, sequías, heladas, eventos extremos y excesos de calor.

La **vulnerabilidad** es la **susceptibilidad de un sistema expuesto** a una amenaza y, en consecuencia, está dada por ejemplo por las prácticas de manejo, las características geomorfológicas, la etapa fenológica del cultivo, la cantidad de ganado vacuno presente y su ubicación, la infraestructura de la región para hacer frente al factor adverso, la estructura socio-económica, el grado de erosión, etc.

Los factores que componen la vulnerabilidad son la exposición, susceptibilidad y **resiliencia**, esta última influye como factor de reducción de la vulnerabilidad.

La **resiliencia** es la capacidad del sistema productivo, comunidad o sociedad que dependen de esta actividad económica, expuestos a una amenaza para resistir, absorber, adaptarse y recuperarse de sus efectos de manera oportuna y eficaz, lo que incluye la preservación y la restauración de sus estructuras y funciones básicas.¹

La resiliencia de un sistema, a su vez es una función de la capacidad de un sistema de recuperarse tras un impacto, es decir, una función de su fortaleza y de su **capacidad de adaptarse a los factores externos**:

$\text{VULNERABILIDAD} = \text{EXPOSICIÓN} \times \text{SUSCEPTIBILIDAD} - \text{RESILIENCIA} (\text{FORTALEZA} \times \text{AUMENTO DE LA CAPACIDAD ADAPTIVA})$

En esa perspectiva, la **adaptación al cambio climático** se entiende como los ajustes en sistemas ecológicos, sociales o económicos que se desarrollan en respuesta a los estímulos climáticos actuales o esperados y a sus efectos o impactos. Se refiere a los cambios en los procesos, prácticas y estructuras para moderar los daños potenciales o para beneficiarse de las oportunidades asociadas al cambio climático.

2.2 La perspectiva ecosistémica se centra en la capacidad adaptativa como eje de la reducción de la vulnerabilidad

La mirada ecosistémica sobre la problemática de los suelos áridos y semiáridos pampeanos expuestos a la variabilidad climática, entonces, enfoca la capacidad adaptativa de un sistema al riesgo climático (reducción de la exposición y susceptibilidad) y a su vez en su capacidad de recuperación (aumento de la resiliencia).

Es en ese sentido que, si bien esta mirada promueve una serie de Buenas Prácticas de Manejo Sostenible del Suelo desde el punto de vista agronómico, su objetivo es tener un impacto sobre la problemática de forma integral. Realizar apicultura colocando franjas de floración contribuye al aumento de los polinizadores, de la biodiversidad en general, y en el mediano plazo, a robustecer

¹ La **exposición** es la condición de desventaja debido a la ubicación, posición o localización del sistema agropecuario expuesto al riesgo; se considera: piso agroclimático, estación del año, textura, pendiente, capacidad de retención del suelo, zonas propensas a erosión, inundaciones, deslizamientos y heladas entre otras condiciones específicas del área que determinen qué tan expuesto se encuentra el cultivo ante la amenaza climática. La **susceptibilidad** es el grado de fragilidad interna del sistema para enfrentar una amenaza y recibir un posible impacto debido a la ocurrencia de ese evento adverso.

el ecosistema productivo, planificar la rotación de pastoreo es bueno para mantener el suelo cubierto, pero hacerlo recuperando manchones de pastizal naturalmente adaptado a los ciclos de sequía y proveyendo montes de reparo con especies arbóreas nativas, es lo que en definitiva hará la diferencia a la hora de resistir los impactos climáticos.

Asimismo, cabe tener en cuenta que el ecosistema no puede ser comprendido únicamente por las partes físicas que lo componen sino por el tipo de relaciones que operan sobre él: las relaciones laborales, políticas, interinstitucionales, económicas, etc. juegan un papel preponderante y determinan si la implementación de una tecnología “sustentable” termine teniendo impacto o no sobre la vulnerabilidad. Poco sirve difundir prácticas de rotación de rodeo si no existen medidas de respuesta ante los riesgos de incendio. Para tomar otro ejemplo, si los incentivos económicos relacionados a la producción agropecuaria no son orientados hacia la promoción de prácticas sustentables relacionadas con la aptitud del suelo, poco es lo que se puede esperar de las tecnologías conservacionistas probadas a campo. La probabilidad de que estas prácticas se instalen en el territorio son escasas.

Es que las opciones de adaptación incluyen las denominadas soluciones estructurales y no estructurales. Las primeras involucran respuestas con resultados tangibles, como la construcción de canales para regular las inundaciones.

Por otro lado, las soluciones no estructurales implican, por ejemplo, el desarrollo de capacidades en las personas afectadas por una amenaza de modo de volverse más resistentes a los efectos del cambio climático.

Los sistemas socioambientales pueden tener adaptaciones autónomas, que se definen como espontáneas, y planeadas. Estas últimas se orientan a abordar un objetivo específico en un tiempo dado, e implican la participación de diversos actores: individuos, sector privado y/o gobierno. Las adaptaciones espontáneas, como su nombre lo indica, refieren a modificaciones realizadas, por ejemplo, por los campesinos en el tipo de cultivos ante cambios en los patrones de lluvia. El tipo de medida de adaptación a adoptar depende de las características de las amenazas climáticas locales y de la vulnerabilidad del sistema a dichas amenazas.

Por lo tanto, desde el enfoque ambiental, las estrategias de manejo apuntadas a la resiliencia y la reducción de la vulnerabilidad deben incluir protección, mantenimiento y restauración de los ecosistemas conociendo los procesos biológicos y características de cada tipo de sistema, pero no pueden ser concebidas aisladas de los sistemas socioeconómicos que las rigen.

Las estrategias de manejo sustentable de la tierra, cuando apuntan a la adaptación al cambio climático, resultan ser una combinación de sistemas naturales y humanos donde potencialmente se obtiene un crecimiento, acumulación y reestructuración de recursos óptimos y que son sostenidos por sistemas de gestión fortalecidos para resistir los potenciales impactos del cambio climático.

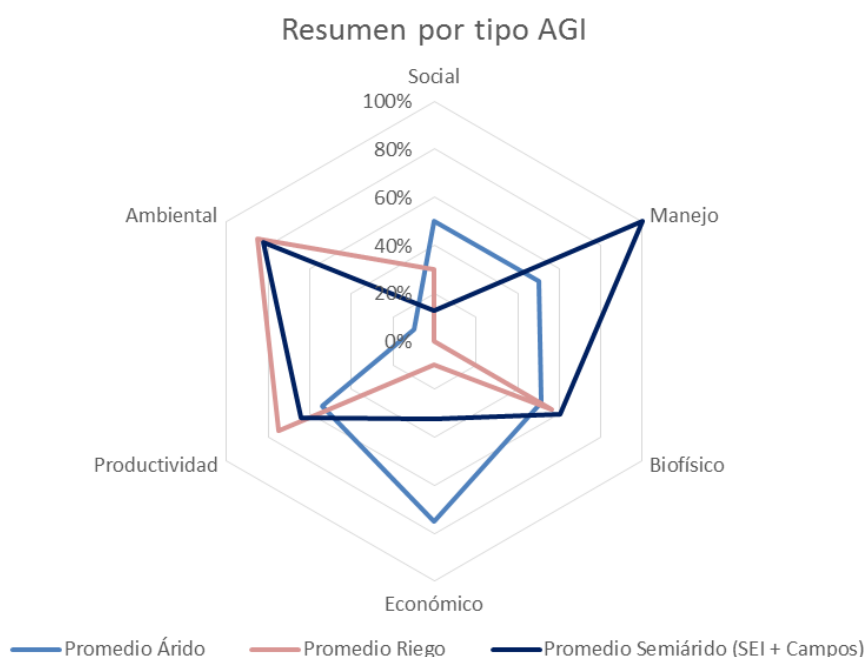
Es en este punto donde resulta indispensable promover la gestión participativa de los recursos, la capacitación, el fortalecimiento institucional para mejorar las capacidades de gestión de riesgos (sequía, incendios, etc.), mejorar la información disponible sobre las amenazas y riesgos y aumentar la capacidad instalada tanto material como informático.

En conclusión, el éxito de la integración del concepto de resiliencia (mirada ambiental) dentro de los planes de Manejo Sostenible de la Tierra implica incluir:

- (1) procedimientos para anticipar y responder las amenazas ambientales;
- (2) que los planes de manejo integren el conocimiento biológico de los ecosistemas y el desarrollo de medidas adecuadas en los planes productivos
- (3) que el manejo de los ecosistemas incluya a los diferentes grupos sociales, económicos e institucionales que permitan un mejor análisis y una adecuada ejecución de las medidas incorporando los conocimientos locales desde la planificación hasta su concreción
- (4) que se promuevan estrategias y políticas a corto, mediano y largo plazo que incrementen las posibilidades de identificar, controlar y responder a las amenazas ambientales, así como sistemas de monitoreo que permitan aumentar el entendimiento de los factores ambientales y sociales que influyen en los potenciales de recuperación ante procesos de perturbación ambiental.

3. El Proyecto “Aumentando la Resiliencia Climática y Mejorando el Manejo Sostenible de la Tierra en el Sudoeste de la Provincia de Buenos Aires” – actuando en consecuencia

En concordancia con el marco teórico descripto arriba, basándose en la metodología FAO-LADA para evaluar la degradación de la tierra en la zona de intervención, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable toma en consideración diferentes capitales en su conjunto para trazar un cuadro de situación (Línea de Base) en el cual orientar la estrategia del Proyecto: los capitales Social, Ambiental, Biofísico, Económico y de Capacidad (Manejo) forman un conjunto de factores de vulnerabilidad para cada área Geográfica de Intervención definida:



De este análisis, se deriva una metodología y 4 diferentes líneas de trabajo:

Para reducir la vulnerabilidad, se busca aumentar la resiliencia fortaleciendo capacidad de adaptación de los agroecosistemas productivos teniendo en cuenta los sistemas sociales y económicos que los sostienen. En definitiva, esto significa fortalecer las capacidades de entender los problemas y de reaccionar ante ellos mediante modificaciones en el uso y manejo de la tierra, en la normativa, en las políticas públicas locales y, finalmente, en la manera en la cual comprendemos nuestro rol dentro de un ambiente productivo.

Es que, medida que la escala de intervención de las medidas de adaptación al cambio climático pasa desde el nivel nacional hacia el regional y el local, aumenta la incertidumbre respecto de las condiciones futuras del clima. Es, justamente, en el nivel local en donde los impactos se materializan, de modo que es necesario desarrollar nuevos enfoques que permitan tomar decisiones en base a escenarios locales dinámicos y complejos.

Por ello, se comenzó a trabajar con el enfoque que se conoce como Adaptación basada en Comunidades (AbC). Este enfoque surge para sumar la dimensión climática a los procesos de desarrollo basados en comunidades, con los cuales comparte una visión de construcción de “abajo hacia arriba”. La característica distintiva del enfoque de AbC es la participación permanente de los actores locales en el desarrollo comunitario. Este enfoque, que tiene la ventaja de construir a partir de las características específicas de cada localidad, permite crear pertenencia, generar conciencia y un sentimiento de compromiso con el cambio o ajuste de prácticas habituales para anticipar los impactos y mejorar las condiciones de vida

Si el factor clave es la capacidad adaptativa, juega un rol preponderante la aceptación, el incentivo

o motivación para llevar adelante los cambios necesarios. Es por ello que el eje central de una mirada ecosistémica es la Planificación Participativa de las intervenciones el diseño hasta la definición de recursos, etapas y métodos de seguimiento y evaluación.

Esto se realiza mediante talleres que al inicio involucran la mayor cantidad de participantes de la problemática para realizar el análisis inicial, luego involucra a los posibles proveedores de soluciones en un proceso de planificación de intervenciones.

Así teniendo en cuenta la metodología participativa, el Proyecto “Aumentando la Resiliencia Climática y Mejorando el Manejo Sustentable de la Tierra en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires”, un proyecto ejecutado por el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación con fondos del Fondo de Adaptación de Naciones Unidas obtenidos por medio del Banco Mundial, se concentra en 4 ejes o componentes: (1) Fortalecimiento Institucional, (2) Aplicación de Buenas Prácticas a Campo, (3) Manejo compartido de Conocimientos, (4) Estrategias de Sostenibilidad.

Hoy, los grupos de productores asociados mediante organizaciones como el INTA Ascasubi y Bordenave, nucleados en planes Municipales y en algunos sitios demostrativos (UNS, CERZOS), llevan adelante medidas de adaptación propuestas por ellos mismos en 11 sitios de intervención fijando el suelo mediante plantación de pasturas perennes y recuperación de pastizal, restaurando el ecosistema productivo por medio de la forestación multipropósito y la incorporación de alternativas agroecológicas, planificando el manejo predial por ambientes, invirtiendo en tecnología para mejorar la eficiencia de riego, instalando reservorios de agua y aplicando tecnologías de restauración de suelos salinos.

A nivel de fortalecimiento institucional, el logro de mayor trascendencia, pensando especialmente en el potencial de replicación para otras iniciativas del Fondo de Adaptación, es el desarrollo de un Sistema de Información y Alerta Temprana de sequías único en el país, enfocado en facilitar a la población afectada la toma de decisiones ante el riesgo climático: A partir del trabajo interinstitucional entre organizaciones científicas y tecnológicas y los Gobiernos locales, se generan reportes trimestrales, difundidos por medios de comunicación y redes sociales, con pronósticos agroclimáticos periódicos a corto y mediano plazo que alertan sobre la probabilidad de lluvias, el riesgo de erosión y de incendios de pastizal, ofreciendo recomendaciones de prevención.

**CAMBIOS EN EL USO DEL SUELO EN EL PDO. DE VILLARINO: PASTURAS PERENNES Y
EL PLAN DE SUSTENTABILIDAD FORRAJERA**

Vasicek, J.P.

INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. EEA Hilario Ascasubi. Argentina.
vasicek.juan@inta.gob.ar

RESUMEN: El partido de Villarino presenta limitantes edafoclimáticas que generan vulnerabilidad en los sistemas productivos extensivos basados en cultivos anuales, sistemas de labranza convencionales y baja proporción de ganadería con recursos forrajeros perennes. Si bien el INTA H. Ascasubi y otras instituciones señalan desde hace décadas la necesidad de combatir la erosión y conservar los suelos del partido e incluir especies forrajeras perennes que permitan mantener o recuperar la productividad de los mismos, la superficie implantada con pasturas perennes ha sido históricamente muy baja, obedeciendo esto a múltiples causas. Una de las principales ha sido la ausencia de programas gubernamentales que promuevan la siembra de pasturas y brinden al mismo tiempo financiamiento y asistencia técnica a los productores. Las graves consecuencias de la sequía que se extendió entre 2005 y 2009 fueron el disparador de la creación del Plan de Sustentabilidad Forrajera (PSF) de Villarino, el cual originó un cambio en los paradigmas vigentes y marcó el inicio de una nueva etapa para los diferentes actores involucrados. La característica principal del plan fue el otorgamiento de financiamiento a pequeños y medianos productores para la siembra de especies forrajeras perennes como agropiro, pasto llorón y mijo perenne, bajo la modalidad de fondo rotatorio, con un plazo de devolución de cuatro años, a valor nominal, en pesos, sin interés y con posibilidad de resiembra de la pastura sin costos extras en caso de fallas por motivos ajenos al productor. Se eligió el método de siembra directa a los fines de evitar la erosión y conservar mejor la humedad. El PSF estuvo acompañado de asistencia técnica permanente brindada por profesionales de INTA, Municipio de Villarino, Ministerio de Agroindustria y el programa Cambio Rural, quienes constituyeron la Mesa Técnica del PSF, un espacio de debate e intercambio donde se analizó la gestión del plan.

PALABRAS CLAVE: erosión, pasturas perennes, PSF

INTRODUCCION

La Estación Experimental Agropecuaria (EEA) Hilario Ascasubi forma parte del Centro Regional Buenos Aires Sur (CERBAS) del INTA junto a las Experimentales de Balcarce, Cuenca del Salado, Barrow, Bordenave y Cesáreo Naredo. Se encuentra localizada en el extremo sur de la provincia de Buenos Aires y su área de influencia abarca los partidos de Villarino y Patagones, 1.000.000 y 1.350.000 hectáreas respectivamente. Esta región tiene la particularidad de ser atravesada por el curso inferior del río Colorado, límite natural entre ambos partidos, lo cual posibilita el desarrollo de cultivos bajo riego. De esta manera, se pueden distinguir dos zonas bien contrastantes dentro del área de influencia de la EEA Ascasubi: el secano y el riego. El secano de Villarino totaliza aproximadamente 700.000 ha y el secano de Patagones 1.140.000 ha, mientras que el área de riego (Valle Bonaerense del Río Colorado) abarca 517.000 ha entre ambos distritos.

CARACTERIZACIÓN EDAFOCLIMÁTICA

El clima del extremo sur Bonaerense puede ser clasificado de varias maneras según la fuente consultada. Se puede hablar de un clima templado de transición y condiciones subhúmedas (Cappelli de Steffens & Campo de Ferreras, 1994), árido estepario según la clasificación climática

de Köppen (García, 1967), y si se considera la clasificación de Thornthwaite existe un sector seco subhúmedo al noreste y semiárido al sur y al oeste (Sánchez *et al.*, 1998). Específicamente, el partido de Villarino integra la región fitogeográfica del Espinal, distrito del Caldén (Cabrera, 1951). La temperatura media anual es de 14.8 °C, con estaciones térmicas bien diferenciadas (Sánchez *et al.*, 1998). En cuanto al período libre de heladas, oscila entre 240 y 260 días en el sector comprendido desde la Ruta Nacional N° 3 hacia la costa atlántica, mientras que se ubica entre 200 y 220 días hacia el extremo oeste y el meridiano V (efecto de continentalidad) (Cappannini & Lores, 1966).

Con respecto a las precipitaciones, el partido de Villarino es cruzado transversalmente por las isohietas de 560 mm al norte y 490 mm al sur (zona de riego) (Sánchez *et al.*, 1998). Se observa una clara estacionalidad en las mismas, siendo febrero, marzo y octubre los meses más lluviosos, mientras que entre mayo y agosto se presentan los menores registros (Cepeda com pers). Otro parámetro importante en la zona es el viento, ya que la misma se caracteriza por ser ventosa, con un predominio del cuadrante noroeste y una mayor frecuencia de ocurrencia durante invierno y verano (Sánchez *et al.*, 1998).

En cuanto a la descripción edáfica, los suelos predominantes del partido de Villarino pertenecen a los Órdenes Molisoles, Entisoles y Aridisoles, mientras que a nivel de Grandes Grupos prevalecen los Haplustoles, Calciustoles y Ustipsamentes. Con respecto a las características principales de los mismos se destacan: textura gruesa (franco arenosa - arenosa franca), susceptibilidad a erosión eólica e hídrica, escaso desarrollo de estructura, baja capacidad de retención de humedad, profundidad efectiva promedio entre 80 y 120 cm (limitada por presencia de "tosca"), bajos contenidos de materia orgánica (entre 0,8 y 2%), escasa disponibilidad de nitrógeno, alta variabilidad en los niveles de fósforo disponible (5-30 ppm Bray & Kurtz) y presencia de carbonato de calcio (calcáreo), entre otras.(Sánchez *et al.*, 1998).

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS

Los sistemas de producción extensivos que prevalecen en el distrito de Villarino se pueden agrupar en cuatro categorías: predominantemente agrícola (< 500 ha), agrícola-ganadero (500-1000 ha), ganadero-agrícola (1000-2500 ha) y ganadero (> 2500 ha) (Mosciaro & Dimuro, 2009).

Las principales actividades que se desarrollan en el distrito son:

- Agricultura extensiva (cereales de invierno: trigo y avena; rendimiento promedio histórico: 1200 kg/ha).
- Ganadería bovina (principalmente cría)
- Ganadería ovina
- Agricultura intensiva (cultivo de ajo en los sectores de quintas de Médanos y Ombucta, y horticultura en Villarino Viejo)

El área de secano de Villarino presenta ciertas características productivas que, junto con las limitantes edafoclimáticas mencionadas, generan una gran vulnerabilidad que pone en riesgo la estabilidad productiva de los sistemas, afectando principalmente a los de menor escala y a aquellos que destinan una gran superficie a cultivos anuales. A continuación, se destacan algunas de esas características:

- ✓ Alta variabilidad climática (intra e interanual)
- ✓ Predominio de cultivos y especies forrajeras anuales
- ✓ Dificultades para diversificar actividades y cultivos (monocultivos de trigo y avena)
- ✓ Suelos pobres y poco desarrollados, a lo cual se suma un uso intensivo del recurso desde comienzos del siglo XX
- ✓ Sistemas de labranza inadecuados (labranza convencional, discos)
- ✓ Sobrepastoreo de los recursos forrajeros anuales y perennes
- ✓ Procesos generalizados de erosión eólica
- ✓ Tala desmedida de las áreas de monte (avance de la frontera agrícola)

EL ROL DEL INTA Y LAS INSTITUCIONES EN LA ZONA

Desde hace varias décadas, el INTA EEA Hilario Ascasubi persevera en la necesidad de rediseñar los sistemas productivos típicos de la zona. De la misma manera, la Universidad Nacional del Sur ha llevado a cabo numerosos estudios técnicos, productivos y económicos en la misma dirección. Algunos de esos trabajos se han efectuado en forma conjunta entre ambas instituciones.

En este sentido, la Agencia de Extensión Rural (AER) de Médanos, dependiente de la EEA H. Ascasubi, cumplió un rol fundamental en la zona. La constante y acertada tarea de difusión y extensión que llevó a cabo el Agrónomo Vicente Larreguy promovió la utilización de pasturas perennes, el ajuste en el manejo de los pastizales naturales, la difusión de la vicia como mejoradora de la fertilidad y la conservación de los suelos del área de secano de Villarino. En esta labor, fue clave la vinculación con otros INTA y la UNS, por ejemplo, los estudios sobre conservación de suelos realizados junto a los lngs. Agrs. Carlos Puricelli y Juan Carlos Silenzi.

A la vez desde el área de “Manejo de suelos y cultivos” de la EEA Ascasubi se estimuló la inclusión de gramíneas (agropiro, pasto llorón, festuca) y leguminosas (alfalfa, tréboles, vicia) en la planificación de las rotaciones para recuperar parte de la fertilidad física y química y a su vez reducir la excesiva dependencia de los verdes anuales, que implica la labranza reiterada de una superficie importante de suelo (Agamennoni, 1993).

Por último, el área de “Producción animal” también sugirió la utilización de pasturas perennes de larga duración, destacándose el agropiro, el pasto llorón y la alfalfa como las forrajeras más adaptadas para el área de secano de Villarino y Patagones (Sevilla *et al.*, 1995).

Actualmente, desde la EEA Ascasubi se continúa promoviendo las herramientas mencionadas anteriormente, a las cuales se suman otras propuestas técnicas y estrategias que ayudarán a contrarrestar las limitantes y problemáticas que afectan a muchos establecimientos productivos de Villarino:

- Estabilizar la producción forrajera incorporando una alta proporción de forrajeras perennes, cultivadas y naturales
- Reducir la superficie con cultivos anuales forrajeros y de cosecha
- Incorporar leguminosas (vicia villosa y alfalfa) y elegir la especie forrajera apropiada según el ambiente y la capacidad de uso del suelo
- Detectar limitantes físicas y químicas del suelo, realizando un manejo conservacionista mediante la reducción de la labranza, conservación de la cobertura e implementación de rotaciones
- Usar racionalmente los recursos forrajeros, dejando remanentes y cobertura sobre el suelo y promoviendo la semillazón y la resiembra natural de ciertas especies

Adoptando estas herramientas de manejo, se evitarán o reducirán los procesos de erosión y los suelos comenzarán a recuperarse lentamente.

LAS PASTURAS PERENNES EN EL PARTIDO DE VILLARINO:

A pesar de los estudios y recomendaciones efectuadas por los técnicos de INTA Ascasubi durante tantos años, la superficie implantada con pasturas perennes en el área de secano de Villarino ha sido históricamente baja. Considerando los resultados del Censo Nacional Agropecuario del año 2002, el total implantado se ubicaba en 33.000 ha, lo cual representaba el 7 % de la superficie censada. De ese total, 24.000 ha correspondían a pasto llorón, 3000 ha agropiro puro, 1800 ha alfalfa pura, 1800 ha alfalfa consociada y 2700 ha otras especies (Iurman, 2009).

Los motivos de la falta de adopción en forma masiva de las pasturas perennes en la zona son muchos y diversos, pero se pueden destacar los siguientes:

- Desconocimiento y falta de experiencia en la siembra
- Elevados costos de implantación, principalmente debido a la semilla
- Escasez de maquinarias adaptadas para la siembra de pasturas
- Fracaso en la implantación
- Mantenimiento posterior de la pastura (desmalezado, quema, apotreramiento)
- Extenso período de inmovilización de un lote, muchas veces mayor a un año

- Prejuicios establecidos en el “imaginario popular”, como el mayor desgaste dentario, lastimaduras en los ojos de los animales, baja producción de forraje, etc.
- Pérdida de las pasturas en los períodos de sequías prolongadas

LA SEVERA CRISIS CLIMÁTICA ENTRE 2005 Y 2009, EL PUNTO DE INFLEXIÓN

El cultivo de trigo, los verdeos anuales y la degradación de los suelos dominaron la escena de muchos establecimientos agropecuarios de Villarino, hasta que los sistemas colapsaron. El último período de gran sequía, que se extendió entre los años 2005 y 2009, se caracterizó por tener precipitaciones muy por debajo de lo normal (INTA EEA H. Ascasubi, promedio anual 2005-2009: 331 mm; promedio anual 1966-2009: 492 mm) (Cepeda, com pers), elevada carga animal en todo el distrito, excesiva superficie de suelo con labranzas y cultivos anuales. Esto derivó en la pérdida de una gran parte de la escasa superficie implantada con pasturas perennes (principalmente alfalfa) y en un incremento de los procesos de erosión eólica que afectaron severamente a los suelos del partido. Al mismo tiempo, los cultivos no se cosecharon o arrojaron muy bajos rindes y el stock de hacienda vacuna se redujo un 45% entre los años 2006 y 2010 (Cuello, com pers).

Si bien ningún productor agropecuario del área de secano de Villarino escapó al impacto climático, algunos sistemas toleraron mejor la crisis debido a un trabajo de largo plazo. Estos sistemas se caracterizaron por:

- Apostar a la fijación, conservación y recuperación del recurso suelo
- Dedicarse exclusiva o principalmente a la ganadería
- Modificar los métodos de labranza tradicionales por otros menos agresivos como la labranza mínima (arado de cinceles, cincel sembrador)
- Reemplazar el trigo y los verdeos por especies forrajeras perennes, tanto cultivadas (pasto llorón, agropiro, alfalfa) como naturales (flechillas, pappophorum, etc.)
- Incorporar a la *Vicia villosa* Roth. en sus sistemas con el propósito de recuperar parte de la fertilidad perdida

Superada la sequía de 2005-2009, el clima comenzó a normalizarse, tal como lo demuestra el promedio de precipitación anual en INTA EEA H. Ascasubi entre los años 2010 y 2016, con 491 mm, muy similar al promedio histórico de 492 mm para la serie 1966-2016 (Cepeda, com pers). Sin embargo, muchos productores debieron afrontar problemas de descapitalización y deudas, mientras que los campos presentaron superficie ociosa, degradación de los recursos forrajeros y el suelo comenzó a manifestar una menor productividad como consecuencia de su uso inapropiado.

Esta crisis, sumada a los elevados costos de producción, obligó a un replanteo de los sistemas productivos en general y los ganaderos en particular. En efecto, durante los últimos años comenzaron a revalorizarse importantes recursos forrajeros como las pasturas perennes, que parecían estar olvidadas o simplemente poco consideradas por la mayoría de los productores. Además de ser recursos que pueden producir forraje a muy bajo costo y durar muchos años, también contribuyen a evitar la erosión, tanto eólica como hídrica, uno de los mayores flagelos que presentan los frágiles suelos de esta zona.

COMIENZA UNA NUEVA ETAPA, LA IMPLEMENTACIÓN DE POLÍTICAS PÚBLICAS PARA CONTRIBUIR A LA SUSTENTABILIDAD DE LOS SISTEMAS

La magnitud y las consecuencias de la crisis climática de 2005-2009 trascendieron la esfera regional y generaron repercusiones a nivel provincial y nacional. A raíz de esto, comenzaron a tomar protagonismo los diferentes estamentos gubernamentales (Nacional, Provincial y Municipal), en articulación con los distintos actores e instituciones del medio (productores agropecuarios, asociaciones, INTA, Universidades, Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense, etc.)

A partir del año 2010, el Estado comenzó a aportar fondos e implementar programas para promover la implantación de pasturas perennes y el uso de leguminosas en todo el Sudoeste Bonaerense. En un contexto de controversias comenzó a llegar la ayuda estatal, que constaba de

semillas de especies forrajeras (anuales y perennes) para ser entregadas a los pequeños y medianos productores de la zona, de acuerdo a las recomendaciones técnicas del INTA y los pedidos de los productores. A raíz de la aparición de algunas dificultades en la implementación y el seguimiento del uso de los recursos, se consideró necesaria la creación de nuevos programas que superaran las limitantes detectadas. Es así como surge el Plan de Sustentabilidad Forrajera.

CREACIÓN DEL PLAN DE SUSTENTABILIDAD FORRAJERA DE VILLARINO

En septiembre de 2011 se firmó un convenio entre el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación y el Municipio de Villarino, con el propósito de desarrollar un programa que favoreciera a los pequeños y medianos productores ganaderos afectados por la intensa sequía, derivando en el surgimiento del Plan de Sustentabilidad Forrajera (PSF). Ese convenio, encuadrado en el marco legal de la Ley Nacional de Emergencia Agropecuaria, permitió el envío de fondos que fueron administrados y ejecutados por el Municipio de Villarino, con la asistencia técnica del INTA y el programa Cambio Rural. Una parte de esos fondos se utilizó para la compra de dos sembradoras de siembra directa destinadas a la siembra de pasturas. También en 2011, desde la misma ley se asignaron fondos al Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense, que financió un programa de Promoción Ganadera y un subprograma Forrajero, mediante el cual se adquirieron semillas de pasturas y verdeos (Cuello y otros, 2016). Además, desde el Municipio de Villarino se decidió financiar al PSF con recursos recuperados de fondos rotatorios anteriores, y desde el Ministerio de Asuntos Agrarios de Buenos Aires se entregaron nuevos recursos en el año 2013 con el fin de reforzar el PSF (Schumak, com pers).

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DEL PLAN DE SUSTENTABILIDAD FORRAJERA

El PSF planteó como objetivos romper el statu quo de los sistemas productivos vigentes y fomentar desde el Estado la implantación de especies forrajeras perennes para el uso en los sistemas ganaderos de cría proveyendo la asistencia técnica y financiera al productor, integrando un fondo rotatorio a valor nominal, en pesos y sin interés (Cuello *et al.*, 2016). Se estableció que esté dirigido a pequeños y medianos productores, que posean como máximo 800 ha propias o arrendadas, que contemple la implantación de 40 ha de pastura como máximo y que no exista una superficie mínima de siembra.

Se adoptó el método de siembra directa a los fines de evitar la erosión eólica, controlar las malezas y conservar mejor la humedad del suelo. A partir de la experiencia técnica del INTA y los “saberes” de los productores se decidió fomentar la implantación de agropiro (especie otoño-invierno-primaveral), pasto llorón y mijo perenne (especies primavera-estivales). El paquete tecnológico estuvo integrado por la sembradora de siembra directa (tercerizada por el Municipio a un contratista privado), los herbicidas y la pulverizadora contratada (para los barbechos químicos), la semilla de la pastura, el fertilizante fosforado (en caso de ser necesario) y los herbicidas y la pulverización para controles de malezas en postemergencia. Además, el productor recibió asistencia técnica de INTA, Municipio, Ministerio de Agroindustria y del programa Cambio Rural, abarcando desde la presiembra, la siembra (calibración de la sembradora) y la postsiembra. En la actualidad, el costo total de implantación oscila entre \$1500 y \$2200 por hectárea, de acuerdo a la especie considerada y los insumos y labores necesarios.

GESTIÓN DEL PSF

Dentro de la gestión del plan se pueden identificar tres componentes que se encuentran íntimamente relacionados: circuito administrativo, seguimiento técnico y difusión de las experiencias realizadas.

Circuito administrativo: cuando el productor se acerca al Municipio, se elabora una ficha técnica propia y se realiza una visita a su establecimiento para planificar todos los aspectos referidos a la siembra. Como paso previo a la pastura, se puede financiar la siembra de un verdeo, con el objetivo de mejorar la preparación del lote y luego al año siguiente sí implantar la pastura. En

cuanto a los plazos de devolución del fondo rotatorio, para las pasturas perennes existe un primer año de gracia y seguidamente cuatro cuotas anuales que representan, cada una de ellas, el 25% del costo total. Otro aspecto clave del plan es la posibilidad de resiembra de la pastura sin un costo extra para el productor cuando fracasa la implantación debido a cuestiones climáticas adversas o fallas en la siembra (Schumak, com pers).

Seguimiento técnico: se conformó una red de trabajo interinstitucional para implementar la operatoria y se generó un ámbito de trabajo denominado Mesa Técnica del PSF (Cuello y otros, 2016). Una de las limitantes principales durante el comienzo del PSF fue la ausencia de un espacio de comunicación y discusión entre los técnicos de INTA, del Ministerio de Agroindustria, del Municipio de Villarino y los promotores asesores de Cambio Rural, que permitiera intercambiar experiencias, discutir ideas y tomar decisiones, y mejorar la vinculación con los productores beneficiarios del PSF. Una vez creada la Mesa Técnica, se comenzaron a realizar reuniones en forma periódica con todos sus integrantes, y a utilizar diferentes herramientas de comunicación que facilitan la operatividad del PSF, las cuales se mantienen vigentes hasta la actualidad.

Difusión de las experiencias realizadas: se organizaron jornadas a campo y reuniones con los productores del partido, beneficiarios o no del PSF, con el propósito de difundir los conocimientos y las experiencias desarrolladas en el marco de este programa. Desde el año 2013 hasta la actualidad se realizaron un total de 15 encuentros para productores, incluyendo jornadas a campo y charlas desarrolladas en las localidades de Algarrobo, Médanos y Teniente Origone. Este tipo de actividades permitió captar las percepciones de los productores en cuanto al comportamiento de las pasturas y el funcionamiento del PSF.

A pesar de los altibajos, el contexto económico inestable y los cambios de gobierno a nivel nacional, provincial y municipal, el PSF continúa en funcionamiento hasta la actualidad, totalizando 2105 ha sembradas con pasturas perennes entre 2012 y 2017 en el partido de Villarino y 57 productores asistidos. Del total sembrado lograron implantarse 1776 ha (84 %), siendo el agropiro la principal especie con 1123 ha y encontrándose mayores fallas en lotes con mijo perenne y pasto llorón (Schumak, com pers). Como se puede observar, el total de superficie implantada con pasturas perennes mediante el PSF parecería una cifra poco significativa en relación a la totalidad del partido, pero se transforma en trascendental cuando se analizan la cantidad de productores asistidos (pocas has implantadas, pero en muchos productores) y la gran cobertura geográfica alcanzada, que posibilitó la inclusión de productores ubicados en lugares muy distantes y/o poco accesibles por limitantes topográficas.

LOS EFECTOS POSITIVOS E INDIRECTOS DEL PSF

Paralelamente al funcionamiento del PSF, muchos productores de Villarino han comenzado a incrementar por iniciativa propia, la superficie implantada con pasturas perennes en sus respectivos establecimientos, desde 2010 hasta la actualidad. Es decir, hay un “efecto contagio” y una mayor concientización de la necesidad de incorporar este tipo de forrajes a los sistemas. Algunos productores se animan luego de observar que un vecino o conocido sembró, otros tienen o tuvieron un fondo rotatorio del PSF pero por su cuenta siembran algún lote más, están quienes se entusiasman debido al clima húmedo de los últimos años y en función de experiencias previas, y también existen productores que, vinculados al INTA o motivados por las diferentes estrategias de difusión que lleva a cabo la institución, deciden animarse a sembrar.

Por todo lo mencionado se podría afirmar que la superficie total implantada con pasturas perennes en el área de secano de Villarino continúa incrementándose hasta la actualidad, con muchos productores o establecimientos que las utilizan, pero en una baja proporción dentro de ellos en relación a los demás recursos forrajeros. Es muy frecuente observar lotes “en descanso”, “naturales” o con especies anuales espontáneas cuya productividad es extremadamente baja. Este tipo de lotes pueden ser potenciales nichos para diferentes pasturas, las cuales elevan su productividad y permiten recuperar lotes subutilizados.

CONSIDERACIONES FINALES

La fragilidad de los agroecosistemas de zonas semiáridas se pone de manifiesto en períodos de graves sequías como los que atraviesa periódicamente el partido de Villarino. Esto nos obliga a reformular los sistemas productivos agrícolas y los ganaderos basados en verdeos anuales, orientándolos hacia una ganadería con predominio de pasturas perennes y pastizales naturales. De esta manera, se estabiliza la producción, disminuyen los costos, se incrementan los márgenes brutos y se recupera y conserva un recurso fundamental como es el suelo.

La creación de un programa que promueve la conservación de los recursos y la estabilización de los sistemas productivos y que otorga financiamiento a los productores, demostró tener un rol clave y de alto impacto a nivel regional. En los últimos tiempos, el PSF ha sido reconocido en diferentes ámbitos como ejemplo de implementación de políticas públicas activas, siendo un gran orgullo para todos los que forman parte del mismo, es decir, técnicos, autoridades, funcionarios y productores.

El Plan de Sustentabilidad Forrajera tiene tres pilares fundamentales: los productores, el financiamiento y la Mesa Técnica. Para los productores es la primera vez que existe un programa con las características mencionadas, pudiendo obtener financiamiento y liberándose de los riesgos tradicionales. Una gran parte de ellos no está en condiciones económicas de realizar la siembra de una pastura o no quiere afrontar por su cuenta el riesgo que ello implica. El financiamiento otorgado por el Municipio resulta clave para llevar a cabo la siembra de las pasturas, siendo un componente fundamental. Si no hubiera financiamiento, la siembra de pasturas a nivel partido se reduciría drásticamente. Por último, la Mesa Técnica permite ser el nexo entre los productores y el financiamiento, conduciendo a un uso más eficiente de los recursos económicos, técnicos y del tiempo. Para varios técnicos, el PSF fue el punto de partida que permitió conocer nuevos productores del partido y establecer el vínculo asesor-productor. La ausencia de alguno de los pilares mencionados provocaría la caída del funcionamiento del plan.

El principal desafío que el PSF atraviesa actualmente, está relacionado con la disponibilidad de recursos económicos que permitan continuar con su normal funcionamiento. Una gran parte de los recursos se ha ido “licuando” debido al incremento de los costos de producción, la ausencia de intereses, los efectos de la inflación en la economía y la resiembra de lotes como consecuencia de fallas en la implantación. Por este motivo, actualmente se están buscando diferentes alternativas que permitan dotar de mayores recursos al plan, siendo el objetivo principal en un futuro, lograr la autosuficiencia del PSF.

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. Juan Ignacio Vanzolini y al Med. Vet. Sergio Cuello por sus valiosos aportes y sugerencias durante la realización de este documento.

A la Ing. Agr. Ivana Schumak y al Técnico Jorge Cepeda por la información compartida.

A los profesionales y funcionarios de la Mesa Técnica del Plan de Sustentabilidad Forrajera. A los productores beneficiarios del Plan por su buena predisposición y el tiempo brindado en diferentes ocasiones.

BIBLIOGRAFÍA:

- Agamennoni, R. 1993. Problemas y posibles soluciones en las explotaciones agrícola-ganaderas de secano en Villarino y Patagones. Boletín de divulgación N° 1. INTA EEA Hilario Ascasubi – CERBAS.
- Cabrera, A. 1951. Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica Vol. IV Nro. 1-2.
- Capelli de Steffens, A & A Campo de Ferreras. 1994. La transición climática en el sudoeste bonaerense. Serie Monografías, Sigeo Bahía Blanca.
- Cappannini, D & R Lores. 1966. Los suelos del Valle Inferior del río Colorado. Colección suelos N° 1 INTA.
- Cuello, S; L Zubiaga & JP Vasicek. 2016. El Plan de Sustentabilidad Forrajera una estrategia adaptativa a la dinámica climática en Villarino. INTA, EEA Hilario Ascasubi. Boletín técnico N° 19. ISSN 0328-3321.
- García, C. 1967. Análisis de las clasificaciones climáticas del territorio Argentino. Serie A N° 24. Buenos Aires.
- Iurman, D. 2009. Sistemas agropecuarios representativos de Villarino y Patagones. Análisis y propuestas. Proyecto Regional "Diagnóstico y perspectivas socioeconómicas de sistemas y cadenas productivas del área del CERBAS para el fortalecimiento de la capacidad de gestión regional". INTA EEA Hilario Ascasubi.
- Mosciaro, M & V Dimuro. 2009. Zonas Agroeconómicas Homogéneas Buenos Aires Sur. Estudios socioeconómicos de la sustentabilidad de los sistemas de producción y recursos naturales. Área de Economía y Sociología – EEA INTA Balcarce. ISSN 1851-6955.
- Sánchez, R; N Pezzola & J Cepeda. 1998. Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA EEA Hilario Ascasubi. INTA EEA Hilario Ascasubi. Boletín de divulgación N° 18. ISSN 0328-3321.
- Sevilla, G; A Pasinato; J García & V Larreguy. 1995b. Producción de forraje de especies perennes y anuales en Villarino y Patagones. XIX Congreso Argentino de Producción Animal. AAPA (Asociación Argentina de Producción Animal). Mar del Plata, 1995. Rev. Arg. Prod. Anim. 15: 374-378.

ENERGÍAS RENOVABLES: UNA APUESTA AL FUTURO

Antinori R.

Diputada provincial, Vicepresidente de la Comisión de Derechos del Usuario y el Consumidor, Vocal de la Comisión de Energía y Combustibles y Vocal de la Comisión de Políticas Sociales - rantinori@hcdiputados-ba.gov.ar

El Gobierno Nacional declaró a 2017 como el "Año de las Energías Renovables". Esta medida fue dispuesta en pos de impulsar el uso de energías renovables y de dar cumplimiento a los compromisos asumidos por la Argentina con la adopción del "Acuerdo de París" celebrado en el marco de la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático 2015. Sin duda, el actual gobierno adoptó una clara decisión política de convertir la generación de Energía Renovable en una política de estado, con miras al cuidado del medio ambiente por medio de la reducción de gases de efecto invernadero, el ahorro de divisas al disminuir su importación y la creación de fuentes genuinas de empleo durante el proceso de la fabricación, instalación y el mantenimiento de esta nueva tecnología.

Marco normativo. A mediados del año 2015, el Congreso Nacional sancionó la **Ley N° 27.191**, que modifica la Ley N° 26.190 y establece el "Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica". La nueva norma mantiene el objetivo planteado en la ley original de lograr el 8 por ciento de consumo de energía eléctrica a partir de fuentes renovables y modifica el plazo para su concreción, fijándolo en diciembre de 2017. Además, establece que hacia el año 2025 ese porcentaje debe incrementarse al 20 por ciento.

La provincia de Buenos Aires no sólo adhirió a la Ley Nacional sino que estableció su propio marco de promoción y fomento. Estamos hablando de la Ley Provincial 14.838 que establece la exención de impuestos de sellos, ingresos brutos e inmobiliario por el término de 15 años.

La energía solar fotovoltaica es fundamental cuando hablamos de cambio en la matriz energética porque el usuario puede generar energía y convertirse en protagonista. Por ello, hemos presentado en la Legislatura un proyecto de ley de Generación Distribuida Domiciliaria.

Los Usuarios-Generadores están autorizados a generar energía para su autoconsumo e inyectar los excedentes a la red. En la facturación recibirá una compensación por la energía inyectada a la red bajo un esquema de sistema de balance neto. Esto significa que cada kilowatt-hora inyectado a la red tendrá el valor que establezca la autoridad de aplicación, el cual será determinado teniendo en cuenta el costo de la energía que paga el prestador de servicio público de distribución en el Mercado Eléctrico Mayorista (MEM).

Además, por medio del Proinged, se están desarrollando 6 parques solares en la provincia. Ellos son:

- Arribeños (General Arenales) 500 kWp – Generación Anual 815 MWh/año
- Ines Indart (Salto) 400 kWp – Generación Anual 653 MWh/año
- Recalde (Olavarría) 200 kWp – Generación Anual 333 MWh/año
- Espigas (Olavarría) 200 kWp – Generación Anual 327 MWh/año
- El Triunfo (Lincoln) 500 kWp – Generación Anual 821 MWh/año
- Cañada Seca (General Villegas) 500 kWp – Generación Anual 841 MWh/año

En total se prevé una **generación anual** superior a los 3.500 MWh/año, equivalente a la energía requerida para abastecer aproximadamente a 1000 viviendas tipo.

De acuerdo al grado de avance de las obras, se espera que los parques se encuentren operativos en el mes de julio/agosto del presente año.

La provincia de Buenos Aires es ideal para el desarrollo de las Energías Renovables. Posee las condiciones propicias para el desarrollo, la riqueza de recursos naturales. En ella se encuentran los grandes centros de consumo y los polos industriales (ello abarata gastos de transporte y distribución) y cuenta con una excelente accesibilidad en cuanto a puertos y vías de comunicación terrestre. Además posee la infraestructura eléctrica con disponibilidad de inyección en líneas de media tensión.

Con respecto al desarrollo de la energía eólica, el 65% del territorio de PBA presenta vientos superiores a 6,5 m/s por encima del promedio de Europa. En este momento se están poniendo en marcha 8 proyectos eólicos que generarán 545 Megavatios y cientos de puestos de trabajo.

A nivel nacional, el RenovAr (en sus dos rondas, la uno y el repechaje en la 1.5) licitó 59 proyectos por un total de 2.423 Megavatios, ello significa inversiones en el orden de los 400.000 millones de dólares y aproximadamente 20.000 puestos de trabajo.

Ocho de los parques eólicos se encuentran en la provincia de Buenos Aires, varios de ellos con buen avance de obra.

En cuanto a la biomasa y biogás, el Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Buenos Aires tiene el primer Plan de Bioeconomía.

El eje conceptual del área de bioenergía es transformar desperdicios con impactos ambientales en materia prima para solucionar el déficit energético, es decir, convertir el problema en una solución tangible.

Es claro que las Energías Renovables son el futuro y allí es hacia dónde vamos.



III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

EJE TEMÁTICO 2: TECNOLOGÍAS DE MANEJO DE SUELOS Y AGUA DE REGIONES SEMIÁRIDAS

AVANCES EN INDICADORES FÍSICO-HÍDRICOS EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA Y SU RELACIÓN CON PRÁCTICAS DE MANEJO

Quiroga A.

INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental “Guillermo Covas”, RN5 km 580 (6326), Anguil (LP). Facultad de Agronomía, UNLPam.

Quiroga.alberto@inta.gob.ar

Regiones semiáridas

La conservación del suelo solo puede ser efectiva en el marco de una actividad agropecuaria rentable y especialmente en las áreas marginales es muy difícil que los productores lo puedan realizar con sus propios recursos. De esta manera, la sustentabilidad en las regiones semiáridas tiende a ser más un problema social que tecnológico. Si bien la determinación de las estrategias de manejo conservacionistas (buenas prácticas) es un problema científico y tecnológico, la implementación de esas prácticas presenta también problemas económicos, socio-culturales, éticos, legales y políticos. Por ello, la transformación del concepto abstracto de la sustentabilidad a un término operativo es esencial para la planificación a mediano plazo de cualquier actividad. Especialmente por la mayor vulnerabilidad de las regiones semiáridas, donde los procesos de intensificación pueden afectar de manera irreversible la resiliencia de estos ecosistemas. Entre las principales dificultades para cambiar las tendencias en estos ecosistemas se mencionan la resistencia a la implementación de medidas/normativas sobre el uso de los territorios; se cuenta con sistemas de alerta y prevención deficientes y no integradas; desconfianza en implementar/trabajar en medidas adaptativas; resistencia a cambios en los modelos productivos; escasos diagnósticos cuantitativos; escasos recursos económicos para prevención; cartografía inadecuada (1:500000) en la mayor parte de las regiones áridas y semiáridas de secano. En relación con estas problemáticas, en las III Jornadas Nacionales de Política Hídrica (Buenos Aires, junio 2017), la Subsecretaría de Recursos Hídricos de la Nación se expresó que el riesgo climático preocupa por la falta de datos y escaso conocimiento de cómo funcionan algunos procesos. Que el país posee “baja capacidad de datos”, algunos dudosos y poco creíbles que limitan las posibilidades de alerta al no estar en tiempo real. Están más pensados para “evaluar y no tanto para gestionar”. Tener datos es el desafío que viene y la prioridad de la SSRH. Se piensa en desarrollar un “protocolo global”, cambiar equipos, ver distribución/disposición de áreas de trabajo, con equipos operando e interconectados.

Conformación de un Observatorio Nacional de Suelos

Recientemente, en marzo de 2017 en Santa Rosa, los representantes del Consejo Asesor de Suelos de la Provincia de La Pampa y técnicos del Ministerio de Agroindustria de la Nación, acordaron sobre la necesidad de definir sitios o áreas de monitoreo de indicadores edáficos, con la finalidad de conformar un Observatorio Nacional de Suelos.

Los mismos deben contribuir a proveer información relativa al estado, tendencias y riesgo de la degradación, para una mejor formulación de políticas de conservación y recuperación de tierras. Estar “atentos” a situaciones de conflicto para implementar estrategias tendientes a mitigar los efectos del manejo sobre los recursos naturales. Respaldar las buenas prácticas agropecuarias es otro de los objetivos, teniendo en cuenta que los países compradores de alimentos ya están implementando regulaciones que pueden convertirse en medidas para-arancelarias para nuestros productos exportables. De esta manera los indicadores edáficos se constituyen en elementos

objetivos que caracterizan los “métodos de producción” y dan sustento a las negociaciones internacionales.

Complementariamente, desde el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable de la Nación, se ha conformado la Comisión de Buenas Prácticas en el marco del proyecto de “Soporte de Decisiones para la Integración y Ampliación del Manejo Sustentable de Tierras”. Las mismas comprenden prácticas de adaptación, prevención, mitigación y rehabilitación.

Resulta auspicioso esta creciente demanda de información y preocupación por cuantificar los efectos de los procesos económicos sobre la condición físico – hídrica de los suelos, a fin de calificar (no solo por la renta) “los métodos de producción”. Sin embargo, desde el PNAgua de INTA se ha podido comprobar que gran parte del país cuenta con “vacancia de recursos humanos” trabajando en la temática, y muy especialmente las regiones agroecológicas marginales y de muy baja resiliencia. Por ello existen grandes limitaciones para concretar un proyecto Nacional donde se encuentren representadas “simétricamente” las distintas problemáticas del país. Más que difícil resulta radicar recursos humanos capacitados y/o formar recursos humanos en estas áreas marginales. Conscientes de esta realidad nos hemos propuesto impulsar “nodos territoriales” de capacitación experimentación sobre la temática de tecnología y manejo del agua en producciones de secano. En ambientes semiáridos se ha impulsado en el marco de proyectos INTA- AUDEAS-CONADEV, la articulación entre recursos humanos de Universidades e INTA para trabajar en la temática. Aquí aparece otra dificultad que limita el trabajo en RED, y es la diversidad de equipamiento, metodología y procedimiento para evaluar el mismo indicador físico. A diferencia de los indicadores químicos, no existen protocolos comunes para las determinaciones de propiedades físico-hídricas. Por ejemplo, infiltración se mide de 4 formas distintas, similar con textura, conductividad hidráulica, estabilidad estructural, resistencia a la penetración, densidad aparente, distribución tamaño poros. Por ello, asumiendo que es prácticamente imposible integrar la información existente, se contactó a los principales referentes que han trabajado en estas temáticas y se está preparando un Manual sobre “Análisis y Evaluación de Propiedades Físico-hídrica de los Suelos”. La finalidad es disponer de una guía/manual que ayude a la interpretación de cada indicador, haciéndolo práctico y operativo para que pueda ser utilizado por profesionales y/o productores como herramienta en la elaboración de estrategias de manejo.

Indicadores Físico-hídricos integrados en procesos y sistemas de producción complejos

Los puntos anteriores fueron desarrollados para “exponer” la necesidad de integrar conocimiento aportado por distintas disciplinas cuando se gestionan sistemas complejos. Por ejemplo, algunos especialistas sostienen que la siembra directa mejora la infiltración y el almacenaje del agua (Beare *et al.*, 1994; Quiroga *et al.*, 2009). Estos factores contribuyen a mejorar el uso del agua, minimizando las pérdidas de agua por evaporación (Blum, 2009). Desde este punto de vista la SD genera condiciones más favorables en la interfase suelo-atmósfera. Sin embargo, otros especialistas consideran la SD contraproducente por el mayor uso de agroquímicos, otros que el empleo rural ha disminuido considerablemente en la medida que se incrementó la superficie en SD. De esta manera, frente al mismo hecho, se presentan tres miradas/posiciones distintas de acuerdo al enfoque disciplinario (productivo, ambiental o social). Es así que varias tecnologías, incluso contrapuestas, pueden ser promovidas como sustentables, como consecuencia de enfoque “reduccionistas” que no permite entender problemas complejos (multidimensionales). Por ello, como expresamos anteriormente, uno de los problemas que surgen cuando se intenta evaluar o medir la sustentabilidad es la confusión respecto a qué es lo que se quiere evaluar y además quien lo dice. También como investigadores debemos estar atentos a los cambios de objetivos en los sistemas de producción para no quedar “fuera de contexto”. Durante muchos años trabajamos para incrementar la productividad física del agua (kg/ha.mm), en los últimos años se ha puesto especial énfasis sobre la productividad económica del agua (pesos/ha.mm). Estos

resultados inducen a considerar otra estrategia para hacer más viables los sistemas de producción de la región semiárida, que consiste en cultivar especies que tengan mayor calidad y valor comercial.

Tabla 1. Principales características de los sitios piloto seleccionados

SITIO PILOTO	CARACTERÍSTICAS PRODUCTIVAS	PRINCIPALES PROCESOS DE DEGRADACIÓN DEL SUELO	INDICADORES PROPUESTOS	OTROS
1. Chacharramendi	Sistema de cría basado en pasturas naturales	Erosión hídrica Pérdida de MO Erosión eólica	Modelo USLE COT Modelo EWEQ	Monitoreo continuo de cobertura vegetal
2. Dorila	Sistema mixto	Pérdida de MO Erosión Eólica Salinización (Napas freáticas cercanas) Densificaciones	COT Índice MO Modelo EWEQ CE Infiltración Cond. Hidráulica Est. estructural	Eficiencia uso del agua Cobertura residuos
3. Anguil	Ganadería ciclo completo basada en pasturas cultivadas	Erosión Eólica Pérdida de nutrientes Densificaciones	Modelo EWEQ COT N y P Saturación bases complejo intercambio	Eficiencia uso del agua Calidad forraje
4. San Martín	Ganadería basada en pasturas cultivadas y naturales.	Pérdida MO Densificaciones Perdida nutrientes	COT Infiltración P y N	Eficiencia uso del agua Calidad forraje
5. Chapaleufu	Agricultura continúa	Perdida MO Exc. Hídrico Salinización Erosión Hídrica Erosión eólica Densificaciones	Modelo USLE Modelo EWEQ CE y PSI COT N y P Índice MO Susceptibilidad a la compactación	Eficiencia uso del agua Calidad agua napa
6. Rancúl	Sistema mixto	Pérdida de MO Perdida nutrientes Erosión Eólica Erosión hídrica Densificaciones	Modelo USLE COT Modelo EWEQ N y P Infiltración Resistencia penetración	Eficiencia uso del agua Encostramiento o Intervalo hídrico óptimo

No obstante estas consideraciones urge la necesidad de caracterizar los “métodos de producción” certificando mediante indicadores físicos los efectos de “procesos económicos” que han sido impulsados principalmente sobre la base de “indicadores monetarios”. A esta realidad se suma el aumento de la cantidad e intensidad de precipitaciones (¿cambio climático?) principalmente en los últimos 20 años, los descensos de materia orgánica con consecuencias negativas sobre la condición física de los suelos que han influenciado sobre distintos procesos que determinan la dinámica del agua. Distintos indicadores muestran cambios en la captación, escurrimiento,

distribución, almacenaje, conservación y eficiencia de uso del agua (física y económica). Por influencia de la composición granulométrica de los suelos (proporción y mineralogía de fracciones texturales) no resulta posible ni conveniente establecer valores umbrales o críticos de estos indicadores e incluso protocolizar una metodología para su determinación. Distintos estudios muestran, para un mismo indicador, un rango de umbrales críticos en función de la textura.

En base a lo expuesto y a la necesidad de concretar observatorios de Suelos tendientes a calificar los “métodos de producción”, se presenta en la Tabla 1 la propuesta de La Pampa.

Se propone el uso de indicadores específicos para cada sitio piloto, en función de los procesos de degradación del suelo predominantes en cada uno. Es importante tener en cuenta que si bien los indicadores a utilizar en diferentes sitios pueden ser los mismos, el orden relativo en que influyen (jerarquización) así como su rango de variación y valores umbrales o críticos (categorización) pueden ser distintos. Ejemplos de indicadores como parte de procesos y estos como principales causantes de pérdida de calidad de los suelos:

1. **Erosión eólica:** El parámetro edáfico a monitorear en forma continua para evaluar la susceptibilidad del suelo a erosionarse es la fracción erosionable (agregados <0,84 mm, determinados por tamizado en seco). Paralelamente, se propone evaluar el impacto del tipo de suelo, en combinación con condiciones climáticas y de manejo variables, utilizando el modelo EWEQ (Panebianco & Buschiazzo, 2008).

2. **Erosión hídrica:** el parámetro edáfico básico a evaluar es la infiltración. Eventualmente podrán utilizarse otras variables asociadas, como textura o resistencia mecánica a la penetración. Se propone evaluar el impacto del tipo de suelo en combinación con condiciones climáticas y de manejo variables, utilizando una adaptación del modelo USLE, actualmente en desarrollo por INTA.

3. **Otros procesos de degradación:** Para procesos como pérdidas de materia orgánica, pérdidas de nutrientes, compactación, pérdida de estabilidad estructural, salinización, sodificación, etc, se utilizarán indicadores ampliamente probados, como stocks de C, resistencia mecánica, CE o PSI, peso volumétrico de agregados, formas de los macroporos, intervalo hídrico óptimo. La tendencia, como en este último indicador, es integrar propiedades edáficas dando lugar a “indicadores compuestos” que frecuentemente resultan más adecuados que el uso de indicadores individuales. Finalmente durante la conferencia se expondrán aspectos metodológicos en cuanto al desarrollo de indicadores físico hídricos compuestos, los cuales han sido publicados en la revista de la Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo.

EL PROCESO DE EROSIÓN EÓLICA EN EL SO BONAERENSE. ¿CUÁNTO NOS AFECTA?

Bouza M.E., M.P. De Lucía, J.C. Silenzi, N.E. Echeverría

Departamento de Agronomía - UNS
San Andrés 800, Bahía Blanca. - mbouza@criba.edu.ar

RESUMEN: La erosión eólica es uno de los graves problemas ambientales, sociales y económicos que debe enfrentar la región semiárida de Argentina, especialmente cuando las tierras son destinadas a la agricultura. El proceso de erosión eólica involucra una pérdida masiva de una parte del perfil y una disminución de los indicadores edáficos determinantes de la fertilidad. Las causas de la erosión eólica de los suelos se encuentran, principalmente, en sus características intrínsecas, que los hacen muy susceptibles a la deflación en situaciones de sequías prolongadas y los fuertes vientos. A todo esto, se le suma la agricultura convencional, practicada en forma mayoritaria en la región, que aumenta el riesgo por dejar la superficie del suelo prácticamente descubierta. Se llevaron a cabo mediciones de erosión eólica durante los años 2009-2011 y 2016 en un Haplustol éntico de la región semiárida pampeana de Argentina, empleando colectores de partículas de suelo BSNE (bandeja simple) y Colector Superficial. Las pérdidas totales de suelo por erosión eólica medidas durante el período (2009-2016), fueron en promedio de 15,7 Mg ha año⁻¹, lo que significó una pérdida de 9,16 mm del horizonte superficial. Sobre el sedimento capturado se determinaron las fracciones granulométricas y la materia orgánica. A su vez las variables se relacionaron con la magnitud de la erosión eólica y con la altura de muestreo. La concentración de la fracción más gruesa aumentó a medida que se incrementó la cantidad de material captado y disminuyó gradualmente su proporción con la altura de registro. Mientras que la concentración de las fracciones más finas aumentó con la altura y disminuyó cuando se incrementó la erosión eólica. Además se observó una relación significativa inversa entre el contenido de materia orgánica y el de arena, y directa con la arcilla y con el limo. En los sedimentos, la concentración de materia orgánica siempre fue mayor que la del suelo de origen, marcando una relación de enriquecimiento de 1,16 como promedio general para los primeros tres años de estudio.

PALABRAS CLAVE: degradación del suelo, materia orgánica, fracciones granulométricas.

INTRODUCCIÓN

La erosión por viento degrada a los suelos en forma irreversible, reduce la productividad y compromete la sustentabilidad de los sistemas agropecuarios del semiárido argentino (Silenzi *et al.*, 1994). El fenómeno obedece a la fuerte degradación física y química de la capa arable, (Lyles & Tatarko, 1986; Buschiazzo & Taylor, 1993; Bouza, 2014). La pérdida de productividad de los suelos ocasiona una disminución en las cosechas, por lo tanto la cantidad de rastrojo baja y consecuentemente la cobertura superficial (Lyles, 1975; Silenzi *et al.*, 1994). La reducción del mulch origina condiciones desfavorables para la germinación y emergencia de las plantas (Woodruff, 1965; Armbrust, 1984).

La situación descrita predomina en climas áridos y semiáridos (Lyles, 1988), entre ellos la Región Semiárida Pampeana de Argentina (RESAP).

El objetivo de este trabajo fue cuantificar la pérdida de suelo por erosión eólica y evaluar su incidencia en algunos parámetros físico-químicos mediante la relación de enriquecimiento (RE).

MATERIALES Y MÉTODOS

Unidad experimental

El estudio se llevó a cabo en el campo "Napotá", predio del Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur. El mismo se ubica a 38°25'34" latitud Sur y a 62° 17'33" longitud Oeste (Figura 1).

El clima predominante en el área es semiárido templado, con un régimen térmico que responde al clima continental, pero atenuado por la influencia marítima. Las lluvias pueden llegar a extremos bajos, característica común a ambientes áridos o semiáridos, o a valores muy por encima del promedio anual, similares a regiones húmedas (Glave, 2006).

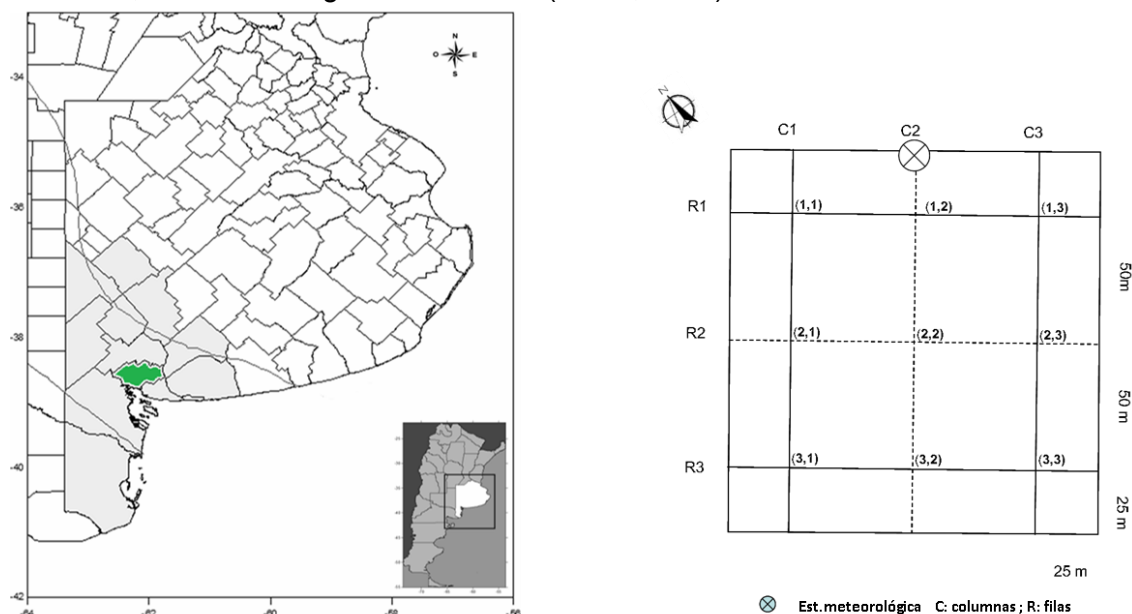


Figura 1. Ubicación y diseño del ensayo. Provincia de Buenos Aires, Argentina.

El suelo modal se describió de acuerdo al Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1999) y se clasificó como Haplustol típico, franco fino, mixto, térmico, con una secuencia de horizontes Ap-A2-AC-C-2Ck-3Ck según Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 1999).

Las mediciones de erosión eólica se llevaron a cabo en una parcela experimental de 125 x 125 m la cual fue mantenida libre de vegetación y sin rugosidad superficial durante el período de estudio. Para tal fin se efectuaron, inicialmente (2009), 5 labranzas consecutivas con arado rastra y rastra de dientes en tándem; durante el resto del tiempo de mediciones, se mantuvo con la misma forma de labranza aplicada según necesidades. Las labores se efectuaron en la dirección de los vientos erosivos predominantes NW-SE a fin de provocar la máxima erosión. El terreno circundante a la parcela permaneció con cobertura vegetal todo el tiempo. Es así que todos los años, se sembró trigo (*Triticum aestivum*) y luego de cada cosecha se mantuvo la totalidad del rastrojo en pie. De esta forma se evitó por completo el movimiento de las partículas durante el período de muestreo.

Para la investigación se evaluaron 18 tormentas de polvo durante los años 2009, 2010, 2011 y 2016 (Tabla 1). Se emplearon dos tipos de colectores de campo: 1) Big Spring Number Eight (BSNE) (Fryrear, 1986), con bandejas colectoras ubicadas a 0,07; 0,27; 0,47 m de altura y área de entrada de 1288 mm² cada una 2) Colectores Superficiales (CS), adaptados a los originales (Stout & Fryrear, 1989), que capturan partículas entre 0,00- 0,02 m de altura y 2000 mm² área de entrada. Por lo tanto, esta disposición de colectores conformaron cuatro alturas de muestreo para cada uno de los 9 puntos de la intersección (clusters) de una grilla de 3 filas por 3 columnas separadas cada una de ellas a 50 m (Figura 1).

Para obtener información del perfil del viento se utilizó una estación meteorológica automática, con una frecuencia de 30 minutos.

Tabla 1. Principales características de las tormentas evaluadas.

Fecha (dd/mm/aa)	Duración (horas)	Velocidad media del viento (km h ⁻¹)	Velocidad máxima (km h ⁻¹)	Precipitación (mm)	Dirección del viento	Pérdida de suelo * (t ha ⁻¹)
11/06/09	63.0	36.9	72.4	-	NNW	21.67
31/08/09	29.5	32.0	67.6	3.8	NNW	4.31
21/10/09	47.5	36.4	80.5	-	NNW-N	8.95
24/10/09	40.5	32.5	66.0	-	NNW	4.84
04/11/09	58.0	31.5	67.6	-	W	5.28
15/08/10	39.0	33.4	62.8	-	NNW	5.98
30/08/10	23.0	33.1	57.9	-	NNW-SSE	6.45
01/09/11	10	37.9	62.8	-	NORTE	2.53
16/09/11	45.5	34.1	66.0	0.2	NNW	13.88
19/10/11	18.5	27.3	56.3	11.8	NNW	4.85
09/08/16	10	19.6	40.7	-	NW	1,45
12/08/16	41	21.1	44.4	-	WSW	3.26
19/08/16	9	14.7	48.2	-	NW	1
25/09/16	16	23.5	35.2	-	NW-WNW	0.10
28/10/16	31	24.5	46.3	-	WNW	15,43
31/10/16	41	21.7	48.2	-	NW	3,23
08/11/16	38	20.7	50	-	W-NW	2,52
16/11/16	32	19.5	40.7	-	SE-S-SSE	3,89

Para el cálculo de pérdida de suelo se procedió según Bouza *et al.* (2012)

Análisis del suelo y del sedimento volado.

Al inicio y finalización del período de investigación a campo se tomaron 9 muestras compuestas del horizonte superficial de la parcela experimental. Se efectuaron determinaciones analíticas que incluyeron textura (Gee & Bauder, 1986), pH en agua (1:2,5), carbono orgánico (Walkley & Black, 1934) y calcáreo mediante el método del calcímetro.

Muestreo y determinación del Índice de erodabilidad del suelo ("I").

"I" representa la pérdida potencial anual por hectárea de un terreno plano con el suelo desnudo y refinado (por labranza constante). Se determina a partir de la fracción erodible (FE), (Woodruff & Siddoway, 1965). La misma es el porcentaje de agregados menores a 0,84 mm de diámetro que se encuentran en los primeros 25 mm superficiales del suelo resultantes del procedimiento de un tamizado en seco mediante tamiz rotatorio simplificado (Silenzi *et al.*, 1990).

Después de los siete años de ensayo se realizó un análisis de varianza (ANOVA), se compararon las medias mediante el test de Tukey para establecer diferencias entre las distintas características consideradas.

Fracciones texturales y carbono orgánico.

El análisis del tamaño de las partículas fue realizado a partir de muestras colectadas a 4 alturas, 9 clusters, 8 tormentas ($n=288$) ocurridas entre Junio y Noviembre de 2009, Agosto y Septiembre de 2010 y Octubre de 2011. Se utilizó el método de la Pipeta de Robinson previo tratamiento con H_2O_2 130 v (39%) y HCl 1N, dispersión con hexametáfosfato de sodio y agitación mecánica por 10 horas, para luego separar las fracciones finas y por último la separación de arenas por tamizado. Para la determinación del carbono orgánico se seleccionaron seis de las ocho tormentas ($n=216$) y se utilizó el método de Walkley & Black.

El análisis de las muestras fue individual según el colector y según la altura de muestreo.

Se estableció la relación entre la concentración de partículas y materia orgánica (MO) en el sedimento recolectado en las trampas comparada con la concentración de éstos en el suelo previo a la erosión (RE).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Pérdida de suelo total

La Tabla 1 muestra la pérdida de suelo para algunas de las tormentas estudiadas durante 7 años de muestreo. De la misma se desprende que la cantidad de material erosionado varió entre 0,10 y 21,7 $Mg\ ha^{-1}$, presentando un total de suelo erosionado de 109,62 $Mg\ ha^{-1}$ para las 18 tormentas muestreadas. El 11 % de las tormentas presentaron menos de 1 $Mg\ ha^{-1}$ de material erosionado, 50 % entre 1 y 5 $Mg\ ha^{-1}$ y 39 % más de 5 $Mg\ ha^{-1}$.

Teniendo en cuenta el total de material erosionado y la densidad aparente se determinó que el espesor de suelo perdido fue de 9,2 mm.

Datos similares fueron reportados por Aimar (2002) quien registró valores de pérdida de suelo de 40,3 $t\ ha^{-1}$ en un Haplustol y de 270 $t\ ha^{-1}$ para un Ustipsamment, medidos durante 20 tormentas, lo que significó una reducción del horizonte superficial de 3,1 y 21,3 mm respectivamente. En tanto que Buschiazzo *et al.*, (1999) midieron pérdidas de 1,04 y 2,8 $Mg\ ha^{-1}$, en dos suelos de la región semiárida pampeana durante dos tormentas de polvo. De Oro & Buschiazzo (2008) encontraron en un Haplustol éntico que la cantidad media de suelo erosionado fue mayor en verano (12,88 $t\ ha^{-1}$) que en primavera (3,11 $Mg\ ha^{-1}$), invierno (0,17 $Mg\ ha^{-1}$) u otoño, donde no se registró erosión. En suelos del centro sur de Chubut, Sterk *et al.*, (2012) obtuvieron pérdidas de material de 248 $t\ ha^{-1}$ medido durante 9 tormentas de polvo con ráfagas de hasta 72 $km\ h^{-1}$. Por su parte Fryrear (1995) encontró en Big Spring, Texas, tasas de erosión entre 0,5 y 18,5 $Mg\ ha^{-1}$, mientras que Mertia *et al.*, (2010) midieron la pérdida de suelo en el desierto de Thar (India) reportando valores de hasta 827 $kg\ ha^{-1}$ entre los meses de Mayo y Julio.

Propiedades físico-químicas del suelo

Las características de los análisis realizados en las muestras de suelo se presentan en la Tabla 2. Respecto a las fracciones granulométricas se observó una disminución en la fracción fina ($< 2-50\ \mu$) en un 15 % y un aumento del 19% en las arenas erodibles (50-500 μ) luego de siete años. Estas variaciones se adjudican exclusivamente a la erosión eólica acelerada durante el período de experimentación.

Tabla 2. Valores medios correspondientes a las fracciones granulométricas, MO y agregados erosionables al inicio y al final del ensayo.

Variable		2009	2016	Test de comparación de medias
Arcilla (< 2 μ)	(g kg ⁻¹)	206,9	162,4	*
Limo (2-50 μ)		350	313,6	*
Arena muy fina(50-100 μ)		321,3	213,3	*
Arena Fina (100-250 μ)		91,6	272,9	*
Arena media (250-500 μ)		22,3	33,4	n.s
Arena gruesa/muy gruesa (0,5-2 mm)			4,3	*
MO		31,3	26,7	*
Agregados < 0,84 mm	%	47	56	*

n.s.= no significativo; * p < 0,05; n=9

Resultados similares fueron encontrados por Buschiazzi & Taylor (1993); los autores registraron una disminución de las fracciones más finas junto con un aumento de la arena gruesa, los cambios fueron de tal magnitud que modificaron la clasificación original del suelo, convirtiendo a un Haplustol éntico en un Ustipsamment típico. Sin embargo estudios realizados por Aimar *et al.* (2003), durante un año, muestran que no existieron diferencias entre el inicio y finalización del ensayo luego del proceso erosivo para un Haplustol éntico tanto para arcilla, limo y arena.

Respecto a la pérdida de materia orgánica por erosión y supuestamente por degradación biológica (mineralización>humificación) representó 8,28 Mg ha⁻¹ en 7 años, lo cual correspondería a una pérdida anual de 1,18 Mg ha⁻¹. Si incluimos la MO de los sedimentos (1,91 Mg), la pérdida anual sería de 3,09 Mg ha⁻¹. En este caso se agrega una intensificación en la mineralización por la mayor aireación provocada por las labranzas. Por otra parte, como implicancia del aumento de 47 al 56 % de los agregados erosionables, la pérdida potencial del suelo por erosión eólica pasó de 70 a 112 Mg ha⁻¹ en siete años, que representa un incremento anual de 6 Mg ha⁻¹ lo que equivaldría perder 9,3 mm de suelo, circunstancia asignada a las labores de refinamiento del suelo, y a la abrasión o corrosión eólica.

Perfect *et al.* (1997) concuerdan que los frecuentes laboreos inducen al fragmentado físico y ruptura de los agregados, promoviendo el refinamiento del suelo. Por otra parte, Druille *et al.* (2013) encontraron en suelos del oeste bonaerense que la FE fue mayor bajo agricultura en comparación con el uso ganadero, siendo este resultado atribuido al disturbio provocado en años anteriores por las labranzas, efecto que persiste aún después de dos años de implantación de cultivos bajo siembra directa.

Bravo & Silenzi (2000) también encontraron diferencias en la FE medida por tamizado en seco, entre suelos labrados y no labrados del sudeste de la provincia de Buenos Aires.

A estos parámetros medidos habría que sumarle la degradación que razonablemente se presume para otras propiedades del suelo, como: pérdida de fertilidad potencial por disminución del factor capacidad o fuente de materia orgánica; reducción en la capacidad de intercambio catiónico, en la de retención de agua, y en la infiltración; aumento en el encostramiento por impacto de las gotas de lluvia, etc. En definitiva, por mediciones y presunciones, el suelo aumentó las posibilidades de degradarse por distintos procesos, y disminuyó sustancialmente en su calidad agronómica de uso, requiriendo prácticas más elaboradas y costosas de manejo.

Fracciones granulométricas de los sedimentos eólicos, comportamiento respecto a la altura de muestreo y a la cantidad de material erosionado.

Las Figuras 2 y 3 ilustran el comportamiento de las fracciones granulométricas respecto a la altura y a la cantidad de material capturado (promedio de 8 tormentas).

En general los datos se ajustaron a una ecuación lineal de la forma $y = a + bx$; presentando r^2 que variaron entre 0,60 y 0,98.

Los valores del coeficiente de regresión b indican que la arena (A%) disminuyó con la altura y aumentó a medida que el material capturado fue mayor. Este resultado indica que: a) las partículas más gruesas son transportadas a menor altura ya que requieren más energía para ser movilizadas; b) cuando el proceso erosivo fue intenso hubo mayor movilización de las arenas. Las fracciones limo (l%) y arcilla (a%) aumentaron a mayor altura de muestreo y disminuyeron cuando aumentó la cantidad total de material capturado para todas las tormentas analizadas. Estos resultados coinciden con los hallados por Zobeck & Fryrear (1986) quienes analizaron 31 tormentas de polvo en un Paleustalf arídico y 7 alturas de muestreo; los autores demostraron que si bien las fracciones granulométricas se ajustaban a una distribución log-log respecto a la altura de muestreo ($r^2=0,90$), las fracciones finas y gruesas mostraron el mismo comportamiento que en este estudio. Aimar (2002) llegó a resultados similares en dos suelos de la región semiárida pampeana excepto para la fracción arcilla que no presentó una tendencia definida.

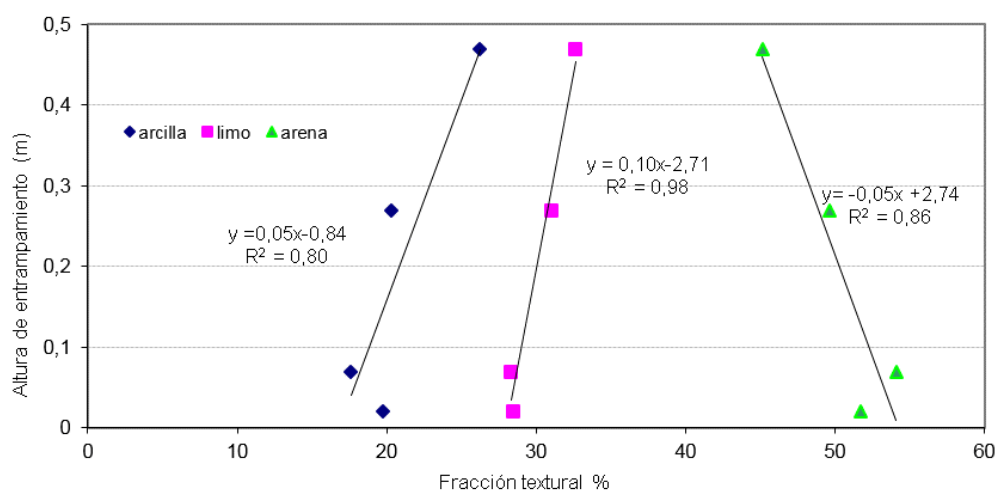


Figura 2. Relación entre la altura de captura de partículas y las fracciones arena, limo y arcilla.

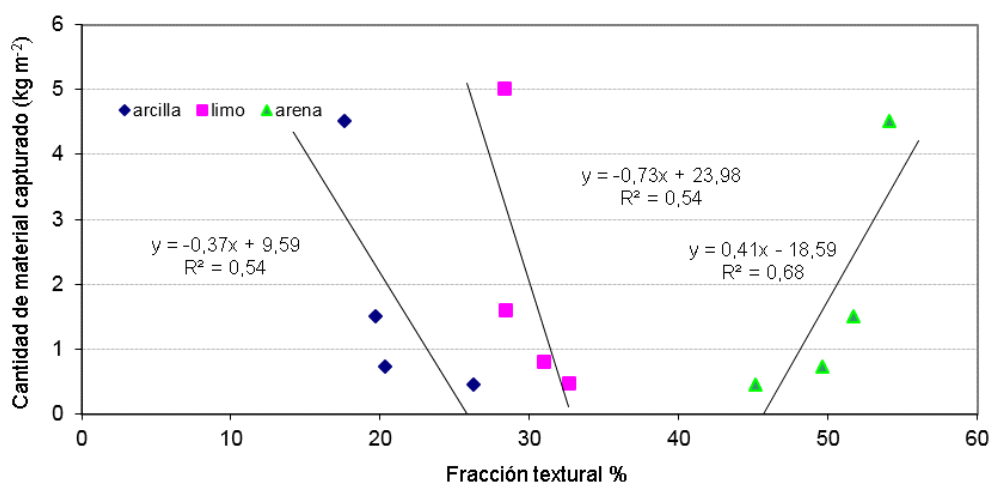


Figura 3. Relación entre la cantidad de material capturado a distintas alturas y el tamaño de partículas.

Materia Orgánica de los sedimentos recolectados.

Relación de enriquecimiento (RE)

La erosión eólica tiende a remover mayor cantidad de fracciones texturales finas y de materia orgánica (MO) que de fracciones gruesas del suelo, en consecuencia hay selectividad en el proceso de extracción. La misma se puede expresar por medio de la relación de enriquecimiento (RE), que es definida como la concentración de partículas y materia orgánica en los sedimentos, comparada con la concentración de éstos en el suelo previo a la erosión (Sharpley, 1985). Este proceso degradativo incrementa la fracción de partículas primarias gruesas en el suelo remanente, mientras que remueve selectivamente a las fracciones finas, MO y nutrientes asociados a los coloides (Adema *et al.*, 2001). Si bien la pérdida de MO está en función de la pérdida de suelo, ésta no es una función lineal, ya que a medida que se incrementa la cantidad de material erosionado su porcentaje es proporcionalmente menor.

La MO tuvo una relación de enriquecimiento (RE) promedio de 1,16 para los primeros tres años de estudio, es decir que la concentración de este compuesto en los sedimentos fue mayor que en la capa superficial del suelo de origen (Tabla 3). La mayor RE la presentó el año 2010 con 1,4. Hagen & Lyles (1984) encontraron en pruebas de laboratorio que las partículas erosionadas presentaban $RE > 1$ pero que no eran estadísticamente diferentes respecto al suelo original. Sin embargo, el material atrapado a campo contenía mayor cantidad de nutrientes que el suelo original.

La principal forma de degradación de los suelos sin vegetación es la pérdida de materia orgánica por erosión eólica, que además trae aparejado consecuencias negativas en la física edáfica (Albaladejo *et al.*, 1998). Según estos autores y en las condiciones en las cuales ellos trabajaron, no observaron una recuperación natural (resiliencia) del ambiente luego de dos años del disturbio. La declinación de los contenidos de MO en un suelo sin cobertura puede atribuirse, además de la erosión eólica, a otros factores que interactúan muchas veces con esta, entre los que pueden citarse: la falta de residuos que retornan al suelo debido a la ausencia de vegetación (Parton *et al.*, 1987), el incremento de la temperatura del suelo que provoca una mayor mineralización (Scott, 1994), y la pérdida ocurrida por escurrimiento (Adema *et al.*, 2001). En este estudio, la concentración media de MO presente en el material de erosionado, aumentó sólo en un 15,5 % respecto de la cantidad presente en la capa superficial del suelo.

Tabla 3. Contenido medio de MO presente en la capa superficial del suelo y en los sedimentos durante tres años y la respectiva relación de enriquecimiento.

Año	MO en los sedimentos*	MO en el suelo*	RE
2009	33,75	31,3	1,08
2010	42,93		1,37
2011	31,78		1,02
Promedio	36,15		1,16

* MO (g kg^{-1})

Correlación de la MO con las fracciones texturales de los sedimentos

Mediante el programa "InfoStat" (Di Rienzo *et al.*, 2008) se realizaron regresiones lineales simples entre las concentraciones en los sedimentos de MO y las variables arena, limo y arcilla para las tormentas analizadas anteriormente con $n=15$ (Figura 4). Para el caso de la arena resultó una relación inversamente proporcional ($r^2 = 0,62$), a medida que aumentó el contenido de arena disminuyó la concentración de MO. Respecto al limo y la arcilla el comportamiento fue inverso al anterior, a medida que aumentaron estas fracciones también se incrementó el contenido de MO ($r^2 = 0,56$ y $0,68$, respectivamente). Según Quiroga *et al.*, (2006) la MO está positivamente relacionada con el contenido de arcilla más limo. Por lo tanto, es esperable encontrar menores contenidos de MO ante la presencia de materiales con mayor contenido de arena. Aimar (2002) también halló, en un Haplustol éntico y en un Ustipsamment típico, correlaciones entre las concentraciones en los sedimentos de arena y MO ($r^2 = 0,55$). Sin embargo no pudo obtener correlación entre limo y MO.

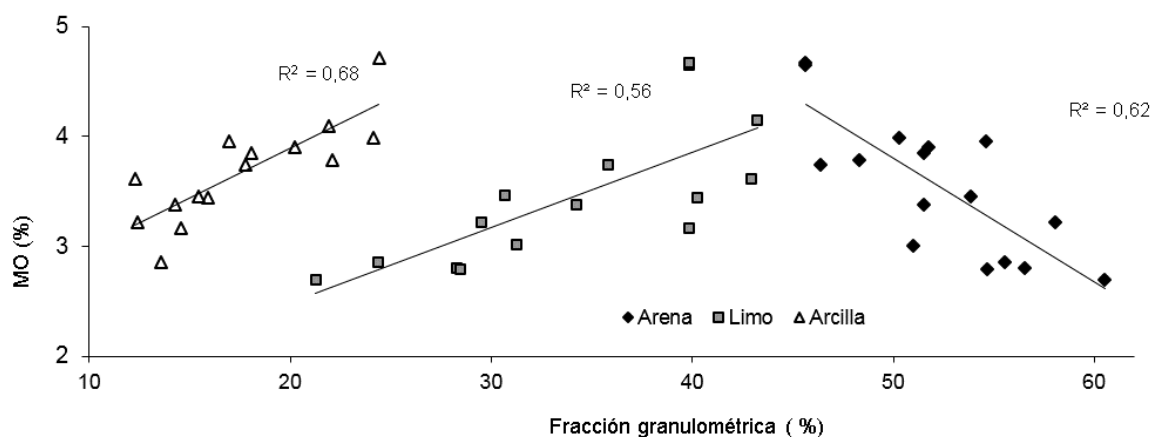


Figura 4. Correlación entre las fracciones texturales y el contenido de materia orgánica en el sedimento.

CONCLUSIONES

Durante el desarrollo de este trabajo se puso en evidencia que en el sitio estudiado del sudoeste bonaerense, el fenómeno de la erosión eólica superó ampliamente los valores umbrales permisibles de pérdida de suelo que según Troeh *et al.* (1991) se encuentran entre 2-10 Mg ha año⁻¹.

Las pérdidas totales de suelo por erosión eólica luego del transcurso de 18 tormentas medidas durante el período 2009-2011 y 2016 fueron en promedio de 15,71 Mg ha año⁻¹, lo que significa una pérdida de 9,16 mm del horizonte superficial.

La pérdida de material adjudicada exclusivamente a la erosión eólica acelerada durante el período de experimentación produjo diferencias significativas en todas las variables excepto arena media. La disminución de MO representó una pérdida media anual de 1,18 Mg ha⁻¹ mientras que como implicancia del aumento de agregados erosionables, la pérdida potencial de suelo significó un incremento anual de 8 Mg ha⁻¹.

Respecto a la variación de las fracciones granulométricas con la altura de muestreo y con la cantidad de material capturado, en general el comportamiento fue el mismo para todas las tormentas; la fracción más gruesa disminuyó con la altura de muestreo y aumentó con la cantidad de material captado, mientras que las fracciones más finas aumentaron con la altura y en la masa capturada se observa un efecto de "dilución". En todos los niveles de muestreo el material erosionado está enriquecido respecto al suelo original.

BIBLIOGRAFÍA

- Adema, EO; FJ Babinec & N Peinemann. 2001. Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Caldenal pampeano. *Ciencia del Suelo* 19,144-154.
- Aimar, S. 2002. Estimaciones cualitativas y cuantitativas de pérdidas por erosión eólica en suelos de la región semiárida pampeana central. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Argentina .143 pp.
- Aimar, S; D Buchiazzo & N Peinemann. 2003. Cuantificaciones de la Erosión Eólica en la Región Semiárida Pampeana Central Argentina (RSPC), Cap. 3. En: Golberg A.D. y Kin, A.G (Eds.). Viento, Suelo y Plantas. Ediciones INTA, V 67, 160 pp.
- Albaladejo, J; M Martínez Mena; A Roldan & V Castillo. 1998. Soil degradation and desertification induced by vegetation removal in a semiarid environment. *Soil Use Manage.* 14, 1-6.
- Armbrust, DV. 1984. Wind sandblast injury to field crops: effects on plant age. *Agron. J.* 76,991-993.
- Bouza, ME. 2014. Estudio del proceso de erosión eólica en el sudoeste bonaerense. Validación de un modelo predictivo. Tesis Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Argentina .156 pp.
- Bouza, ME; JC Silenzi; NE Echeverría & MP De Lucia. 2012. Analysis of erosive events for a soil in the southwest of Buenos Aires Province, Argentina. *Aeolian Research* 3(4), 427-435.
- Bravo, OA & JC Silenzi. 2000. Uso del índice de estabilidad mecánica para evaluar la resistencia a la erosión eólica en suelos de la región Semiárida Bonaerense. Proc. of XVII Arg. Cong. of Soil Sci. Mar del Plata, Argentina (en CD).
- Buschiazzo, DE & SB Aimar. 2003. Erosión Eólica: Procesos y Predicción, Cap. 2. En: Golberg, AD & AG Kin. (Eds.). Viento, Suelo y Plantas. Ediciones INTA, V 67, 160 pp.
- Buschiazzo, DE & V Taylor. 1993. Efectos de la erosión eólica sobre algunas propiedades de suelos de la región Semiárida Pampeana Argentina. *Ciencia del Suelo* 10,46-53.
- Buschiazzo, DE; TM Zobeck & SB Aimar. 1999. Wind Erosion in Loess Soils of the Semiarid Argentinian Pampas. *Soil Sci* 164:133-138.
- De Oro, LA & DE Buschiazzo. 2008. Threshold wind velocity as an index of soil susceptibility to wind erosion under variable climatic conditions. *Land Degrad Dev* 20,14-21.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Druille, M; M Castiglioni & JM Massobrio. 2013. Fracción erosionable del suelo en el oeste bonaerense bajo sistemas de uso de la tierra contrastantes. *Ciencia del Suelo* 31(1), 125-132.
- Fryrear, DW. 1986. A field dust sampler. *J. Soil Water Conserv.* 41(2), 117-120.
- Fryrear, DW. 1995. Soil losses by wind erosion. *Soil Sci Soc Am J* 59(3):668-672.
- Gee, GW & JW Bauder. 1986. Particle-size analysis. In Methods of Soil Analysis, Part 1- Physical and Mineralogical Methods. 2nd. Ed. By Arnold Klute. American Society of Agronomy, Inc. Soil Science Society of America, Inc. Madison, Wisconsin USA, 383-411.
- Glave, A. 2006. Influencia climática en el sudoeste Bonaerense y sudeste de La Pampa. *Acaecer*, 31(360), 18-23.
- Hagen, LJ & L Lyles. 1984. Amount and nutrient content of particles produced by soil aggregate abrasion. In: Erosion and Soil Productivity, Proceedings of the National Symposium, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan, pp. 117-129.
- Lyles, L. 1975. Possible effects of wind erosion on soil productivity. *J. Soil Water Conserv.* 30, 279-283.
- Lyles, L. 1988. Basic wind erosion processes. *Agr. Ecosyst. Environ.* 22/23, 91-101.
- Lyles, L & J Tatarko. 1986. Wind erosion effects on soil texture and organic matter. *J. Soil Water Conserv.* 41, 191-193.
- Mertia, RS; S Priyabrata; BK Kandpal & R Prasad. 2010. Mass-height profile and total mass transport of wind eroded aeolian sediments from rangelands of the Indian Thar Desert. *Aeolian Research* 2 (2010) 135-142.

- Parton, WJ; DS Schimel; CV Cole & DS Ojima. 1987. Analysis of factors controlling soil organic levels of grasslands in the Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 51, 1173-1179.
- Perfect, E; Q Zhai & RL Blevins. 1997. Soil and tillage effects on the characteristic size and shape of aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 1459-1465.
- Quiroga, A; D Funaro; E Noellemeyer & N Peinemann. 2006. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. *Soil Till. Res.* 90, 63-68.
- Scott, WD. 1994. Wind erosion of residue waste. Part 1. Using the wind profile to characterise wind erosion. *Catena* 21(4), 291-303.
- Sharpely, AN. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 49, 1527-1534.
- Silenzi, JC; OA Bravo; NE Echeverría & T Grossi. 1994. Influencia de la pérdida de suelo de un Haplustol éntico sobre el rendimiento de trigo candeal. III Congreso Nacional de Trigo, Bahía Blanca, 26- 28/X/94.
- Silenzi, JC; CA Puricelli & GR Marrón. 1990. Modelo simplificado de tamiz rotatorio para determinar el índice de erodabilidad eólica de los suelos. *Ciencia del Suelo* .8, 83-86.
- Soil Survey Staff.1999. Soil Taxonomy. A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Surveys (2nd ed), Agriculture Handbook vol. 436, United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service, Washington, DC, USA.
- Sterk, G; J Parigiani; E Cittadini; P Peters; J Scholberg & P Peri.2012. Aeolian sediment mass fluxes on a sandy soil in central Patagonia. *Catena* 95:112-123.
- Stout, JE & DW Fryrear. 1989. Performance of a windblown-particle sampler. *Trans. ASAE* 32, 2041-2045.
- Troeh, FR; JA Hobbs & RL Donahue. 1991. Soil and Water Conservation. 2nd Ed. Prentice- Hall, 530 pp.
- Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37, 29-38.
- Woodruff, NP.1965. Wind-blown soil abrasive injuries to winter wheat plants. *Agron J.* 48, 499-504.
- Woodruff, NP & FH Siddoway.1965. A wind erosion equation. *Soil Sci. Soc. Am Proc.*29, 602-608.
- Zobeck, TM & DW Fryrear. 1986. Chemical and physical characteristics of windblown sediment I. Quantities and physical characteristics. *Trans. ASAE.* 29, 1032-1036.

INCIDENCIA DEL USO Y MANEJO DEL SUELO SOBRE EL ESCURRIMIENTO Y LA EROSIÓN EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA ARGENTINA

Echeverría N.E., J.C. Silenzi, A.G. Vallejos, M.P. De Lucía, M.E. Bouza

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur
8000 Bahía Blanca. echeverr@criba.edu.ar

RESUMEN: En el sur de la región semiárida Argentina el sobrepastoreo, el desmonte y las labranzas han modificado la vegetación natural y las propiedades superficiales del suelo, en consecuencia se han acelerado los procesos de escurrimiento y erosión. La Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos para complementar el conocimiento del proceso erosivo de los suelos de la región ha realizado, desde hace más de una década, distintas experiencias a campo con simulador de lluvia. El objetivo del presente trabajo fue presentar algunos resultados de estos estudios en sitios con usos y manejos contrastantes en tierras agrícolas y de pastizal natural. La fragilidad del ambiente se manifiesta por la magnitud de las pérdidas de agua y suelo medidas, las que se acentúan cuando la cubierta vegetal es eliminada. Las altas tasas de escurrimiento y pérdida de nutrientes en pastizales sobrepastoreados puede limitar la recuperación de los mismos favoreciendo a la desertificación de la región. Desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos: las pérdidas de CO resultaron ser las más afectadas por la erosión, esto es de suma importancia, ya que la materia orgánica en estos sistemas de producción es difícil de recuperar.

PALABRAS CLAVE: simulación de lluvia, infiltración, escurrimiento superficial; erosión.

INTRODUCCION

La erosión hídrica es un proceso natural de las tierras que se acelera a causa de los disturbios provocados por la participación del hombre sobre los agro-ecosistemas. Es una de las formas de degradación del suelo más importante, tanto por extensión como por magnitud. A nivel mundial se estima que hay afectadas 1100 millones de hectáreas (Blanco Caqui & Lal, 2010), mientras que en la Argentina el daño alcanza a más de 60 millones de hectáreas (Casas & Albarracín, 2015). La erosión hídrica de las tierras puede ocurrir en cualquier tipo de clima, incluso en las regiones áridas, semiáridas y subhúmedas secas, conocidas globalmente con el nombre de "tierras secas" (drylands). Estas regiones secas se caracterizan por la fragilidad de los suelos, la vulnerabilidad de los ecosistemas ante los disturbios provocados por las actividades humanas y la variabilidad climática. En este último aspecto, estudios recientes sugieren que la variabilidad climática podría incrementarse como una consecuencia del cambio climático global, provocando mayor ocurrencia de eventos extremos, los cuales podrían incrementar las tasas de escurrimiento y erosión (Nearing *et al.*, 2004). A su vez, incrementos en la cantidad e intensidad de las precipitaciones en regiones secas suelen generar cambios en el uso de la tierra, provocando un avance de la frontera agropecuaria, situación que comúnmente aumenta en forma significativa los procesos de erosión (Lal *et al.*, 2011). La eliminación de la cobertura vegetal natural para realizar agricultura, o el deterioro del pastizal por pastoreo intensivo, producen cambios estructurales tanto en la vegetación como en el suelo, provocando un rápido descenso del contenido de la materia orgánica del suelo, alcanzando algunas veces el agotamiento edáfico y un elevado riesgo de desertificación (Lal *et al.*, 2011). En ambientes áridos y semiáridos las tasas de escurrimiento y erosión de los pastizales naturales está estrechamente relacionada con los patrones de vegetación, el contenido de humedad del suelo y el grado de disturbio (Chartier *et al.* 2011). En estas condiciones, el rol del escurrimiento superficial sobre la dinámica de nutrientes se convierte en un fenómeno particularmente importante que puede remover grandes cantidades de Carbono (C), Nitrógeno (N) y Fósforo (P) desde tierras en pendientes.

En la Argentina el 75 % (220 millones de ha) de la superficie total del país se halla en condiciones de aridez o semi-aridez, y se estima que más de un 40% (88 millones de ha) de estas tierras se hallan afectadas por procesos erosivos originados principalmente por sobrepastoreo, desmonte, y uso indebido del fuego y labranzas (SAGyP, 1995).

Factores que controlan el proceso de erosión hídrica

La erosión hídrica comprende la desagregación del material del suelo por el impacto de la gota de lluvia y/o por la energía del escurrimiento, y el transporte de partículas por el efecto de salpicado y el escurrimiento. Es un fenómeno complejo, donde interrelacionan factores activos (lluvia y escurrimiento), un factor pasivo (suelo) y factores intermediarios (la vegetación y la topografía). La erosión hídrica comprende dos formas o manifestaciones dominantes, la erosión en surcos (rill erosion) y la erosión laminar (sheet erosion), que cuando se da entre los surcos se denomina erosión entre surcos (terrill erosion). En la erosión entre surcos el principal proceso es la desagregación del suelo por impacto de la gota de lluvia y el transporte del sedimento por salpicado y flujo laminar. Para la erosión en surcos es la desagregación y el transporte por flujo concentrado.

La erodabilidad es una medida de la susceptibilidad del suelo a los procesos de desprendimiento y transporte por los agentes de erosión. La respuesta de un suelo al proceso de erosión hídrica es compleja; está principalmente determinada por propiedades del suelo como la textura, la estabilidad de los agregados, el contenido de carbono orgánico y la capacidad de infiltración. Generalmente estos atributos son degradados a través del uso y gestión de la tierra, consecuentemente la erodabilidad cambia con el tiempo. Echeverría *et al.* (2006) evaluaron la erodabilidad de tres suelos del sur de la región semiárida Argentina y observaron que el comportamiento de los factores K estimados a partir de la ecuación USLE y la del modelo WEPP fueron poco confiables para suelos con más de 65% de arenas.

La infiltración es un componente fundamental del proceso lluvia - escorrentía y juega un rol importante en el ciclo hidrológico, especialmente en regiones áridas y semiáridas, puesto que determina por un lado, la cantidad de almacenamiento de agua en el suelo para la vegetación, y por el otro el riesgo de erosión hídrica de las tierras. En ambientes semiáridos la distribución espacial y tipo de vegetación condicionan las propiedades superficiales del suelo y afectan las tasas de infiltración y escurrimiento. Conjuntamente otros factores, como el pastoreo y tránsito animal, modifican la vegetación natural, compactan el suelo y reducen la tasa de infiltración de la lluvia, e incrementan la erosión (Echeverría, 2014).

Pérdida de suelo y nutrientes

El escurrimiento superficial puede remover grandes cantidades de nutrientes desde el suelo en formas disueltas o ligadas a los sedimentos. La sustracción de carbono orgánico y nutrientes por parte del escurrimiento, en forma persistente, reduce la calidad de los suelos y por ende la productividad del ecosistema con consecuencias ambientales tales como emisión de CO₂ (Polyakov & Lal, 2008) y reducción en la calidad del agua superficial de la región. Muchos estudios han indicado que la afluencia de N y P, transportados por los escurrimientos superficiales provenientes de los agro-ecosistemas y que descargan en lagos y lagunas, son la principal causa de la eutrofización de las aguas de estos reservorios (Sharpley & Kleinman, 2003).

La erosión hídrica presenta dos fases en la dinámica de los nutrientes: la pérdida y la deposición. Ambas se cumplen en forma selectiva; esto es debido a que los constituyentes edáficos escogidos por la erosión son preferentemente la arcilla y la materia orgánica, que como se sabe son ricos reservorios de elementos químicos. La pérdida total de nutrientes por erosión está directamente relacionada con la erodabilidad del suelo, la lluvia, el escurrimiento, la pendiente y la cobertura del suelo (Zhang *et al.*, 2010). Muchos investigadores coinciden en que, la cantidad de sedimentos en el escurrimiento de un evento es el factor determinante de la pérdida total de nutrientes, más que la concentración de éstos en los sedimentos (Jin *et al.*, 2009).

En la bibliografía es frecuente que la composición del sedimento se describa en términos de relación de enriquecimiento (RE) de nutrientes como carbono orgánico, nitrógeno, fósforo, (Sharpley, 1985). La RE es definida como la relación entre la concentración de un nutriente en el sedimento comparada con la concentración de este nutriente en el suelo previo a la erosión. Conocer la RE de diferentes suelos, con distintos manejos, es un importante aporte para poder predecir pérdidas totales de nutrientes, a partir de modelos de erosión que estiman las pérdidas de sedimentos.

Los experimentos de simulación de lluvia son ampliamente utilizados para estudiar la erosión y el transporte de nutrientes en el flujo superficial. Sharpley & Kleinman (2003) indican que los procesos que determinan la pérdida de nutrientes desde el suelo, en especial el P, son similares para el flujo superficial generado desde simuladores de lluvia como por la lluvia natural. El estudio de la calidad de los sedimentos provocados por erosión hídrica ha sido poco estudiado en Argentina, en especial en regiones secas. Adema *et al.* (2001) evaluaron pérdidas de nutrientes en dos suelos, representativos del Caldenal pampeano bajo diferente grado de cobertura vegetal. Encontraron que la tasa de enriquecimiento de los nutrientes fue mayor en el Ustipsamente que en el Haplustol. Además, confirmaron que la pérdida de nutrientes estuvo inversamente relacionada al porcentaje de cobertura del suelo, y que el CO fue el principal constituyente afectado por erosión hídrica en ambos suelos. En este sentido, Chartier *et al.* (2013) menciona que en pastizales degradados, las pérdidas de nutrientes y arcilla por el flujo superficial favorece la dominancia de arbustos. Las investigaciones consultadas indican que, en general, los sedimentos erodados están enriquecidos en nutrientes. Sin embargo, en qué medida diversos procesos de la erosión explican este mecanismo de enriquecimiento, es aún algo poco claro y este conocimiento es requerido para el modelado de pérdidas de nutrientes como P y N.

Marco regional y planteo del problema

Las características fisiográficas del sur de la región semiárida pampeana, presentan diferencias notorias desde las sierras de Ventania hacia el río Negro, presentando distintos ambientes con diferente grado de susceptibilidad a la erosión hídrica. Citando como ejemplos el Partido de Tornquist con el 35% de su superficie afectada por erosión hídrica y el Partido de Villarino con un 10% (Silenzi & Echeverría, 2001). La región se encuentra entre las isohietas de 600 mm al norte y la de 400 mm al sur. Estos promedios anuales suelen ser una pobre expresión de la realidad debido a las permanentes oscilaciones del clima que, de manera no previsible, presenta una alternancia de años húmedos con años secos.

La utilización de las tierras se reparte entre el uso pastoril y la agricultura de secano. La explotación ganadera constituye la principal actividad económica, basada en forma casi exclusiva en la utilización de pastizales naturales y, en menor proporción, en lotes con forrajeras cultivadas. La agricultura se basa fundamentalmente en la producción de trigo y verdeos de invierno (Iurman, 2010). Otra práctica utilizada en la región, de forma irracional, es el desmonte para ampliar la frontera agrícola, lo que ha producido una importante degradación de las tierras. Si bien no existen cifras para toda la región un ejemplo de cómo se está modificando el paisaje lo indica el partido de Patagones. Este partido, en el año 1975, el 65 % de su superficie se encontraba cubierta por monte xerófilo, la misma se redujo a solo 34 % para el año 2002 (Pezzola *et al.*, 2004). La utilización de estas tierras sin la aplicación de buenas prácticas para lograr un manejo agropecuario sustentable ha provocado un avanzado estado de degradación de los suelos que los hace muy susceptible a los procesos de erosión (Silenzi *et al.*, 2011). Como consecuencia la rentabilidad productiva disminuye, la población rural abandona los campos y migra hacia los centros urbanos, conduciendo irremediamente a la desertificación de la región (Silenzi *et al.*, 2011). Si esto se relaciona con la extensión y la magnitud de tierras afectadas por erosión hídrica y su implicancia en la productividad, este aporte científico puede contribuir a conocer mejor el proceso y aportar bases sólidas para generar estrategias de control ambiental y orientar la producción agropecuaria hacia la sustentabilidad. La información que aporten los experimentos de

campo, puede significar una base de datos importante para los modelos de predicción de escurrimiento y erosión.

Objetivo general

El objetivo de esta presentación es presentar los resultados de estudios sobre erosión hídrica laminar en sitios con distinto grado de disturbio por pastoreo continuo, desmonte y labranzas mediante el empleo de parcelas de escurrimiento y lluvias simuladas.

Metodología experimental

La Cátedra de Conservación y Manejo de Suelos para complementar el conocimiento del proceso erosivo de los suelos de la región ha realizado, desde hace más de una década, distintas experiencias a campo con simulador de lluvia. Los simuladores de lluvia son herramientas de investigación diseñados para aplicar agua en una forma similar a las tormentas naturales. Son usados para muchos tipos de experimentos de erosión de suelos e hidrológicos. Los trabajos se desarrollaron en suelos, usos y manejos representativos del sur de la región semiárida Argentina. La metodología experimental utilizada fue similar para todos los estudios y ampliamente desarrollada en Echeverría, 2014. Para evaluar la infiltración, el escurrimiento y la pérdida de suelo se utilizó un simulador portátil de lluvia. El equipo utiliza un pico aspersion Veejet 80100, el cual trabajando a una presión de 41,4 kPa y a 3 m de altura, produce gotas de diámetro medio de 2,1 mm y una energía de lluvia de 200 kJ ha⁻¹ mm⁻¹. En cada microparcela (1m x 1m) se aplicaron 2 lluvias, con 24 horas entre la primera y la segunda, de 30 minutos de duración y con una intensidad promedio de 55 mm h⁻¹. La misma representa la mayor intensidad registrada en el lugar para un período de retorno de 10 años.

Escurrecimiento y erosión en sitios con diferente disturbio en el sur de la región semiárida Argentina (Echeverría *et al.*, 2002; Echeverría, 2014)

El uso de pastizales naturales sin una gestión de manejo sustentable ha conducido a un estado avanzado de degradación ecológica y desertificación (Fernández *et al.*, 2009). El paisaje más común en el área muestra la coexistencia de parches con distinta intensidad de pastoreo alternando con sectores donde la cubierta vegetal ha sido eliminada para realizar vías de acceso, picadas contrafuego o para uso agropecuario. Echeverría *et al.* (2014) evaluaron el impacto del pastoreo sobre las propiedades físicas del suelo, particularmente en el horizonte superficial. Sus resultados indicaron que en las áreas con mayor presión de pastoreo se produjo una considerable compactación del suelo superficial, reflejada por el incremento en la densidad aparente y en la disminución de la porosidad total. La estabilidad de los agregados resultó un parámetro muy sensible para registrar la degradación estructural en la capa superficial. Estos cambios de las propiedades superficiales reducen la calidad edáfica, modifican la dinámica hidrológica y el ecosistema se vuelve más susceptible a la erosión.

Las investigaciones desarrolladas sobre pastizales naturales en la región se han centrado históricamente en los efectos de la herbivoría sobre la vegetación y en medir el impacto sobre las propiedades del suelo. Sin embargo, poca atención se ha dado en la zona sobre el efecto que estos disturbios provocan sobre las propiedades hidrológicas de los suelos. La evaluación de: infiltración - escurrimiento, las pérdidas de suelo y nutrientes, mediante simulación de lluvias, puede proveer una buena estimación de la susceptibilidad a la erosión de sitios específicos. Además, los datos pueden ser aplicables para evaluar índices de sitio o efectos de manejo, así como datos de ingreso en modelos predictivos de erosión

Objetivo

Evaluar el escurrimiento, la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica laminar en sitios con distinto grado de disturbio por pastoreo continuo, desmonte y labranzas mediante el empleo de parcelas de escurrimiento y lluvias simuladas.

Sitios experimentales

P: Pastizal pastoreado sin pisoteo, se encontró en áreas adyacentes a los arbustos con abundante mantillo superficial.

PP: Pastizal pastoreado y pisoteado: sitios entre arbustos; cubiertos por especies herbáceas, en su mayoría perennes. El mantillo superficial era escaso a nulo.

PP+: Pastizal fuertemente pastoreado y pisoteado: en sectores con presencia de senderos de animales y escasa cobertura dentro de los parches pastoreados y pisoteados.

CPP: Corta fuego pastoreado y pisoteado. Se utilizaron picadas antiguas cubiertas por vegetación, en su gran mayoría herbáceas anuales.

CA: Corta fuego recién arado y desprovisto de vegetación.

RESULTADOS

La utilización de las tierras sin una gestión sustentable, ha degradado la vegetación natural y las propiedades originales de los suelos. Estos cambios de las propiedades superficiales reducen la calidad edáfica, modifican la dinámica hidrológica y el ecosistema se vuelve más susceptible a la erosión. Según los ensayos de simulación de lluvia, a medida que aumentó el disturbio se observaron los siguientes cambios en los procesos hidrológicos (Tabla 1) y en la pérdida de sedimentos y nutrientes (Tabla 2):

✓ La capacidad de infiltración de los suelos disminuyó. El sitio más intensamente pastoreado (PP+) redujo su infiltración acumulada y su infiltración final en alrededor de 54 y 70% respecto de los sitios con menor disturbio (P, PP). En el desmote dichos descensos fueron de 20 y 41 % respectivamente. En los sitios con menor disturbio el efecto amortiguador de la cobertura vegetal redujo la energía de impacto de la gota de lluvia sobre el suelo y permitió una mayor infiltración. Es muy relevante el efecto del sobrepastoreo, en este sentido hay que remarcar que el tratamiento con menor infiltración fue el más degradado del pastizal.

✓ El escurrimiento total aumentó significativamente. Los incrementos más importantes correspondieron al sitio sobrepastoreado (PP+) que fue 4 veces más alto que los sitios con menor disturbio (P, PP)

✓ Los coeficientes de escurrimiento oscilaron en suelos muy pastoreado entre 0,56 a 0,80, mientras que en la situación menos degradada del pastizal entre 0,08 a 0,16, según la condición de humedad antecedente.

✓ Las pérdidas más importantes de suelo por erosión hídrica se registraron en la situación de desmote.

✓ El efecto de la lluvia antecedente y la condición de humedad antecedente del suelo tuvieron un efecto pronunciado en el escurrimiento y en la erosión. Ambos parámetros aumentaron en condiciones de capacidad de campo.

✓ Los sedimentos fueron enriquecidos en partículas finas ($<50\ \mu\text{m}$) y nutrientes comparados con el suelo desde donde procedieron. Esto refleja la selectividad del proceso de erosión, principalmente respecto a CO y NT (Tabla 2)

✓ La pérdida total de nutrientes ligados a los sedimentos mostró una fuerte relación lineal positiva con la pérdida de suelo por erosión. Esta relación explica que altos niveles de pérdida de suelo conducen a elevados niveles de pérdida de nutrientes. En otras palabras, la pérdida de nutrientes por los sedimentos dependió más de la pérdida de suelo que de la concentración de los mismos en los sedimentos.

La fragilidad del ambiente se manifiesta por la magnitud de los cambios ocurridos, los que se acentúan cuando la cubierta vegetal es eliminada. En el pastizal los parches más degradados, en especial PP+, se ven afectados en las posibilidades de almacenar agua y pueden actuar como sectores que originan escurrimiento y pérdidas de nutrientes mientras que sitios como P son considerados como áreas con mayores posibilidades de almacenar agua y nutrientes. Las áreas desmontadas tienen alto potencial de erosión y pérdida de nutrientes. Por lo tanto, el uso irracional de estos ecosistemas conduce a una importante disminución del potencial productivo, vuelve a las tierras vulnerables a la erosión y conduce irremediablemente a la desertificación.

Tabla 1. Infiltración acumulada (Ia), escurrimiento total (Et) y pérdida de suelo (PS).

Sitios	Lluvia 1			Lluvia 2		
	I _a (mm)	Et (mm)	PS (kg ha ⁻¹)	I _a (mm)	Et (mm)	PS (kg ha ⁻¹)
P	22,9 b	2,5 a	49 a	21,7 c	4,0 a	92 a
PP	24,0 b	3,3 a	66 a	16,0 bc	10,0 ab	90 a
PP+	13,5 a	17,3 b	396 b	5,9 a	23,7 c	361 b
CPP	17,8 ab	11,0 b	657 bc	10,6 ab	16,3 bc	1.061 c
CA	17,3 ab	12,4 b	1.399 c	9,8 ab	18,7 c	2.707 d

Letras diferentes en cada lluvia indican diferencias significativas ($p < 0,05$) (Echeverría, 2014).

Tabla 2. Relación de Enriquecimiento para fracciones granulométricas y nutrientes respecto del suelo superficial (0-25 mm) (Echeverría, 2014)

Sitios	Arcilla (<2)	Limo (2-50)	Arena (50-2000)	CO	NT	Pt
Lluvia 1						
P	2,7	2,5	0,3	3,5	3,8	1,0
PP	3,2	2,2	0,5	4,1	3,9	1,1
PP+	4,2	2,8	0,4	4,7	4,4	1,5
CPP	2,0	1,9	0,7	4,8	4,0	1,4
CA	1,6	1,4	0,8	3,7	2,5	1,3
Lluvia 2						
P	2,1	2,1	0,6	3,1	2,9	0,7
PP	3,3	2,6	0,3	3,6	3,5	1,0
PP+	3,8	2,5	0,5	4,0	3,7	1,4
CPP	2,2	1,7	0,8	3,6	2,9	1,1
CA	1,4	1,0	1,0	2,3	1,9	1,2

Evaluación del escurrimiento y erosión (Echeverría *et al.*, 2004) y de la pérdida de nutrientes (Echeverría *et al.*, 2003) en suelos de la cuenca del Río Sauce Grande.

La erosión hídrica afecta una importante superficie del Sur de la Región Semiárida Argentina. Se destaca la erosión hídrica en la Cuenca del Río Sauce Grande, que tiene aproximadamente 1490 km², y sus escurrimientos alimentan el dique "Paso Piedras", que provee de agua a Bahía Blanca y Cnel. Rosales. Se estima que por la intervención antrópica, utilizando el tradicional sistema mixto agrícola-ganadero, más del 80% de la superficie de esa cuenca presenta algún grado de erosión hídrica. La pérdida de nutrientes debido a la erosión hídrica reduce la productividad de los campos y provoca la eutrofización del agua de su represa. Este trabajo pretende advertir que los manejos convencionales del suelo, tanto en ganadería como en agricultura, son los causantes de los importantes procesos de escurrimiento y erosión hídrica de los suelos más representativos de la Cuenca alta del río Sauce Grande.

Los antecedentes científicos indican que destinar el suelo a la ganadería no es por sí solo un seguro para evitar la erosión hídrica. Cuando el manejo del pastoreo es inadecuado también se producen importantes escurrimientos y pérdidas de suelo. No obstante, estos procesos aumentan en magnitud cuando el mismo suelo pasa de uso ganadero a agrícola. En este último aspecto, la selección de los cultivos y el tipo de labranza inciden significativamente. La intensidad de la

labranza junto con el contenido de humedad del suelo definen en gran parte el grado de encostramiento superficial, el escurrimiento y la erosión.

Objetivo

El objetivo del trabajo es detectar los manejos ganaderos y agrícolas que son los mayores causantes de los procesos de escurrimiento y erosión hídrica de los suelos de la Alta Cuenca del río Sauce Grande. Para tal fin se empleó un simulador de lluvia portátil y parcelas de campo para evaluar el escurrimiento y erosión en un Haplustol Típico con distinto grado de disturbio antropogénico y manejos contrastantes.

Sitios experimentales

Campo natural (CN): Pastizal natural pastoreado, sin uso agrícola por más de 10 años. Cobertura superficial 60%

Agricultura (Ag): Suelo bajo agricultura, corresponde a un manejo agrícola-ganadero, se hace trigo un año y verdeo de invierno al otro. Al momento del experimento, el lote se encontraba con avena recientemente pastoreada. Cobertura superficial 70%

Campo Natural en barbecho (CNb): En el pastizal natural (CN), se provocó un barbecho desnudo. Cobertura superficial 8%

Agricultura en barbecho (Agb): En el lote agrícola, sobre la avena se simuló un barbecho desnudo. Cobertura superficial 9%

Se utilizó un diseño completamente aleatorizado con 4 réplicas y un total 16 unidades experimentales.

RESULTADOS

La cobertura superficial resultó de considerar el porcentaje cubierto tanto por la vegetación viva como muerta (residuos). El mayor porcentaje de cobertura correspondió al tratamiento Ag con avena pastoreada, pero con muy baja cantidad de biomasa. En el caso de CN, la cobertura fue algo menor pero con mayor producción de biomasa debido al tipo de vegetación en matas. Los tratamientos en barbecho desnudo, Agb y CNb, presentaron muy poca cobertura y cantidad de biomasa.

En la Tabla 3 se muestran los valores de escurrimiento y pérdida de suelo para cada tratamiento y para cada una de las dos lluvias consecutivas. Bajo una lluvia intensa, los suelos estudiados sufren los escurrimientos de mayor magnitud, cuando la superficie del suelo se encuentra compactada por efecto del pisoteo animal. Esta situación se da como consecuencia del pastoreo continuo, tanto en pastizal natural como en verdeos. El suelo en barbecho desnudo registra menor escurrimiento inicial, que se incrementa significativamente ante la reiteración de la lluvia a corto plazo. Este comportamiento diferencial del escurrimiento se debe a que el suelo se encuentra inicialmente con alta tasa de infiltración, debido al gran aumento del espacio poroso producto de las labranzas; luego, con el golpeteo de la lluvia sobre el suelo desnudo, se produce la desagregación y sellado de los poros superficiales que ocasiona el incremento del escurrimiento. Contrariamente a lo ocurrido con el escurrimiento, las tasas de erosión más altas se dan cuando el suelo se encuentra en barbecho desnudo y especialmente ante la reiteración de la lluvia a corto plazo. Los suelos con cobertura vegetal, natural o cultivada, están menos expuestos al proceso de erosión hídrica, aún ante lluvias reiteradas debido a la protección que ofrece la vegetación, en comparación con el suelo desnudo producto de las labranzas.

La pérdida total de nutrientes está directamente relacionada con la pérdida de sedimentos. Se puede apreciar en la Tabla 4 que la pérdida total de nutrientes fue mayor en los tratamientos bajo barbecho desnudo que en aquellos con cobertura. Este comportamiento se comprueba con rigor estadístico en la 2ª lluvia. El CO presentó la mayor RE aunque no mostró diferencias significativas entre tratamientos. Desde el punto de vista de la fertilidad de los suelos: las pérdidas de CO resultaron ser las más afectadas por la erosión, esto es de suma importancia, ya que tanto el N

como el P pueden incorporarse por medio de la fertilización, pero la Materia Orgánica en estos sistemas de producción es difícil de recuperar.

Tabla 3: Escurrimiento total (Et) y pérdida de suelo (PS).

Sitios	Lluvia 1			Lluvia 2		
	Et (mm)	% Lluvia	PS (kg ha ⁻¹)	Et (mm)	% Lluvia	PS (kg ha ⁻¹)
CN	22,4 b	76	424	26,8 b	84	465 a
Ag	27,4 b	86	727	30,4 b	95	749 a
CNb	8,8 a	23	1.055	18,4 a	56	1.906 b
Agb	7,4 a	25	1.114	19,1 a	60	1.934 b

Letras diferentes en cada lluvia indican diferencias significativas ($p < 0,05$). (Echeverría et al., 2004).

Tabla 4: Perdida total de nutrientes y relación de enriquecimiento respecto del suelo superficial.

Sitios	CO	Nt (Kg ha ⁻¹)	Pt (g ha ⁻¹)	CO	NT	Pt
	Lluvia 1					
CN	16 a	1,3 a	204	2,6	2,3	2,3
Ag	20ab	1,4 ab	366	2,2	1,5	2,5
CNb	32ab	2,6 b	315	2,1	2,0	1,3
Agb	32 b	2,6 b	352	2,4	1,9	1,5
	Lluvia 2					
	CO	Nt (Kg ha ⁻¹)	Pt (g ha ⁻¹)	CO	NT	Pt
CN	15 a	1,0 a	166 a	2,3	1,8	2,0
Ag	20 a	1,8 a	360 a	2,0	1,7	2,6
CNb	65 b	5,0 b	838 b	1,6	1,4	1,4
Agb	73 b	5,8 b	718 b	2,2	1,8	1,2

Letras diferentes en cada lluvia indican diferencias significativas ($p < 0,05$). (Echeverría et al., 2003).

Estas experiencias de investigación han sido financiadas por diferentes proyectos: Proyecto BID 1201; PICT 08-4003 (Director O. Fernández) 2001-2004; Proyecto BID 1201; PICT 08-4516 (Director G. Orioli) 2002-2004; PGI24/A107 (Director JC Silenzi) 2002-2005; PGI24/A141 (Director JC Silenzi) 2006-2008

BIBLIOGRAFIA

- Adema, EO; FJ Babinec & N Peinemann. 2001. Pérdida de nutrientes por erosión hídrica en dos suelos del Caldenal Pampeano. *Ci Suelo* (Argentina) 19(2): 144-154.
- Blanco –Caqui, H & R K Lal. 2010. *Principles of Soil Management and Conservation*. Ed. Springer 617 pp ISBN: 978-14020-8709-7
- Casas, Roberto R & Gabriela F Albarracín. 2015. *El deterioro del suelo y del ambiente en la Argentina*. Ed. FECIC. T.1. 608p. T.2. 456p.
- Chartier, MP; CM Rostagno & GE Pazos. 2011. Effects of soil degradation on infiltration rates in grazed semiarid rangelands of northeastern Patagonia; Argentina. *J Arid Environ* 75: 656-661.
- Chartier, MP; CM Rostagno & LS Videla. 2013. Selective erosion of clay, organic carbon and total nitrogen in grazed semiarid rangelands of northeastern Patagonia, Argentina. *J Arid Environ* 88: 43-49.

- Echeverría, NE. 2014. Incidencia de disturbios antropogénicos sobre el escurrimiento y la erosión hídrica de suelos de la región semiárida Argentina. Tesis Mg en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca, Argentina. 188p. 3/10/2014.
- Echeverría, NE; AG Vallejos & JC Silenzi. 2006. Erodabilidad de suelos del sur de la Región Semiárida Argentina. *Ci Suelo (Argentina)* 24(1):49-57.
- Echeverría, NE; JC Silenzi; AG Vallejos; JC Lobartini & MP De Lucía. 2004. Escurrimiento y erosión de un suelo de la Alta Cuenca del Río Sauce Grande con Diferentes Manejos. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Simposio Nacional sobre Suelos Vertisólicos. Paraná-Entre Ríos, Argentina. CD, 8 pp.
- Echeverría, NE; JC Silenzi; AG Vallejos y JC Lobartini. 2002. Escurrimiento y erosión en sitios con diferente disturbio en el sur del Caldenal. XVIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. CD: 6 p. Puerto Madryn. Argentina.
- Echeverría, NE; JC Silenzi; AG Vallejos; JC Lobartini & MP De Lucia. 2003. Evaluación de la pérdida de nutrientes mediante lluvia simulada en un suelo bajo distintos manejos en la alta cuenca del Río Sauce Grande. VII Congreso Argentino de Ingeniería Rural (CADIR) Balcarce, Argentina. CD 5 p.
- Echeverría, NE; JC Silenzi; AG Vallejos; MP De Lucia & ME Bouza. 2014. Degradación Física de Suelos en Pastizales del Sur del Caldenal. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo y II Reunión Nacional de Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. Bahía Blanca.
- Fernández, OA; ME Gil & RA Distel. 2009. The challenge of rangeland degradation in a temperate semiarid region of Argentina: The Caldenal. *Land Degrad Dev* 20 (4): 353-469.
- Iurman, D. 2010. Sistemas agropecuarios de Villarino y Patagones. Análisis y propuestas. Ed INTA.
- Jin, K; WM Cornelis; D Gabriels; M Baert; HJ Wu; W Schiettecatte; DX Cai; S De Neve; JY Jin; R Hartmann & G. Hofman. 2009. Residue cover and rainfall intensity effects on runoff soil organic carbon losses. *Catena* 78: 81-86.
- Lal, R; JA Delgado; PM Groffman; N Millar; C Dell & A Rotz. 2011. Management to mitigate and adapt to climate change. *J Soil Water Conserv* 66(4): 276-285.
- Nearing, MA; FF Pruski & MR O'Neal. 2004. Expected climate change impacts on soil erosion rates: A review. *J Soil Water Conserv* 59 (1): 43-50.
- Pezzola, A; C Winschel & R Sánchez. 2004. Estudio multitemporal de la degradación del monte nativo en el Partido de Patagones, Buenos Aires. Boletín Técnico 12. Estación Experimental Agropecuaria del INTA Hilario Ascasubi. Argentina. 11 pp.
- Polyakov, VO & R Lal. 2008. Soil organic matter and CO₂ emission as affected by water erosion on field runoff plots. *Geoderma* 143: 216-222.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 1995. El deterioro de las tierras en la República Argentina. Duo/ Comunicación Visual. Buenos Aires. 284 pp.
- Sharpley, A & P Kleinman. 2003. Effect of rainfall simulator and plot scale on overland flow and Phosphorus transport. *J Environ Qual* 32: 2172-2179.
- Sharpley, AN. 1985. The selective erosion of plant nutrients in runoff. *Soil Sci Soc Am J* 49:1527-1534.
- Silenzi, JC & NE Echeverría. 2001. Superficie con riesgo de erosión hídrica en un sector del Sur Bonaerense. I Reunión Binacional de Ecología. Libro de Resúmenes, 220pp.
- Silenzi, JC; NE Echeverría; ME Bouza & MP De Lucia. 2011. Degradación de suelos del SO bonaerense y su recuperación. Academia Nacional de Agronomía y Veterinaria. Comisión Académica Regional Sur y Departamento de Agronomía UNS. Jornada sobre evolución y futuro del desarrollo de producciones agrícola-ganadero en el SO bonaerense. Tomo LXV: 382-404 ISSN 0327-8093.
- Zhang, GH; GB Liu & GL Wang. 2010. Effects of Caragana Korshinskii Kom. cover on runoff; sediment yield and nitrogen loss. *International Journal of Sediment Research* 25 (3): 245-257.

MECANISMOS DE EMISIÓN DE PARTÍCULAS FINAS (PM₁₀) POR EROSIÓN EÓLICA EN SUELOS AGRÍCOLAS DE ARGENTINA

Avecilla F.

Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa - INCITAP (CONICET-UNLPam),
Mendoza 109, 6300 Santa Rosa (LP) - ferave85@hotmail.com

RESUMEN: En el proceso de erosión eólica interaccionan dos mecanismos de transporte de material: saltación y suspensión. La fracción de saltación puede ser variable (granos minerales individuales vs agregados), modificándose sus efectos sobre la suspensión. A fin de conocer dicha interacción se desarrollaron estudios en condiciones controladas de túnel de viento en suelos de texturas contrastantes, en los que se evaluó el efecto de la composición de la fracción de cada suelo sobre los transportes de saltación y suspensión (emisión de PM₁₀). Los resultados indican que la erosión aumentó al incrementarse la energía de impacto de las partículas en saltación y al disminuir la tasa de agregación de la fracción de saltación. En suelos texturalmente finos se produjo menor erosión debido a su menor energía de saltación. La erosión relativa (cociente entre la erosión con y sin saltación) fue mayor en suelos de textura fina que en suelos arenosos, indicando que el proceso de saltación tuvo mayor efecto relativo en suelos finos que en arenosos, en los cuales la erosión se debió, mayormente, a la alta susceptibilidad natural de los suelos a erosionarse. La eficiencia de saltación, capacidad que tienen los suelos para emitir PM₁₀, fue explicada satisfactoriamente por las características intrínsecas de la fracción de saltación y de la superficie de cada suelo. La combinación de parámetros que relacionaron tales características (energía de abrasión, estado de agregación, proporción relativa de PM₁₀ y de partículas potencialmente movilizadas por saltación) resultaron ser buenos indicadores del potencial de los suelos para emitir PM₁₀. El principal mecanismo de emisión de PM₁₀ de los suelos finos fue la fragmentación y destrucción de los agregados movilizadas por saltación, mientras que en suelos arenosos, lo fue la liberación de partículas de material fino adheridas a los granos de arena y la movilización de material fino yacente sobre la superficie del suelo. En suelos de textura intermedia ocurre un solapamiento de ambos mecanismos.

PALABRAS CLAVE: erosión eólica, emisión de PM₁₀, agregación.

INTRODUCCIÓN

La energía cinética de impacto producida por la fracción de partículas movilizadas por saltación sobre la superficie del suelo (energía de abrasión) está determinada, en gran medida, por la composición de dicha fracción, la cual puede estar formada por agregados de fracciones finas (arcillas y limos finos) o por partículas sólidas individuales (arenas). La contribución relativa de la fracción movilizada por saltación a los procesos de erosión, y consecuente emisión de PM₁₀, dependerá entonces de las diferencias antes mencionadas en cuanto a su composición, produciendo una mayor o menor energía de impacto y un efecto diferencial sobre la superficie del suelo. La mayor densidad de las partículas minerales por sobre la de los agregados puede determinar la magnitud de los procesos de erosión y emisión en cada suelo. Sin embargo, los agregados movilizadas por saltación podrían, por otro lado, aumentar de forma relativa los flujos de erosión en suelos finos por efecto de la destrucción de los mismos y multiplicación de partículas impactantes. Por lo cual, uno de los interrogantes aquí planteados es ¿de qué forma afecta la composición de la fracción de saltación, en suelos de texturas contrastantes, los procesos de erosión eólica y emisión de PM₁₀?

A diferencia de suelos finos y estructurados, aquellos de textura gruesa son muy susceptibles a ser erosionados por el viento debido a sus características texturales y estructurales, removiendo grandes cantidades de material por saltación desde la superficie del suelo. Sin embargo, en suelos finos con una alta proporción de PM_{10} potencialmente emisible y compuesto por una alta proporción de agregados, la movilización de una pequeña cantidad de material por saltación podría producir, relativamente, mayores emisiones de PM_{10} . ¿Cómo afecta la composición de la fracción de saltación a la emisión potencial de PM_{10} ? ¿Qué relación hay entre la cantidad de material movilizado por saltación y la emisión de PM_{10} en suelos de texturas contrastantes?

Tales diferencias, en cuanto al comportamiento de los suelos en función de su textura, podría deberse principalmente a las formas y mecanismos por los cuales se produce la liberación de las PM_{10} desde las partículas involucradas en el proceso de saltación. La composición mineralógica y estructural de la fracción de saltación de los suelos varía según la textura y proporción de material agregante de cada uno, lo cual definiría los mecanismos de emisión de PM_{10} . Por consiguiente, otro de los interrogantes de este estudio fue ¿cuáles son los mecanismos por los cuales se produce la emisión de PM_{10} ?

MATERIALES Y MÉTODOS

Fueron seleccionados seis sitios representativos de la Región Semiárida Central Argentina (Tabla 1), de uso agrícola y con alto grado de susceptibilidad a sufrir procesos de erosión eólica. De cada sitio se tomaron muestras compuestas de los primeros 2,5 cm de la parte superficial del suelo (cuatro submuestras por sitio de una superficie de 100 m²), y se determinó composición textural, contenidos de materia orgánica, y carbonatos libres ($CaCO_3$).

Se determinó la energía de abrasión de la fracción de saltación de cada suelo. Un índice relativo de la agregación de la fracción de saltación de cada suelo (IRA) fue obtenido a partir del porcentaje de la fracción de saltación del suelo <2 μm y MO del suelo.

Para el estudio fue utilizado un túnel de viento de 8 m de longitud. La sección de simulación tiene 6 m de longitud, 1 m de alto y 0,5 m de ancho. La sección de trabajo, donde las muestras de suelo fueron colocadas, es de 4 m y la sección limpia es de 2 m de largo. La cama de suelo consistió en bandejas de chapa galvanizada de 0,2 m de ancho y 0,025 m de profundidad ubicadas a lo largo de toda la sección de trabajo del túnel de viento. Muestras de suelo original, incluyendo su fracción de saltación, fueron usadas para conformar la cama de suelo y realizar las simulaciones en el túnel. En la parte superior del túnel una tolva para inyección de material abrasivo fue instalada, lo cual permitió suplementar el material de saltación de cada suelo por gravedad, con un caudal de 0,0055 kg m⁻¹ s⁻¹. Todas las mediciones se realizaron al final de la sección de trabajo, justo antes de la salida del túnel de viento, a una distancia de 4 m.

El flujo de masa horizontal constituido por el material movilizado por saltación fue colectado usando colectores BSNE. Los colectores BSNE se colocaron a cinco alturas (0,05; 0,17; 0,315; 0,48 y 0,75 m). El material colectado luego de cada repetición fue pesado en balanza analítica a la cuarta cifra decimal, y el transporte de masa horizontal (Q) fue determinado usando el programa Curve Expert® 1.3, ajustando una curva exponencial para los datos de flujo de masa realizando la integración desde 0 hasta 1 m de altura. La integración se realizó mediante la siguiente ecuación:

$$Q = \int_0^1 a^{bz} dz$$

donde Q es el transporte de masa horizontal a la altura z, a es el flujo de masa en la superficie (z=0) y b representa la tasa de decaimiento del flujo de masa horizontal respecto a la altura.

Tabla 1. Principales características de los suelos estudiados. Los suelos fueron ordenados en función de sus contenidos crecientes de limo, arcilla y MO.

		SUELO					
Ubicación		S. Rosa La Pampa	Ascasubi Buenos Aires	V. Mercedes San Luis	Anguil La Pampa	S. Rosa La Pampa	Anguil La Pampa
Clase textural		Arenoso	Arenoso franco	Arenoso franco	Arenoso franco	Franco arenoso	Franco
Identificación		1	2	3	4	5	6
Distribución del tamaño de partículas (g kg ⁻¹)	Arcilla (<0,002 mm)	49,9	92,5	82	74,9	102,3	171,6
	Limo (0,002-0,053 mm)	67,3	99,7	124,2	124	186,2	355,5
	Arena muy fina I (0,053-0,074 mm)	87,2	55,2	230,6	69,6	135,8	129,3
	Arena muy fina II (0,074-0,105 mm)	176,2	80,7	366,9	191,7	180,8	129,1
	Arena fina (0,105-0,250 mm)	543,2	569,4	171,9	287,2	342,1	173
	Arenas medias y gruesas (0,250-2 mm)	76,2	102,5	24,4	252,6	52,8	41,5
MO (g kg ⁻¹)		13,7	20,8	7	18,4	13,1	28,2
CaCO ₃ (g kg ⁻¹)		5,5	6,5	8,7	5,5	4,3	8,8

La concentración de PM₁₀ fue medida a diferentes alturas (0,05; 0,17; 0,315 y 0,48 m) usando un monitor de polvo digital de dispersión de luz Kanomax. En este estudio, el polvo es definido como partículas con un diámetro aerodinámico ≤10 µm, definición que se ajusta a los criterios utilizados para describir las partículas como contaminantes dentro de los estándares de calidad del aire (US EPA, 1995). El flujo vertical de PM₁₀ (F_vPM₁₀) fue calculado por la siguiente ecuación en g m⁻² s⁻¹:

$$F_v PM_{10} = \frac{K \cdot \mu^* \cdot (C_1 - C_2)}{\ln(Z_2/Z_1)}$$

donde K es la constante de Von Karman (0,4); µ* es la velocidad de fricción del viento en m seg⁻¹; C₁ y C₂ son las concentraciones de PM₁₀ a las alturas Z₁ y Z₂, a 0,005 y 0,75 m respectivamente. El proceso de erosión eólica fue simulado en el túnel de viento bajo tres diferentes condiciones de saltación: incremento de saltación (IS), en el cual la fracción de saltación de cada suelo fue suplementada desde la tolva abrasiva a la cama de suelo original, sin saltación (NS), en el cual el suelo se erosionó sin la inyección de su material de saltación, y solo saltación (SS), en la cual solo la fracción de saltación fue inyectada, en ausencia de las muestras en la cama de suelo en el piso del túnel. Para evaluar en IS el incremento adicional del flujo de erosión causado por el efecto de la inyección de la fracción de saltación, se restó el flujo de erosión de SS para cada suelo (IS – SS). Las simulaciones tuvieron una duración de 4 minutos (4 repeticiones por tratamiento) y fueron realizadas con una velocidad de fricción constante de 0,21 m s⁻¹.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Tabla 2 muestra que los suelos de textura gruesa (S1 y S2) presentaron una fracción de saltación con mayor energía de abrasión que los de textura fina. Esto concuerda con la mayor densidad de sus partículas saltadoras. De hecho, se encontró una correlación lineal positiva entre el contenido de arena y la energía de abrasión (R²:0,96; p <0,001).

Tabla 2. Parámetros utilizados para determinar la energía de abrasión de las partículas movilizadas por saltación ($\varnothing$ 0,2–0,5 mm) de cada suelo.

Suelos	<i>DGM</i>	<i>D</i>	<i>m</i>	μ_p	Energía de abrasión
	mm	g cm^{-3}	G	m s^{-1}	Joule
S1	0,094	2,48	$9,64\text{E}^{-07}$	5,84	$1,64\text{E}^{-08}$
S2	0,074	2,47	$4,65\text{E}^{-07}$	7,86	$1,44\text{E}^{-08}$
S3	0,071	2,43	$3,82\text{E}^{-07}$	8,32	$1,32\text{E}^{-08}$
S4	0,094	2,24	$8,33\text{E}^{-07}$	5,84	$1,42\text{E}^{-08}$
S5	0,072	2,41	$3,85\text{E}^{-07}$	8,16	$1,28\text{E}^{-08}$
S6	0,040	2,19	$3,94\text{E}^{-08}$	20,73	$8,47\text{E}^{-09}$

DGM: diámetro geométrico medio; d: densidad media de la fracción de saltación; m: masa media de las partículas saltadoras; μ_p : velocidad media de las partículas en saltación a 0,05 m.

Las mayores proporciones de agregados en la fracción de saltación de suelos de textura fina, y las menores proporciones en suelos arenosos, se confirmaron mediante la comparación de la distribución del tamaño de partículas determinada en muestras con pretratamientos de alta y baja dispersión. Luego del pretratamiento de dispersión más energético, las partículas de tamaño más fino ($<0,002$ mm) aumentaron menos en suelos arenosos que en suelos de textura fina. Tales aumentos se ordenaron en la secuencia S1 < S3 < S5 < S6. De acuerdo con los aumentos de arcilla, la mayoría de los suelos mostró, principalmente, disminuciones de las fracciones más gruesas (0,05 a 2 mm). Tales disminuciones tendieron a ser mayores en suelos de textura fina que en suelos arenosos. Esto indica que los texturalmente finos contienen mayores cantidades de agregados que suelos de textura gruesa. Lo contrario ocurre en suelos arenosos, en los que la destrucción de los agregados durante los procesos de transporte por el viento fue aparentemente alta.

La correlación entre los valores de erosión en función de la energía de abrasión, corregida por el índice de agregación (IRA) de la fracción de saltación, para IS y NS fue positiva en ambos casos ($p < 0,05$; $p < 0,01$), indicando que la cantidad de material erosionado fue determinada no sólo por la energía de abrasión de la fracción de saltación sino también por la tasa de agregación del suelo. La alta agregación permite a los suelos de textura fina resistir mejor la fuerza del viento que suelos arenosos, con una débil agregación. Las magnitudes de la erosión eólica en suelos de textura fina dependieron casi exclusivamente del proceso de saltación, mientras que la baja agregación hizo a los suelos arenosos más dependientes de sus propiedades intrínsecas.

La erosión relativa (ER, el cociente entre la cantidad de material erosionado en IS en relación a NS), puede ser considerada como un índice del efecto relativo de la saltación sobre la erosión eólica. ER correlacionó positivamente ($p < 0,01$) con la energía de abrasión corregida y con el índice de agregación de la fracción de saltación (Figura 1). Tales correlaciones indican que la saltación afectó en mayor medida al proceso de erosión eólica en suelos de textura fina que en suelos arenosos. En los suelos arenosos ER fue cercano a 1, indicando que la erosión que se produce en NS es similar a la que ocurre en IS. Un incremento en la energía cinética de la fracción de saltación produjo un pequeño incremento de la erosión total sobre suelos arenosos, lo que indica que la erosión eólica ocurre principalmente debido a la alta susceptibilidad del suelo a ser erosionado por el viento y no tanto debido a la energía de las partículas saltadoras que impactan sobre la superficie del suelo. En los suelos de textura fina, ER fue cercano a 2, lo que indica que la saltación tuvo un alto efecto sobre la erosión eólica. En estos suelos, probablemente, la fragmentación de los agregados por colisión y abrasión de las partículas y agregados en saltación pudo haber incrementado la cantidad de material transportado por el viento.

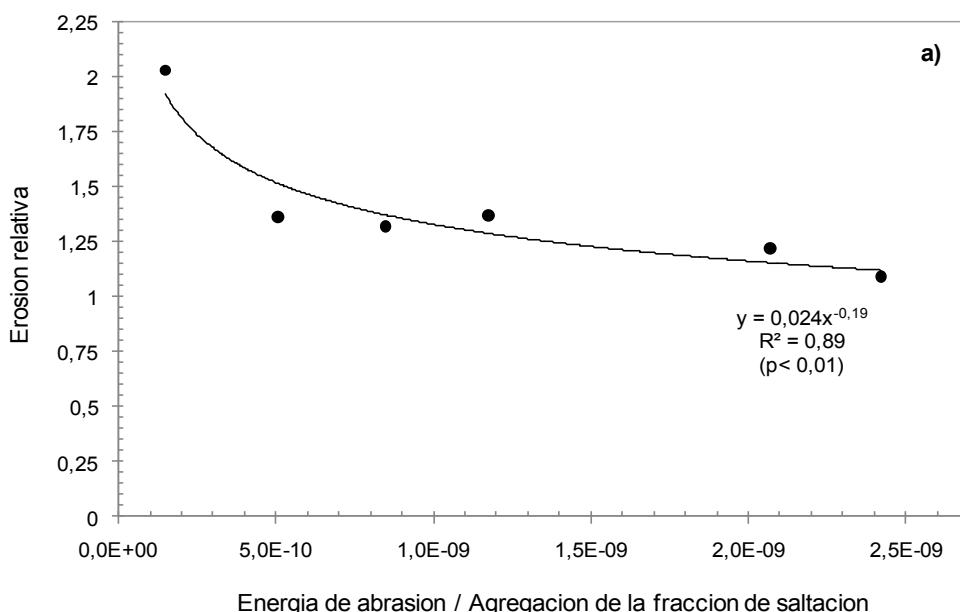


Figura 1. Erosión relativa (IS/NS) en función del cociente entre la energía de abrasión y el índice de agregación de la fracción de saltación.

La capacidad que tienen los suelos para liberar partículas finas durante el proceso de saltación es definida como eficiencia de saltación, determinada a partir del cociente entre el flujo vertical de polvo liberado ($F_v PM_{10}$) y el flujo horizontal de partículas transportadas mayormente por saltación (Q). Los suelos texturalmente más finos y agregados fueron los que presentaron mayores eficiencias de saltación. En IS, las eficiencias fueron generalmente bajas comparadas con los otros dos tratamientos (NS y SS). Aunque el transporte de masa fue mayor que en NS y SS, las emisiones de PM_{10} no incrementaron de forma proporcional al transporte de masa, resultando en bajas eficiencias.

La eficiencia de saltación se correlacionó con un índice de composición de la fracción de saltación derivado de la combinación de los parámetros: proporción de la fracción de saltación (FS_p), contenido de PM_{10} e IRA (Figura 2), el cual relaciona las características de la fracción de saltación. A medida que el índice decreció, la eficiencia de saltación se incrementó, debido a que la fracción de saltación estuvo compuesta principalmente por agregados, que contienen partículas finas. Dado que las características de la fracción de saltación reflejan las propiedades del suelo, se puede inferir que el suelo tiene una alta proporción de partículas finas que potencialmente pueden ser emitidas.

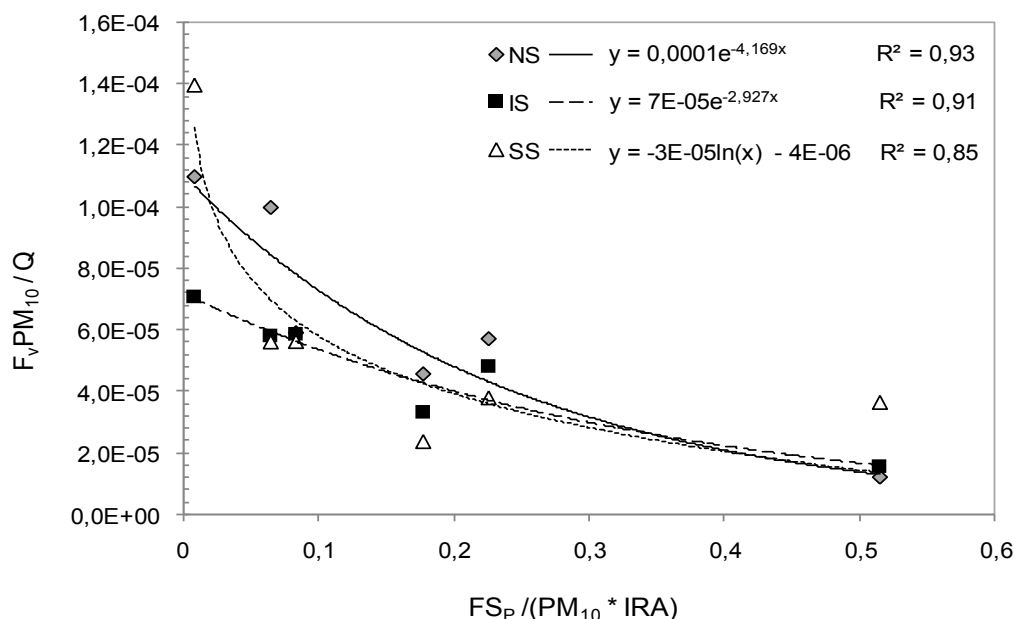


Figura 2. Correlación entre la eficiencia de saltación (F_{vPM10}/Q) y $F_{SP} / (PM_{10} * IRA)$.

Aunque los suelos finos y agregados contienen una pequeña proporción de partículas que potencialmente se pueden movilizar por saltación, la presencia de agregados en su fracción de saltación produce una relativa alta emisión de PM_{10} . Por el contrario, los suelos arenosos mostraron una alta proporción de partículas que pueden potencialmente ser movilizadas por saltación pero que tienen una baja proporción de PM_{10} , por lo tanto su eficiencia de saltación fue baja. Estos resultados indican que los agregados del suelo involucrados en el proceso de saltación, incrementan la emisión de PM_{10} , incluso a bajas tasas de saltación.

Los resultados encontrados son consistentes con la idea de que la fragmentación y destrucción de los agregados son los procesos más importantes en suelos de textura fina con materiales muy cohesivos, mientras que la liberación de las PM_{10} adheridas a las partículas de arena que componen la fracción de saltación y la movilización de material fino yacente sobre la superficie del suelo, puede ser relativamente más importante en suelos arenosos. En suelos de textura intermedia todos mecanismos de emisión de PM_{10} ocurren al mismo tiempo. El solapamiento de estos mecanismos produce altas emisiones absolutas de PM_{10} en suelos de textura intermedia.

CONCLUSIONES

- La erosión aumentó en función de la energía de impacto de las partículas en saltación y con la disminución de la tasa de agregación de la fracción de saltación.
- La erosión relativa fue mayor en suelos de textura fina de mejor agregación que en suelos arenosos, menos agregados.
- La eficiencia de saltación estuvo explicada satisfactoriamente por las características intrínsecas de la fracción de saltación y de la superficie de cada suelo.
- El principal mecanismo de emisión de PM_{10} de los suelos finos fue la fragmentación y destrucción de los agregados movilizadas por saltación, mientras que en suelos arenosos, lo fue la liberación de partículas de material fino adheridas a los granos de arena. En suelos de textura intermedia ocurre un solapamiento de ambos mecanismos.

DISTRIBUCIÓN DE FRACCIONES DE FÓSFORO EN LA SUBREGIÓN PLANICIE CON TOSCA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL

Alvarez M.L.¹, M. Torroba², G. Morazzo², E. Noellemeyer¹

¹Facultad de Agronomía, UNLPam-lucilamalvarez@yahoo.com.ar

²Facultad de Cs. Exactas y Naturales, UNLPam

RESUMEN: La disponibilidad de fósforo (P) para las plantas depende de las cantidades de las diferentes formas de P presentes en el suelo, que depende de sus propiedades químicas y del desarrollo pedogenético. En la Región Semiárida Central Pampeana la disponibilidad de P podría estar limitada por la presencia de calcrete en la Planicie con Tosca (PT). El objetivo del trabajo fue identificar los factores que afectan la distribución de las formas de P y condicionan su disponibilidad en la PT. Se eligió una toposecuencia y se consideraron 3 posiciones topográficas (loma, media loma y bajo), 3 profundidades (0-20; 20-40; 40-60 cm) y 2 usos de suelo (agrícola y natural). Se utilizó el método de fraccionamiento secuencial de P de Hedley & Stewart. El P ligado al Ca fue la fracción principal, siendo significativamente superior a las demás, lo cual probablemente se debe a la presencia de CaCO_3 en estos suelos. La topografía mostró un efecto en el contenido de P total y en la fracción de P ligado a Ca. No se observó variación en profundidad del P total, pero sí de algunas fracciones. La agriculturización del suelo también ha generado cambios en la distribución de las fracciones.

PALABRAS CLAVE: toposecuencias, profundidad, suelos agrícolas

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de fósforo (P) para las plantas depende de las cantidades de las diferentes formas de P presentes en el suelo. La distribución de P en sus distintas fracciones (Hedley *et al.*, 1982) está relacionada con otras propiedades químicas y con su desarrollo pedogenético. Los cambios debidos al grado de desarrollo de suelo se reflejan en modificaciones en la distribución de las diferentes fracciones de P en el suelo (Tiessen *et al.*, 1984). Por otra parte, el manejo del suelo y la fuente de fertilización utilizada inciden sobre la partición del P en sus distintas fracciones. En suelos calcáreos los procesos de sorción y de desorción involucran al CaCO_3 y la precipitación de fosfato de calcio y su estabilización como apatita (Schoumans, 2014). En la Región Semiárida Central (RSC) la problemática de la baja disponibilidad de P para los cultivos ha sido poco explorada ya que los antecedentes sobre el tema pertenecen a otras zonas de estudio (Vázquez *et al.*, 2011). La región presenta un manto eólico compuesto por un sedimento limo-arenoso pobremente estratificado con acumulaciones de CaCO_3 muy comunes. Los carbonatos secundarios, tienden a acumularse como productos de meteorización en suelos que se desarrollan bajo condiciones climáticas donde la evaporación excede a las precipitaciones. La variación de la distribución de las precipitaciones puede explicar la ocurrencia de carbonatos pedogenéticos en climas con marcado déficit hídrico estacional y su ausencia en regiones donde las precipitaciones son más abundantes y uniformemente distribuidas (Breecker *et al.*, 2009). Robins *et al.* (2015) proponen que los ciclos secos/húmedos en el suelo concurren en la precipitación de carbonatos y filosilicatos secundarios del grupo de las arcillas. Considerando los procesos previamente descriptos en la RSC, varios factores afectarían la disponibilidad de P y éstos podrían verse asociados a los atributos del paisaje. Dentro de la Planicie con tosca (PT) la disponibilidad de P podría vincularse al contenido de CaCO_3 pedogénico de los suelos, especialmente en las lomas que presentan el calcrete a poca profundidad.

El objetivo del presente trabajo es identificar los factores que afectan la distribución de las formas de P y condicionan su disponibilidad para las plantas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se definió una toposecuencia en la subregión Planicie con Tosca, la cual presentó uso agrícola y vegetación natural en potreros lindantes, al Sur de la ciudad de Santa Rosa (36° 45' 35,1" Latitud S; 64° 20' 44,5" Longitud O). Se consideraron tres posiciones en el relieve: loma, media loma y bajo; tres profundidades de muestreo: 0-20 cm, 20-40 cm y 40-60 cm; y dos tipos de uso de suelo: agrícola y natural. Se tomaron muestras compuestas con tres puntos de cada posición. Las muestras fueron secadas al aire y tamizadas por 2 mm.

Para determinar la abundancia de las distintas formas de P, se utilizó el fraccionamiento secuencial propuesto por Hedley & Stewart (1982). Se pesaron 0,5 g de suelo tamizados por tamiz de 0,5 mm y se procedió al fraccionamiento de la siguiente manera (Figura 1).

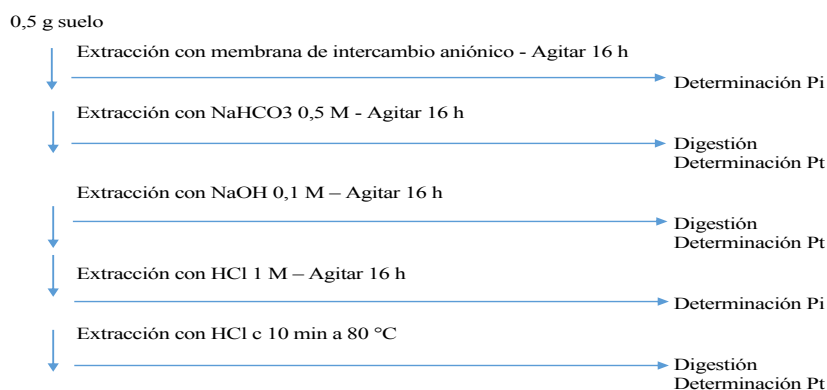


Figura 1. Esquema del procedimiento para el fraccionamiento de fósforo.

En forma resumida, las fracciones extraídas con membrana de intercambio aniónico (MIA) y NaHCO_3 serían las más lábiles, el P extraído con NaOH corresponde al adsorbido a materiales amorfos, mientras las fracciones extractables con ácido clorhídrico (HCl 1M y HCl c) representaría P ligado al calcio más o menos estabilizado. Los datos fueron analizados mediante el programa Infostat (Dí Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Distribución de distintas fracciones fósforo

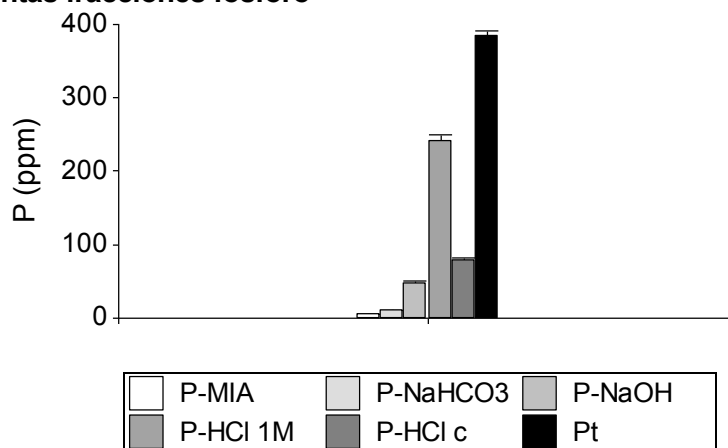


Figura 2. Fracciones de P y P total en la subregión Planicie con tosca.

La subregión presentó un contenido medio de P total de 383 ppm (Figura 2). La principal fracción fue la de P ligado a Ca (HCl 1M), con un valor medio de 241 ppm, alcanzando el 63% del P total. La fracción de P que se encuentra más fuertemente ligada a Ca (HCl c), fue la segunda en importancia, representando el 21% del P total (79 ppm). La bibliografía en general coincide en que suelos poco meteorizados, como los de PT, presentan altos valores de P ligado a la apatita (Yang *et al.*, 2011). El P

ligado a minerales de Fe y Al fue significativamente menor, representando el 12% del P total (47 ppm). Las fracciones más lábiles fueron las que se encontraron en menor proporción, constituyendo sólo el 4% del P total (16 ppm), donde el P en solución (P- MIA) fue solamente de 5 ppm y el P rápidamente disponible (P- NaHCO_3) 11 ppm.

Efecto de la posición topográfica sobre la distribución de las fracciones de fósforo.

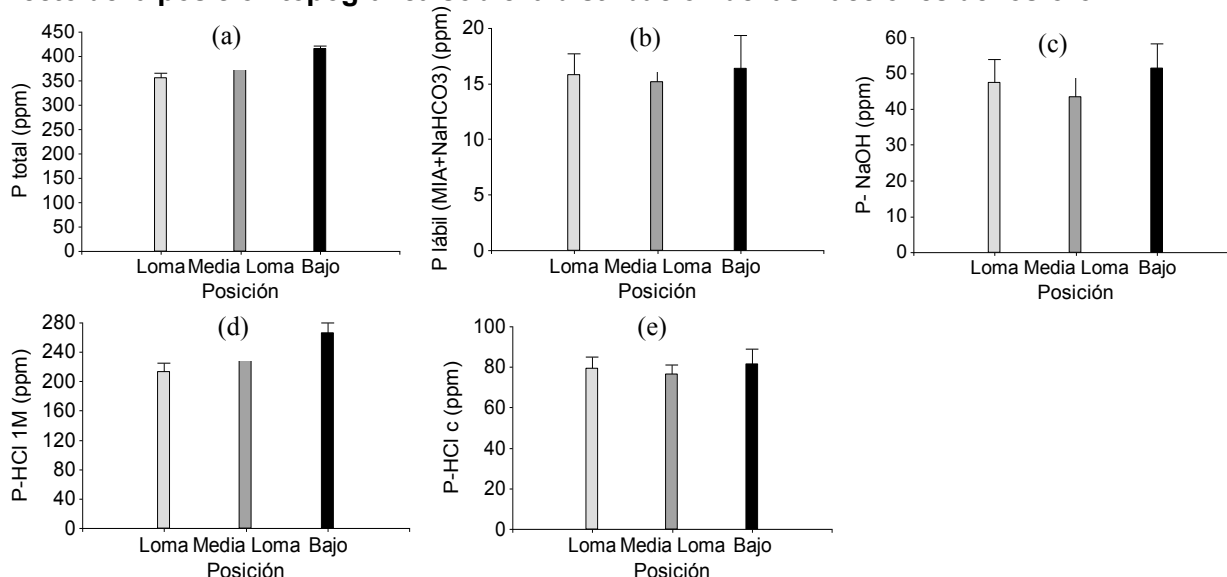


Figura 3. P total (a), P- MIA + P- NaHCO_3 (b), P- NaOH (c), P- HCl 1M (d) y P- HCl c (e) en función de la posición topográfica (loma, media loma y bajo) en Planicie con tosca.

Con respecto a las distintas posiciones topográficas (Figura 3), el P total fue superior en el bajo, con un contenido medio de 416 ppm, mientras en la loma fue de 356 ppm, donde la fracción que más aportó a esta diferencia fue el P ligado a Ca. Las formas lábiles (P-MIA y P- NaHCO_3) no presentaron diferencias significativas entre posiciones. El P adsorbido al Fe y Al (P- NaOH) tampoco presentó diferencias significativas entre loma y bajo, si bien en el bajo se observaron algunos valores superiores. El P ligado al Ca (P- HCl 1M) presentó valores más altos en posiciones bajas (267 ppm en bajo y 213 ppm en loma), lo cual podría reflejar la calcificación de los horizontes inferiores. Las formas de P fuertemente ligadas a Ca (P- HCl c) fueron similares a lo largo de la toposecuencia.

Efecto de la profundidad del suelo sobre la distribución de las fracciones de fósforo

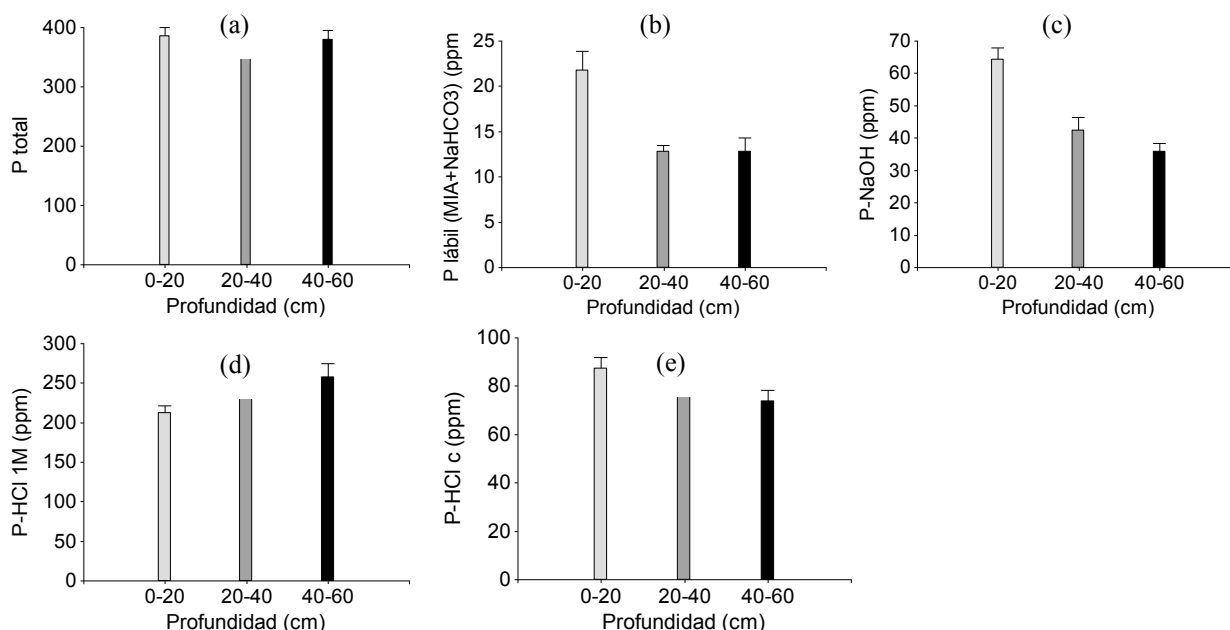


Figura 4. P total (a), P- MIA+ P-NaHCO₃ (b), P- NaOH (c), P- HCl 1M (d) y P- HCl c (e) en función de la profundidad (0-20, 20-40 y 40-60 cm) en Planicie con tosca.

El P total mostró una distribución uniforme en el perfil hasta la profundidad de muestreo (Figura 4a). El P lábil disminuyó significativamente en profundidad, con valores medios de 22 ppm en superficie y 13 ppm en profundidad (Figura 4b). Araújo *et al.* (2004) encontraron mayor abundancia de las fracciones lábiles en estratos superficiales del suelo, lo cual es esperable porque la fertilización generaría un incremento del P lábil (Zamuner *et al.*, 2012). El P ligado a Fe y Al mostró una disminución en profundidad, con valores medios de 64 ppm superficialmente y 36 ppm en profundidad, en concordancia con lo encontrado por (Akhtar *et al.*, 2014). En el caso del P- HCl 1M se encontraron diferencias significativas en profundidad, el P ligado a Ca se incrementó en profundidad donde alcanzó un valor medio de 257 ppm, mientras que superficialmente fue de 212 ppm, lo cual probablemente responda a la cercanía del calcrete. Las formas más estables de P ligado a Ca (P- HCl c) disminuyeron de 87 ppm en los primeros centímetros a 74 ppm en profundidad.

Efecto del uso del suelo sobre las fracciones de fósforo

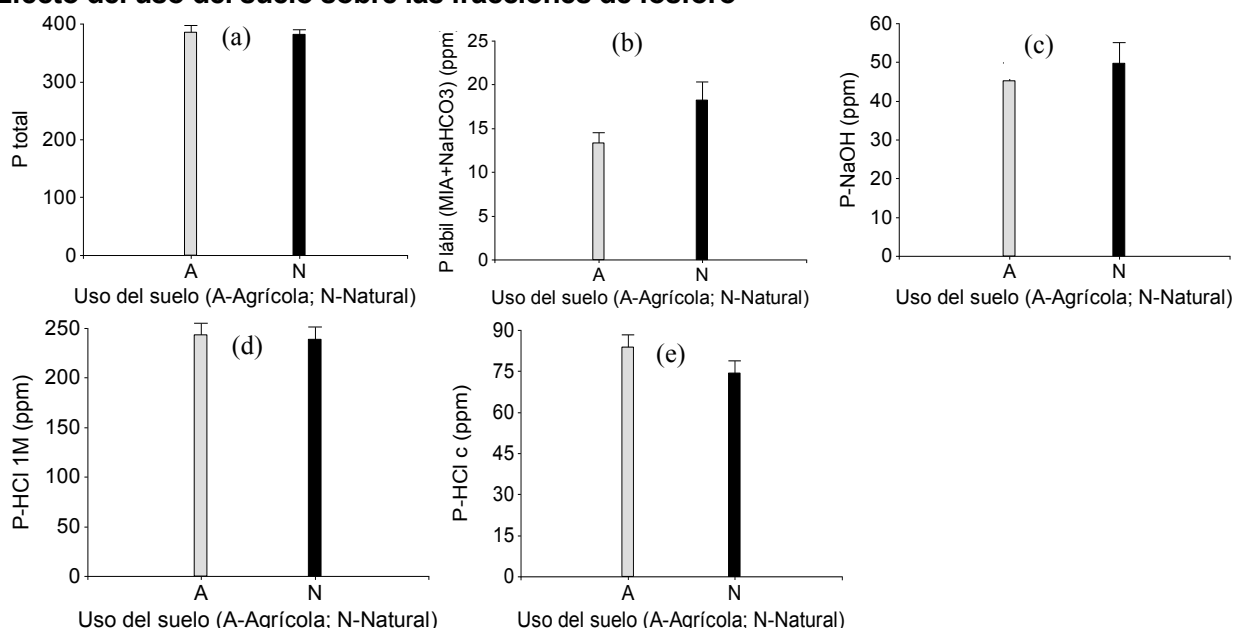


Figura 5. P total (a), P- MIA+ P- NaHCO₃ (b), P- NaOH (c), P- HCl 1M (d) y P- HCl c (e) en función del uso del suelo (agrícola y natural) en Planicie con tosca.

El P total no presentó diferencias significativas entre los dos usos de suelo (Figura 5). Las formas lábiles (P-MIA+P-NaHCO₃) fueron significativamente más abundantes en el suelo natural (18 ppm y 13 ppm, suelo natural y agrícola respectivamente), debido al importante rol del P orgánico en las fracciones lábiles (Tarafdar *et al.*, 2003). Contrariamente, Song *et al.* (2007) observaron cantidades mayores de P lábil en suelos cultivados respecto a aquellos con vegetación nativa, debido al uso de fertilizantes. El P ligado a minerales de Fe y Al (P- NaOH) fue superior en suelo natural (50 ppm) respecto al agrícola (45 ppm). Sin embargo, Song *et al.* (2007) observaron mayores contenidos de P ligado a Fe y Al en suelos cultivados, lo que relacionaron con el aporte de fertilizantes. El P- HCl 1M presentó valores medios de 243 ppm y 239 ppm en suelo agrícola y natural respectivamente (Figura 5d). El P ligado al Ca si bien no presentó diferencias significativas entre uso de suelo en PT, se observó una tendencia a una mayor proporción de P ligado a Ca en el suelo agrícola. Esta tendencia podría deberse a la generación de carbonatos pedogenéticos, favorecido por la alternancia de ciclos secos/húmedos que se dan en estos suelos agrícolas de la RSC, mientras que en el suelo natural con cobertura todo el año el grado de humedad sería más constante (Robins *et al.*, 2015). El P ligado más fuertemente al Ca (P- HCl c) presentó diferencias significativas con valores medios de 84 ppm y 74 ppm en suelo agrícola y natural respectivamente. Si bien se encontraron algunos valores superiores en el suelo agrícola siguiendo la misma tendencia, no se observaron diferencias significativas de P total entre usos de suelo.

CONCLUSIONES

Es necesario considerar estas variaciones en las proporciones de las formas de P, para poder adaptar el manejo de la fertilización fosforada a los distintos ambientes y lograr así mayor eficiencia en el uso de los fertilizantes fosforados, evitando procesos de oclusión y/o precipitado. El conocimiento de estas diferencias de la disponibilidad de fósforo en los paisajes típicos de la región semiárida central pampeana aportará a diseñar manejos sitio-específicos de los cultivos y de la fertilización fosforada contribuyendo así a un sistema de producción agrícola sustentable.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhtar, MS; M Imran; A Mehmood; M Memon; S Rukh & GS Kiani. 2014. Apatite Loss in Pothwar Loess Plain (Pakistan) Fits a Simple Linear Reservoir Model. *Pedosphere* 24, 763–775. doi:10.1016/S1002-0160(14)60063-1
- Bertrand, I; RE Holloway; RD Armstrong & MJ McLaughlin. 2003. Chemical characteristics of phosphorus in alkaline soils from southern Australia. *Aust. J. Soil Res.* 41, 61. doi:10.1071/SR02021
- Breecker, DO; ZD Sharp & LD McFadden. 2009. Seasonal bias in the formation and stable isotopic composition of pedogenic carbonate in modern soils from central New Mexico, USA. *Geol. Soc. Am. Bull.* 121, 630–640. doi:10.1130/B26413.1
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. 2013. Infostat - Software estadístico. Universidad Nacional de Córdoba, Argentina [WWW Document]. Univ. Nac. Córdoba, Argentina.
- Divito, GA; H Saiz Rozas & H Echeverría. 2002. Estrategias de fertilización fosforada en una rotación de cultivos en el sudeste bonaerense. *Cienc. del Suelo, Arg.* 28, 1–7.
- Hedley, M; J Stewart & B Chauhan. 1982. Changes in Inorganic and Organic Soil Phosphorus Fractions Induced by Cultivation Practices and by Laboratory Incubations. *Soil Sci. Soc. Am. J* 46, 970–976.
- Hedley, MJ & JWB Stewart. 1982. Method to measure microbial phosphate in soils. *Soil Biol. Biochem.* 14, 377–385. doi:10.1016/0038-0717(82)90009-8
- Picone, L; I Capozzi; E Zamuner; H Echeverría; H Sainz Rozas & HS Rozas. 2007. Transformaciones de fósforo en un Molisol bajo sistemas de labranza contrastantes. *Cienc. del suelo* 25, 99–107.
- Robins, CR; A Deurlington; BJ Buck & AL Brock-Hon. 2015. Micromorphology and formation of pedogenic ooids in calcic soils and petrocalcic horizons. *Geoderma* 251–252, 10–23. doi:10.1016/j.geoderma.2015.03.009
- Schoumans, OF. 2014. Description of the Phosphorus Sorption and Desorption Processes in Coarse Calcareous Sandy Soils. *Soil Sci.* 179, 221–229.
- Song, C; XZ Han & C Tang. 2007. Changes in phosphorus fractions, sorption and release in Udic Mollisols under different ecosystems. *Biol. Fertil. Soils* 44, 37–47. doi:10.1007/s00374-007-0176-z
- Tarafdar, JC & N Claassen. 2003. Organic phosphorus utilization by wheat plants under sterile conditions. *Biol. Fertil. Soils* 39, 25–29. doi:10.1007/s00374-003-0671-9
- Tiessen, H & J Moir. 2006. Chapter 25 Characterization of Available P by Sequential Extraction, in: Carter, M & EG Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Canadian Society of Soil Science.
- Tiessen, H; J Stewart & CV Cole. 1984. Pathways of Phosphorus Transformations in Soils of Differing Pedogenesis. *Soil Sci. Soc. Am. J* 48, 853–858.
- Vázquez, S; LA Morales; CF López & HC Dalurzo. 2011. Fertilización fosfatada y fracciones de fósforo en alfisoles, ultisoles y oxisoles. *Cienc. del Suelo* 29, 161–171.
- Yang, X & WM Post. 2011. Phosphorus transformations as a function of pedogenesis: A synthesis of soil phosphorus data using Hedley fractionation method. *Biogeosciences* 8, 2907–2916. doi:10.5194/bg-8-2907-2011
- Zamuner, E; L Picone & A Diez. 2012. Effect of long-term phosphorus fertilization on soil phosphorus fractions. *Span. J. Soil Sci.* 2, 50–61. doi:10.3232/SJSS.2012.V2.N2.03.

VARIACIÓN TEMPORAL DE LA ABUNDANCIA Y DISTRIBUCIÓN DE RAICES DE CENTENO COMO CULTIVO DE COBERTURA

Frasier I.¹, M.F. Gómez², J. del Río³, E. Noellemeier⁴, A. Quiroga^{1,4}

¹ INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental “Guillermo Covas”, RN5 km 580 (6326), Anguil (LP). frasier.ileana@inta.gob.ar.

² Becaria Iniciación a la investigación. Facultad de Agronomía, UNLPam.

³ Pasante INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental “Guillermo Covas”.

⁴ Cátedra de Edafología y Manejo de Suelos, Facultad de Agronomía, UNLPam.

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar cambios en la abundancia y distribución de raíces al metro profundidad al finalizar el ciclo del centeno utilizado como cultivo de cobertura en dos suelos de granulometría contrastante: Molisol y Entisol. La experiencia se realizó dentro del campo experimental de la EEA Anguil en ensayos de larga duración con secuencias de cultivo con maíz y centeno como cultivo de cobertura en dos ambientes edáficos: Paleustol petrocálcico y Ustipsamment Típico. En la campaña 2016, al finalizar el ciclo del cultivo de centeno (día 0) se realizaron mediciones de biomasa de raíces hasta el metro de profundidad estratificando cada 20 cm y se repitieron a los 32, 81 y 160 días posteriores en un diseño completamente aleatorizado con 6 réplicas. Los datos de raíces se ajustaron a un modelo exponencial negativo $M_{(t)} = M_{(0)} e^{-k \cdot t}$. La biomasa de raíces totales de centeno fue superior en el Entisol respecto del Molisol con valores promedios de 14000 kg/ha y 10000 kg/ha respectivamente con un 80% de la biomasa estratificada en los primeros 20 cm del perfil. La dinámica de raíces en el tiempo estuvo condicionada por la profundidad y el tipo de suelo mostrando una caída más pronunciada en el Entisol principalmente en los primeros 60 cm de profundidad de suelo. Por debajo de esta profundidad, la abundancia de raíces fue superior en el Molisol mostrando cambios en la dinámica de raíces en profundidad.

PALABRAS CLAVE: descomposición, profundidad, textura.

INTRODUCCION

Las gramíneas han sido la opción más utilizada como cultivos de cobertura por el aporte de importantes volúmenes de residuos en superficie ofreciendo diferentes beneficios/ servicios como mantener o mejorar los niveles de carbono orgánico del suelo, controlar malezas, reducir las pérdidas por evaporación y las pérdidas de nitrógeno por el proceso de lixiviación entre otros (Álvarez *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2010; Frasier *et al.*, 2016b; Poeplau and Don, 2015; Ranells and Waggoner, 1997; Zotarelli *et al.*, 2009). Dentro del grupo de las gramíneas utilizadas para tal fin, el centeno ha sido la especie más adoptada en la región semiárida pampeana por su tolerancia al estrés hídrico y las heladas.

Desde el punto de vista de los residuos, los cultivos de cobertura no sólo representan un aporte extra de residuos en superficie sino que también contribuyen con su biomasa de raíces (Frasier *et al.*, 2014) afectando el ciclado de nutrientes producto de su descomposición (Fornara *et al.*, 2009; Parton *et al.*, 2007; Pietola and Alakukku, 2005), la formación de materia orgánica del suelo (Frasier *et al.*, 2016b; Gale and Cambardella, 2000; Kong and Six, 2010) y la agregación como consecuencia de cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo de la rizósfera (Czarnes *et al.*, 2000; Gale *et al.*, 2000a; Hinsinger *et al.*, 2009, 2005). Sin embargo, no hay suficiente información acerca de la dinámica de raíces posterior al secado de los cultivos de cobertura, sumado a las limitaciones de su cuantificación a campo, lo que pone en evidencia la necesidad de profundizar el estudio de las raíces en una escala temporal.

El objetivo de este trabajo fue evaluar cambios en la abundancia y distribución de raíces al metro profundidad en el periodo comprendido entre la finalización del cultivo de cobertura y la cosecha del cultivo de verano sucesor en dos suelos de granulometría contrastante (Molisol y Entisol).

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó dentro del campo experimental de la EEA Anguil situado en la transición de las unidades cartográficas de las Planicies con Tosca y Medanosa de la provincia de La Pampa (Argentina). Se seleccionaron dos ambientes edáficos contrastantes en cuanto a la composición granulométrica: a) Paleustol petrocálcico de textura franco-arenosa con presencia de un manto calcáreo al metro de profundidad (Molisol) y b) Ustipsamment Típico, textura arenosa-franca, con aporte de agua de la capa freática (Entisol). En ambos suelos se encuentra establecida una rotación con centeno como cultivo de cobertura (abril-octubre) y maíz (noviembre-abril) bajo siembra directa desde el año 2010. Al finalizar el ciclo del cultivo de centeno en la campaña 2016 se realizaron mediciones de biomasa de raíces hasta el metro de profundidad estratificando cada 20 cm y se repitieron a los 32, 81 y 160 días posteriores con 6 réplicas por fecha en cada suelo en un área del ensayo donde no se realizó la siembra del maíz en dicha campaña. El muestreo a campo de raíces consistió en transectas al azar entre dos líneas de siembra del cultivo de cobertura. En cada transecta se realizaron 4 piques equidistantes (5-6 cm) utilizando un barreno tubular de 3,2 cm de diámetro de acuerdo con la metodología propuesta por Frasier *et al.* (2016a). Para separar las raíces del suelo se utilizó un tamiz de 250 μm (Barley, 1970) aplicándoles presión con agua recolectando las raíces manualmente con una pinza metálica. Las muestras tamizadas se colocaron en estufa a 40°C por 24-48 hs y luego fueron pesadas individualmente. Para determinar la biomasa de raíces totales (BRT) por unidad de superficie, se calculó el porcentaje de participación que ocupó la línea de siembra (LS) y el entresurco (ES) en cada transecta de muestreo. De esta manera, se determinó que el 71% de la transecta fue ocupado por ES (12 cm/17cm x 100) y el 29% por LS (5 cm/17 cm x 100). El cálculo de biomasa de raíces totales se realizó a partir de la siguiente ecuación:

$$BRT = \frac{(\sum \text{peso seco piques ES})}{(\pi \times r^2 \times \text{nro. piques en ES})} \times 71\% + \frac{(\text{Promedio peso seco piques sobre LS})}{(\pi \times r^2)} \times 29\%$$

O sea, $BRT = BR(ES) + BR(LS)$ donde $BR(ES)$ y $BR(LS)$ corresponden a la biomasa de raíces en el entresurco y la línea de siembra respectivamente.

Los datos se analizaron como medidas repetidas en el tiempo utilizando modelos mixtos. La falta de homocedasticidad de la variable BRT se corrigió a través de su transformación al Ln (y). La comparación de medias se realizó a través del método de Fisher con un nivel de significancia de 0,05 (α) utilizando el software InfoStat/P (Di Rienzo *et al.*, 2016). Los resultados presentados corresponden a las medias retransformadas. Por último, los datos de raíces se ajustaron a un modelo exponencial negativo $M_{(t)} = M_{(0)} e^{(-k \cdot t)}$ (Olson, 1963), donde $M_{(0)}$ es la biomasa de raíces inicial y k es la pérdida de biomasa de raíces por unidad de tiempo.

RESULTADOS Y DISCUSION

La biomasa de raíces totales de centeno al finalizar su ciclo de crecimiento como cultivo de cobertura fue superior en el Entisol respecto del Molisol con valores promedios de 14000 kg/ha y 10000 kg/ha respectivamente ubicándose el 80% sobre la línea de siembra en ambos suelos (Figura 1). Esta diferencia en la abundancia de raíces entre tipos de suelo concuerda con estudios anteriores realizados en la región con dicha especie (Frasier *et al.*, 2014). Estos resultados podrían estar asociados a una menor resistencia ("soil strength") al crecimiento y desarrollo de las raíces y mayor macroporosidad en el suelo de textura más gruesa (Bengough *et al.*, 2011; Ehlers *et al.*, 1983). Sumado a ello, se observó que el 80% de las raíces se encontraron en los primeros 20 cm de suelo, proporción que fue similar entre tipos de suelo.

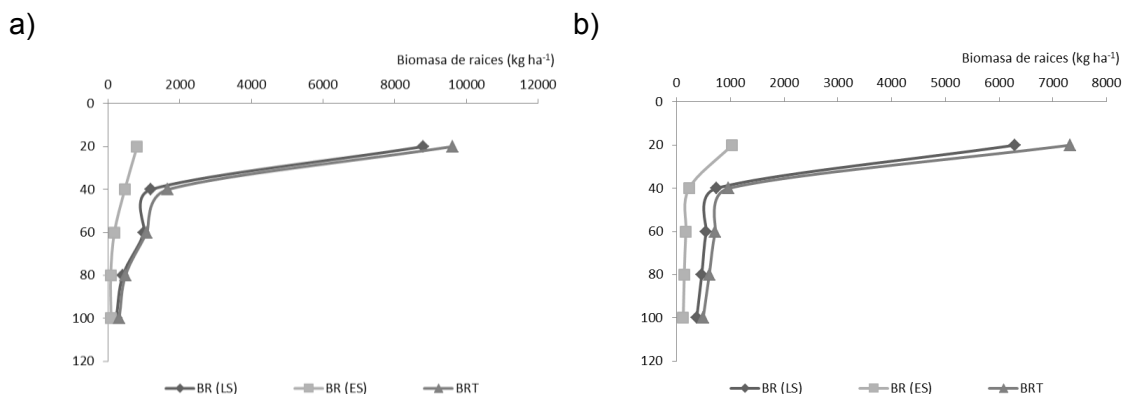


Figura 1: Distribución de raíces de centeno al final de su ciclo como cultivo de cobertura en un Entisol (a) y un Molisol (b). BR (LS), BR (ES) y BRT corresponden a la biomasa de raíces en la línea de siembra, el entresurco y la biomasa de raíces total respectivamente.

La biomasa de raíces totales disminuyó a lo largo del tiempo y dicho comportamiento fue dependiente del tipo de suelo ($p < 0.0016$), mostrando una caída más pronunciada en el Entisol (Figura 2). Estos resultados podrían estar asociados con un menor efecto de protección física del suelo que deja al material radicular más expuesto a la rápida descomposición microbiana (Gale *et al.*, 2000a, 2000b; Puget & Drinkwater, 2001; Rasse *et al.*, 2005; Sanaullah *et al.*, 2011). La dinámica de raíces también depende de la profundidad de suelo (Gill & Burke, 2002). En ese sentido, el Molisol presentó mayor remanente de raíces a los 160 días en los estratos de profundidad 20-40 ($p = 0.0474$), 40-60 ($p = 0.0002$), 60-80 ($p = 0.0107$) y 80-100 cm ($p < 0.0001$) (Figura 3). La variación en el tiempo de dicha variable se ajustó significativamente a un modelo exponencial negativo (Olson, 1963) obteniendo las tasas de descomposición (k) para cada estrato de profundidad de suelo (Tabla 1). Estos resultados corroboran que la pérdida de biomasa de raíces en el tiempo fue más rápida en el Entisol, principalmente en los primeros 60 cm de profundidad de suelo. Por debajo de esta profundidad, la abundancia de raíces fue superior en el Molisol mostrando cambios en la dinámica de raíces en profundidad.

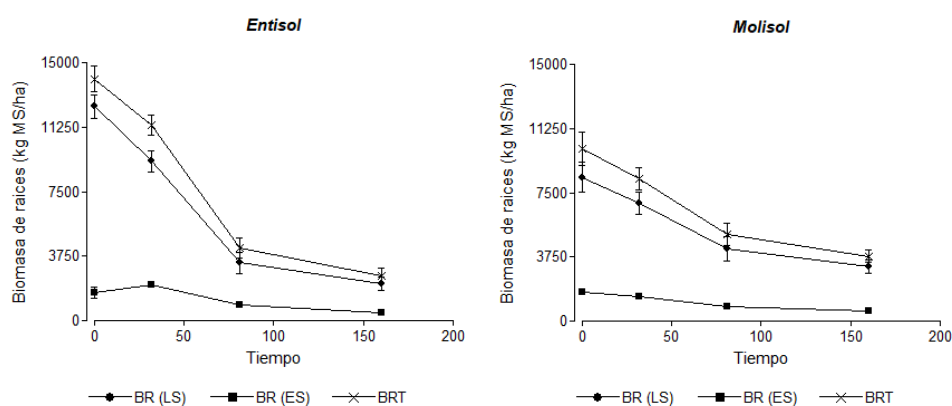


Figura 2: Biomasa de raíces totales (BRT), en la línea de siembra (BR (LS)) y el entresurco (BR (ES)) al metro de profundidad en dos suelos de granulometría contrastante. Las barras indican el desvío estándar.

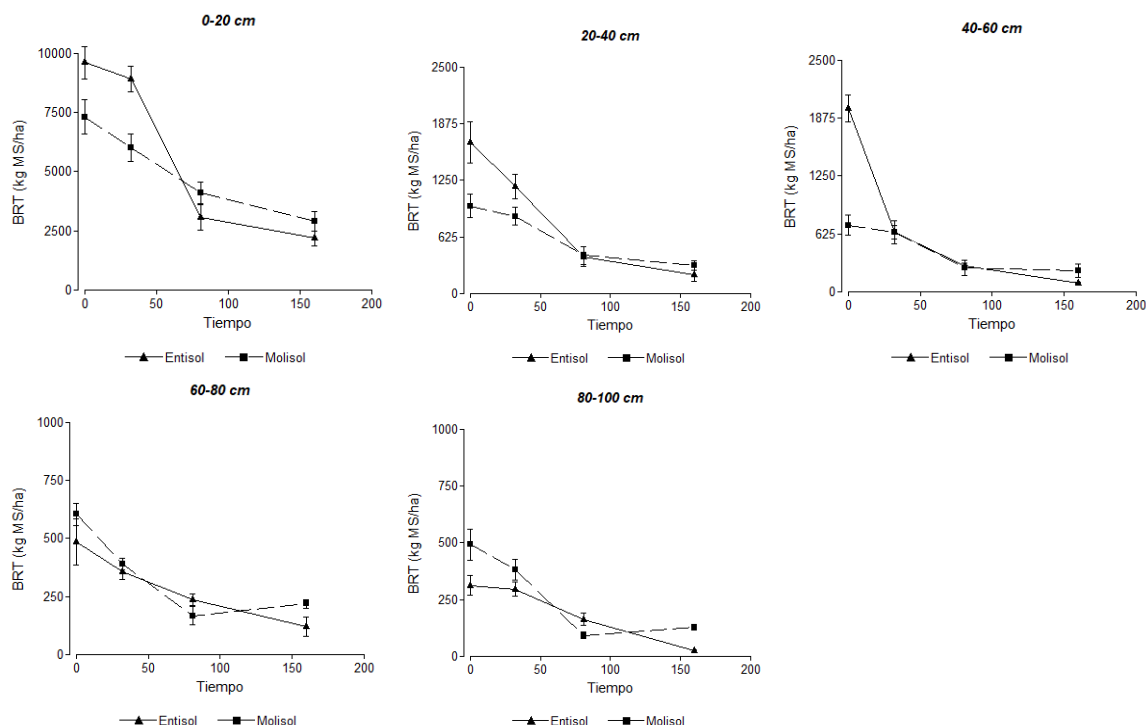


Figura 3: Biomasa de raíces totales para cada profundidad de suelo al secado del centeno utilizado como cultivo de cobertura (día 0) y a los 32, 81 y 160 días posteriores para dos suelos de granulometría contrastante: Entisol y Molisol. Las barras indican el desvío estándar.

Tabla 1: Parámetros del modelo exponencial negativo de Olson (1963) $M(t) = M(0) e^{-k \cdot t}$, donde $M(0)$ es la biomasa de raíces inicial (kg/ha) y k es la pérdida de biomasa de raíces por unidad de tiempo (kg/ha día⁻¹).

Prof (cm)	Entisol		Molisol	
	$M_{(0)}$	k	$M_{(0)}$	k
20	10346	-0.0104	7280	-0.0063
40	1709	-0.0144	1003	-0.0082
60	1964	-0.0286	752	-0.0080
80	481	-0.0088	585	-0.0112
100	344	-0.0098	509	-0.0132

CONCLUSIONES

La metodología de campo utilizada permitió estimar la pérdida de materia seca de raíces de centeno la cual fue dependiente del tipo de suelo y de la profundidad de estudio, evidenciando mayor velocidad de pérdida de biomasa de raíces en el suelo de granulometría más gruesa por encima de los 60 cm de profundidad en 80 días posteriores al secado del cultivo de cobertura.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa Nacional de Agua (PE 1133033) del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por el financiamiento de la actividad.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, C., Quiroga, A., Santos, D., Bodrero, M., 2013. Contribuciones de los cultivos de cobertura a la sostenibilidad de los sistemas de producción. INTA, Anguil.
- Barley, K.P., 1970. The configuration of the root system in relation to nutrient uptake. *Adv. Agron.* 22, 159–201. doi:10.1016/S0065-2113(08)60268-0
- Bengough, A.G., McKenzie, B.M., Hallett, P.D., Valentine, T.A., 2011. Root elongation, water stress, and mechanical impedance: A review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *J. Exp. Bot.* 62, 59–68. doi:10.1093/jxb/erq350
- Czarnes, S., Hallett, P.D., Bengough, A.G., Young, I.M., 2000. Root- and microbial-derived mucilages affect soil structure and water transport. *Eur. J. Soil Sci.* 51, 435–443. doi:10.1046/j.1365-2389.2000.00327.x
- Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G., González, L., Tablada, M., Robledo, C.W., 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Ehlers, W., Kopke, U., Hesse, F., Bohm, W., 1983. Penetration resistance and root growth of oats in tilled and untilled loess soil. *Soil Tillage Res.* 3, 261–275.
- Fernández, R., Saks, M., Arguello, J., Quiroga, A., Noellemeyer, E.J., 2010. CULTIVO DE COBERTURA, ¿UNA ALTERNATIVA VIABLE PARA LA REGION SEMIARIDA PAMPEANA?, in: Reunión Técnica SUCS -ISTRO, Colonia, Uruguay. pp. 1–6.
- Fornara, D.A., Tilman, D., Hobbie, S.E., 2009. Linkages between plant functional composition, fine root processes and potential soil N mineralization rates. *J. Ecol.* 97, 48–56. doi:10.1111/j.1365-2745.2008.01453.x
- Frasier, I., Noellemeyer, E., Fernández, R., Quiroga, A., 2016a. Direct field method for root biomass quantification in agroecosystems. *MethodsX* 3, 513–519. doi:10.1016/j.mex.2016.08.002
- Frasier, I., Quiroga, A., Noellemeyer, E., 2016b. Effect of different cover crops on C and N cycling in sorghum NT systems. *Sci. Total Environ.* 562, 628–639. doi:10.1016/j.scitotenv.2016.04.058
- Frasier, I., Riestra, D., Noellemeyer, E., Quiroga, A., 2014. APOORTE DE C Y N DE RAICES DE CULTIVOS DE COBERTURA, in: Sa Pereira, E., Minoldo, G., Galantini, J. (Eds.), *Impacto de Los Sistemas Actuales de Cultivo Sobre Las Propiedades Químicas Del Suelo: Efectos Sobre Los Balances de Carbono*. INTA, pp. 83–87.
- Gale, W., Cambardella, C., 2000. Carbon dynamics of surface residue—and root-derived organic matter under simulated no-till. *Soil Sci. Soc. Am. ...* 64, 190–195. doi:10.2136/sssaj2000.641190x
- Gale, W.J., Cambardella, C.A., Bailey, T.B., 2000a. Root-Derived Carbon and the Formation and Stabilization of Aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64, 196–201. doi:10.2136/sssaj2000.641201x
- Gale, W.J., Cambardella, C.A., Bailey, T.B., 2000b. Surface Residue—and Root-derived Carbon in Stable and Unstable Aggregates. *Soil Sci. Soc. Am. J.* doi:10.2136/sssaj2000.641196x
- Gill, R.A., Burke, I.C., 2002. Influence of soil depth on the decomposition of *Bouteloua gracilis* roots in the shortgrass steppe. *Plant Soil* 233–242. doi:10.1023/A
- Hinsinger, P., Bengough, A.G., Vetterlein, D., Young, I., 2009. Rhizosphere: biophysics, biogeochemistry and ecological relevance. *Plant Soil* 321, 117–152. doi:10.1007/s11104-008-9885-9
- Hinsinger, P., Gobran, G.R., Gregory, P.J., Wenzel, W.W., 2005. Rhizosphere geometry and heterogeneity arising from root mediated physical and chemical processes. *New Phytol.* 168, 293–303. doi:10.1111/j.1469-8137.2005.01512.x
- Kong, A.Y.Y., Six, J., 2010. Tracing Root vs. Residue Carbon into Soils from Conventional and

- Alternative Cropping Systems. Soil Sci. Soc. Am. J. 74, 1201–1210. doi:10.2136/sssaj2009.0346
- Olson, J.S., 1963. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems. Ecol. Soc. Am. 44, 322–331.
- Parton, W., Silver, W.L., Burke, I.C., Grassens, L., Harmon, M.E., Currie, W.S., King, J.Y., Adair, E.C., Brandt, L.A., Hart, S.C., Fasth, B., 2007. Global-Scale Similarities in Nitrogen Release Patterns During Long-Term Decomposition. Science (80-.). 315, 361–364. doi:10.1126/science.1134853
- Pietola, L., Alakukku, L., 2005. Root growth dynamics and biomass input by Nordic annual field crops. Agric. Ecosyst. Environ. 108, 135–144. doi:10.1016/j.agee.2005.01.009
- Poeplau, C., Don, A., 2015. Carbon sequestration in agricultural soils via cultivation of cover crops – A meta-analysis. Agric. Ecosyst. Environ. 200, 33–41. doi:10.1016/j.agee.2014.10.024
- Puget, P., Drinkwater, L.E.E., 2001. Short-term dynamics of root- and shoot-derived carbon from a Leguminous Green Manure. Soil Sci. Soc. Am. J. 65, 771–779. doi:10.2136/sssaj2001.653771x
- Ranells, N.N., Waggoner, M.G., 1997. Grass-Legume Bicultures as Winter Annual Cover Crops. Agron. J. 89, 659. doi:10.2134/agronj1997.00021962008900040019x
- Rasse, D.P., Rumpel, C., Dignac, M.-F., 2005. Is soil carbon mostly root carbon? Mechanisms for a specific stabilisation. Plant Soil 269, 341–356. doi:10.1007/s11104-004-0907-y
- Sanaullah, M., Chabbi, A., Leifeld, J., Bardoux, G., Billou, D., Rumpel, C., 2011. Decomposition and stabilization of root litter in top- and subsoil horizons: what is the difference? Plant Soil 338, 127–141. doi:10.1007/s11104-010-0554-4
- Zotarelli, L., Avila, L., Scholberg, J.M.S., Alves, B.J.R., 2009. Benefits of Vetch and Rye Cover Crops to Sweet Corn under No-Tillage. Agron. J. 101, 252. doi:10.2134/agronj2008.0033x

**ESTUDIO FRACTAL DE LA DISTRIBUCIÓN DE TAMAÑO DE PARTÍCULAS Y
PSEUDOPARTÍCULAS EN SUELOS DE LA PAMPA ARENOSA DE BUENOS AIRES**

Gelati P.R.¹, G.O. Sarli¹, Machetti N.E.^{1,2}, Soracco C.G.^{1,2}, R.R Filgueira²

¹ Facultad de Cs. Agrarias y Forestales, Universidad Nacional de La Plata - prgelati@gmail.com

² CONICET.

RESUMEN: La geometría fractal permite describir teóricamente estructuras de diversa naturaleza, entre ellas, la distribución de tamaño de partículas (DTP) en el suelo, siendo esta, una de sus características más estables. El interés de su determinación, radica en que está relacionada con otras propiedades físicas, químicas y de manejo. De la teoría fractal se obtiene D (dimensión fractal de fragmentación), relacionado con el particionamiento y escalamiento de las partículas, y C (constante de proporcionalidad) relacionado con el diámetro máximo de partículas esperable. Se estudiaron 8 suelos agrícolas de la Pampa Arenosa. Fueron caracterizados mediante pH, carbono orgánico y la capacidad de intercambio catiónico para asociarlos a las series correspondientes. Las sedimentaciones se realizaron, sin (SMO) y con materia orgánica (CMO) para obtener la DTP, calculándose la D y C fractales para cada una. El modelo fractal ajustó parcialmente en suelos franco y franco arenoso, hasta 75 y 50 μm respectivamente cuando se eliminó la materia orgánica (MO). Las sedimentaciones CMO ajustaron hasta 100 μm y permitieron calcular la "textura aparente". En todos los suelos, hubo incremento aparente de arenas y reducción aparente de limos y arcillas, asociado al proceso de microestructuración. Se obtuvieron valores de C y D menores que SMO, mostrando que el modelo es sensible al proceso de agregación asociado a la MO.

PALABRAS CLAVES: sedimentación, textura, fragmentación.

INTRODUCCION:

La geometría fractal (Mandelbrot, 1982) ha permitido describir teóricamente estructuras que se observan en la naturaleza. Es así que las características geométricas de la distribución espacial de las raíces, las longitudes de las costas y fronteras, el fraccionamiento de una roca, la distribución de tamaño de partículas en el suelo, entre otros, pueden ser idealizados satisfactoriamente mediante esta teoría (Korvin G., 1992; Tyler S.W. & Wheatcraft S.W., 1992; Filgueira et al., 2003, 2005; Vdovic et al., 2010; Caruso et al., 2011). Un objeto fractal está compuesto de una cantidad de estructuras similares superpuestas, visibles a cualquier nivel de detalle. Esta propiedad se conoce como autosimilitud. El material en un objeto fractal se distribuye en forma heterogénea, pero no al azar, de forma que un patrón de generación se ve idéntico, al menos en el sentido estadístico, independientemente de la amplificación con que se esté observando. En un fractal matemático los detalles se ven idénticos en cualquier nivel de amplificación mientras que en un fractal natural es esperable que el nivel de repetición de la propiedad particular sea limitado a varios órdenes de magnitud. En este sentido, en una publicación polémica Avnir et al. (1998) han planteado dudas sobre la validez de este marco teórico, sobre todo en el tema del rango de aplicación de la propiedad de autosimilitud, que en vez de ser infinito como en el fractal matemático, sólo abarcaría uno o dos órdenes de magnitud en los fractales naturales.

En la ciencia del suelo se ha utilizado la geometría fractal para arrojar nueva luz sobre la compleja dinámica de los procesos formadores del suelo mediante el estudio de la distribución de tamaño de partículas (DTP) (Tyler & Wheatcraft, 1992; Hyslip & Vallejo, 1997; Bittelli et al., 1999; Taguas et al., 1999; Perfect et al., 2002; Millán et al., 2003; Stanchi et al., 2006, 2008).

La DTP, es una de las características más estables en un suelo. El interés en su determinación, radica en que está relacionada con otras propiedades físicas y químicas, como ser: porosidad, interacción con los fluidos y solutos, capacidad de intercambio catiónico, susceptibilidad a la erosión y desertificación, conductividad hidráulica saturada e insaturada, entre otras (Campbell & Shiozawa, 1992; Vdovic et al., 2010).

Tyler & Wheatcraft (1992) plantearon estudiar directamente la masa de partículas, en cambio del número de ellas. Esto conlleva ventajas, pues es experimentalmente más sencillo y preciso obtener fracciones de masa que número de partículas. En el modelo propuesto, la fracción de masa acumulada de un radio menor que un valor R es (Tyler & Wheatcraft 1992):

$$\frac{M(r < R)}{M_T} = 1 - \frac{M(r > R)}{M_T} = \left(\frac{R}{R_{L\sup}} \right)^{3-D} = cR^{3-D} \quad (1)$$

donde M_T es la masa total de la distribución de las partículas, $r = R_{L\sup}$ es un límite superior de tamaño para el comportamiento fractal, C es una constante de proporcionalidad y D es la dimensión fractal de fragmentación. En el caso del experimento de sedimentación de partículas de suelo en agua, para determinar la textura, es común obtener la fracción de masa de aquellas que aún permanecen en suspensión, es decir, $M(r < R)/M_T$. Este modelo resultó más razonable desde el punto de vista físico, con resultados de D siempre menores que 3.

Si bien diversos autores han encontrado que la DTP de algunos suelos siguen distribuciones fractales (Tyler & Wheatcraft, 1992; Taguas et al., 1999; Filgueira et al., 2006; Gelati et al., 2016). Tyler & Wheatcraft (1992) concluyeron que sólo algunos suelos dentro del triángulo textural podrían tener este tipo de DTP. En este sentido, Filgueira et al., (2004), encontraron que la DTP en suelos del centro oeste de la provincia de Buenos Aires, no respondían a este tipo de distribución. Bártoli et al., 1991, confirmaron que los suelos de textura fina son bien caracterizados por una distribución fractal de las partículas, mientras que los cuarzarenosos no.

Behzad et al., 2015, plantearon enfáticamente la necesidad de limitar el rango al tamaño de partículas para el cual el modelo fractal fue ajustado.

Dado que para estudiar la DTP deben dispersarse el suelo, ésta depende de los pretratamientos realizados. (Eshel et al., 2004; Dur et al., 2004; Filgueira et al., 2006; Filgueira et al., 2009; Gelati et al., 2008, 2010).

La zonificación entre pampa ondulada y pampa arenosa, sería consecuencia de un proceso de selección granulométrica como resultado del transporte eólico desde las fuentes de aporte, con una sedimentación proximal de arena y una distal de limo. Es así que el material parental de los suelos grada desde limos loésicos en el este, hasta arenas limosas en el oeste (Gonzalez Bonorino, 1966).

Para suelos de la pampa ondulada, Argiudoles típicos, Franco limosos, con tenores de arena menores al 15%, el modelo fractal describe adecuadamente la DTP (Gelati et al., 2016).

Proponemos en este trabajo, investigar mediante el modelo fractal la DTP en suelos de la Pampa arenosa incorporando el efecto de la materia orgánica en la formación de pseudopartículas.

MATERIALES Y MÉTODOS:

Se analizaron muestras superficiales de suelos agrícolas del partido de Lincoln y Trenque Lauquen, las mismas, fueron secadas en estufa a 40°C con circulación de aire, desagregadas y tamizadas por 2 mm. Para caracterizarlas, se evaluó carbono orgánico total por combustión húmeda, Walkley y Black micrométodo, pH real (1:2,5) relación suelo: agua y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) por el método del acetato de amonio 1 N pH 7, según SAMLA 2004.

Las sedimentaciones se hicieron según 2 pretratamientos: Pretratamiento A sin materia orgánica (SMO): para favorecer la máxima dispersión de la muestra, se eliminó la materia orgánica con H_2O_2 y calor, se empleó NaOH 1 N y agitador rotativo por 16 h (Gee & Bauder, 1986). Pretratamiento B con materia orgánica (CMO): a la muestra se le agregó 10 mL de alcohol etílico para humectarla. Las probetas se completaron hasta los 1000 mL con agua destilada. Las arenas se cuantificaron por tamizado. Todas las determinaciones se realizaron por duplicado. A partir de los resultados de las sedimentaciones con el pretratamiento A se obtuvieron las clases texturales.

Se definió “textura aparente”, como las fracciones obtenidas empleando el pretratamiento.

Se realizaron curvas de masa acumulada vs diámetro, los parámetros del modelo fractal, C y D, se obtuvieron luego de transformar los datos con log-log, empleando la ecuación 1.

La variación de las fracciones aparentes de arena, limo y arcilla se calcularon con la ecuación 2:

$$\Delta F (\%) = \frac{F(CMO) - F(SMO)}{F(SMO)} \times 100 \quad (2)$$

$\Delta F(\%)$, es la variación de la fracción analizada según los pretratamientos

F(SMO)= fracción analizada, obtenida con el pretratamiento A

F(CMO)= misma fracción analizada, obtenida según el pretratamiento B

RESULTADOS Y DISCUSION:

Con la localización de latitud - longitud y las características evaluadas en el laboratorio, se asociaron las muestras de suelo a las series correspondientes, Bolivar (Bv), Ortiz de Rosas (Or), Norumbega (No) y Piedritas (Pas), descritas en Geointa (2008).

Las características y los parámetros del modelo fractal calculados para cada serie y según pretratamientos se muestran en la Tabla 1.

Del tratamiento SMO, los resultados pueden separarse en 2 grupos.

En el grupo 1 (G1), el tenor medio de arenas fue 47,3 % con un desvío de 4,1% y el contenido medio de arcillas 15,3% con un desvío de 2,4 %.

El modelo fractal de fragmentación pudo aplicarse en arenas hasta 75 μm de diámetro, Figura 1a, describiendo en promedio el 52,7% de la masa con altos valores de R^2 .

Tabla 1. Suelos analizados sin materia orgánica (SMO), con materia orgánica (CMO), carbono orgánico total (COT), R² ajustado, constante de proporcionalidad fractal (C), dimensión fractal de fragmentación (D), significancia del ajuste (p-valor), rango de diámetros entre los que se ajustó el modelo fractal (Rango aj).

SMO	COT (g kg ⁻¹)	R ² Aj	C	D=3-b	p-valor	Rango aj
Bolivar		0,976	8,230	2,556	0,0001	2-75 µm
Bolivar		0,975	9,945	2,578	0,0001	2-75 µm
Ortiz de Rosas		0,984	11,784	2,607	0,0001	2-75 µm
Ortiz de Rosas		0,988	12,809	2,618	<0,0001	2-75 µm
Norumbega		0,988	8,863	2,661	0,0004	2-50 µm
Norumbega		0,988	8,859	2,667	0,0004	2-50 µm
Piedritas		0,979	5,707	2,542	0,0009	2-50 µm
Piedritas		0,985	8,716	2,625	0,0005	2-50 µm
CMO						
Bolivar	10,1	0,990	0,344	2,038	<0,0001	2-100 µm
Bolivar	14,5	0,994	0,267	1,941	<0,0001	2-100 µm
Ortiz de Rosas	21,3	0,991	0,655	2,051	<0,0001	2-100 µm
Ortiz de Rosas	12,2	0,986	1,000	2,177	0,000	2-100 µm
Norumbega	15,9	0,982	0,368	2,048	0,000	2-100 µm
Norumbega	12,6	0,974	0,261	1,967	0,000	2-100 µm
Piedritas	27,4	0,990	0,285	1,892	<0,0001	2-100 µm
Piedritas	19,5	0,970	0,300	1,934	0,0002	2-100 µm

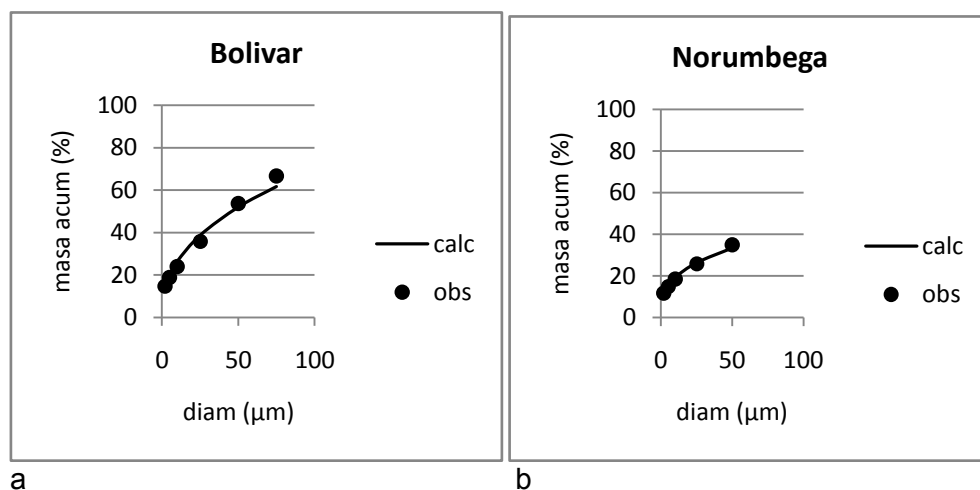


Figura 1. Datos experimentales y valores obtenidos mediante el modelo fractal de masa acumulada en función del diámetro de partículas en un suelo (a) del G1, Bolivar y (b) G2 Norumbega

En el grupo 2 (G2), el tenor medio de arenas fue 63,3 % con un desvío estándar 2,7% y el contenido medio de arcillas fue de 10,9% con un desvío de 1,7%.

El modelo fractal describió con buenos ajustes de R² hasta el dominio limo (50 µm), Figura 1b, alcanzando en promedio el 36,7% de la masa estudiada.

En ambos grupos, las D calculadas, resultaron menores a 3. Los parámetros C y D de G1 y G2, no mostraron diferencia estadística, C ($p=0,08$) y D ($p=0,33$) aunque se observa una tendencia en que C es menor cuanto más grueso es el suelo y esto coincide con el modelo teórico.

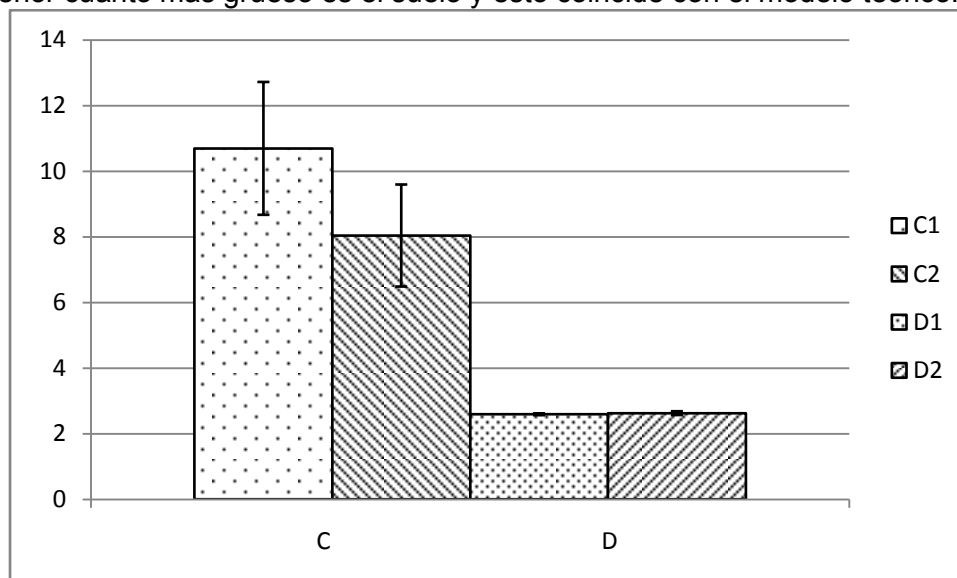


Figura 2. Valores medios y desvíos de C y D, de G1y G2 para el pretratamiento SMO.

La materia orgánica (MO) produjo un efecto generalizado de uniformidad en la DTP aparente de los suelos, Figura 3.

Los resultados muestran, en todos los casos, una reducción significativa de las fracciones aparentes de arcilla y limo con un incremento de la fracción arena. Los valores se muestran en la Tabla 2. El modelo fractal pudo aplicarse hasta los 100 μm , con elevada bondad de ajuste y describiendo en promedio el 41,5% de la masa estudiada.

Los parámetros C y D se redujeron respecto al pretratamiento SMO, esto es coherente con resultados de otros investigadores, solo que en este caso el cambio a clases texturales más gruesas es dado por el efecto microestructurante de la MO.

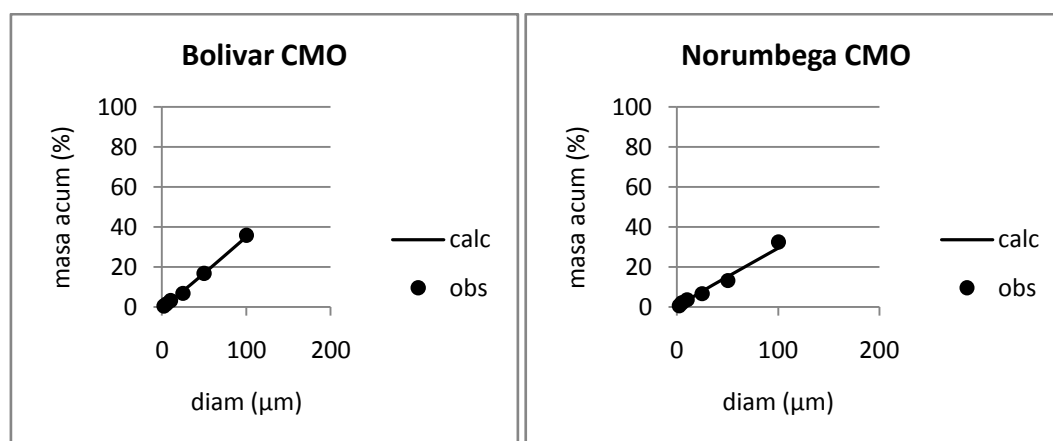


Figura 3. Datos experimentales y valores obtenidos mediante el modelo fractal de masa acumulada en función del diámetro de pseudopartículas.

Tabla 2. Fracciones de arena, limo, arcilla y clase textural para el P1 SMO. Fracciones aparentes de arena limo y arcilla y clase textural aparente.

	Bv	Bv	Or	Or	No	No	Pas	Pas
A(%)	53,3	46,4	45,4	44,0	65,1	65,8	62,6	59,8
L(%)	34,4	38,8	38,0	38,4	23,2	22,6	29,0	28,3
a(%)	12,2	14,8	16,6	17,6	11,7	11,6	8,4	11,9
CT	FA	F	F	F	FA	FA	FA	FA
A.ap(%)	85,6	83,1	74,1	76,1	86,7	87,1	78,0	85,1
L.ap(%)	13,7	16,3	24,8	22,5	12,7	12,5	21,5	14,2
arc.ap (%)	0,7	0,5	1,1	1,5	0,6	0,4	0,5	0,7
CT Ap	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF	AF

Los delta calculados con la ecuación 2, se representan en la Figura 4.

Las arenas tuvieron un incremento relativo del 51,1% y un desvío del 20,6%.

Los limos mostraron una reducción aparente del 45,0% y un desvío estándar del 11,4%, mientras que las arcillas se redujeron en un 94,5% con un desvío estándar del 1,6%.

La fracción arcilla mostró mayor modificación absoluta y menor variabilidad, estos valores resultaron similares a los obtenidos en suelos Argiudoles de la Pampa Ondulada (Gelati et al., 2016).

El ajuste entre las fracciones aparentes vs el COT no fue significativo para ninguna fracción Aap vs COT ($p=0,25$); Lap vs COT ($p=0,21$) y arc.ap vs COT ($p=0,74$).

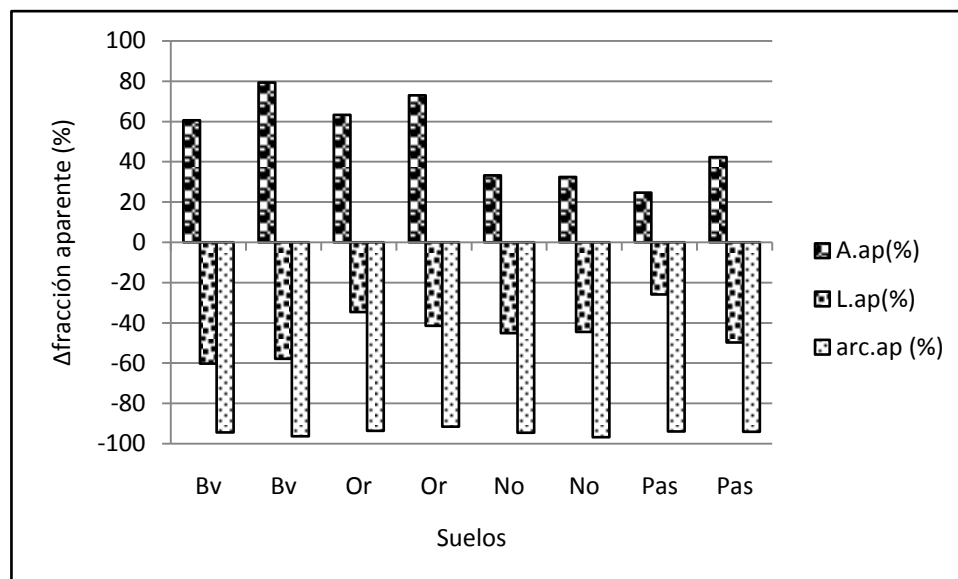


Figura 4. Delta de las fracciones en por ciento de, arena aparente A.ap(%), limo aparente L.ap(%) y arcilla aparente (arc.ap(%))

CONCLUSIONES:

Las fracciones arcilla y limo en suelos francos y franco-arenosos muestran una DTP fractal. En el caso de suelos francos, puede extenderse el modelo, a las arenas hasta 75 μm .

El estudio de la DTP, smo y cmo, permitió cuantificar el efecto microestructurante de la MO.

El modelo fractal a través de sus parámetros C y D, fue sensible al efecto microestructurante de la MO.

BIBLIOGRAFÍA

- Avnir D., Biham O., Lidar D., Malcai O., 1998. Is the Geometry of Nature Fractal? *Science*, vol. 279 no. 5347 pp. 39-40.
- Behzad G., Hugh D., 2015. Fractal dimension of sil fragmanet mass-size distribution: A critical analysis. *Geoderma* 245-246, 98-103
- Bittelli M., Campbell G.S., Flury M., 1999. Characterization of particle-size distribution in soil with a fragmentation model. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 782-788.
- Campbell G., Shiozawa S., 1992. Indirect methods for estimating the hidraulic proprieties of unsaturated soils. University of California, Riverside., Ch. Prediction of hydraulic proprieties of soils using particle-size distribution and bulk density data, pp. 317-328.
- Caruso T, Barto E. K., Siddiky M. R. K., Smigelski J, Rillig M. C. 2011. Are power laws that estimate fractal dimension a good descriptor of soil structure and its link to soil biological properties? *Soil Biology & Biochemistry* 43, 359-366.
- Dur J.C., Elsass F., Chaplain V. y Tessier D., 2004. The relationship between particle size distribution by laser granulometry and image analysis by transmission electron microscopy in a soil clay fraction. *European Journal of Soil Science*, 55, 265-270.
- Eshel G., Levy G.J., Mingelgrin U. y Singer M.J., 2004. Critical evaluation of the use of the laser diffraction for particle size distribution analysis. *Soil Science Society of American Journal*, 68, 736-743.
- Filgueira R.R., Pachepsky Ya., Fournier L.L., 2003. Time-mass scaling in soil texture analysis. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 67: 1703-1706. ISSN 0361-5995.
- Filgueira R.R., Gelati P.R., Fournier L.L., Sarli G.O., 2004. ¿Es la distribución de tamaño de partículas de un suelo siempre fractal?. *Actas XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná Entre Ríos, Argentina.*
- Filgueira R.R., Fournier L.L., Sarli G.O. y Soracco C.G., 2005. Distribución de partículas y agregados de suelos: el modelo fractal. En: *Reología del suelo agrícola bajo tráfico*. Ed. D. Jorajuría Editorial de la Universidad de La Plata. EDULP. Pp. 21-38. ISBN 950-34-0334-0.
- Filgueira R.R., Fournier L.L., Cerisola C.I., Gelati P.R. y García M.G., 2006. Particle-size distribution in soils; a critical study of the fractal model validation. *Geoderma*, Volume 134, Issues 3-4, 327-334.
- Filgueira R.R., Gelati P.R., Fournier, L.L., Sarli, G.O. y Soracco, C.G., 2009. Distribución de tamaño de partículas del suelo; su estudio con un modelo fractal. *XVIII Congreso Latinoamericano de la Ciencia del Suelo. Costa Rica.*
- Gee G.W. y Bauder, 1986. Particle size analysis. methods of soil analysis, part 1. Physical and minerological methods. *Agronomy Monograph* N° 9. Second Edition. Pp. 383-411.
- Gelati P.R., Sarli G.O., Lozano L.A. y Filgueira R.R., 2008. Arcilla: tiempos necesarios para estimar su contenido con hidrómetro según pretratamientos. *XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes, San Luis. Argentina*
- Gelati P.R., Sarli G.O., Lozano L.A., Soracco C.G. y Filgueira, R.R., 2010. Microagregación: análisis mediante curvas de sedimentación, *XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Rosario, Santa Fé, Argentina.*
- Gelati P.R., Sarli G.O., Filgueira R.R.. 2016. Estudio fractal de la distribución de partículas y pseudopartículas en suelos de la pradera pampeana. *Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rio Cuarto.*
- GeoINTA. © Copyright 2008. INTA. Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://geointa.inta.gov.ar/>.
- Gonzalez Bonorino, F., 1966. Soil clay mineralogy of the Pampa plains, Argentina. *Journal of Sedimentary Petrology* 36:1026-1035.
- Hyslip J. y Vallejo L., 1997. Fractal analysis of the roughness and size distribution of granular materials. *Engineering Geology* 48, 231-244.
- InfoStat 2009. FCA-Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Korvin G., 1992. *Fractal Methods in the Earth Sciences*. Elsevier, Amsterdam. 191 p.

- Lanfranco JW, Carrizo R. 1970. Carta de suelos de la estación experimental Central J. Hirschon de la FCAyF/UNLP. Inédito.
- Mandelbrot B., 1982. The fractal geometry of nature. W.h. Freeman and Company. New York.
- Millán H., Gonzalez-Posada M., Aguilar M., Domínguez J. y Céspedes L., 2003. On the fractal scaling of soil data. Particle size distributions. Geoderma 117, 117-128.
- Perfect E., Díaz Zorita M. y Grove J., 2002. A prefractal model for predicting soil fragment size distributions. Soil and Tillage Research 36,1-20.
- SAMLA 2004, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación de la Nación Argentina. Dirección de Producción Agrícola. Sistema de Apoyo Metodológico a los Laboratorios de Análisis de Suelos Agua, Vegetales y Enmiendas Orgánicas.
- Stanchi S., Bonifacio E., Zanini E. y Pachepsky Ya., 2006. Presence and prediction of fractal behaviour in particle-size distributions as affected by the sample pretreatment and soil properties. Soil Sci. 171 (4), 283-292.
- Stanchi S., Bonifacio E. y Zanini E., 2008. Mass-size fractal dimension of primary and aggregate particles and soil profile development. Soil Sci. 173 (2), 87-95.
- Taguas F., Martín M. y Perfect E., 1999. Simulation and testing of self-similar structures for soil particle size distributions using iterated function systems. Geoderma 88, 191 -203.
- Tyler S.W. y Wheatcraft S.W., 1989. Application of fractal mathematics to soils water retention estimation. Soil Sci. Soc. Am. J. 5, 987 - 996.
- Tyler S.W. y Wheatcraft S.W., 1992. Fractal scaling of soil particle-size distributions: analysis and limitations. Soil Sci. Soc. Am. J. 56, 362-369.
- Vdovic N., Obhodas J. y Pikelj K., 2010. Resvisiting the particle-size distribution of soils: comparison of different methods and simple pre-treatments. European Journal of Soil Science, 61, 854-864.

ANÁLISIS MULTIVARIADO DE PROPIEDADES EDÁFICAS BAJO SIEMBRA DIRECTA EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA SUR COMO BASE PARA LA SELECCIÓN DE INDICADORES DE CALIDAD

Schmidt E.¹, N. Amiotti^{1,2}

1 Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS). San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca - Argentina;
(0291-4595102) eschmidt@criba.edu.ar

2 CERZOS, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca – Argentina

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue identificar, mediante análisis discriminante (AD), aquellas propiedades edáficas que resulten más sensibles para evidenciar cambios asociados a la aplicación de distintas secuencias de cultivos y años de implementación de siembra directa a fin de ser utilizadas como indicadores de calidad en la región pampeana semiárida sur. Los tratamientos considerados fueron: TG10 y TG15: Rotación de cereales de invierno (trigo o cebada) con cultivos de verano (girasol) por 10 o 15 años respectivamente; TT15: cereales de invierno (trigo o cebada) en forma continua por 15 años y TB15: cereales de invierno (trigo o cebada) en forma continua con un año de barbecho entre dos cultivos sucesivos por 15 años. A partir de un set de propiedades físicas y bioquímicas determinadas a dos profundidades (0-5 cm y 5-18 cm) dentro del horizonte superficial de los suelos se seleccionaron por AD las siguientes variables: compactación relativa y estabilidad estructural (EE) en superficie y densidad aparente máxima (Dapm), pH, fósforo disponible y nitrógeno particulado (NP) para la profundidad de 5-18 cm. La utilización de secuencias de cultivos invernales y estivales, independientemente del número de años de implementación, mostró incrementos en la Dapm y menores valores de pH y NP en los 5-18 cm además de una importante pérdida de EE en la superficie del suelo. Los tratamientos TB15, y particularmente TT15, mostraron las mejores condiciones físicas y químicas. A futuro, y de continuar las tendencias observadas, deberían implantarse cultivos invernales con mayor frecuencia y realizar un análisis de oportunidad de introducción del girasol si se pretende evitar el deterioro en las propiedades físicas y químicas del horizonte superficial de los suelos en la región.

PALABRAS CLAVE: Secuencia de cultivos, análisis discriminante, trigo y girasol.

INTRODUCCION

La siembra directa (SD) ha adquirido una dimensión particular en el mundo y en nuestro país, superando aquí las 30 millones de ha en la campaña 2014/2015 (Nocelli Pac, 2016). Sin embargo, está demostrado que su contribución a la intensificación sostenible de la agricultura es limitada cuando no se utilizan rotaciones agrícolas adecuadas y los niveles de residuos sobre la superficie del suelo son bajos (Hobbs *et al.*, 2008; Pittelkow *et al.*, 2015).

La calidad agronómica de un suelo refleja su capacidad para funcionar con efectividad tanto en el presente como en el futuro (Doran & Parkin, 1994). Establecer si su calidad bajo una determinada actividad agrícola está en una situación de estabilidad, mejora o declinación requiere reunir información acerca de parámetros edáficos, colectando datos que reflejen propiedades de los suelos dependientes del uso, con énfasis en aquellas que resulten de procesos que ocurren cerca de la superficie (Shukla *et al.*, 2006; Ferreras *et al.*, 2007).

Dada la multiplicidad de variables que se han considerado como indicadores de calidad, los criterios para identificar aquellas que tengan mayor incidencia serán diferentes para los diversos tipos de suelos y usos de la tierra. De este modo, la calidad edáfica debe ser evaluada en base al análisis de diversas propiedades del suelo y su interacción, de modo de establecer los mejores indicadores para cada situación. Esto resulta esencial para comparar entre sí distintos sistemas de

labranza, así como cambios en el manejo (ej. rotación de cultivos) dentro de un mismo sistema, o bien su evolución a través del tiempo (Larson & Pierce, 1994). Un mejor conocimiento de los procesos involucrados requiere la utilización de herramientas de estadística multivariada lo que permite sintetizar e interpretar la información (Quiroga *et al.*, 1998; Villamil *et al.*, 2008). En este contexto, se propone evaluar el efecto de distintas secuencias de cultivos y años de implementación de la SD sobre las propiedades físicas y bioquímicas del suelo con el objetivo de identificar, mediante análisis discriminante, aquellas más sensibles para ser utilizadas como indicadores de calidad edáfica en la región pampeana semiárida sur.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó sobre 20 lotes en producción agrícola bajo SD continua pertenecientes a establecimientos de la región pampeana semiárida sur, ubicados entre 38° 54' S, 61° 38' O y 38° 34' S, 61° 42' O. El clima es templado semiárido, con una temperatura media anual de 15 °C y una precipitación anual de 580 mm (1900-2009). Los suelos comparados clasifican como Paleustoles petrocálcicos (Soil Survey Staff, 2010), siendo la textura de los horizontes superficiales franco arenosa. Los cuatro tratamientos considerados corresponden a diferentes secuencias de cultivo comúnmente halladas en la región: **TG10** (n=5): Rotación de cereales de invierno (trigo o cebada) con cultivos de verano (girasol) con un tiempo de implementación de 10 años; **TG15** (n=5): Rotación de cereales de invierno (trigo o cebada) con cultivos de verano (girasol) con un tiempo de implementación de 15 años; **TT15** (n=5): Utilización de cereales de invierno (trigo o cebada) en forma continua y un tiempo de implementación de 15 años y **TB15** (n=5): Utilización de cereales de invierno (trigo o cebada) en forma continua con un año de barbecho entre dos cultivos sucesivos y un tiempo de implementación de 15 años.

Los parámetros evaluados incluyeron un amplio set de propiedades físicas y bioquímicas del suelo determinadas a dos profundidades dentro del horizonte superficial: 0-5 cm y 5-18 cm. Con todos los datos obtenidos se realizó un análisis discriminante canónico (AD) para cada uno de los espesores considerados con el programa InfoStat (Di Rienzo *et al.* versión 2015).

Tabla 1. Medidas resumen de las variables CR (%) y CDMP (mm) para los distintos tratamientos evaluados en la profundidad 0-5 cm.

Tratamiento		CR (%)	CDMP (mm)
TG10 (n=5)	Media	80,5	2,05
	C.V	0,7	5,60
	Mín.- Máx.	79,8 - 81,2	1,92 - 2,22
TG15 (n=5)	Media	77,6	3,03
	C.V	0,7	1,08
	Mín.- Máx.	77,1 - 78,5	3,00 - 3,08
TT15 (n=5)	Media	75,5	1,49
	C.V	0,3	7,44
	Mín.- Máx.	75,4 - 75,9	1,34 - 1,65
TB15 (n=5)	Media	82,7	1,65
	C.V	0,5	10,85
	Mín.- Máx.	82,1 - 83,1	1,38 - 1,88

CR: compactación relativa; CDMP: cambio en diámetro medio ponderado; C.V: coeficiente de variación; Mín.- Máx.: valores mínimos y máximos.

Se utilizó el método forward, con el que se seleccionaron las siguientes propiedades: estabilidad estructural (EE): expresada a través del cambio en el diámetro medio ponderado (CDMP, mm) de los agregados (De Leenher & De Boodt, 1958 mod. por Silenzi *et al.*, 1987); densidad aparente máxima (Dapm, Mg m⁻³): determinada por Test Proctor (Gupta & Allmaras, 1987); compactación relativa (CR, %); pH (ClK, 1:2,5); fósforo disponible (Bray & Kurtz, 1945); nitrógeno particulado (NP, Mg ha⁻¹) por tamizado en húmedo (Galantini, 2005) y determinación de nitrógeno en la

fracción > 0,1 mm por micro-Kjeldahl (Bremner & Mulvaney, 1996). En las Tablas 1 y 2 se muestran las medidas resumen de las variables.

Tabla 2. Medidas resumen de las variables Dapm (Mg m^{-3}), pH agua (1:2,5), Pd (mg Kg^{-1}) y NP (Mg ha^{-1}) para los distintos tratamientos evaluados en la profundidad 5-18 cm.

Tratamiento		Dapm (Mg m^{-3})	pH agua (1:2,5)	Pd (mg Kg^{-1})	NP (Mg ha^{-1})
TG10 (n=5)	Media	1,74	6,0	15,6	0,11
	C.V	0,66	3,3	17,32	35,38
	Mín.- Máx.	1,72 – 1,75	5,8 – 6,3	11,0 – 18,0	0,06 – 0,17
TG15 (n=5)	Media	1,73	5,9	25,0	0,11
	C.V	0,71	1,7	12,6	9,78
	Mín.- Máx.	1,71 – 1,74	5,8 – 6,0	20,0 – 28,0	0,10 – 0,12
TT15 (n=5)	Media	1,68	6,1	15,8	0,19
	C.V	0,27	2,0	12,2	9,26
	Mín.- Máx.	1,67 – 1,68	5,9 – 6,2	13,0 – 18,0	0,17 – 0,22
TB15 (n=5)	Media	1,67	6,2	15,4	0,17
	C.V	0,50	0,7	15,0	14,8
	Mín.- Máx.	1,66 – 1,68	6,1 – 6,2	13,0 – 19,0	0,13 – 0,19

Dapm: densidad aparente máxima; Pd: fósforo disponible; NP: nitrógeno particulado; C.V: coeficiente de variación; Mín.- Máx.: valores mínimos y máximos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los cultivos difieren en la cantidad y calidad de los residuos retornados al suelo, afectando directamente los contenidos de MO con el consiguiente efecto sobre las propiedades físicas y bioquímicas asociadas (Studdert & Echeverría, 2000). En general se afirma que la inclusión de un mayor número de gramíneas en las rotaciones mejora el balance de carbono y nutrientes del suelo, tanto por la cantidad como por la calidad de los residuos aportados y porque se logra una mayor cobertura de rastrojos respecto a secuencias que incluyen girasol (Krupinsky *et al.*, 2007). Los cultivos de verano, implementados en la región para cortar el ciclo de plagas y enfermedades, aportan una cantidad moderada de residuos de gran tamaño que se desintegran lentamente. El girasol es eficiente en la extracción de agua del suelo, particularmente en aquellos de textura franco arenosa. Sin embargo, considerando la marcada deficiencia hídrica durante los meses de verano que resulta típica en la región, esta mayor eficiencia del cultivo conduciría a una disminución en el agua disponible para el trigo que le continúa en la rotación, pudiendo afectar negativamente los rendimientos alcanzados. Estas diferencias entre cultivos se vieron reflejadas en los AD realizados, de modo tal que un total de seis propiedades físicas y químicas edáficas fueron seleccionadas para crear las funciones discriminantes: CR y CDMP en superficie (0-5 cm) y Dapm, pH, Pd y NP para la capa 5-18 cm. En la Fig. 1 se observa la distribución de las muestras correspondientes a los distintos tratamientos en el espacio discriminante conformado por los ejes canónicos 1 y 2, los que conjuntamente explican un 100% y un 98% de la variación total entre tratamientos para las profundidades 0-5 cm y 5-18 cm, respectivamente.

Para la profundidad 0-5 cm, la CR fue la variable más importante para la discriminación sobre el eje 1 (Tabla 3), el cual posee autovalor más elevado y explica el mayor porcentaje de la varianza (59%). Observaciones con valores altos para la CR aparecerán situadas a la derecha del gráfico de dispersión de observaciones ya que el coeficiente es positivo (1,01). Para la discriminación sobre el eje canónico 2, la variable más importante fue el CDMP, también con coeficiente positivo. El agrupamiento de tratamientos en distintos cuadrantes señala similitudes de comportamiento respecto del conjunto de las propiedades analizadas. De esta manera, las secuencias con un menor número de cultivos de invierno al momento del muestreo (TB15 y TG10) se agrupan en los cuadrantes I y IV, mostrando un aumento en los valores de CR. Los lotes que incluyen cultivos de verano, independientemente del número de años de implementación (TG10 y TG15) muestran, además, un incremento en el CDMP respecto a TT15 y TB15. Los resultados obtenidos señalan en todos los lotes valores elevados en el CDMP, ratificando la baja EE característica de los suelos

de la región semiárida pampeana que los torna susceptibles a la erosión eólica debido a las condiciones climáticas imperantes (Buschiazzi *et al.*, 1999). Este proceso se vería además favorecido por los bajos rendimientos y la arquitectura propia de los cultivos estivales, que no lograrían una adecuada cobertura de rastrojos en la superficie del suelo en una época donde los vientos erosivos son más frecuentes y la evapotranspiración elevada (López *et al.*, 2015). Por otra parte, la mayor cantidad de residuos producida por los cereales en TT15 y el prolongado barbecho en el caso de TB15 sumado a los mayores contenidos de MO en ambos tratamientos (datos no mostrados), explicarían las diferencias observadas en la agregación entre dichas secuencias de cultivo con TG10 y TG15.

Para la profundidad 5-18 cm, las variables pH y NP resultaron las de mayor importancia para la discriminación sobre el eje canónico 1, mientras que la Dapm y el Pd tuvieron una mayor influencia sobre el eje 2 (Tabla 3). En los cuadrantes II y III se ubican TB15 y TT15, los que poseen valores de pH más elevados y un mayor contenido de NP respecto a TG10 y TG15. El tratamiento TG15 se ubica en el cuadrante IV, hacia donde aumentan los contenidos de Pd. Los bajos rendimientos de los cultivos obtenidos en estas secuencias en la región determinarían un balance positivo de dicho nutriente. Además se aprecia que la susceptibilidad de los suelos a la compactación sería mayor en los lotes bajo TG10, tratamiento que presentó los mayores valores de Dapm.

Tabla 3. Coeficientes de las funciones discriminantes.

a) 0-5 cm			b) 5-18 cm		
	VC 1	VC 2		VC 1	VC 2
CR	1,01	0,04	Dapm	0,63	0,82
CDMP	0,11	1,01	pH	- 1,20	0,49
			Pd	0,32	- 0,99
			NP	- 1,11	- 0,14

CR: compactación relativa (%); CDMP: cambio en diámetro medio ponderado (mm); Dapm (Mg m^{-3}), Pd (mg Kg^{-1}); NP (Mg ha^{-1}).

Los atributos del suelo que poseen un peso relativamente mayor en la función discriminante resultan ser los más utilizados como indicadores de calidad (Villamil *et al.*, 2008). La primera y segunda funciones discriminantes canónicas obtenidas para las dos profundidades consideradas pueden expresarse de la siguiente manera:

0-5 cm: $F1 = -172,68 + 2,16 (CR) + 0,90 (CDMP)$
 $F2 = -24,28 + 0,09 (CR) + 8,30 (CDMP)$

5-18 cm: $F1 = -68,92 + 135,18 (Dapm) - 24,65 (pH) + 0,25 (Pd) - 110,42 (NP)$
 $F2 = -353,75 + 175,79 (Dapm) + 10,17 (pH) - 0,76 (Pd) - 13,43 (NP)$

Para los análisis realizados, la totalidad de las muestras correspondientes a los distintos tratamientos fueron bien clasificadas, por lo que la tasa de error para las dos profundidades (0-5 cm y 5-18 cm), es 0%. Las nulas tasas de error asociadas a las funciones discriminantes obtenidas señalan la utilidad de las variables seleccionadas como indicadores sensibles de la calidad edáfica, además de reflejar el impacto que tienen los cambios en las secuencias de cultivo sobre la calidad del suelo en zonas marginales para la agricultura.

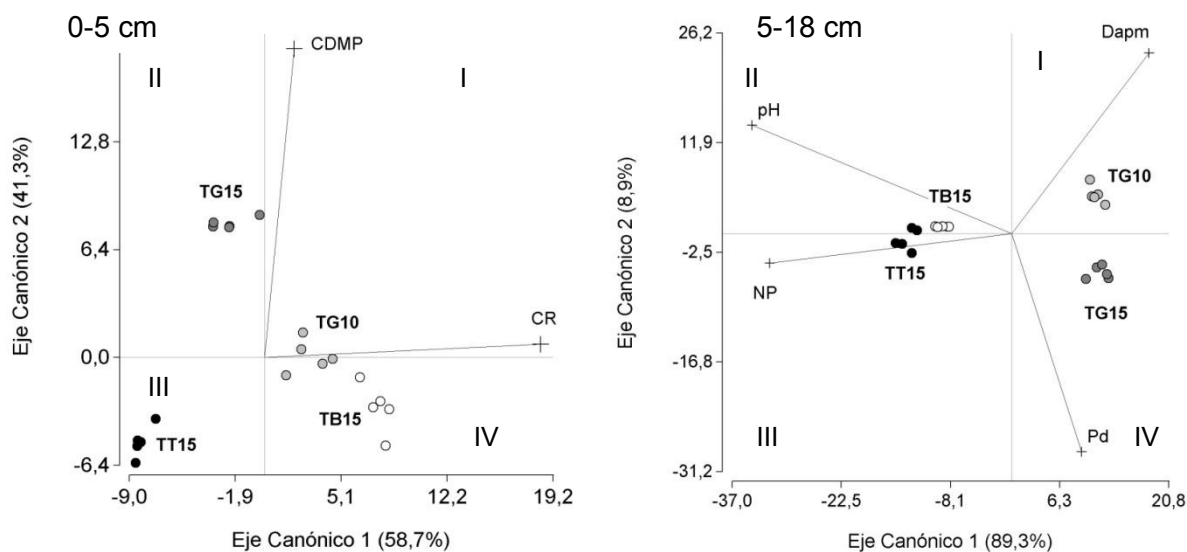


Figura 1. Análisis discriminante para las profundidades de 0-5 cm y 5-18 cm.

CONCLUSIONES

A partir de un amplio set de propiedades físicas y bioquímicas determinadas a dos profundidades dentro del horizonte superficial de suelos bajo SD continua, se seleccionaron mediante AD las variables CR y CDMP (0-5 cm) y Dapm, pH, Pd y NP (5-18 cm) como indicadores de calidad edáfica para la región semiárida sur. La utilización de secuencias de cultivos invernales y estivales, independientemente del número de años de implementación, tuvo un efecto perjudicial sobre los parámetros evaluados respecto a secuencias de especies invernales. Los análisis multivariados mostraron que TG10 y TG15 se segrean del resto de los tratamientos por incrementos en la Dapm y menores valores de pH y NP en los 5-18 cm, además de una importante pérdida de estabilidad estructural en la superficie del suelo. Los tratamientos TB15, y particularmente TT15, mostraron mejores condiciones físicas y químicas. A futuro, y de continuar las tendencias observadas, deberían implantarse cultivos invernales con mayor frecuencia y realizar un análisis de oportunidad de introducción del girasol si se pretende evitar el deterioro de las propiedades físicas y químicas del horizonte superficial de los suelos en la región.

BIBLIOGRAFIA

- Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorous in soils. *Soil Sci.* 59: 39-45.
- Bremner, J & R Mulvaney. 1996. Nitrogen total and inorganic forms. In: Sparks, D (Ed). *Methods of Soil Analysis. Part 3: Chemical Methods*. Pp: 869-919. SSSA Book Series N° 5, SSSA & ASA, Madison, WI, USA.
- Buschiazzo, D; S Aimar & T Zobeck. 1999. Wind erosion in soils of the semiarid Argentinean Pampas. *Soil Sci.* 164: 133-138.
- De Leenher, L & M De Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. Pp. 290-300. *Proceeding of the International Symposium on Soil Structure*. Ghent, Bélgica.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L González; M Tablada & C Robledo. InfoStat versión 2015. Grupo InfoStat, FCA, UN de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>
- Doran, J & T Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J; D Coleman; D Bezdicsek & B Stewart (Ed.). *Defining and Assessing Soil Quality for Sustainable Environment*. Soil Science Society of America. Spec. Publ. N° 35. Madison, WI, USA.

- Ferreras, L; G Magra; P Besson; E Kovalevski & F García. 2007. Indicadores de calidad física en suelos de la Región Pampeana norte de Argentina bajo siembra directa. *Ciencia del Suelo* 25: 159-172.
- Galantini, J. 2005. Separación y análisis de las fracciones orgánicas. Capítulo IV parte 2. Pp. 95-106. En: Marbán, L y S Ratto (Ed.). Manual "Tecnología en análisis de suelos: Alcance a laboratorios agropecuarios". AACCS.
- Gupta, S & R Allmaras. 1987. Models to assess the susceptibility of soils to excessive compaction. *Adv. Soil Sci.* 6: 65-100.
- Hobbs, P; K Sayre & R Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans R. Soc. Lond B. Biol. Sci.* 363: 543-555.
- Krupinsky, J; S Merrill; D Tamaka; M Liebig; M Lares & J Hanson. 2007. Crop residue coverage of soil influenced by crop sequence in a no-till system. *Agron. J.* 99: 921-930.
- Larson, WE & FJ Pierce. 1994. The dynamice of soil quality as a measure of sustainable management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 677.
- López, F, M Duval; J Martínez & J Galantini. 2015. [Cobertura en el sudoeste bonaerense en suelos bajo siembra directa](#). *Ciencia del Suelo* 33: 273-281.
- Nocelli Pac, S. 2017. Estimación de superficie en SD. <http://www.aapresid.org.ar/wp-content/uploads/2016/10/Estimaci%C3%B3n-de-superficie-en-SD-1.pdf>. Verificado 7/7/2017.
- Pittelkow, C; X Liang; B Linquist; K van Groenigen; J Lee; M Lundy; N van Gestel; J Six; R Venterea & C van Kessel. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517: 365-368.
- Quiroga, A; D Buschiazzi & N Peinemann. 1998. Management discriminant properties in semiarid soils. *Soil Sci.* 163: 591-597.
- Shukla, M; R Lal & M Ebingerb. 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. *Soil Till. Res.* 87: 194-204.
- Silenzi, J; A Moreno & L Lucero. 1987. Variaciones temporales de la estabilidad estructural de un suelo no disturbado. *Ciencia del Suelo* 5:1-7.
- Soil Survey Staff - USDA. 2010. Keys to Soil Taxonomy, 11th ed. USDA-NRCS, Washington.
- Studdert, G & H Echeverría. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 64: 1496-1503.
- Villamil, M; F Miguez & G Bollero. 2008. Multivariate analysis and visualization of soil quality data for no-till systems. *J. Environmental Quality* 37: 2063-2069.

PARÁMETROS EDÁFICOS Y PRODUCTIVOS QUE CONDICIONAN EL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN GRANO DE TRIGO

Zilio¹ J.P., F.D. Frolla¹, H.R. Krüger¹

¹ INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. EEA Bordenave.
Sector "Manejo y Conservación de Suelos". zilio.josefina@inta.gob.ar
Ruta 76-Km 36,5- Bordenave, Pcia. de Buenos Aires

RESUMEN

La sucesión reciente de campañas favorables para la producción de trigo, resaltó las dificultades para obtener una calidad comercial aceptable, debido principalmente a deficiencias marcadas de nitrógeno. Por ello, se realizó durante 2016 una serie de ensayos en el área de EEA INTA Bordenave, que comprendió ocho sitios distribuidos en los distritos de Adolfo Alsina, Guaminí, Puan y Saavedra. El objetivo fue evaluar distintos umbrales de N a macollaje (0, 100, 120 y 140 kg N ha⁻¹) y de aplicaciones foliares en antesis (0, 20 y 30 kg N ha⁻¹). Además del contenido de proteína en grano, se midieron diversos parámetros relacionados al suelo y al cultivo: nitratos a la siembra, nitrógeno anaeróbico, contenido de agua útil, biomasa a macollaje y en antesis. Los datos fueron analizados con INFOSTAT®, realizando análisis de varianza y confeccionando árboles de regresión para determinar umbrales críticos en la determinación del contenido de proteína en grano. Los resultados indican que la respuesta no es homogénea en todos los sitios de ensayo, pero que un balance de 100-120 kg N ha⁻¹ puede ser un valor objetivo para la obtención de una aceptable calidad comercial. El agregado de 20 kg N ha⁻¹ en antesis puede ser suficiente para el logro de la misma, aunque no puede revertir deficiencias nitrogenadas severas iniciales.

PALABRAS CLAVE: calidad de trigo, nitrógeno, fertilización.

INTRODUCCIÓN

Si bien la fertilización es una práctica rutinaria en diversas regiones productivas del país, las características inherentes a la zona semiárida y subhúmeda, la hacen de alto riesgo debido a sus retornos inconstantes, ligados a la incertidumbre climática (Cantamutto *et al.*, 1986). Sin embargo, en años favorables puede observarse un mayor uso de fertilizantes líquidos y sólidos en etapas tempranas del cultivo con posterior uso de fertilizantes foliares, esto último, con la intención de mejorar la calidad del grano de trigo (proteína en este caso). Para la región en estudio se han propuesto distintos umbrales críticos de N: 140 kg N (Frolla *et al.*, 2016), 100 – 130 kg N (Martínez *et al.*, 2015). Estos niveles pueden maximizar la producción física de grano, pero no siempre lograr una calidad aceptable para la industria molinera. El objetivo de este trabajo fue evaluar respuestas en la concentración de proteína en grano al agregado de N y su relación con parámetros del cultivo y del suelo a nivel de predio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Durante la campaña 2016, se realizaron ocho ensayos de fertilización nitrogenada en trigo en campos de productores de la zona de influencia de la EEA INTA Bordenave. Se evaluó la biomasa aérea (macollaje y antesis) y proteína en grano, manejado con cuatro umbrales críticos de N a macollaje (0-100-120-140 kg N ha⁻¹) y tres dosis en antesis (0-20-30 kg N ha⁻¹). Los umbrales a macollaje (Tratamiento) se lograron por la suma del contenido de N en el suelo al momento de la siembra y el agregado de urea granulada, mientras que para la fertilización en antesis (Subtratamiento) se utilizó FoliarSol U® (20%N). El diseño de cada ensayo consistió en bloques completos aleatorizados con tres repeticiones, con el N a macollaje como factor principal y N en antesis como secundario, dispuesto en parcela dividida.

Las principales características de los suelos (SAGyP, 1989) incluidos en los ensayos muestran la variabilidad típica de la región. El suelo del sitio 1, clasificado como *Haplustol éntico* franco grueso, se diferencia de los restantes por su régimen de humedad ústico, menor desarrollo genético y textura arenosa-franca, con porcentajes de arcilla + limo (arc+lim) cercanos al 22% en la capa superficial. Los suelos de los sitios 2 al 5 responden a las características de un *Hapludol típico*, franco grueso y tienen textura franca, con 50% de arc+lim en la capa superficial. El suelo representativo de los sitios 6 al 8 se clasifica como *Argiudol típico*, franco fino, con textura franca a franco-arcillosa y 60 a 64% de arc+lim en la capa superficial. Para la caracterización de cada sitio, se analizaron parámetros de suelo como contenido de materia orgánica (MO), fósforo (P), contenido de N a la siembra (N-NO₃⁻), nitrógeno anaeróbico (Nan), textura y contenido de agua al momento de macollaje (AUM) y en antesis (AUA) cuyos resultados se muestran en la Tabla 1.

Los datos se analizaron con INFOSTAT®, utilizando análisis de la varianza, test LSD para comparación de medias ($\alpha=0,05$). Cuando la interacción entre Tratamiento y Subtratamiento fue significativa, se realizó un ANOVA Simple para cada uno de los niveles de N en antesis, utilizando el cuadrado medio de error definido por Satterthwaite (Lyman, 1993). Luego, se compararon los niveles de N en antesis, para cada nivel de N a macollaje, utilizando el cuadrado medio de error 2. A su vez, se realizaron árboles de regresión comparando el contenido de proteína logrado con distintos niveles de N a macollaje sin aplicación de N en antesis, utilizando aquellas variables de cultivo y suelo que permitan diagnosticar deficiencias en etapas tempranas del cultivo.

Tabla 1. Denominación y características edafológicas de los sitios experimentales

Sitio	Partido	Localidad	MO (%)	Pe (ppm)	N-NO ₃ ⁻ (kg ha ⁻¹)	Nan 20cm (mg kg ⁻¹)	Txt	AUM (mm)	AUA (mm)
1	Puan	Azopardo	1,21	14,7	26	39,6	AF	50	120
2	A. Alsina	Carhué	3,34	21,1	41	90,9	F	139	104
3	A. Alsina	Carhué	2,85	13,3	63	54,2	F	201	199
4	A. Alsina	Carhué	2,80	17,0	52	45,3	F	214	114
5	Guaminí	A.Venado	3,61	13,3	71	76,6	F	149	63
6	Saavedra	Goyena	2,53	13,1	53	54,2	Fa	27	87
7	Saavedra	Goyena	2,42	13,1	43	44,8	Fa	60	120
8	Saavedra	Pigüé	3,97	35,3	73	58,4	Fa	79	90

Materia orgánica (MO) y fósforo extractable (Pe), en la capa 0-12 cm, nitrógeno disponible (N-NO₃⁻) a la siembra en la capa 0-60 cm, nitrógeno anaeróbico (Nan) en la capa 0-20cm, textura del horizonte superficial (Txt): (AF= arenoso-franco, F= franco y Fa= franco-arcilloso) y contenido de agua útil del suelo al macollaje (AUM) y en antesis (AUA) en la capa 0-80cm.

RESULTADOS

El análisis de datos bajo un modelo general, indicó interacción significativa entre Fertilización y Sitio, por lo cual el análisis se realizó para cada sitio por separado. Los sitios 2, 4 y 6, mostraron que la respuesta del agregado de N en antesis en el contenido de proteína del grano, fue independiente del nivel de N a macollaje (Tabla 2). Por el contrario, los sitios 1, 3, 5, 7 y 8, manifestaron mejoras de proteína sólo con determinados niveles de N en macollaje (Tabla 3).

Tabla 2. Proteína en grano (%) según cantidad de N a macollaje (promedios sobre niveles de N en antesis) y según aplicación de N en antesis (promedios sobre niveles de N a macollaje), en los ensayos sin interacción entre ambos momentos de aplicación.

Ensayo	p-valor interacción	Fertilización a Macollaje (N suelo + N fert, kg ha ⁻¹)				Fertilización en antesis (kg N ha ⁻¹)		
		T	100	120	140	0	20	30
2	0,33	10,3 a	11,8 b	12,4 b	13,4 c	11,2a	12,1 b	12,6b
4	0,63	9,9 a	10,5 a	11,5 b	11,9 b	10,3a	11,3 b	11,3b
6	0,31	9,4 a	10,6 b	11,3 bc	12,1 c	10,0a	11,1 b	11,3b

Letras distintas dentro de cada ensayo, indican diferencias significativas ($\alpha=0,01$). T: testigo (N suelo)

Fue necesario mejorar la provisión de N mediante el ajuste a 100 y 120N para alcanzar niveles de proteína adecuados, similares a otras recomendaciones realizadas para el sur bonaerense (Loewy *et al.*, 2008). La comparación entre los valores medios de proteína por nivel de N en antesis no resulta útil pues promedia situaciones de diverso estatus nutricional a macollaje, pero su validez radica en demostrar que las dosis 20 y 30N en antesis no se diferencian entre sí ($p < 0,05$), independientemente del nivel nutricional a macollaje. Loewy *et al.* (2008) encontraron mejoras en el contenido de proteína, de hasta 1,8%, con aplicaciones de 25 kg N ha⁻¹ en antesis. De la misma forma, Zamora (2016) encontró respuestas promedio de 1% en el contenido proteico, por la aplicación de 30 kg N ha⁻¹ en antesis, en trigos con balances aparentes de 120N a macollaje.

En los restantes sitios, al presentarse interacción Tratamiento*Subtratamiento significativa, el análisis puede realizarse de dos formas diferentes: analizando el efecto de la aplicación de N en antesis para cada nivel de N a macollaje (Tabla 3) o evaluando el efecto de la aplicación de N a macollaje, para cada nivel de N en antesis.

Para los testigos a macollaje, el agregado de N en antesis mejoró los niveles de proteína, pero no siempre superó el 11% comercial. Cuando el balance de N en antesis fue de 100-120N, algunos sitios necesitaron 20N y otros 30N para lograr calidad comercial (Tabla 3). El sitio 7, no presentó respuesta a la fertilización foliar con N, excepto en el testigo bajo aplicación de 30N en antesis y bajo esas condiciones no alcanzó el 11% deseado. Cabe aclarar, que la variedad de trigo utilizada no fue constante en todos los sitios, por lo cual, es un factor adicional de variación que se suma a las diferencias edáficas y climáticas.

Sólo uno de los ensayos (5), superó el contenido de proteína comercial requerido por el estándar sin necesidad de fertilización y coincidió con altos valores de los indicadores edáficos relacionados a la fertilidad (Tabla 1). Éste sitio en particular presentó interacción Tratamiento*Subtratamiento, pero al analizarla en detalle puede deducirse que la aplicación de N en antesis no mostró efectos en la proteína del grano, independientemente del estatus nutricional a macollaje. El sitio 1 no logró calidad comercial aún con niveles altos de fertilización, debido probablemente a su baja fertilidad potencial, una buena oferta de agua al cultivo, y principalmente a la utilización de un cultivar del grupo 2 que generó rendimientos muy elevados, provocando una dilución del N absorbido.

En cuanto a las dosis de N en antesis y en base a los resultados de los sitios que presentaron interacción, puede afirmarse que en caso de no mejorar el estatus nitrogenado a macollaje, la dosis de 30N presenta ventajas con respecto a 20N, aunque no asegura la obtención de 11% comercial. Si en macollaje se realiza el balance aparente 100N, la dosis de 20N no difiere de 30N y la proteína esperada estaría cercana al 11%. Al aumentar el balance a 120N, la respuesta en antesis es más variable, existiendo algunos casos donde las dosis en antesis muestran efectos similares y otros casos, donde 30N supera en respuesta a 20N.

En la búsqueda de umbrales de parámetros predictivos sencillos, se utilizó el árbol de regresión para la variable proteína (Tabla 4), y el resultado indicó que la biomasa al macollaje es importante para la obtención de buenos niveles proteicos en grano. Así, el grupo de datos con valores <2800 kg MS ha⁻¹, tuvo un promedio de 10,1% de proteína, mientras que superado dicho umbral la proteína promedio alcanzó 12,4%. También resultó relevante el nivel de N a macollaje: niveles mayores a 110N, aseguraron contenido de proteína cercana al estándar, mientras que niveles menores presentaron deficiencias marcadas. La biomasa a macollaje es la base para la obtención de macollos fértiles y de área fotosintéticamente activa que permitan un llenado de grano satisfactorio (Miralles, 2006). Las variables edáficas (MO, P, Nan) no tuvieron peso en la separación de grupos de datos similares. El componente climático, incidiendo principalmente en la cantidad de agua útil en el suelo, también es un factor de peso en suelos con capacidad de acumulación moderada o reducida (Puricelli *et al.*, 1997).

Tabla 3. Efecto de la aplicación de N en antesis en el contenido de proteína en grano según cantidad de N a macollaje, para los ensayos con interacción significativa entre momentos de aplicación

Ensayo	N en macollaje (kg ha ⁻¹)	N en antesis (kg ha ⁻¹)			p-valor
		0	20	30	
1	0	7,8	8,7	9,2	0,085
	100	8,5	9,1	10,0	0,117
	120	9,5	10,2	10,2	0,204
	140	10,2	10,3	10,4	0,798
3	0	10,2 a	11,0 a	13,0 b	0,021
	100	11,5 a	12,2 ab	13,2 b	0,047
	120	11,3 a	12,5 b	13,6 c	0,002
	140	11,7	12,9	13,2	0,261
5	0	12,0 a	12,5 ab	13,2 b	0,066
	100	13,1	13,9	14,1	0,191
	120	13,6	13,9	14,5	0,219
	140	14,3	14,5	14,6	0,764
7	0	8,6 a	9,3 a	10,4 b	0,004
	100	9,8	10,5	11,3	0,211
	120	10,1	11	11,3	0,252
	140	11,1	11,7	11,9	0,218
8	0	8,1 a	9,2 b	10,6 c	0,009
	100	9,0 a	11,2 b	11,3 b	0,009
	120	10,7 a	11,1 a	12,6 b	0,030
	140	11,3	11,7	12,4	0,139

. Letras distintas dentro de la misma fila, indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

Tabla 4. Árbol de regresión de la variable Proteína en grano (%),

Nodo	Variable	n	Proteína Media (%)	Varianza	Mínimo	Máximo
Raíz		96	10,7	3,07	7	14,8
1	Biomasa Mac($\leq 2827,5$)	72	10,1	1,98	7	14,5
1.1	Balance N($\leq 110,0$)	36	9,1	0,94	7	11,8
1.1.1	Balance N($\leq 86,5$)	18	8,6	0,52	7	9,9
1.1.2	Balance N($> 86,5$)	18	9,7	0,87	8	11,8
1.2	Balance N($> 110,0$)	36	11,0	1,24	9,1	14,5
1.2.1	Balance N($\leq 130,0$)	18	10,4	0,65	9,1	12,2
1.2.2	Balance N($> 130,0$)	18	11,6	1,18	10	14,5
2	Biomasa Mac($> 2827,5$)	24	12,4	2,4	10,1	14,8
2.1	AUM($\leq 175,20$)	12	13,3	1,89	10,8	14,8
2.2	AUM($> 175,20$)	12	11,5	1,23	10,1	13,9

analizando Nitrógeno anaeróbico (Nan), Materia Orgánica (MO), Fósforo (P), Agua útil a macollaje (AUM), contenido de N inicial, balance de N y biomasa a macollaje, como variables predictoras, para 0 N antesis (H: suma de cuadrados corregida). Tamaño mínimo del nodo: 20.

CONCLUSIONES

Los ensayos realizados sobre suelos representativos de una sección del sudoeste bonaerense, indican que es posible una mejora en la proteína del grano de trigo, mediante la aplicación de N en distintos momentos del ciclo. Niveles deficientes desde el inicio, impiden la manifestación de mejoras por aplicaciones tardías, por lo que se requiere un umbral de 100-120 kg N ha⁻¹ para lograr valores de proteína dentro del estándar comercial. Sitios con condiciones edáficas y climáticas favorables, serán menos propicios para registrar respuestas positivas que justifiquen esta tecnología.

En cuanto a los parámetros del cultivo, la biomasa a macollaje podría ser un indicador temprano de la proteína en grano que podría lograrse, por lo cual, las medidas de manejo deberían tender a lograr buena acumulación de N en estadios tempranos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, R; HS Steinbach & JL De Paepe. 2016. Balance histórico de nitrógeno y azufre de la región pampeana. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Córdoba, Argentina.
- Cantamutto, MA; F Mockel; R Rosell; R Martínez; MR Landriscini, L Gallez & G Gullace. 1986. Factores que condicionan la respuesta del trigo a la fertilización con nitrógeno y fósforo en el sur de la provincia de Bs.As. XI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Actas 83
- Frolla, FD.; Zilio J& Krüger HR. 2016. Profundidad de suelos y respuesta a la fertilización nitrogenada de trigo en siembra directa en la región semiárida bonaerense. V congreso Nacional de trigo, Pergamino.
- Martínez, JM; JA Galantini & MR Landriscini. 2015. [Eficiencia en el uso del nitrógeno del trigo en la región semiárida de Buenos Aires \(Argentina\): efectos de la dosis y momento de aplicación.](#) Agriscientia, 32(1), 15-27.
- Loewy, T; G Pugliese & MM Ron. 2008. Nitrógeno y azufre para rendimiento y calidad de trigo en el sudoeste bonaerense. Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Miralles, DJ. 2006. Generación de rendimiento en trigo: ¿Por qué es necesario comprender el funcionamiento del cultivo? Actas del XIV Congreso de AAPRESID.
- Puricelli, CA; MM Puricelli & HR Krüger. 1997. Profundidad útil del suelo y rendimiento del trigo. Propuesta para un criterio de evaluación de las tierras. INTA Bordenave. Boletín técnico N°14.
- Zamora, M. 2016. Fertilización en trigo pan bajo siembra directa. Informe Campaña 2015/16. Disponible en: <http://inta.gob.ar/documentos/fertilizacion-de-trigo-pan-bajo-siembra-directa-campana-2015-16> (consulta agosto 2017).

MONITOREO DEL PERFIL DEL SUELO EN UNA PARCELA IRRIGADA CON AGUA DEL DRENAJE EN LA ZONA DE CORFO RÍO COLORADO, PROVINCIA DE BUENOS AIRES

Zalba, P., M. Garay, E. Schmidt

Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS). San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca - Argentina;
(0291-4595102) pzalba@uns.edu.ar

RESUMEN: La demanda hídrica del Valle Bonaerense del Río Colorado se incrementó en los últimos años por un aumento sustancial de las superficies cultivadas, existiendo en la actualidad un impedimento para ampliar las áreas de concesión de riego por gravedad a lo que se suma que la calidad del agua disponible en la región, proveniente del tramo inferior de la cuenca, no es óptima para riego debido a su elevado contenido de sales disueltas. Una alternativa para aumentar la producción agrícola y ganadera de la región es la utilización del agua proveniente de los colectores de drenaje en casos específicos y puntuales, es decir cuando la salinidad del agua y el RAS sean bajas. En este contexto, se propuso como objetivo evaluar el efecto del riego con agua de drenaje sobre el suelo en una parcela de 60 ha perteneciente a un establecimiento agrícola de la región. Se establecieron cinco sitios de muestreo (S1, S12, S3, S8 y S9) los que fueron regados con agua proveniente del Colector A y un testigo al que se le aplicó agua normal de riego. Los análisis de suelo incluyeron pH, CE en el extracto de saturación (dS/m) y PSI. Se realizó además una caracterización de la capa freática. Los resultados obtenidos señalan que regar con agua de drenaje derivó en un aumento de pH y PSI en los horizontes sub-superficiales (60-200 cm) de los sitios S1, S12 y S3. Con respecto a la CE del suelo y de la capa freática, si bien las obras de desagüe parcelario funcionan de manera correcta, resulta necesario mantener la limpieza de los canales a fines de asegurar el buen funcionamiento de los drenajes a través del tiempo para mantener la capa freática profunda (+1,6 m) y que los valores de CE sean moderados a bajos, tanto en la napa como en el suelo.

PALABRAS CLAVE: riego; agua salina; PSI.

INTRODUCCION

El Valle Bonaerense del Río Colorado se ubica al sudoeste de la Provincia de Buenos Aires sobre los partidos de Villarino y Patagones. Su superficie total es de 530.000 ha, de las cuales 137.565 ha se hallan empadronadas con concesión de riego para cultivos tales como alfalfa, cereales y hortalizas. La administración de la red primaria es responsabilidad de la corporación de fomento del valle inferior del río Colorado (CORFO), mientras la secundaria y terciaria está en manos de los productores organizados en consorcios (CORFO, 2017).

La demanda hídrica de las zonas de regadío se incrementó en los últimos años por un aumento sustancial de las superficies cultivadas, existiendo en la actualidad un impedimento para ampliar las áreas de concesión de riego por gravedad a lo que se suma que la calidad del agua disponible en la región, proveniente del tramo inferior de la cuenca, no es óptima para riego debido a su elevado contenido de sales disueltas. El Río Colorado nace en la Cordillera de los Andes de la unión de los ríos Barranca y Grande, siendo sus valores de salinidad dependientes de los volúmenes de nieve acumulados y del volumen de agua regulado en el dique Casa de Piedra. Según datos obtenidos para el área, en los últimos seis años los valores de CE del agua oscilaron entre 1,15 dS/m (enero 2011) y 2,16 dS/m (junio 2014), resultando 1,70 dS/m la última medición efectuada en junio de 2017 (CORFO, 2017 y datos propios).

Frente a la problemática expuesta, una alternativa para aumentar la producción agrícola y ganadera de la región es la utilización del agua proveniente de los colectores de drenaje en casos específicos y puntuales, es decir cuando la salinidad del agua y la relación de adsorción de sodio (RAS) sean bajas. Tal es el caso del Colector A que pasa por la localidad de Mayor Buratovich. En

este contexto, se propuso como objetivo evaluar el efecto del riego con agua del drenaje sobre el suelo en un establecimiento agrícola de la región, realizando un monitoreo a través del tiempo.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se llevó a cabo en una parcela de 60 ha propiedad del Sr. Gustavo Iraola en el Establecimiento El Olmo (Figura 1), dando inicio al ensayo en el año 2013.

El clima de la región es semiárido-templado con una precipitación media anual de 530 mm y una temperatura media anual de 15° C. En la Figura 2 se presenta el registro de las precipitaciones mensuales desde el año 2013 hasta la actualidad, abarcando la totalidad de las lluvias ocurridas desde el inicio del ensayo. Se puede observar claramente que los años 2014 y 2015 han sido húmedos ya que predominan los meses con registros superiores a la serie histórica, mientras que el año 2016 se diferencia de los anteriores debido a una mayor proporción de registros mensuales por debajo del promedio. En el inicio del año 2017 las precipitaciones vuelven a incrementarse.



Figura 1. Imagen satelital Google Earth. Parcela con la ubicación de los sitios de monitoreo (S1, S12, S3, S8 y S9).

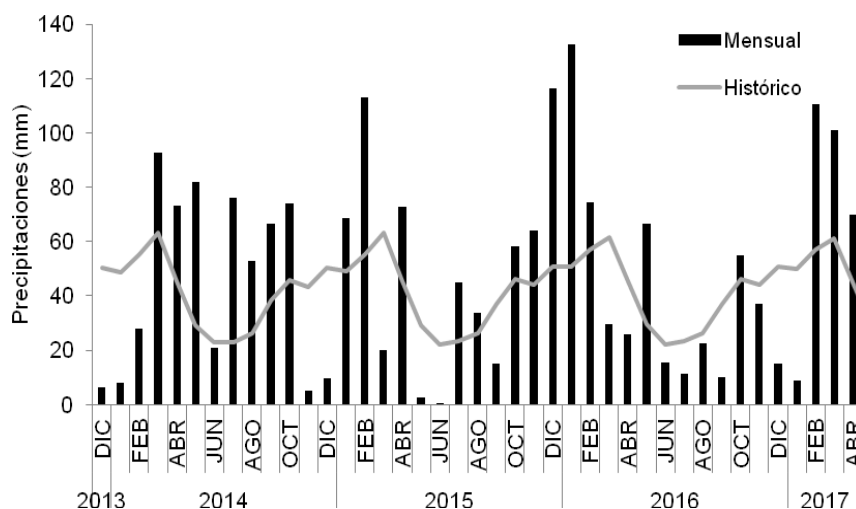


Figura 2. Registro mensual de las precipitaciones correspondientes a la EEA-INTA Ascasubi (Datos suministrados por el Técnico J. Cepeda).

Se construyó una estación de bombeo y un canal de acceso para la toma del agua proveniente del Colector A. La misma debe ser elevada aproximadamente 10 metros de altura desde la boca toma hasta el canal principal. Se construyeron las acequias para conducir el agua a todas las parcelas y en forma conjunta se hicieron las obras de drenaje parcelario para evacuar los volúmenes de agua excedentes. Se establecieron siete sitios de monitoreo (de los cuáles se presentan cinco en este trabajo: S1, S12, S3, S8 y S9) y un testigo regado únicamente con agua normal de riego ubicado a 200 m fuera de la parcela. La calidad del agua proveniente del canal de drenaje que fue utilizada para el riego, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Propiedades químicas del agua del Colector A en función del tiempo.

Fecha	Na (mg/L)	Mg (mg/L)	Ca (mg/L)	RAS	Dureza (ppm)	pH	CE (dS/m)
10/2014	839	84	218	12,3	890	8,1	5,0
02/2015	400	76	168	7,2	585	8,3	3,0
06/2015	1078	100	256	12,1	992	8,2	5,7
02/2016	522	30	171	9,7	550	8,2	3,1
02/2017	321	29	163	6,1	526	8,2	2,5
04/2017	686	65	192	10,9	746	8,2	4,5

En la parcela de estudio se realizaron tres tipos de cultivos representativos y comúnmente implementados en la región: cebolla, maíz para ensilaje y alfalfa. El número de riegos y la lámina aplicada por año se detalla en la Tabla 2. Con respecto al testigo, se aplicaron 4 riegos de 150 mm cada uno sobre un cultivo de maíz.

Tabla 2. Número de riegos, lámina total aplicada (mm) y superficie sembrada (ha) con cada cultivo durante las campañas 2014/15; 2015/16 y 2016/17.

Cultivo	Número de riegos	Lámina aplicada	Superficie
Cebolla	21	2027	3 - 4
Maíz	6	1070	40
Alfalfa	4	732	16

Los suelos estudiados han sido descriptos como pertenecientes a la serie San Adolfo (Cappannini & Lores, 1966). Se trata de suelos bien drenados, de textura gruesa, desarrollados a partir de arenas eólicas ricas en gravas y gravillas de hasta 4 cm de diámetro, depositadas sobre horizontes cálcicos de textura más fina (Etchecopar, 2011). El muestreo se realizó con barreno a las profundidades de 0-30 cm; 30-60 cm; 60-100 cm; 100-150 cm y 150-200 cm en cada sitio de monitoreo a razón de 4 veces por año y se determinó pH en agua (1:2,5); CE en el extracto de saturación (dS/m) y PSI a través del cálculo del contenido de Na intercambiable y de la capacidad de intercambio catiónico (CIC). En todos los casos se realizó además una caracterización de la capa freática, estableciendo su profundidad, la CE (dS/m) y el pH de la misma. Las determinaciones se llevaron a cabo siguiendo el manual del Laboratorio de Salinidad de los E.U.A. (USDA, 1993). El análisis de datos incluyó el cálculo de valores medios, errores estándares y ANOVA simple para la comparación de tratamientos.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis de la capa freática

En las Figuras 4, 5 y 6 se presentan las variaciones de la profundidad de la napa, la CE y el pH desde el inicio del ensayo en los sitios de muestreo considerados. Los sitios S1 y S12 están muy próximos entre sí y se comportan de manera similar. El tratamiento S3 se encuentra ubicado en proximidad a un área con problemas de salinidad en donde actualmente se encuentra implantada una pastura de agropiro. La profundidad de la napa oscila alrededor de 1,6 m hallándose algo más profunda en S1 respecto de S12, mientras que en S3 se observan importantes fluctuaciones tanto en su profundidad como en los valores de CE. El pH en todos los casos resultó moderadamente alcalino debido a la presencia de horizontes cálcicos en S1 y S12, a lo que se suma el pH elevado del agua utilizada para riego (pH= 8,2). La CE de la napa osciló estacionalmente entre 4 y 6 dS/m (moderada a levemente salina) en los sitios S1 y S12 resultando más variable en S3, con un valor promedio de 8 dS/m (moderadamente salina). Se puede observar que el sistema de drenaje parcelario en S1 y S12 funciona correctamente aunque es menester realizar la limpieza de los canales en forma periódica. Por otra parte, en S3 las condiciones de drenaje son más exigentes y la falta de limpieza de los canales ocasiona el aumento en los valores de CE y la elevación del nivel freático.

En los sitios S8, S9 y testigo la profundidad de la napa se encuentra a +1,6 m durante la mayor parte del tiempo. La CE varió, en promedio, entre 4 y 6 dS/m mientras que el pH se mantuvo cercano a 8,1. Como consecuencia de las tareas de sistematización la parcela correspondiente al sitio S9 presenta menor cota altimétrica, por dicho motivo, la napa suele estar más elevada en S9 respecto de S8. Los resultados obtenidos en estos últimos tres sitios señalan que las obras de drenaje han permitido mantener la napa suficientemente profunda y con una baja concentración de sales siendo los valores de CE leves a moderados.

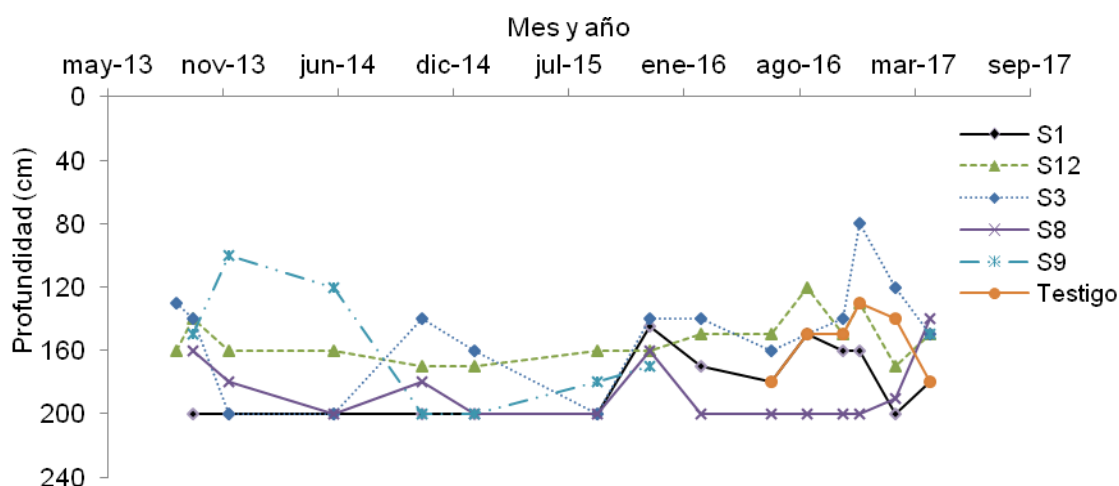


Figura 3. Variación de la profundidad de la capa freática en los sitios de muestreo.

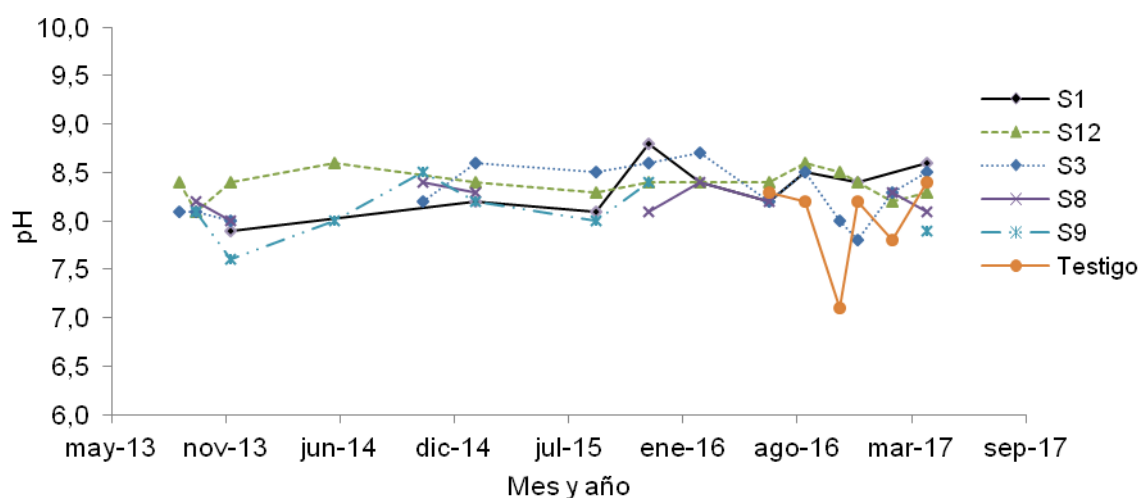


Figura 4. Variación del pH de la capa freática en los sitios de muestreo.

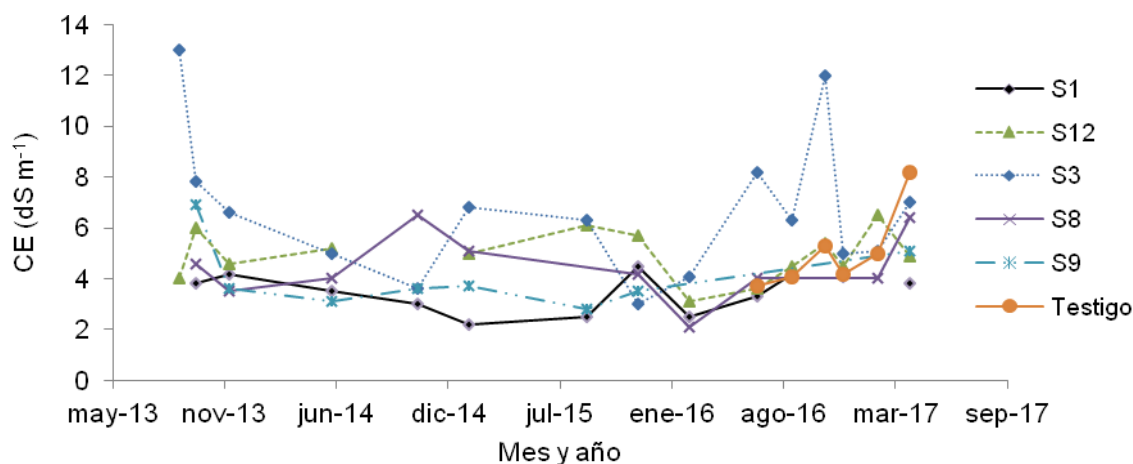


Figura 5. Variación de la CE de la capa freática en los sitios de muestreo.

Efecto del agua de riego salinizada sobre el suelo

En la Tabla 3 se aprecia que los valores de CE en el extracto de saturación del suelo se mantuvieron generalmente bajos, superando el límite de 4 dS/m considerado crítico para el suelo (USDA, 1993) sólo en algunos sitios, y particularmente, en la profundidad de 60 a 100 cm. El pH presentó valores extremos de 7,7 (S8, 0-30 cm) a 9,6 (S1 y S12, 100-150 cm), clasificando como ligeramente alcalino a muy fuertemente alcalino (Soil Survey Manual, 2017). En general se observa que los perfiles salinos son habitualmente descendentes, con diferencias muy acentuadas entre los valores de CE de la superficie y los del subsuelo.

Tabla 3. Valores de pH (1:2,5) y CE en el extracto de saturación del suelo a distintas profundidades en los sitios de monitoreo.

Prof. (cm)	S1		S12		S3		S8		S9		Testigo	
	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE	pH	CE
0-30	7,9	0,6	8,1	0,60	8,3	1,6	7,7	0,4	8,3	0,9	7,6	0,7
30-60	8,6	1,0	8,6	0,50	8,0	3,2	8,2	0,6	8,1	2,9	8,1	1,1
60-100	8,5	4,5	9,2	4,90	8,5	3,4	8,9	1,4	8,6	2,7	8,1	3,7
100-150	9,6	3,5	9,6	3,50	9,4	3,8	8,7	3,7	8,5	3,3	8,4	5,1
150-200	9,6	3,0	9,3	4,20			8,9	3,8			8,5	4,3

Para analizar el efecto de la utilización del agua de riego proveniente del Colector A y considerando la similitud en su comportamiento, se tomó el criterio de agrupar el sitio S1 junto a S12 y S3; y S8 con S9. Además se analizaron dos profundidades de muestreo (0-60 cm y 60-200 cm) con el mismo criterio. De esta manera se compararon los tratamientos SA (conformado por S1, S12 y S3) y SB (conformado por S8 y S9), contrastando los resultados obtenidos con los provenientes del testigo ubicado fuera de la parcela y regado con agua proveniente del río (Tabla 4). Para la profundidad 0-60 cm, no se registraron diferencias estadísticas entre los grupos evaluados (SA y SB) para los valores de pH y CE, así como tampoco se detectaron diferencias de CE a mayor profundidad. Por otra parte, el pH obtenido en la capa 60-200 cm resultó significativamente más elevado en SA respecto de aquellos correspondientes a SB y testigo ($p<0,01$). Dicha reacción (muy fuertemente alcalina) sería consecuencia directa del riego con agua salinizada. Además, en esta capa más profunda del suelo los valores de PSI aumentaron de manera altamente significativa indicando un incremento del contenido de sodio intercambiable como consecuencia directa del riego con agua del Colector A. Los valores obtenidos fueron: SA= 44,2 (a), SB= 13,4 (b) y testigo= 15,5 (b) para un nivel de probabilidad $p<0,01$.

Tabla 4. Valores de pH (1:2,5) y CE en el extracto de saturación del suelo a distintas profundidades en los dos tratamientos comparados.

	Prof. (cm)	SA (S1+S2+S3)	SB (S8+S9)	Testigo
pH	0-60	8,2 a (0,12)	8,1 a (0,15)	7,8 a (0,21)
	60-200	9,2 b (0,13)	8,7 a (0,16)	8,3 a (0,21)
CE	0-60	1,3 a (0,42)	1,2 a (0,51)	0,9 a (0,72)
	60-200	3,9 a (0,27)	3,0 a (0,34)	4,4 a (0,44)

Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p<0,01$). Entre paréntesis, error estándar de la media.

CONCLUSIONES

Al final de la campaña 2016/2017 se ha observado un aumento en los valores promedio de pH en los horizontes sub-superficiales de los sitios S1, S12 y S3. Este comportamiento, que ya fue observado también en la campaña anterior (2015/2016), es consecuencia del riego con agua de elevado contenido de sodio (entre 300 y 1000 mg L⁻¹). El aumento del pH por encima de valores superiores a 9 se corrobora también a través del aumento en los valores del PSI en los horizontes más profundos del perfil del suelo. Con respecto a la CE del suelo y de la capa freática, si bien las obras de desagüe parcelario funcionan de manera correcta, resulta necesario mantener la limpieza de los canales a fines de asegurar el buen funcionamiento de los drenajes a través del tiempo. De este modo ha sido posible mantener la capa freática profunda (+1,6 m) y la CE moderada a baja, tanto en la napa como en el perfil del suelo.

AGRADECIMIENTOS: Los autores agradecen a CORFO Río Colorado y al INTA Hilario Ascasubi, por su colaboración para realizar el presente trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Cappannini, DA & Lores RR. (1966). Los suelos del Valle Inferior del Río Colorado - INTA - Colección Suelos N°1.
- CORFO Río Colorado, 2017. <http://corfo.gob.ar/corfo>. Verificado 7/8/2017.
- Etchecopar, M. 2011. Efecto de tareas de sistematización sobre las propiedades de dos suelos agrícolas bajo riego en el Valle Inferior del Río Colorado. Trabajo final (Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas). Depto. de Agronomía, UNS.
- USDA, 1993. Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos. Departamento de Agricultura de los EUA, Richards, LA (Ed.). 179 pp.
- Soil Survey Manual, 2017. Soil Science Division Staff. Ditzler, C; K Scheffe & HC Monger (Eds.). USDA Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.



**III JORNADAS NACIONALES DE
SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y
II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL**

**EJE TEMÁTICO 3: EVALUACIÓN INTEGRAL DE UN SISTEMA
PRODUCTIVO CON DIFERENTES LABRANZAS**

ENSAYOS DE LARGO PLAZO: UN CASO DE ESTUDIO EN EL ESTABLECIMIENTO HOGAR FUNKE

Galantini J.A.¹, M. Duval^{1,2}, J.M. Martínez^{1,2}, J.O. Iglesias²

¹Investigador de la Comisión Investigaciones Científicas (CIC BA), CERZOS-Depto. Agronomía (UNS), jgalanti@criba.edu.ar, www.labspa.blogspot.com.ar

²CERZOS (UNS-CONICET)

³Depto. Agronomía (UNS)

RESUMEN: La historia agrícola de la humanidad se ha basado en el laboreo del suelo, produciendo cambios en la dinámica de la materia orgánica, los nutrientes y el agua, con consecuencias negativas sobre los balances en el sistema. La siembra directa (SD) representa un cambio reciente del cual menos se conoce en cuanto a las modificaciones en cantidad, calidad y dinámica de las fracciones orgánicas en el suelo. Experiencias de largo plazo, como la presente en Hogar Funke, representan una posibilidad de analizar estos cambios. Iniciadas en 1986, con la comparación del sistema de labranza convencional (LC) junto con SD, lleva acumulado más de 30 años del efecto de estos sistemas sobre el suelo. Los estudios llevados adelante por el grupo de trabajo desde el 2003 se han traducido en abundante información para ampliar el conocimiento del funcionamiento de ambos sistemas de labranza. Los resultados indican que hay cambios en la densidad aparente del suelo y pérdidas de masa de suelo, por lo que la comparación debería realizarse a nivel de horizonte A. El rendimiento promedio más alto en SD se vincula a mayor contenido de fracciones orgánicas lábiles, potencialmente mineralizable en el corto plazo, una mayor actividad biológica con un más rápido reciclado, el mejor almacenamiento y conservación del agua, además de la reducción de los procesos erosivos. La fracción orgánica de labilidad intermedia (materia orgánica particulada fina, 53-105 µm) ha demostrado ser muy sensible a los cambios del sistema de labranza y menos dependiente de la variabilidad estacional, además de estar fuertemente asociado a la disponibilidad de nitrógeno, lo que la hace un buen indicador para detectar cambios. Se observado que en cada sistema de labranza se diferencian dos capas que se diferencian entre ellas en cuanto a cantidad y calidad de las fracciones orgánicas. Estas capas tienen tamaños diferentes entre sistemas, lo que plantea como el interrogante de la profundidad óptima de muestreo del suelo para la comparación.

PALABRAS CLAVES: sistemas de labranza, equilibrios de largo plazo, fracciones orgánicas

INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la superficie bajo siembra directa (SD) en Argentina fue muy rápido, desde unas pocas hectáreas en los años '80 hasta alrededor del 90% de la superficie agrícola actualmente. Esta aparición impulsó el reemplazo del viejo paradigma del laboreo del suelo agrícola, base de la producción durante miles de años, por una agricultura sin remoción del suelo. El cambio es muy importante, porque significa modificar muchos de los aspectos productivos pero también modificar sustancialmente la relación suelo-agua-cultivo-aire. Por la dinámica de muchos de los cambios, que requieren años, y la enorme cantidad de interacciones entre los diferentes factores se requerirá mucho tiempo de estudio para tener un conocimiento semejante al que se tiene sobre los sistemas con laboreo.

El uso de labranza incorpora los residuos y favorece una mayor porosidad artificial, muy dinámica, mientras que la SD predominan los poros biológicos. La cobertura en SD modifica la temperatura, la dinámica y la conservación del agua en el suelo, así como el desarrollo de plagas, malezas y enfermedades. Estas diferencias, entre otras, generan un nuevo ambiente en el que el cultivo se implanta, crece y tiene que producir, además de modificar las condiciones para la transformación de los materiales orgánicos en el suelo (Galantini & Iglesias, 2007).

Este cambio implica comenzar a generar nueva información sobre un sistema de producción con características totalmente diferentes y donde los resultados de largo plazo aun no se conocen. Esta falta de información de los cambios que se producen en la planta y en el suelo a lo largo del tiempo es más evidente en aquellas áreas marginales en las que la soja no llegó para acompañar la expansión de la SD. El SO Bonaerense es uno de esos casos. El establecimiento Hogar Funke, ubicado en proximidad de la localidad Tornquist (BA), perteneciente a la Regional Bahía Blanca de AAPRESID, ha mantenido parte de un lote con dos manejos diferentes desde el año 1986. El objetivo de los estudios iniciados en el 2003 fue analizar los cambios a largo plazo bajo dos sistemas de labranza diferente, enfocando la cantidad, calidad y dinámica de las fracciones orgánicas del suelo e incorporando diferentes aspectos del sistema productivo, entre ellos la productividad y los aspectos ambientales. El objetivo específico de la presentación es evaluar los cambios en los procesos de humificación a diferentes profundidades bajo diferente sistema de labranza.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el establecimiento Hogar Funke, próximo a la localidad de Tornquist (38° 07' 06" S - 62° 02' 17" O). La secuencia de cultivos, las características del suelo y los sistemas de labranza han sido previamente descriptos (Galantini *et al.*, 2006, 2007).

El muestreo de suelo para la presente experiencia se realizó durante la siembra de trigo (junio de 2011) a 0-5, 5-10, 10-15 y 15-20 cm de profundidad.

Se determinó el contenido total de carbono orgánico (CO) del suelo y las siguientes fracciones orgánicas: partículas gruesas (COPg, 105-2000 μ m), partículas finas (COPf, 53-105 μ m) y carbono orgánico asociado a minerales (COM, 0-53 μ m); ácidos húmicos (AH) y fúlvicos (AF); carbohidratos totales (CHt) y solubles (CHs). Las principales propiedades físico-químicas de AH y AF se analizaron mediante FT-IR y espectroscopias de fluorescencia.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de 25 años bajo dos sistemas de labranza, el porcentaje de CO total a la profundidad de 0-20 cm fue 9% mayor en el suelo no cultivado que en el suelo cultivado. La mayor densidad aparente en SD sugeriría la necesidad de comparar masas de suelos semejantes, sin embargo, las pérdidas de masa en el horizonte A bajo LC indicarían lo contrario (Toledo *et al.*, 2013).

Manejos contrastantes pueden tener pequeñas diferencias en el CO total, con diferencias significativas en sus fracciones lábiles (Galantini *et al.*, 1992, 2002). El COPf (53 a 105 μ m) fue la fracción de la MO que resultó ser la más sensible a los efectos del sistema de labranza, como otros estudios (Duval *et al.*, 2013, 2016; Galantini *et al.*, 2014, 2016; Martínez *et al.*, 2017).

Al analizar la MO en capas de 5 cm, se observaron cambios en su distribución. El sistema de SD presentó mayor acumulación en superficie (0-5 cm) y más pronunciada disminución en profundidad que en LC. Esto puede estar relacionado con la ubicación de residuos de cultivo y las condiciones para la humificación a lo largo de la profundidad del suelo.

La cobertura de residuos (en SD) y la mezcla de labranza del suelo (en LC) produjeron condiciones contrastantes para la transformación y humificación de la materia orgánica. El suelo superficial SD (0-5 cm) tuvo la mayor entrada de C con mejores condiciones para su transformación que la capa más profunda. Sin embargo, la capa labrada (0-10 a 0-15 cm) en la LC presentó una entrada y condición de residuo similar para su transformación, que fue probablemente más lenta debido a su estado más seco.

Estratificación de la materia orgánica particulada

Teniendo en cuenta que la transformación de los materiales orgánicos del suelo sigue la secuencia COPg - COPf - COM, la relación entre estas fracciones orgánicas puede utilizarse como un indicador del grado de transformación. La relación COPg:COPf:COM en los primeros 20

cm del suelo fue similar para SD (3:14:82) y LC (5:10:84); Sin embargo, se encontraron diferencias entre las profundidades del suelo.

Cuando analizamos que porcentaje del CO total está en el COPg y en el COPf en cada una de las profundidades estudiadas, se vieron patrones distintos entre sistemas de labranza (Figura 1). En SD se observó una lenta disminución de la fracción particulada con la profundidad. Esto se puede explicar porque, si bien el gran aporte de carbono se mantiene en superficie, esta materia seca favoreció la conservación del agua del suelo y estimuló el proceso de humificación de los residuos, principalmente las raíces. En LC, tanto la cantidad como la relación fueron distintas, donde la mayor parte las fracciones menos transformadas (COPg) se encontraron en las capas superiores (0-5 y 5-10 cm) y menos en las capas inferiores, sin cambios tan notorios en la fracción COPf.

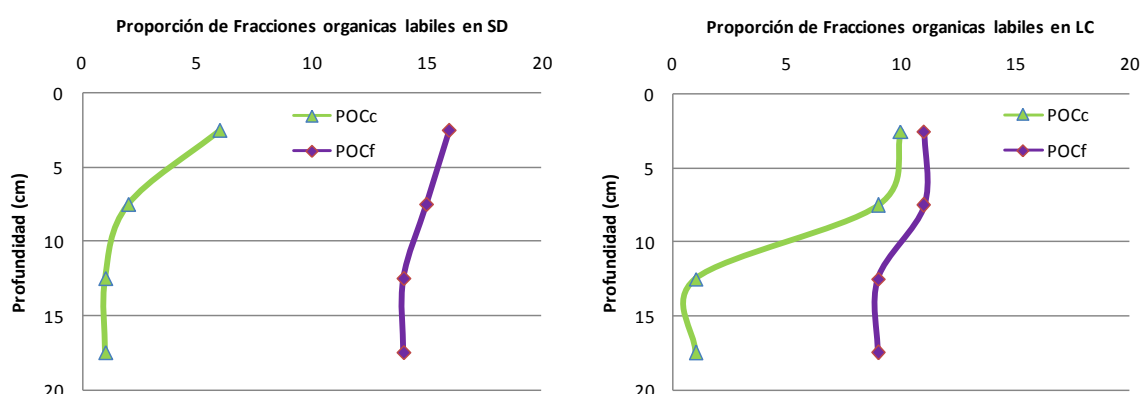


Figura 1. Porcentaje del carbono orgánico del suelo presente en las fracciones particulada gruesa (▲) y fina (◆).

Estratificación de los carbohidratos

La concentración de CHt y CHs también mostró diferentes patrones de distribución entre los sistemas de labranza (Figura 2). El contenido de CHt en suelos SD fue mayor a 5-10 y 10-15 cm ($p < 0,01$), ligeramente alto a 0-5 cm ($p < 0,05$) y no se encontraron diferencias a 15-20 cm en comparación con LC. La mayor concentración de CHs se encontró sólo en la superficie del suelo bajo SD, y no se observaron diferencias en las otras profundidades.

En SD la concentración de CHt fue menor a 0-5 cm que en las capas más profundas del suelo (5-10, 10-15 y 15-20 cm), aún cuando la mayor fuente de carbohidratos proveniente de los residuos del cultivo se localizan en superficie. Esta menor concentración de CHt puede estar relacionada con la lenta descomposición de residuos de la superficie y la rápida transformación a formas solubles, donde CHs muestra un significativo incremento respecto de las otras profundidades (Sa Pereira *et al.*, 2017).

En LC, la concentración de CHt fue menor en las capas superiores (0-5, 5-10 y 10-15 cm) que en capas más profundas (15-20 cm). La incorporación de residuos a través de la labranza y la mayor densidad aparente a 15-20 cm pueden explicar la acumulación de materiales vegetales no descompuestos.

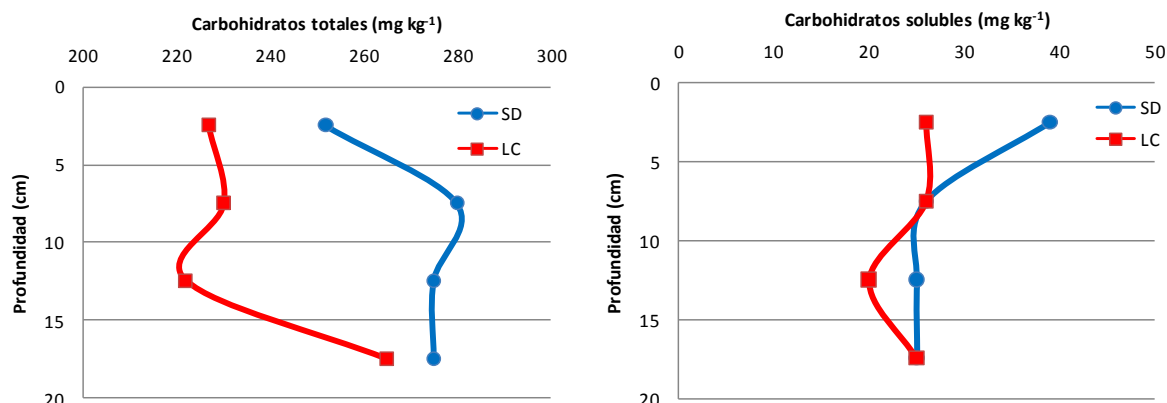


Figura 2. Contenido de carbohidratos totales y solubles en un suelo bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Estratificación de la materia orgánica humificada

Las sustancias húmicas mostraron un comportamiento diferente a través de las capas del suelo (Figura 3). En términos de concentración de carbono, se encontró que la concentración de C-AF fue similar para ambos sistemas de labranza, mientras que la de C-AH fue más alta bajo SD. Las diferencias más pronunciadas se encontraron en las capas superiores (0-5 y 5-10 cm) del suelo bajo SD. Por otro lado, las diferencias a lo largo de las profundidades bajo LC fueron leves como resultado de la mezcla del suelo por labranza.

En condiciones de mayor humificación, como se encontró en SD, los nutrientes del suelo pueden ciclar más rápido, mejorando así la disponibilidad para los cultivos siguientes (Landriscini *et al.*, 2010; Martínez *et al.*, 2015, 2016).

Estos resultados siguieron la misma tendencia que las fracciones de tamaño físicamente separadas, y sugieren que el proceso de humificación fue altamente sensible a las condiciones del ambiente edáfico y a la incorporación del sustrato en cada profundidad analizada.

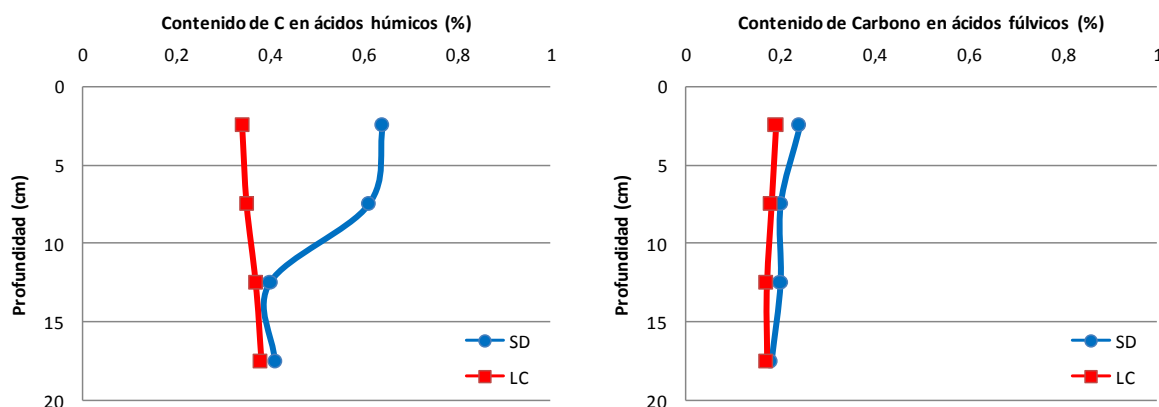


Figura 3. Contenido de carbono en ácidos húmicos y fúlvicos en un suelo bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Cambios en la calidad de la materia orgánica humificada

La relación de absorbancia a 465 y 665 nm (relación E4/E6) indica el grado de complejidad de las sustancias húmicas y ha sido ampliamente utilizada para caracterizarlas (Galantini *et al.*, 2004, 2016; Zalba *et al.*, 2016). Es de esperar una disminución en la relación E4/E6 con el aumento de la condensación molecular de las sustancias húmicas, debido a la mayor capacidad de absorción en la región de las longitudes de onda correspondientes al rojo en el espectro visible. En general, los valores son más elevados para los ácidos fúlvicos que para los húmicos.

La relación E4/E6 del AH mostró valores similares en ambos sistemas de labranza ya través de las profundidades del suelo, indicando características análogas en ambos casos. La relación E4/E6 del AF a 0-20 cm de profundidad fue similar en ambos sistemas de labranza. Sin embargo, la relación E4/E6 de los AF extraídos de la capa con incorporación de residuos, 0-5 cm bajo SD, y de 5 a 15 cm bajo LC, fue mayor que en las otras capas. La incorporación de los residuos del cultivo parece modificar la calidad del AF, dándole características de menos condensación por la presencia de estructuras orgánicas más simples.

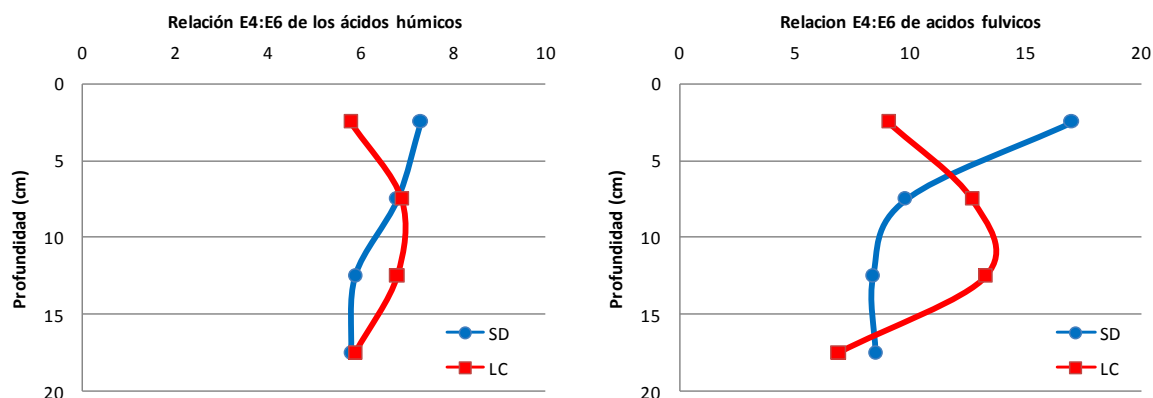


Figura 4. Relación E4/E6 de los ácidos húmicos y fúlvicos en un suelo bajo siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

CONCLUSIÓN

La modificación del ambiente edáfico que producen los sistemas de labranza tiene un efecto significativo sobre la cantidad, calidad y distribución de las fracciones orgánicas, siendo su influencia sobre capas de diferente tamaño cada uno de ellos. Estos cambios pueden no detectarse cuando se analiza el horizonte A o la capa de 0-20 cm como un todo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Hogar Funke y al Ing. Agr. Cristian Kleine por los esfuerzos y la dedicación para que la experiencia continúe, a los miembros de la Regional Bahía Blanca de AAPRESID por el continuo apoyo y a Profertil SA por colaborar con el proyecto.,

BIBLIOGRAFÍA

- Duval, ME; JA Galantini; JO Iglesias; S Canelo; JM Martínez & L Wall. 2013. [Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems](#). Soil & Tillage Research 131: 11-19.
- Duval, ME; JA Galantini; JM Martínez; FM López & L Wall. 2016. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. Soil & Tillage Research 159: 9-22. doi:10.1016/j.still.2016.01.004
- Galantini, JA; RA Rosell; AE Andriulo; AM Miglierina & JO Iglesias. 1992. Humification and N mineralization of crop residues in semi-arid Argentina. The Science of the Total Environment 117/118: 263-270.
- Galantini, JA; RA Rosell; G Brunetti & N Senesi. 2002. Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosas. Ciencia del Suelo Vol. 20 (1) 17-26.
- Galantini, JA; N Senesi; G Brunetti & R Rosell. 2004. Influence of texture on the nitrogen and sulphur status and organic matter quality and distribution in semiarid Pampean grassland soils. Geoderma 123: 143-152.
- Galantini, JA; JO Iglesias; C Maneiro; L Santiago & C Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA – INTA) 35: 15-30.
- Galantini, JA & JO Iglesias 2007. Capacidad de secuestro de carbono y efecto de las prácticas agronómicas en suelos de la región Pampeana de Argentina. En: "Captura de Carbono en Ecosistemas Terrestres de Iberoamérica" Ed. Juan Gallardo Lancho. Págs. 169-182. ISBN: 978-84-611-9622-7.
- Galantini, JA; L Suñer & JO Iglesias. 2007. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: efectos de largo plazo sobre las formas de fósforo en el suelo. Revista Investigaciones Agropecuarias (RIA – INTA) 36 (1): 63-81.
- Galantini, JA; ME Duval; JO Iglesias & H Kruger. 2014. Continuous wheat in semiarid regions: Long-term effects on stock and quality of soil organic carbon. Soil Science 179 (6) 284–292. doi:10.1097/SS.0000000000000072
- Galantini, JA; M Duval; JM Martínez; V Mora; R Baigorri & JM García-Mina. 2016. Quality and Quantity of Organic Fractions as Affected by Soil Depth in an Argiudoll under Till and No-till Systems. International Journal of Plant & Soil Science 10(5): doi: 10.9734/IJPSS/2016/25205
- Landriscini, MR; AM Lazzari & JA Galantini. 2010. Fertilización nitrogenada y balance de nutrientes en cebada cervecera. Ciencia del Suelo 28 (2) 201-214.
- Martínez, JM; JA Galantini; ME Duval & FM López. 2015. Indicadores de la mineralización de nitrógeno en el sudoeste Bonaerense: relación con las fracciones orgánicas del suelo. Ciencias Agronómicas (FCA-UNR) 26: 49-57.
- Martínez, JM; JA Galantini & M Duval. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen in a semi-humid climate of Argentina: A long-term field study. Soil & Tillage Research 169:71-80.
- Sa Pereira, de E; M Duval & JA Galantini. 2017. Decomposition from legume and non-legume crop residues: effects on soil organic carbon fractions under controlled conditions. Spanish Journal of Soil Science 7(2) 101-111 DOI: 10.3232/SJSS.2017.V7.N2.03
- Toledo, DM; JA Galantini; HC Dalurzo; S Vazquez & G Bollero. 2013. Methods for assessing the effects of land-use changes on soil carbon stocks. Soil Sci. Soc. Am. J. 77 (5) 1542-1552.
- Zalba, P; NM Amiotti; JA Galantini & S Pistola. 2016 Soil humic and fulvic acids from different land use systems evaluated by E4/E6 ratios. Communications in Soil Science and Plant Analysis 47 (13-14) 1675-1679.

**DINÁMICA DE LA BIOQUÍMICA Y MICROBIOLOGÍA DEL SUELO EN SUELOS DEL
SUDOESTE BONAERENSE CON DIFERENTES MANEJO DE LABRANZA**

Frene J.¹, L. Gabbarini¹, E. Figuerola², B. Robledo¹, L. Erijman², K. Smalla³, L. Wall¹

¹CONICET - Universidad Nacional de Quilmes, Argentina. – lgwall@hotmail.com

²CONICET-INGEBI, CABA, Argentina

³JKI, Braunschweig, Alemania

RESUMEN: El desarrollo del conocimiento científico y la creciente conciencia ambientalista de la humanidad están cambiando el paradigma de la agricultura de un modelo químico a uno biológico. El suelo no es sólo un soporte físico y químico para el cultivo de plantas. El suelo es un complejo sistema vivo en el que se desarrollan los cultivos. La siembra directa es un componente importante de la agricultura de conservación, como lo son la rotación y la diversificación de los cultivos. Durante los últimos años hemos estudiado los efectos del manejo del suelo sobre las propiedades biológicas, integrando la bioquímica del suelo y la microbiología. En la localidad de Tornquist en el sudoeste de la Provincia de Buenos Aires, La fundación FUNKE realiza un ensayo de campo a largo plazo impulsado por el grupo AAPRESID Región de Bahía Blanca que compara la labranza convencional con la siembra directa como parte de un campo de producción agrícola. El ensayo se comenzó en el año 1987. El suelo experimental es un Argiudol típico, profundo, franco-arcilloso y arcilloso textura en el horizonte A y B2, respectivamente. Las dos parcelas de manejo agrícola, sin labranza o con labranza convencional, están lado a lado en un bloque dividido de 8 Ha cada uno. En el año 2013, 27 años después del inicio de la comparación de los manejos del suelo, se dividieron 4 Ha de cada bloque dando lugar a dos nuevas condiciones de manejo más los controles correspondientes, 2 Ha cada uno: i) Nueva Siembra Directa (N-SD), una parcela del tratamiento histórico de Labranza Convencional se dejó de labrar y a partir de entonces se manejó en Siembra directa; ii) Nueva Labranza Convencional (N-LC), una parcela de Siembra Directa comenzó a labrarse y desde ese momento se labró todos los años del mismo modo que el control histórico de Labranza Convencional; iii) una parcela de Labranza Convencional histórica (LC) y iv) una parcela de Siembra Directa histórica (SD) se eligieron para muestrear a modo de control y referencia. Las muestras de suelo se analizaron a los 6, 18 y 30 meses después del cambio de manejo. Mientras que C de materia orgánica y C de biomasa microbiana no mostró ningún cambio significativo durante este período de tiempo. Un análisis metagenómico de la diversidad bacteriana por secuencia masiva del amplicón 16S del ADN del suelo a los 30 meses después del cambio de manejo muestra un claro mapa de abundancias diferencial entre la siembra directa y la labranza convencional. Este mapa de abundancias muestra un patrón de profundidad, 0-5 cm fue diferente de 5-10, en los suelos en siembra directa, mientras que no se encontraron diferencias en la labranza convencional entre ambas profundidades. También fue posible encontrar géneros de bacterias particulares promovidos por la Siembra Directa o particularmente mejorados por la labranza convencional, lo que sugiere que el manejo de la labranza del suelo constituye una fuerza impulsora lo suficientemente fuerte para modificar parcialmente la diversidad bacteriana. Los suelos que han sido modificados recientemente en relación con el manejo de labranza muestran un mapa de diversidad bacteriana diferente al de los dos controles de manejo histórico, mientras que eran similares como una estructura de diversidad microbiana en un estado de transición. Vale la pena señalar que a pesar de estas diferencias en la estructura de la diversidad bacteriana, la función del suelo como perfil enzimático ya muestra un perfil de actividad similar al característico del manejo actual. Estos resultados abren nuevas preguntas acerca de la relación estructura-función en el suelo y nos permiten comprender mejor la bioquímica y microbiología de los suelos bajo diferentes manejos de labranza.

VALORACIÓN DE LA SUSTENTABILIDAD DE SISTEMAS DE LABRANZA: ESTUDIO DE CASO EN EL SO BONAERENSE

Pesce, G.¹, Scoponi, L.¹, Galantini, J.², Durán, R.¹, Sánchez, M.¹, De Batista, M.¹, Chimeno, P.², Cordisco, M.¹, Oliveras, G.^{1,3}, Merino, L.², Gzain, M.¹

¹Departamento de Ciencias de la Administración, Universidad Nacional del Sur, 12 de Octubre 1198. Bahía Blanca, CP 8000, Argentina.

²Comisión de Investigaciones Científicas (CIC). CERZOS y Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, Altos del Palihue. Bahía Blanca, CP 8000, Argentina

³Universidad Provincial del Sudoeste, Alvarado 328, Bahía Blanca, CP 8000, Argentina.

RESUMEN: El objetivo del trabajo es valorar la sustentabilidad a escala predial de sistemas de laboreo alternativos: siembra directa versus laboreo convencional, incorporando la cuantificación económica de impactos ambientales sobre la calidad del suelo. El análisis se desarrolla en un caso de estudio del sudoeste bonaerense, para el período 1986-2008. Se calcularon costos y beneficios ambientales a partir del balance de nutrientes por el método del costo de reposición; y se valoraron los servicios ambientales de ambas técnicas mediante la función de producción ajustada, atendiendo sus rendimientos físicos. Finalmente se realizó un análisis multicriterio con indicadores representativos de las dimensiones de la sustentabilidad (ecológica, económica y social) de modo de comparar con una visión sistémica e integral los sistemas de labranza. Se concluye que la siembra directa presenta un mejor desempeño desde las perspectivas estudiadas. Asimismo, la valoración de la sustentabilidad por su complejidad, requiere un tratamiento interdisciplinario y no se agota en la aplicación de un solo método.

PALABRAS CLAVE: costos y beneficios ambientales, siembra directa, sustentabilidad.

INTRODUCCION

Desde el punto de vista agropecuario, la sustentabilidad está relacionada con la capacidad productiva (agronómica y económica) del agroecosistema, la preservación de los recursos naturales involucrados y la aceptabilidad social de las prácticas aplicadas, siendo el suelo el recurso más sensible. Su manejo sustentable impone indagar los procesos que se dan en él, a raíz del empleo de diferentes tecnologías, de modo de identificar aquellas que impliquen un uso conservacionista. En este sentido, diferentes investigaciones han encontrado que la frecuencia e intensidad de las labranzas alteran las propiedades del suelo, la distribución de la MO (materia orgánica) y de los nutrientes de la profundidad laboreada (Balesdent *et al.*, 2000; Franzlembbers, 2002). Particularmente, el cambio de un sistema con labranzas (LC) a siembra directa (SD) produce una serie de modificaciones en el suelo que pueden ser caracterizadas por distintas etapas, llegando a estabilizarse luego de 20 años (Moraes Sa, 2003). A pesar de haberse iniciado la SD en Argentina en la década del '70, existen pocos estudios comparativos que tengan antigüedad suficiente para evaluar sus efectos de largo plazo, como los efectuados en el establecimiento "Hogar Funke" (Tornquist, provincia de Buenos Aires) que ha mantenido parte de un lote con la misma secuencia de cultivos bajo SD y LC desde el año 1986. Por lo tanto, el presente estudio persigue complementar las investigaciones agronómicas sobre los cambios ocurridos en la calidad del suelo en ese sitio, con la aplicación de enfoques y metodologías de valoración de las Ciencias Sociales, como la Economía y la Administración. Desde la Economía, los aportes de la Economía Ambiental (EA) plantean diferentes métodos para internalizar los costos ambientales en la ecuación económica. No obstante, presenta críticas relacionadas con la no consideración del funcionamiento integral de los ecosistemas. Frente a estas limitaciones, la Economía Ecológica (EE) surge como otra corriente que pretende adoptar una interpretación sistémica y holística de la problemática de la sustentabilidad. Algunos autores no sólo niegan a la utilización de los métodos de valoración monetarios, sino que plantean el concepto de

inconmensurabilidad de valores (Kapp, 1970), es decir, la imposibilidad de encontrar una unidad común de medida para la comparación. Es bajo este último enfoque donde aparecen otros métodos, tales como aquellos basados en indicadores y métodos multicriteriales. Por otra parte, los indicadores son las medidas de desempeño utilizadas por la disciplina administrativa para valorar el compromiso y los progresos de las empresas en el ejercicio de su responsabilidad social para el desarrollo sustentable (Ethos, 2011; GRI, 2011). El trabajo comprende entonces varios estudios. En primer lugar, se presentan los resultados obtenidos bajo un análisis económico tradicional, incorporando los costos y beneficios ambientales, para finalmente efectuar una valoración mediante un análisis multicriterio que emplea indicadores representativos de las tres dimensiones de la sustentabilidad (ecológica, económica y social) de modo de realizar una comparación integral entre los sistemas de labranza a una escala predial.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomó como caso de estudio el establecimiento “Hogar Funke” (Tornquist, Buenos Aires, Argentina). Detalles de sitio, manejo, y otras explicaciones metodológicas se encuentran en Kleine & Puricelli (2001) y Galantini *et al.* (2006). El período de análisis abarcó las campañas 1986/1987 a 2005/2006. La metodología aplicada comprendió:

a) Balance de nutrientes: se calculó la extracción total de nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K) y algunos meso y micro nutrientes, por cultivo y por año, para SD y LC, utilizando valores recopilados por INPOFOS Cono Sur (Ciampitti & García, 2007). Asimismo, se consideraron las entradas de nutrientes a partir de fertilizantes aplicados en el período estudiado. De esta manera, el balance se expresó en $\text{kg. Ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$.

b) Determinación de rendimientos físicos: se realizó por cosecha mecánica y pesada directa en balanzas convencionales.

c) Valoración económica de los impactos sobre el capital natural y productividad del sistema:

c.1) Método del costo de reposición. Consiste en determinar los costos de abatir el daño ambiental causado por la contaminación, reemplazar los atributos ambientales dañados por otros equivalentes, o restaurar un medio dañado a su estado original (Abad, 1996). Se computó el costo de los fertilizantes necesarios para la reposición a partir del balance de nutrientes, incluyendo el costo de la labor.

c.2) Método de la función de producción. Permite estimar el valor de un beneficio o daño ambiental, basado en la variación de la productividad de un ecosistema (Azqueta Oyarzun, 1994). Dadas las limitaciones encontradas para este método, el modelo se ajustó mediante un análisis econométrico.

d) Cálculo de la contribución marginal: se estimó aplicando el Análisis Costo-Volumen-Utilidad, bajo el modelo de Costeo Variable. Para la determinación de los costos ambientales a incorporar en la ecuación económica, se optó por la aplicación del método del costo de reposición, dadas las limitaciones encontradas en el método de la función de producción.

e) Representación del problema mediante métodos multicriterio. Se optó por aplicar el método de toma de decisiones Proceso Jerárquico Analítico (AHP) (Saaty, 1997). Su modelado y solución se realizó utilizando el software Expert Choice 11, 1, 3805. El AHP permite estructurar un problema en un modelo jerárquico que contiene tres niveles: a) el nodo raíz de la jerarquía representa el objetivo global; b) los niveles siguientes constituyen los criterios a evaluar para priorizar a las alternativas (pueden estructurarse en subcriterios); y c) los nodos del último nivel representan a cada una de las alternativas. Para las comparaciones y síntesis, las prioridades se derivaron en primer término de datos crudos (Forman & Selly, 2001) y luego, de juicios de expertos de distintos sectores: académico, público y privado. Para el relevamiento se preparó un cuestionario cerrado con escalas cualitativas de ponderación. Se contemplaron como criterios las tres dimensiones que involucra el concepto de sustentabilidad y como subcriterios, los atributos definidos por Smyth & Dumanski (1995). Estos se representaron mediante indicadores, estableciendo para cada uno, si conlleva un objetivo de maximización o de minimización (Falcón & Burbano, 2004). Los

indicadores se seleccionaron a partir de revisión bibliográfica e investigaciones sobre el problema bajo estudio.

RESULTADOS Y DISCUSION

Análisis económico incorporando costos ambientales

Respecto a los promedios históricos de las contribuciones marginales por hectárea y su variabilidad, la SD ha tenido mejor comportamiento que LC en cuanto a: la media de las contribuciones marginales, tanto sin como con costos ambientales, para todos los cultivos; la estabilidad de las contribuciones marginales antes y después de contabilizar los costos ambientales; incluso en los promedios y variabilidades de las contribuciones marginales con limitaciones en la masa financiera. Esto último se explica por la conjunción de mayores rendimientos en SD y por una escasa diferencia de costos entre sistemas para el caso en estudio. Se observa una mayor capacidad económica de la SD para afrontar la reposición de nutrientes, aún cuando resultan superiores los costos ambientales que reflejan los impactos en las propiedades químicas del suelo, según se expone a continuación.

Método del costo de reposición

De acuerdo al método del costo de reposición, se observó que la SD tiene un desempeño menos favorable que la LC en la mayoría de las campañas analizadas, explicado por su mayor extracción consecuencia de un mayor rendimiento físico de los cultivos. Asimismo se valoraron las pérdidas por erosión. Se utilizó la diferencia de profundidad en la masa de suelo del horizonte A, que originalmente debió ser idéntica. La LC produjo una pérdida adicional de suelo equivalente a 11,7 t. Ha.⁻¹ año⁻¹ que, en términos de N y P, representó 33 kg. Ha.⁻¹ año⁻¹ y 9,38 kg. Ha.⁻¹ año⁻¹, respectivamente (Galantini *et al.*, 2007). Sólo cuantificando estos efectos por el método del costo de reposición, surge un mayor costo ambiental para LC de \$ 391 Ha.⁻¹ año⁻¹, que en el supuesto de internalizarse en el cómputo de la contribución marginal, la torna negativa al adicionarse al efecto de la extracción de nutrientes por el cultivo.

Método de la función de producción

Siguiendo este método, se observó una disposición creciente de los costos ambientales de LC respecto a SD; aunque la serie de costos ambientales estimados presenta una alta variabilidad. Se considera que, aún cuando el método permite cuantificar indirectamente los costos ambientales, su magnitud no es reflejada fielmente, dada la influencia de otras variables que afectan el rendimiento del sistema. Frente a ello se avanzó en un ajuste de la función de producción mediante un análisis econométrico² que persigue aislar la incidencia de las precipitaciones a través de un índice de lluvias³, las heladas durante períodos críticos, el nivel de nitrógeno y el tipo de cultivo, con el fin de determinar efectos de las propiedades edáficas en el rendimiento. Mediante los resultados obtenidos de la regresión y proyectando diferentes escenarios que combinan niveles máximos, medios y mínimos para las variables del índice de lluvias y el nivel de nitrógeno en el suelo⁴, surge un mejor desempeño promedio del sistema de SD respecto a LC (Figura 1). La mejor performance de la SD se acentúa especialmente ante

² Regresión fusionada por mínimos cuadrados ordinarios para una muestra de 442 observaciones, con ajuste de White por heteroscedasticidad.

³ El índice de lluvias es creado para medir las precipitaciones de acuerdo a la importancia relativa de las mismas por su momento de ocurrencia. En él, se compara mensualmente, a través de un cociente, las precipitaciones reales respecto a la necesidad hídrica para cada tipo de cultivo. Luego se suman los cocientes de cada mes ponderados por un factor de importancia de ese mes en el ciclo de desarrollo del cultivo. Se da este tratamiento a la variable de las precipitaciones para considerar la importancia relativa de los milímetros de agua que obtiene el cultivo según la época del año y su etapa del ciclo de desarrollo.

⁴ En los escenarios se establecen combinaciones entre el nivel máximo, medio y mínimo para el índice de lluvias (Llc^+ , Llc^{prom} y Llc^- respectivamente) y el nivel máximo, medio y mínimo para el nivel de nitrógeno (N^+ , N^{prom} y N^- respectivamente) para cada conjunto de cultivos.

escenarios de bajos niveles de nitrógeno y bajas precipitaciones, lo cual resulta significativo para la región del sudoeste bonaerense por su alta variabilidad climática.

Figura 1. Rendimientos y valores diferenciales del sistema SD respecto a LC.

Cultivos	Escenarios	A Rendimiento (kg ha ⁻¹)	A Ingresos + A Costos (\$ ha ⁻¹)	Flujo de fondos (\$ ha ⁻¹)	Valor a perpetuidad (\$ ha ⁻¹)
Trigo/ Cebada	11a ⁺ ; 11a ⁺	-1352,14	-677,05	-440,08	-8801,63
	11a ⁻ ; 11a ⁺	-1211,89	-606,1	-393,96	-7879,29
	11a ⁰ ; 11a ⁰	400,72	209,66	136,28	2725,63
	11a ⁺ ; 11a ⁻	895,46	459,94	298,96	5979,2
	11a ⁻ ; 11a ⁻	1035,72	530,89	345,08	6901,54
Maíz	11a ⁺ ; 11a ⁺	-875,21	-263,65	-171,37	-3427,41
	11a ⁻ ; 11a ⁺	-809,74	-236,01	-153,4	-3068,09
	11a ⁰ ; 11a ⁰	316,55	239,55	155,71	3114,11
	11a ⁺ ; 11a ⁻	980,59	519,92	337,95	6758,97
	11a ⁻ ; 11a ⁻	1046,05	547,56	355,91	7118,29
Girasol/ Soja	11a ⁺ ; 11a ⁺	-751,81	-796,57	-517,77	-10355,35
	11a ⁻ ; 11a ⁺	-663,96	-694,16	-451,21	-9024,12
	11a ⁰ ; 11a ⁰	845,42	1065,33	692,47	13849,32
	11a ⁺ ; 11a ⁻	970,55	1211,19	787,27	15745,47
	11a ⁻ ; 11a ⁻	1058,39	1313,59	853,83	17076,69

Análisis multicriterio a partir de indicadores de sustentabilidad

En la Figura 2 se presentan los criterios, subcriterios e indicadores de sustentabilidad de la modelización del problema.

Figura 2. Criterios, subcriterios e indicadores de sustentabilidad.

Criterios	Subcriterios	Indicadores
Económico	Rendimiento Físico	Productividad
	Resultados monetarios	Contribución marginal (CM) después de CA
		CM después de CA con limitación en la masa financiera
		Costos ambientales por reposición nutrientes (CA)
	Estabilidad	Coeficiente de variación de la productividad
Ecológico	Suelo- Propiedades Físicas	Coeficiente de variación de Costos ambientales (CA)
		Densidad aparente
		Dif.de erosión por sistemas de labranza
		(Masa de suelo actual versus original)
	Suelo – Propiedades Químicas	Profundidad del Horizonte "A"
		MO particulada (MOP) /MO total (MOT)
		Relación carbono-nitrógeno (materia orgánica total)
		Po (fósforo orgánico)/ Pi (fósforo inorgánico)
		Pe (fósforo extraíble)
		Estratificación de MO: MOT (0-5)/MOT(0-20)
	Ambiental (varios)	pH
		Materia Orgánica / Textura
		Aporte Carbono Kg./Ha. / COT Kg. Ha
		Riesgo de contaminación por plaguicidas (indicador 7 Viglizzo)
Social	Empleo	Eficiencia en el uso del agua
	Gestión ambiental	Horas hombre mano de obra
		Posibilidad de certificar BPA
	Autogestión	Consumo de combustible
		Dependencia de insumos externos (paquete tecnológico)
	Gestión del conocimiento del sistema	Nivel de cualificación
		Trabajo en red
		Riesgo en la capacidad de gestión

En el caso inicial, a todos los criterios se les asignó la misma preferencia. Los subcriterios asociados se consideraron con igual importancia o peso relativo. Los resultados indican que la SD contribuye en mayor medida al cumplimiento del objetivo de maximizar la sustentabilidad, con un puntaje de 0,586; mientras que la LC asume 0,414. A partir de los resultados del procesamiento de las opiniones de expertos, se establecieron las nuevas ponderaciones para los criterios y subcriterios, surgiendo una asignación de 30,3% para la dimensión económica, 38,3% para la ecológica y 31,5% para la social. Aun cuando el peso relativo de la dimensión ecológica es mayor al caso inicial, los resultados obtenidos fueron los mismos. Esto estaría indicando una compensación entre las preferencias asignadas en la síntesis. Finalmente se realizó un análisis de sensibilidad para observar cuán sensibles son las alternativas a los cambios en las prioridades de

los criterios. Al analizar el comportamiento de cada alternativa con respecto a cada criterio, para el caso inicial, la SD presentó un mejor desempeño que la LC. Luego se asignó una prioridad mayor a los subcriterios/indicadores: Costos ambientales por reposición, Indicador R (riesgo de contaminación), Autogestión y Gestión ambiental y la síntesis arrojó un resultado de 0,523 (SD) y 0,477 (LC).

CONCLUSIONES

Los efectos de largo plazo de la SD y de la LC en el ambiente edáfico constituyen una problemática compleja, que requiere un tratamiento interdisciplinario, el cual a su vez no se agota en la aplicación de un solo método de valoración de servicios ambientales. Se observa que los métodos del costo de reposición y de la función de producción reflejan dichos impactos en cierta medida. Sin embargo, no resultan suficientes para ponderar las ventajas de la SD sobre la LC. El análisis multicriterio realiza un abordaje más integral, otorgando prioridad relativa al sistema de SD para el caso de estudio. Se plantea la necesidad de validar el modelo de indicadores propuesto en un mayor número de casos en el sudoeste bonaerense y/o en otros ámbitos geográficos, así como profundizar las investigaciones sobre metodologías de valoración de la sustentabilidad en agroecosistemas a escala predial.

BIBLIOGRAFIA

- Abad C. 1996. Métodos e instrumentos de valoración económica de bienes y servicios ambientales. El caso de España. En: Sustentabilidad ambiental del modelo de crecimiento económico chileno, Sunkel O. (Ed.), Univ.de Chile, Santiago p. 325-359.
- Azqueta Oyarzún D. 1994. Valoración económica de la calidad ambiental. McGraw- Hill, Interamericana de España. Madrid.
- Balesdent J., Chenu C. & Balabane M., 2000. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. *Soil Till. Res.* 53: 215-230.
- Ethos, 2011. *Indicadores Ethos de Responsabilidad Social Empresarial*. Instituto Ethos de Empresas y Responsabilidad Social, San Pablo, Brasil.
- Ciampitti I. & García, F. 2007. Requerimientos nutricionales. Absorción y extracción de macronutrientes y nutrientes secundarios. I. Cereales, oleaginosos e industriales. *Revista Informaciones Agronómicas*, Marzo: 13-16.
- Falcón F. & Burbano R. 2004. Instrumentos económicos para la gestión ambiental: decisiones monocriteriales versus decisiones multicriteriales. *Revista Iberoam. Economía Ecológica* I: 11-20.
- Forman E. & Selly, M. 2001. *Decision by Objectives - How to convince others that you are right*. World Scientific Publishing, River Edge, New Jersey.
- Franzluebbers A.J., 2002. Soil organic matter stratification ratio as an indicator of soil quality. *Soil Till, Res.* 66: 95-106.
- Galantini J.A.; Iglesias, J.O.; Maneiro, C.; Santiago, L. & Kleine, C. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense. Efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Revista de Investigaciones Agropecuarias (RIA)-INTA* 35:15-30.
- GRI 2011. *GRI e ISO 26000*. Global Reporting Initiative, Amsterdam, Holanda.
- Kapp K.W. 1970. Social Costs, Economic Development, and Environmental Disruption, En: J. E. Ullmann (Ed.), University Press of America, Lanham, Md (repr. 1983).
- Kleine C. & Puricelli, A. 2001. Comparación de los rendimientos y algunos parámetros químicos luego de varios años bajo LC y SD en el sudoeste de Buenos Aires. *Informaciones Agronómicas INPOFOS* 12:15-19.
- Moraes Sa J.C. 2003. Rastrojos: Alimento del suelo. En: X Congreso Nacional de AAPRESID, Rosario (SF), pp.135-138.
- Saaty L. 1997. *Toma de Decisiones Para Líderes: El proceso jerárquico analítico la toma de decisiones en un mundo complejo*. RWS Publications.
- Smyth A.J. & Dumanski J. 1995. A framework for evaluating sustainable land management. *Canadian Journal of Soil Science* 75:401-406.

ESTABILIDAD DE AGREGADOS EN UN SUELO CON DIFERENTES LABRANZAS

Iglesias J.O.¹, J.A. Galantini², A. Vallejos¹

¹ Departamento Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS). - jiglesia@criba.edu.ar

² Comisión Investigaciones Científicas (CIC), CERZOS (UNS-CONICET) y Dpto. Agronomía (UNS).

RESUMEN: El uso inadecuado del suelo produce la degradación de su estructura, afectando al ecosistema y reduciendo su potencial productivo. Los sistemas de labranza modifican la cantidad y distribución del carbono, influyendo sobre la estabilidad estructural de los suelos. En el presente trabajo se evaluó el efecto de la siembra directa (SD) y la labranza convencional (LC) sobre la distribución de diferentes tamaños de agregados, su estabilidad (EA) y sus contenidos de carbono en relación a un suelo sin cultivar o Natural (Nat). Se tomaron muestras de suelo de dos profundidades (0-5 y 5-10 cm). Se separaron los agregados por tamizados en seco y húmedo, calculándose la EA. En 0-5 cm todas las formas de CO disminuyeron a medida que aumentó el disturbio del suelo, mientras que en 5-10 cm no se observaron diferencias entre SD y LC. La fracción de agregados menor a 1 mm de los agregados tamizados en seco en 0-5 cm fue la más sensible al tipo de labranza, aumentando en el orden Nat (17,3%) < SD (24,9%) < LC (34,6%), siguiendo la misma tendencia que la EA. Al disminuir las labranzas se observó una tendencia a incrementar la cantidad de agregados mayores a 2,8 mm, con valores de 66 (Nat), 57 (SD) y 37% (LC). El tamaño de agregados < 1 mm diferenció el efecto del manejo, siguiendo el mismo patrón que la EA. A esta fracción de agregados se la podría utilizar como parámetro simple para inferir la EA.

PALABRAS CLAVE: agregados, sistemas de labranza, estabilidad de agregados.

INTRODUCCION

Los sistemas de labranza modifican la cantidad y distribución del tamaño de los agregados y la estabilidad estructural de los suelos. Es importante conocer estos efectos a largo plazo para anticipar posibles efectos adversos sobre el funcionamiento del agroecosistema. En este sentido y dado la escasa información de largo plazo, llevó a estudiar realizar esta experiencia.

La agricultura intensiva y el monocultivo deterioran la estructura del suelo, que se puede evaluar a través de la estabilidad de agregados (EA). Ella ha sido una variable sensible al uso y manejo del suelo, por ello propuesta como un indicador de calidad de suelos (Shepherd *et al.*, 2001). La agregación de las partículas del suelo es un proceso edafogénico resultado de la compleja interacción órgano-mineral que puede ser modificada por el manejo. Sin embargo, se considera que los resultados obtenidos en estudios sobre efecto de labranzas en la EA son aún contradictorios porque éstos son dependientes del pretratamiento de las muestras, de su contenido de humedad y de la intensidad del tamizado. Por ello, las investigaciones sobre EA y la distribución de agregados por tamaño, son principalmente de valor comparativo y requieren de una detallada descripción de la metodología aplicada, para que los resultados se interpreten dentro del contexto de dicha metodología (Daraghmeh *et al.*, 2009).

La teoría jerárquica de agregación propone que microagregados se unen para formar macroagregados y los lazos dentro de microagregados son más fuertes que entre los macroagregados (Edwards & Bremner, 1967), así las partículas de suelo se unen a través de materiales orgánicos e inorgánicos (Tisdall & Oades, 1982).

El laboreo modifica la agregación del suelo por ruptura física de los macroagregados y por alteración de factores biológicos y químicos (Barto *et al.*, 2010). En particular, la labranza convencional (LC) aumenta la exposición al aire, el sol y el viento, mientras que las prácticas de manejo reducidas como la siembra directa (SD) moderan el impacto de los ciclos mojado-secado,

debido a la protección de residuos en superficie mejorando la EA (Bronik & Lal, 2005). Por ello es importante cuantificar el efecto de diferentes sistemas de labranza y su relación con la estabilidad del suelo. Fedoroff (1987) sugiere la idea de utilizar los suelos naturales sin cultivar como la más alta calidad para la evaluación de la degradación del suelo, aunque no existe un consenso generalizado.

En base a estos antecedentes se planteó la hipótesis: “En la medida que se incrementa la intensidad del disturbio en el sistema de labranzas, aumenta la fracción de agregados menor a 1 mm obtenidos por tamizado en seco, consecuencia de la pérdida de estabilidad del suelo y este valor se puede utilizar como un indicador de la intensidad de disturbio”. El objetivo del presente trabajo fue: evaluar el efecto de los sistemas de labranza a largo plazo sobre la distribución de los diferentes tamaños de agregados.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en el establecimiento “Hogar Funke” ubicado en el partido de Tornquist, en un Argiudol típico profundo de textura franca limosa. El lote en estudio fue sistematizado en 1975 con curvas de nivel sin gradiente y desde el año 1986 sobre una parcela de 16 hectáreas se implementaron dos sistemas de labranza, SD y LC quedando dividida en 2 tratamientos de 8 hectáreas, uno SD y otro LC.

Durante el año en estudio en ambos sistemas se sembró trigo. En el mes de diciembre en las profundidades 0-5 y 5-10 cm, se tomaron 2 muestras en cada bloque y profundidad (un total de 6 réplicas en cada tratamiento y profundidad). Una fracción de suelo aledaño sin cultivar desde que se sistematizó el lote en estudio asumido como “Natural”, se muestreó de igual forma. De tal forma quedaron definidos tres tratamientos, Natural (Nat); siembra directa (SD) y labranza convencional (LC).

Las muestras de suelo secas al aire, se rompieron de forma manual siguiendo sus planos de debilidad y se los tamizó con tamiz de 8 mm. Para determinar la EA se utilizó el cambio del diámetro medio ponderado (CDMP) propuesto por De Leenher & De Boodt (1958), adaptado por Santanatoglia & Fernández (1982). La EA se expresó como valores de CDMP, (diferencia entre el CDMP del tamizado en seco y el CDMP del tamizado en húmedo); a mayor CDMP mayor inestabilidad del suelo (Vallejos *et al.*, 2012). El método consiste en un tamizado en seco donde se separaron 4 fracciones: 8-4,8, 4,8-2,8, 2,8-2,0 y 2,0-1,0 mm. La muestra menor de 1 mm se descartó. Posteriormente con las fracciones obtenidas se realizó un tamizado en húmedo con tamices malla 4,8; 2,8; 2; 1; 0,5 y 0,3 mm. Se calculó el índice de estabilidad de agregados (IEA) expresado como el cociente entre un valor de estabilidad (CDMP_{pref}) del suelo de referencia (natural, con valor 100) y el del tratamiento (CDMP_{trat}) multiplicado por 100, de esta forma valores menores de 100 para tratamientos disturbados expresan el porcentaje que conservan de la EA original del suelo (Echeverría *et al.*, 2015).

$IEA = CDMP_{pref} / CDMP_{trat} \times 100$
CDMP: diámetro medio ponderado

En este trabajo se definió como macroagregados a los agregados > 2,8 mm, mesoagregados a los comprendidos entre 2,8 y 1 mm y microagregados a los < 1 mm. La muestra < 1 mm del tamizado en seco no se utilizó para tamizado en húmedo por ello los resultados obtenidos en los agregados en húmedo no se compararon con los obtenidos en el tamizado en seco dado que la cantidad de suelo de donde se partió no fue la misma.

RESULTADOS Y DISCUSION

Distribución de los tamaños de agregados tamizados en seco y húmedo

Cuando se analizó la distribución promedio de las fracciones de agregados de tamizado en seco se observó interacción entre tratamientos y profundidades en algunos tamaños de agregados. Posiblemente el laboreo en LC mezcló los dos estratos en estudio afectando en forma diferente las categorías de agregados, por tal motivo se analizó cada profundidad por separado.

En 0-5 cm los tratamientos afectaron la distribución de algunos agregados tamizados en seco (Tabla 1). En el tamaño 8,0-4,8 mm el Nat no difirió con SD, en cambio en 4,8-2,8 mm fue superior. Los agregados mayores de 4,8 mm se incrementaron a medida que disminuyó el disturbio, la ausencia de actividad agropecuaria en Nat y de labranzas en SD permitieron la unión de microagregados en agregados más grandes (8 a 4,8 mm), según los conceptos de la teoría de Tisdall & Oades (1982). En Nat, si bien no se midió la producción de materia seca, es de esperar mayor aporte que en LC, por que produjo biomasa durante todo el año por ausencia de barbecho y con un reciclado total por no haber extracción de grano ni de pasto.

Por otro lado, cuando fue mayor el nivel de disturbio aumentó la cantidad de material (partículas y agregados menores de 1 mm) y presentó una tendencia a disminuir el porcentaje de agregados mayores de 2,8 mm. La disminución de los macroagregados en los sistemas cultivados sería el resultado de cambios en el aporte de carbono al suelo y por acción del laboreo.

En LC la fracción menor a 1 mm (34,6%), formada principalmente por material suelto por efecto del laboreo, evidenció mayor destrucción de los macroagregados, que SD y Nat. Según, La disminución en la EA está relacionada al manejo, una disminución en el ingreso de residuos afectaría la agregación (Cachiarelli et al., 2008; Kasper *et al.*, 2009). Una caída en el porcentaje de macroagregados asociada con el menor aporte de residuos de cultivo con diferentes secuencias fue observada por Shaver *et al.* (2002). Por otro lado, Shu *et al.* (2015) observaron un incremento de la proporción de macroagregados cuando disminuyeron las labranzas y aumentaron los residuos en un suelo franco arenoso,

En el presente estudio los microagregados aumentaron por efecto las labranzas, producto de la destrucción de los macroagregados < 0,250 mm. En cambio, Elliott (1986) menciona que los microagregados no son afectados por las labranzas, en este trabajo solo se determinaron microagregados < 1 mm incluyéndose en esta fracción todo el material suelto. Esta categorización de los microagregados sería la causa de la diferencia con la bibliografía citada.

En el estrato inferior (5-10 cm) los tratamientos Nat y SD presentaron mayores porcentajes de agregados > 2,8 mm que LC, probablemente producto del sistema de labranza. Los agregados menores que 1 mm aumentaron en LC y no se encontraron diferencias entre SD y Nat. En SD las diferencias observadas en los agregados <1 mm fueron menos importantes que en el estrato superficial posiblemente el no laboreo promovió menor grado de disturbio que en superficie.

La cantidad de agregados <1 mm mostró una tendencia del efecto de los tratamientos sobre la EA. En la capa superficial fueron todos diferentes (Nat<SD<LC), en profundidad LC fue el más inestable (Nat=SD<LC). Por lo que esta fracción podría ser un indicador sensible de la estabilidad de la estructura del suelo.

La distribución promedio de las fracciones de agregados tamizados en húmedo (Tabla 1) presentó interacción entre tratamientos y profundidades en algunos tamaños de agregados. El análisis de la cantidad de los agregados en húmedo en la profundidad 0-5 cm presentó mayor cantidad de agregados superiores a 2,8 mm en Nat y SD, aunque este último no difirió de LC. Los agregados de este tamaño presentaron una tendencia a disminuir cuando aumentó el disturbio. El menor porcentaje de agregados menores de 1 mm fue condicionado por la resistencia de los agregados de 8 a 1 mm. Estos resultados fueron similares a los informados por Spaccini *et al.* (2001), quienes indicaron que el monocultivo reduce los agregados más grandes. La distribución de agregados tamizados en húmedo diferenció entre los tratamientos Nat y LC.

En 5-10 cm la cantidad de agregados en cada categoría fueron similares en todos los tratamientos excepto la fracción 4,8-2,8 mm y la fracción < 1 mm.

Estos cambios de la distribución de los diferentes tamaños de agregado se reflejan en contenidos y distribución del carbono orgánico y de los carbohidratos (Iglesias *et al* 2017, en prensa).

Estabilidad de agregados y cambio del diámetro medio ponderado

Las mayores diferencias en la EA se encontraron en la capa superficial. Se observó que el CDMP aumentó (Tabla 2) a medida que aumentó el disturbio con la historia de laboreo. Resultados similares fueron publicados por Sanzano *et al.* (2005) quien trabajó en un Haplustol típico con diferentes tratamientos obteniendo valores entre 0,42 y 1,35 mm. En la profundidad 5-10 cm no se encontraron diferencias en el CDMP entre Nat y SD.

Al analizar los resultados del IEA podemos afirmar que los suelos con mayor remoción tuvieron menor estabilidad estructural que el mismo suelo cuando disminuye el disturbio. En 0-5 cm el tratamiento LC presentó un valor menor que Nat (80%), en cambio SD solo el 37%. Coincidiendo con un efecto similar descrito por Echeverría *et al* 2015, trabajando en un Paleudol Petrocalcico en el estrato superficial. En 5-10 cm se observó que solo en LC el valor de IEA fue menor (47%) que el obtenido en los tratamientos Nat y SD.

Tabla 1. Distribución promedio (%) de fracciones de agregados de tamizado en seco y húmedo.

		Tamaño de agregados (mm)						
Seco		8,0-4,8	4,8-2,8	2,8-2,0	2,0-1,0	< 1		
0-5 cm								
Nat		29,02 a	29,55 a	7,81 a	16,28 a	17,33 c		
SD		24,68 ab	22,69 b	9,33 a	18,36 a	24,94 b		
LC		20,07 b	18,17 b	9,10 a	17,95 a	34,57 a		
5-10 cm								
Nat		35,32 a	28,17 a	7,31 a	14,45 a	14,75 b		
SD		39,47 a	26,48 a	6,73 a	14,21 a	13,11 b		
LC		29,16 b	19,54 b	6,35 a	15,37 a	29,57a		
Tratamiento	*		**	ns	ns	**		
Profundidad	**		*	**	ns	**		
Interacción	*		*	ns	ns	*		
Húmedo		8,0-4,8	4,8-2,8	2,8-2,0	2,0-1,0	1-0,5	0,5-0,3	< 0,3
0-5 cm								
Nat		33,70 a	33,01 a	8,38 a	18,74 a	0,83 b	0,32 b	5,07 b
SD		28,13 ab	21,67ab	9,17 a	18,99 a	5,71 a	3,10 a	15,89a
LC		22,39 b	16,20 b	7,87 a	21,87 a	7,14 a	6,93 a	17,77a
5-10 cm								
Nat		37,94 a	23,44 a	7,20 a	15,64 a	4,13 a	2,49 a	9,16 b
SD		32,12 a	22,72 ab	7,22 a	15,04 a	3,46 a	5,38 a	14,06 a
LC		33,02 a	16,67 b	7,09 a	15,93 a	5,86 a	4,44 a	16,99 a
Tratamiento	ns		*	ns	ns	ns	ns	*
Profundidad	ns		ns	ns	ns	ns	ns	ns
Interacción	*		ns	ns	ns	*	*	ns

Tratamiento: Nat, natural; SD, siembra directa; LC, labranza convencional. Para cada profundidad analizada en cada tamaño de agregados (tamizados en seco o en húmedo), letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$, test DMS). *: $p < 0,05$; **: $p < 0,01$; ns: no significativa

Tabla 2. Cambio en el diámetro medio ponderado, índice de estabilidad de los agregados del suelo en los tratamientos estudiados.

Prof. (cm)	Tratamiento		
	Nat	SD	LC
	CDMP (mm)		
0-5	0,24 c	0,38 b	1,20 a
5-10	0,53 b	0,54 b	1,00 a
0-10	0,38	0,46	1,10
	IEA		
0-5	100	63	20
5-10	100	98	53
0-10	100	82	34

Tratamiento: Nat, natural; SD, siembra directa; LC, labranza convencional. Para cada profundidad analizada letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$, test DMS). CDMP cambio en el diámetro medio ponderado; IEA: índice de estabilidad de agregados.

CONCLUSIONES

La EA en 0-5 cm superficiales permitió separar mejor los manejos estudiados que en 5-10 cm. La distribución de tamaños de agregados en seco fue afectada por la intensidad de disturbio. Al disminuir las labranzas se observó una tendencia a incrementar la cantidad de agregados mayores a 2,8 mm. El tamaño de agregados < 1 mm fue el más sensible para diferenciar el efecto del manejo, siguiendo el mismo patrón que la EA. Por ello, se la podría utilizar este tamaño de agregados como un parámetro simple de obtener para inferir la EA.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ing. Cristian Kleine (Hogar Funke) por su colaboración y a la regional Bahía Blanca AAPRESID por apoyar la realización del ensayo.

BIBLIOGRAFIA

- Barto EK; F Alt; Y Oelmann; W Wilcke & MC Rillig. 2010. Contributions of biotic and abiotic factors to soil aggregation across a land use gradient, *Soil Biol. Biochem.* 42: 2316–2324.
- Bronick CJ & R Lal. 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma* 124(1): 3-22.
- Cacchiarelli J.; J.A. Galantini, R.A. Rosell. 2008. Estabilidad estructural y P en fracciones de agregados en la cuenca del A° El Divisorio (Coronel Pringles, BA). *Ciencia del Suelo* 26 (1) 71-79
- Daraghme OA; JR Jensen & CT Petersen. 2009. Soil structure stability under conventional and reduced tillage in a sandy loam. *Geoderma* (150): 64-71
- De Leenheer L & M De Boodt. 1958. Determination of aggregate stability by change in mean weight diameter, In: Proc, Int, Symp, on soil structure, Medelinger, Van de Landbowhoge School, Gent, Belgie, 24: 290-300.
- Echeverría N; S Querejazu; M De Lucia; JC Silenzi; H Forjan & M Manso. 2015. Estabilidad y carbono orgánico de agregados bajo rotaciones en siembra directa, En: Sá Pereira E; G Minoldo; J Galantini. Impacto de los sistemas actuales de cultivo sobre las propiedades químicas del suelo y sus efectos sobre los balances de carbono, Ediciones INTA, eBook, Cnel. Suárez, Argentina 56-61 pp.
- Edwards AP & JM Bremner 1967. Microaggregates in soils. *J. Soil. Sci.* 18(1): 64-73.
- Elliott ET. 1986. Aggregate structure and carbon, nitrogen and phosphorus in native and cultivated soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 627–633.
- Iglesias JO; JA Galantini & A Vallejos. 2017. Estabilidad de agregados de un argiustol del SO Bonaerense con diferentes sistemas de labranza. *Ciencia del Suelo* (en prensa)
- Kasper M; GD Buchan; A Mentler & WEH Blum. 2009. Influence of soil tillage systems on aggregate stability and the distribution of C and N in different aggregate fractions. *Soil Till. Res.* 105: 192–199.

- Santanatoglia OJ & N Fernández. 1982. Modificación del método de De Boodt y De Leenheer para el análisis de la distribución de agregados y efecto del tipo de embalaje y acondicionamiento de la muestra sobre la estabilidad estructural. *RIA Rev. Inv. Agro.* 17(1): 23-31.
- Sanzano G; R Corbella; J García & G Fadda. 2005. Degradación física y química de un Haplustol Típico bajo distintos sistemas de manejos del suelo. *Ciencia del Suelo* 23: 93–100.
- Shaver TM; GA Peterson; LR Ahuja; DG Westfall; LA Sherrod & G Dunn. 2002. Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66(4): 1296-1303.
- Shepherd TG; S Saggar; RH Newman; CW Ross, & JL Dando. 2001. Tillage-induced changes to soil structure and organic carbon fractions in New Zealand soils. *Soil Res.* 39(3): 465-489.
- Shu X; A Zhu; J Zhang; W Yang; X Xin & X Zhang. 2015. Changes in soil organic carbon and aggregates stability after conversion to conservation tillage for seven years in the Huang-Huai-Hai of china. *J. Int. Agr.* 14(6): 1202-1211.
- Tisdal JM & JM Oades. 1982. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 33: 141–163.
- Vallejos AG; JC Silenzi; NE Echeverría, & M De Lucía. 2012. Utilización de cáscaras de girasol (*Helianthus annuus* L.) como enmienda orgánica y sus efectos sobre propiedades del suelo. *Agro-Ciencia, Chilean J. Agric. Anim. Sci.* 28(2): 117-126.

CARBONO Y NITRÓGENO RECALCITRANTE EN UN SUELO CON DOS SISTEMAS DE LABRANZA: EFECTOS DE LARGO PLAZO

Martínez J.M.^{1,2}, M.R. Landriscini¹, R.J. García²; M.E. Duval^{1,2}; J.A. Galantini³

¹Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida-CONICET, Depto. Agronomía-UNS.

²Depto. Agronomía-UNS.

³Comisión de Investigaciones Científicas (CIC).

RESUMEN: Los cambios de las formas más activas de la materia orgánica (MO) a formas intermedias o pasivas favorece el secuestro de carbono (C) en los suelos. Los objetivos del trabajo fueron i) evaluar los cambios de largo plazo en las fracciones recalcitrantes de C y nitrógeno (N) y ii) calcular el índice de recalcitrancia (IR) de estas fracciones en un suelo ubicado en un sitio subhúmedo del sudoeste bonaerense. La experiencia se realizó sobre un ensayo de larga duración en un suelo Argiudol Típico con dos sistemas de labranza contrastantes: labranza convencional (LC) y siembra directa (SD). Se tomaron muestras de suelo en los años 2003, 2009 y 2015 en las profundidades de 0-5 y 0-20 cm. Se determinó C orgánico total (COT), N total (Nt), C y N orgánico recalcitrante (COR y NOR). Además se calculó el IR de C (IRC) y de N (IRN). Los niveles de COT y Nt fueron mayores en SD en ambas profundidades y para todos los años. El COR en la profundidad 0-5 cm mostró diferentes efectos tanto por la labranza como por los años. En 0-20 cm, sólo mostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre años, sin efecto por la labranza. Por otra parte, el NOR evidenció diferencias altamente significativas entre sistemas de labranza y años en 0-5 cm, y diferencias significativas entre años para 0-20 cm. El IRC en superficie mostró diferencias entre los sistemas de labranza. La mayor acumulación del C y N en SD no resultó en una mayor humificación de las fracciones lábiles a formas estables. El secuestro de C en superficie mostró variabilidad con respecto al tiempo, mientras que en 0-20 cm no demostró estar asociado a los sistemas de labranza pero sí al efecto del año.

PALABRAS CLAVE: ensayo de largo plazo, fracciones orgánicas, secuestro de C.

INTRODUCCIÓN

La materia orgánica (MO) es el componente edáfico fundamental, dado que influye sobre muchas propiedades químicas, físicas y biológicas del suelo (Diovisalvi *et al.*, 2008). Además, es el atributo del suelo que con más frecuencia se utiliza en los estudios de largo plazo como un indicador importante de su calidad agronómica (Reeves, 1997). Está compuesta principalmente de C (Rosell *et al.*, 2001) y se encuentra en compartimentos diferentes que le dan distinto grado de protección (Duval *et al.*, 2016).

La captura y almacenamiento del C atmosférico en los suelos en formas estables es denominado secuestro de C (Muñoz-Romero *et al.*, 2017). Para esto, debe existir una conversión de las fracciones más activas de la MO a formas intermedias o pasivas (Wang & Hsieh, 2002). Es por esto, que la capacidad de medir la cantidad de C acumulado en los suelos en sus diferentes fracciones es crucial para entender el ciclado de los ecosistemas terrestres (Ellert *et al.*, 2001).

En las últimas décadas, se han desarrollado varias técnicas para separar las diferentes fracciones, tratando de identificar las fracciones lábiles y estables, y su funcionalidad en la estructura del suelo (Galantini & Suñer, 2008). Las fracciones lábiles se componen de MO particulada y la fracción recalcitrante está compuesta de materiales orgánicos que son altamente resistentes a tratamientos químicos específicos, debido a su composición y a su asociación con minerales del suelo (Muñoz-Romero *et al.*, 2017). Por esta razón, esta fracción que es estable en el largo plazo cobra una mayor relevancia en el secuestro de C, con respecto a las fracciones lábiles (Laganiere *et al.*, 2010).

Paul *et al.* (2006) demostraron que la hidrólisis ácida libera fracciones de C que difieren significativamente en su composición, y su análisis puede ayudar a comprender las contribuciones relativas de las diferentes formas de C, y sus respuestas a variables ambientales bajo diferentes prácticas agrícolas. La fracción no hidrolizable representa el grupo recalcitrante y su tamaño relativo con respecto al COT se denomina IR (Rovira & Vallejo, 2002). Estos mismos autores argumentaron que el IRC y el IRN pueden utilizarse como indicadores globales de la calidad del C y N orgánico del suelo. El objetivo de este estudio fue i) evaluar los cambios de largo plazo de las fracciones recalcitrantes de C y N; y ii) calcular el IR de estas fracciones en un suelo con dos sistemas de labranza en un sitio subhúmedo del sudoeste bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio fue realizado en el establecimiento Hogar Funke (38° 07' 06" S- 62° 02' 17" O) ubicado en el partido de Tornquist, Provincia de Buenos Aires. El suelo fue clasificado como Argiudol Típico, profundo (perfil mayor de 1 m de profundidad), de textura franca en el horizonte A y franco-arcillosa en el B₂. De acuerdo a Thornthwaite, el clima es subhúmedo, con temperatura media anual de 14,5°C. Sobre dos parcelas de 8 has cada una se plantearon desde el año 1986, dos sistemas de labranza: SD y LC. Sobre cada sistema se ubicaron tres parcelas de 36 m² en un diseño experimental en bloques completos al azar. Los detalles de cada tratamiento fueron:

- SD: Ausencia de labranza, con la superficie del suelo con mayor de 30% de cobertura de residuos. En general, se realizaron 2-3 aplicaciones del herbicida glifosato para el barbecho químico.
- LC: Labranza con arado y rastras de disco a una profundidad de 10-15 cm.

En 2003, 2009 y 2015 se tomaron muestras de suelo compuestas (15-20 muestras simples) a las profundidades de 0-5 y 0-20 cm sobre ambos tratamientos. Las muestras se obtuvieron cada 6 años luego de 17 años de comenzado el ensayo.

Las muestras se secaron al aire y se tamizaron por 2 mm. En éstas se determinó el CO total (COT) por el método de combustión seca con analizador automático LECO C Analyzer, y Nt por el método semi-micro Kjeldahl (Bremner, 1996). Posteriormente, se sometieron las muestras a una hidrólisis ácida de acuerdo al método descrito por Leavitt *et al.* (1996). Básicamente, 2 g de suelo fueron sometidos a un reflujo en tubos de digestión con 20 ml de HCl 6 M (relación 1:10) a 118°C durante 18 horas. La suspensión se lavó y centrifugó tres veces con agua destilada. El residuo se secó en estufa a 60°C y se pesó. Se asumió que esta fracción contiene solamente la porción recalcitrante del suelo. El contenido de C de esta fracción se determinó por combustión seca por el método antes descrito. El NOR también se determinó por el método ya explicado. El grado de recalcitrancia se expresó como IR para C y N con las ecuaciones propuestas por Rovira & Vallejo (2002):

$$\text{IRC (\%)} = (\text{COR/COT}) \cdot 100 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{IRN (\%)} = (\text{NOR/Nt}) \cdot 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

El efecto de las variables tratamiento (sistemas de labranza) y año, junto a sus interacciones, se evaluaron mediante análisis de la varianza (ANOVA) doble. Cuando existieron diferencias entre tratamientos, se calculó la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de probabilidad de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El COT mostró valores diferentes por efecto del sistema de labranza según año (interacción significativa, $p=0,033$) en la capa superficial, por lo que el efecto se evaluó anualmente (Tabla 1). En cada año evaluado, se observaron mayores valores de COT bajo SD, pero en 2015 disminuyó. En 0-20 cm se observaron diferencias significativas entre sistema de labranza ($p=0,049$) y entre

años ($p=0,017$). En esta profundidad la SD mostró los mayores valores de COT siguiendo tendencia similar a lo visto en 0-5 cm.

Tabla 1. Carbono orgánico total y recalcitrante, nitrógeno orgánico total y recalcitrante (media $\pm$ desvío estándar), y análisis de la varianza según sistema de labranza, año y profundidad.

Fracción (g kg ⁻¹)	Sistema de labranza	año	Profundidad (cm)	
			0-5	0-20
COT	LC	2003	18,7±2,2	16,6±0,5
		2009	19,5±0,8	18,1±0,7
		2015	21,5±1,2	18,1±0,9
	SD	2003	24,6±0,9	17,8±0,4
		2009	24,6±1,1	19,5±0,8
		2015	23,0±1,5	18,0±1,3
	Sistema de labranza (SL)		***	*
	Año (A)		ns	**
	SLxA		*	ns
	Nt	LC	2003	1,46±0,17
2009			1,47±0,01	1,39±0,10
2015			1,68±0,03	1,47±0,04
SD		2003	2,02±0,07	1,49±0,03
		2009	1,83±0,29	1,47±0,03
		2015	2,08±0,18	1,56±0,09
Sistema de labranza (SL)		***	**	
Año (A)		ns	*	
SLxA		ns	ns	
COR	LC	2003	14,9±0,6	11,8±0,6
		2009	13,2±1,6	13,0±1,0
		2015	12,0±1,4	10,8±0,6
	SD	2003	12,8±0,4	12,2±0,3
		2009	15,6±0,1	12,9±0,9
		2015	15,5±0,5	12,2±1,1
	Sistema de labranza (SL)		*	ns
	Año (A)		ns	*
	SLxA		***	ns
	NOR	LC	2003	0,55±0,02
2009			0,76±0,09	0,80±0,09
2015			0,66±0,03	0,65±0,03
SD		2003	0,66±0,03	0,58±0,03
		2009	0,86±0,09	0,75±0,02
		2015	0,81±0,01	0,68±0,02
Sistema de labranza (SL)		***	ns	
Año (A)		***	***	
SLxA		ns	ns	

SD, siembra directa; LC, labranza convencional. COT, carbono orgánico total; Nt, nitrógeno total; COR, carbono orgánico recalcitrante; NOR, nitrógeno orgánico recalcitrante. *, **, ***, indican diferencias significativas con p-valor de 0,05; 0,01, 0,001, respectivamente; ns, sin diferencias significativas.

Los valores observados en 0-5 cm fueron los esperados como consecuencia de la mayor acumulación de los residuos de cultivos generada por la SD, que producen una mayor estratificación superficial del COT (Blanco-Canqui & Lal, 2008; Martínez *et al.*, 2017). Sin

embargo, en 0-20 cm los valores de COT en LC, podrían atribuirse al aumento de la oxidación de la MO en la profundidad de laboreo (10-15 cm), tanto como a la erosión producida en este sistema de labranza mencionada en otros trabajos (Galantini *et al.*, 2006; Martínez *et al.*, 2017). Es importante destacar que la tendencia observada con los mayores contenidos de COT en SD respecto a LC, ha sido ampliamente reportada en numerosos trabajos (Duval *et al.*, 2013; Brar *et al.*, 2013).

Respecto al Nt, nuevamente la SD produjo los mayores valores con efectos significativos ($p < 0,01$) entre labranzas en las dos profundidades (Tabla 1). En 0-20 cm se hallaron diferencias significativas por efecto del año ($p < 0,05$). Las diferencias superficiales a favor de la SD pueden desaparecer o revertirse si se consideran profundidades de suelo mayores de 10 a 15 cm (Jagadamma & Lal, 2010), sin embargo, estos resultados indicarían que los sistemas de labranza a largo plazo afectarían la calidad de la MO no sólo en superficie, sino también en 0-20 cm.

El COR en 0-5 cm, siguió la misma tendencia que el COT mostrando un efecto diferente entre los sistemas de labranza para los distintos años de estudio (interacción significativa). Esto indicaría que esta fracción de C se ve influida por el manejo de suelo y que el secuestro de C también es dependiente de otros factores para cada año de la experiencia. En 0-20 cm, el COR sólo demostró diferencias significativas ($p < 0,05$) entre años, sin efecto del sistema de labranza. Esto indica que a pesar del incremento del COT en 0-5 y 0-20 cm bajo SD, no se produjo un incremento de la humificación de las fracciones lábiles hacia las fracciones más estables del C. Posiblemente, esto se deba a la influencia del aporte de residuos de cultivos, los cuales son muy variables bajo las condiciones de este estudio. En el caso del NOR se observaron diferencias altamente significativas por sistemas de labranza y años en 0-5 cm, y diferencias significativas entre años en 0-20 cm. Los resultados demuestran que las fracciones recalcitrantes de C y N tienen una dinámica diferente según el sistema de labranza, lo cual podría estar relacionado con la calidad de los residuos aportados.

Cuando se evaluó el IRC, se halló una interacción significativa del efecto del sistema de labranza y año para ambas profundidades. En cada año los resultados fueron variables en 0-5 cm según el sistema de labranza (Figura 1a), mientras que en 0-20 cm, se observaron diferencias entre sistemas de labranza sólo en 2015, con mayores valores en SD.

Los valores de IRC promedios fueron diferentes según sistema de labranza con valores de 68,1% y 60,9% en 0-5 cm para LC y SD, respectivamente. Contrariamente, cuando se analizó en la capa de 0-20 cm, los valores fueron similares ($IRC = 67,4\%$) en ambos sistemas de labranza. Estos valores de IRC son coincidentes a otros estudios (Plante *et al.*, 2006; Silveira *et al.*, 2008), y permiten inferir que en profundidad (0-20 cm) no se puede evaluar el efecto del sistema de labranza sobre la recalcitrancia del C.

El IRN en la capa superficial sólo demostró diferencias entre los años de muestreo, con el mayor valor en 2009 (Figura 1b). En 0-20 cm, se detectaron efectos diferentes de los sistemas de labranzas según los años (interacción significativa). Sólo se detectaron diferencias entre sistemas de labranza en 2009 con mayores valores de IRN en LC. Los valores de IRN oscilaron entre 39,7% (SD) y 43,4% (LC) en 0-5 cm; 46,6% (LC) y 44,4% (SD) en 0-20 cm. De acuerdo a las proporciones relativas de COR y NOR en relación al COT y Nt, se observó que el C fue más resistente a la hidrólisis ácida con respecto al N, en coincidencia a lo hallado por Rovira & Vallejo (2002). Además, estos autores demostraron la influencia de los factores climáticos principalmente las precipitaciones sobre los IR, por lo que la variabilidad encontrada en este estudio podría deberse a este factor en ambiente subhúmedo.

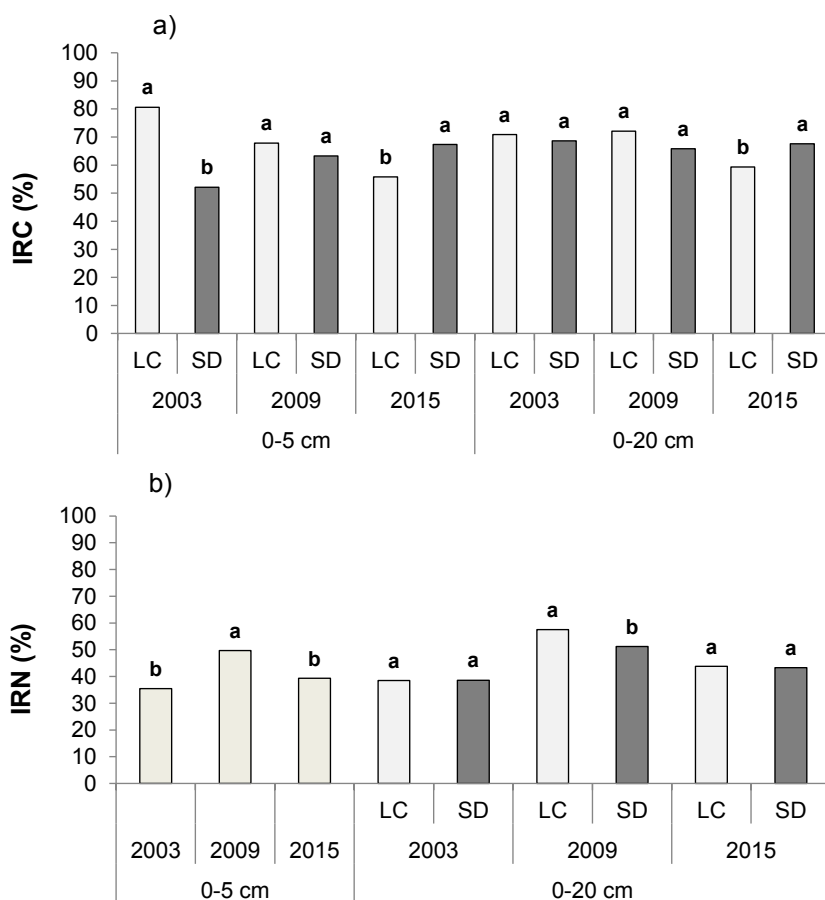


Figura 1. Índice de recalcitrancia de a) carbono (IRC) y b) nitrógeno (IRN) según sistema de labranza, profundidad y año.

CONCLUSIONES

La mayor acumulación del C y N bajo SD no repercutió en el largo plazo en una mayor humificación de las fracciones lábiles en formas estables para ninguna de las dos profundidades de muestreo. El secuestro de C resultó ser variable en superficie con respecto al tiempo, mientras que en 0-20 cm no demostró estar asociado al sistema de labranza pero sí al efecto del año. La variabilidad observada en el IR de C y N fue causada por las condiciones climáticas imperantes independientemente del sistema de labranza, demostrando una falta de estabilidad de las fracciones orgánicas de la MO en este sitio.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco-Canqui, H & R Lal. 2008. No-tillage and soil-profile carbon sequestration: an on farm assessment. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72: 693-701.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen total. In: *Methods of soil analysis. Part 3: Chemical Methods*; Sparks, DL (ed). Pp. 1085-1123. SSSA. Madison, WI.
- Buschiazzo, D; J Panigatti & P Unger. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 49: 105-116.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat, versión 2013, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- Diovisalvi, NV; GA Studdert; GF Domínguez & MJ Eiza. 2008. Fracciones de carbono y nitrógeno orgánicos y nitrógeno anaeróbico bajo agricultura continua con dos sistemas de labranza. *Ci. Suelo* 26 (1): 1-11.

- Duval, M; JA Galantini; JO Iglesias & H Krüger. 2013. El cultivo de trigo en la región semiárida bonaerense: impacto sobre algunas propiedades químicas del suelo. *Rev. Invest. Agrop. (RIA- INTA)* 39:178-184.
- Duval, ME; JA Galantini; JM Martínez; FM López & LG Wall. 2016. Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality. *Soil Till. Res.* 159: 9-22.
- Ellert, BH; HH Janzen & BG McConkey. 2001. Measuring and comparing soil carbon storage. *In: R Lal; J Kimble; R Follett & B Stewart (eds). Assessment Methods for Soil Carbon.* Lewis. Publishers. Pp. 131-146.
- Galantini, JA; JO Iglesias; C Maneiro; L Santiago & C Kleine. 2006. Sistemas de labranza en el sudoeste bonaerense: efectos de largo plazo sobre las fracciones orgánicas y el espacio poroso del suelo. *Rev. Invest. Agrop. (RIA-INTA)* 35:15-30.
- Galantini, JA; L Suñer. 2008. Soil organic matter fractions: analysis of Argentine soils. *Agriscientia* 25: 41-55.
- Jagadamma, S & R Lal. 2010. Distribution of organic carbon in physical fractions of soils as affected by agricultural management. *Biol. Fert. Soils* 46:543-554.
- Laganiere, J; D Angers & D Paré. 2010. Carbon accumulation in agricultural soils after afforestation: a meta-analysis. *Glob. Chang. Biol.* 16:439-453.
- Leavitt, S.W., Follett, R.F., Paul, E.A., 1996. Estimation of slow- and fast-cycling soil organic carbon pools from 6 N HCl hydrolysis. *Radiocarbon* 38, 231-239.
- Martínez, JM; JA Galantini; ME Duval & FM López. 2017. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen and relationships with wheat crop in a semi-humid climate: A long-term field study. *Soil Till. Res.* 169:71-80.
- Muñoz-Romero, V; RJ López-Bellido; P Fernández-García; R Redondo; S Murillo & L López-Bellido. 2017. Effects of tillage, crop rotation and N application rate on labile and recalcitrant soil carbon in a Mediterranean Vertisol. *Soil Till. Res.* 169:118-123.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. *In: DL Sparks (ed.). Methods of soil analysis. Part 3. Chemical Methods.* ASA y SSSA, Madison, Wi. Pp. 961-1010.
- Reeves, DW. 1997. The role of soil organic matter in maintaining soil quality in continuous cropping systems. *Soil Till. Res.* 43: 131-167.
- Rosell, RA; JC Gasparoni & JA Galantini. 2001. Soil organic matter evaluation. *In: R Lal et al. (eds.). Assessment Methods for Soil Carbon. Serie Advances in Soil Science,* CRC Press, Boca Raton, FL. Pp. 311-322.
- Rovira, P & VR Vallejo. 2002. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. *Geoderma* 107: 109-141.
- Silveira, ML; NB Comerford; KR Reddy; WT Cooper & H El-Rifai. 2008. Characterization of soil organic carbon pools by acid hydrolysis. *Geoderma* 144: 405-414.
- Wang, Y & YP Hsieh. 2002. Uncertainties and novel prospects in the study of the soil carbon dynamics. *Chemosphere* 49: 791-804.



**III JORNADAS NACIONALES DE
SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y
II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL**

**EJE TEMÁTICO 4: SISTEMAS ALTERNATIVOS DE USO DEL
SUELO**

**LA OLIVICULTURA COMO ALTERNATIVA DE USO DE SUELO EN EL SUDOESTE
BONAERENSE Y SUS IMPLICANCIAS**

Nizovoy, D.¹, G.C Laurent²

¹Ing Agr. a cargo del Establecimiento Olivícola de la Cooperativa de Servicios y Obras Públicas Ltda. de Puán

²Dpto Agronomía, Universidad Nacional del Sur, gabriela.laurent@uns.edu.ar

RESUMEN: En los sistemas de extracción de aceite de oliva, de dos fases, mediante centrifugas horizontales, se genera un subproducto orgánico de difícil manejo denominado alperujo. Su alto contenido de fenoles, lípidos y ácidos orgánicos lo convierten en un material tóxico, pero posee, en su composición, elementos valorables como: alta concentración de materia orgánica y un amplio rango de nutrientes que lo convierten en un valioso recurso para su reutilización en diferentes sectores. En este trabajo se exponen algunas vías de aprovechamiento con datos extraídos de investigaciones extranjeras y locales, como: generador de energía, compuestos adsorbentes, alimentación animal, aplicación directa al suelo, mulch, compostaje, sustrato, herbicida, control sanitario y otros usos. El previsible aumento de la generación de alperujo por la implantación de nuevos emprendimientos olivícolas exige continuar investigando en la búsqueda de otras alternativas de valorización que se adapten a las condiciones locales. En el presente informe se ha hecho desarrollará la utilización de alperujo en el proceso de compostaje, para su posterior aprovechamiento como enmienda al suelo.

PALABRAS CLAVE: sudoeste bonaerense, olivos, uso del suelo.

INTRODUCCION

El Servicio Productivo Olivícola "CSyOP Olivares" fue creado por la Cooperativa de Servicios y Obras Públicas Ltda. de Puán, con el propósito de agregar valor en origen a un producto complementario a la producción agrícola ganadera tradicional, y además que contribuya a la generación de empleo genuino.

Entre las distintas opciones de frutales posibles de implantar, se eligió olivos por su posibilidad de implantación en suelos de poca profundidad y su mayor tolerancia a la salinidad de aguas para riego.

La localidad de Puan está situada, al igual que Cnel. Dorrego entre los 25° y 40° Latitud Sur, área apta para el cultivo del olivo con buena amplitud térmica entre el día y la noche, requerimiento imprescindible para la fructificación de esta planta.

Un poco de Historia de la Cooperativa de Servicios en PUÁN:

La CSyOP Ltda de Puán es una empresa creada por vecinos de esta localidad en 1951 cuando en toda la zona se estaban creando las Cooperativas Eléctricas para satisfacer las necesidades crecientes de Energía Eléctrica. Junto a su creación también se fueron aglutinando con otras entidades hermanas en Federaciones, valorizando desde el comienzo el poder hacer todo lo necesario más y mejor en conjunto, como instituciones legalmente constituidas. Existe una motivación en ésta institución que nace con ella misma hace más de 60 años y que sigue perdurando en el tiempo: los servicios públicos de los pueblos del interior evolucionan en forma muy lenta, a diferencia de lo que ocurre en las ciudades más grandes.

Con el paso del tiempo se agregaron otros servicios como Energía Rural (hoy con 1800 km dentro del distrito de Puán y parte de Adolfo Alsina), Agua corriente (por Contrato con el SPAR en los años '70) y continúa actualmente ya con una planta preparada para bajar niveles de Arsénico en el agua que se distribuye a la localidad. Se siguen sumando distintos servicios para bienestar de la comunidad puanense.

Desde hace 15-20 años esta cooperativa está involucrada en la creación de fuentes de trabajo genuino en Puan, que permita agregar valor a nuevas opciones productivas, evitando que nuestra localidad solo venda productos sin procesar.

Es así que para llevar a cabo el proyecto olivícola se buscó información sobre las posibilidades de poder implantarlos en nuestra región.

Se tomó contacto con un especialista en aceite de oliva, Marco Scanu, quien propulsó la instalación de la 1ª sala de Extracción para BIOLIVE en Cnel. Dorrego y luego la creación de la Cámara Olivícola, convencidos del poder de las instituciones para sumar hasta los emprendimientos más pequeños. Se complementó esta primera etapa, buscando información en organismos oficiales y visitando la EXPOLIVA en Catamarca, para poder tener información de toda la cadena productiva: desde la posibilidad de plantación hasta el consumo y propiedades saludables del aceite de oliva. Según los análisis físicos- químicos, de los aceites del sudoeste bonaerense, se observó que tenían muy buena calidad lo cual constituye una ventaja comparativa para tomar en cuenta en un proyecto de largo plazo.

Es así que dentro de la actividad cotidiana de ésta cooperativa se fueron dando oportunidades que permitieron que la idea avance.

Entre otras fue el impulso inicial que dio “al proyecto Olivícola de la CSyOP” un subsidio del INAES (organismo al cual se adhieren las cooperativas y sus excedentes vuelven en forma de apoyo económico a Proyectos por Concurso). Con el mismo se construyó en 2007 el sistema de Riego por Goteo para las primeras 12 has de plantación situada aledaña a Puan en la Secc. Quintas, y se compraron los plantines necesarios y un tractor, con lo cual comenzó este proyecto, sin comprometer económicamente recursos propios en un proyecto a tan largo plazo. En 2012 se agregaron 7 Has al proyecto. Y ya desde 2016 son 19 Has en producción. Surgieron como emprendimientos asociados algunas plantaciones en Puan y localidades vecinas. Todas de menos de 10 has.

A raíz de los monitoreos que el INAES realiza como control, y la buena reputación que mostraba el empleo del subsidio otorgado para el inicio de la plantación, surge la oportunidad de construir la sala de extracción de aceite dado que las primeras cosechas de aceitunas (2010 a 2012) se llevaban a procesar a Cnel. Dorrego.

Así es que con apoyo de un nuevo subsidio del INAES y su contraparte de la institución, se recicla un galpón existente, y se compran todas las máquinas para extracción de aceite de oliva, filtrado y envasado de aceite. Se comenzó con la extracción en Puán en abril de 2013 con todas sus habilitaciones requeridas.

¿Cómo se controla la calidad del aceite producido?

Se participa anualmente en Concursos internacionales de calidad mandando una muestra de nuestro Blend EPU ANTU (marca registrada y con Certificación Libre de Gluten). Se repite como resultado desde entonces siempre una distinción que nos permite tener idea de la calidad producida.

Actualmente como si fuera una parcela de ensayo proveemos muestras tanto del cultivo durante el año y de aceite en la época de cosecha, de algunas líneas de investigación de la UNS a través de una carta acuerdo entre la Universidad y la Cámara Olivícola, cuyos investigadores van generando información de nuestra región. Y eso también nos ayuda a conocer la calidad de nuestra producción.

¿Qué se procesa en la planta de extracción CSyOP Olivares?

Desde el inicio no sólo procesamos aceitunas de Puán, sino de otras plantaciones de la región, a quienes además podemos ofrecerle el servicio de filtrado y envasado.

Cómo estamos a 10 años del proyecto:

Comercializamos la mayor parte de la producción en forma local y el excedente se va vendiendo también en la zona, buscando la forma más directa de venta que permita la venta a un precio razonable para el consumidor y también para el proyecto.

El presente año incorporamos nuevas máquinas que ayudan al mejor mantenimiento de la planta de extracción, y también una chipeadora de ramas, que nos permitirá dar un destino más adecuado a residuos de esta actividad: Junto al orujo de la cosecha, las ramas chipeadas, nos permitirán transformar esos residuos en un nuevo recurso como abono orgánico para usar en la finca o bien comercializarlo con destino a las huertas y jardines domésticos. La elección de éste destino se ajusta en este momento tanto al volumen de residuos como a reales posibilidades de ponerlo en marcha sin demasiados cambios operativos ni económicos.

La olivicultura en el Sudoeste Bonaerense (SOB) es una actividad que no ha detenido su crecimiento desde fines de la década del '90. Desde entonces se han sumado los partidos de Villarino, Monte Hermoso, Púan, Coronel Rosales, Bahía Blanca y Patagones (Picardi & Obiol, 2011). La cantidad de plantas de olivos en esta región ha tenido un crecimiento sostenido desde el año 1999, con 185.000 plantas llegando a 245.000 en el año 2007. La mayoría de los productores olivícolas son de escala pequeña, oscilando entre 3 a 63 has promedio, excepto los 3 establecimientos de la zona con más de 100 has. Coronel Dorrego sigue incorporando año a año nuevas hectáreas a la producción de olivos, un ejemplo de esto es el incremento del 39% que se verifica en el número de hectáreas dedicadas a la producción tomando el año 2012 con respecto al 2007. En la Argentina, la industria productora de aceite de oliva se caracteriza por generar cantidades importantes de subproductos que, dependiendo del sistema de extracción utilizado son de origen líquido, sólido o una mezcla de ambos. Particularmente en el sudoeste bonaerense (SOB) se dificulta la adopción de enfoques de eliminación de residuos ambientalmente sostenibles debido a limitaciones técnicas, económicas y organizacionales relacionadas a la pequeña escala. Del proceso de dos fases en la extracción de aceite de oliva se obtiene un residuo semisólido llamado alperujo, posee un contenido de humedad del 65-75%, con alto contenido en ácidos orgánicos, lípidos y fenoles, que lo convierte en un material fitotóxico. Sin embargo, estos desechos también contienen recursos valiosos como por ejemplo una alta proporción de materia orgánica y diversos nutrientes que pueden ser reciclados, dentro de los minerales se encuentran en gran proporción minerales como potasio, y en menor proporción calcio y sodio. Sin embargo, el uso de alperujo para la fertilización de suelos requiere de tecnologías de procesamiento para prevenir la contaminación de los mismos.

La Finca de Olivares de la Cooperativa de Servicios y Obras Públicas de Puan (CSyOP) produce una cantidad de alperujo de 25 a 26 ton por año. El objetivo principal del presente trabajo es proponer al alperujo como una materia prima para la producción de subproductos aprovechables.

MATERIALES Y MÉTODOS

El orujo húmedo ó alperujo es un producto semisólido, de naturaleza lignocelulósica y con elevado potencial fitotóxico debido a la presencia de polifenoles. Alburquerque *et al.* (2004) analizaron muestras provenientes de 20 diferentes almazaras localizadas en distintas provincias de España, durante un período de cuatro años (1997-2000), aportando información estadística significativa sobre la composición del residuo (Tabla 1).

El alto grado de humedad (mayor a 56%) que presenta el alperujo, junto al pequeño tamaño de partícula lo hace un material poco poroso, plástico y con tendencia a compactarse, con aspecto semejante a los lodos de depuradora, lo que supone un problema a la hora de su transporte. Este fluido tiene una viscosidad variable que depende fundamentalmente del tiempo, temperatura y presión a la cual se somete en la extracción del aceite. Presenta también un pH ácido (media 5,32), y es esencialmente rico en K, pobre en P, Ca y Mg. El contenido en N es bajo; dentro de los micronutrientes se destaca el Fe.

El alperujo tiene un alto contenido de materia orgánica (>93%) y los mayores constituyentes de esta materia orgánica son lignina, hemicelulosa y celulosa que constituyen el 46%, 38% y 21% respectivamente, del total de la materia orgánica. Este alto contenido en lignina es lo que dificulta la degradación bacteriana del subproducto. Otros componentes del contenido orgánico son las

grasas 13%, carbohidratos solubles 10%, proteínas, cerca del 8% y los componentes fenólicos son de aproximadamente el 1,5%.

Tabla 1- Composición química y principales componentes de la fracción orgánica del alperujo (g kg⁻¹, peso seco n=20 (Alburquerque et al., 2004).

Parámetro	Media	Rango	CV (%)	Alperujo ⁽¹⁾
Humedad (%peso fresco)	64	55,6 - 74,5	7,6	57
pH (1:10 w/v)	5,32	4,86 - 6,45	6,6	
C.E. (dS m ⁻¹) (1:10 w/v)	3,42	0,88 - 4,76	33,9	
Cenizas (g kg ⁻¹)	67,4	24,0 - 151,1	42,5	
COT (g kg ⁻¹)	519,8	495,0 - 539,2	2,8	
Índice C/N	47,8	28,2 - 72,9	22,1	
Nitrógeno total (g kg ⁻¹)	11,4	7,0 - 18,4	24,5	
P (g kg ⁻¹)	1,2	0,7 - 2,2	29,7	1,3
K (g kg ⁻¹)	19,8	7,7 - 29,7	34,2	8,5
Ca (g kg ⁻¹)	4,5	1,7 - 9,2	57,3	6,3
Mg (g kg ⁻¹)	1,7	0,7 - 3,8	58,7	0,9
Na (g kg ⁻¹)	0,8	0,5 - 1,6	36,6	0,8
Fe (g kg ⁻¹)	614	78 - 1462	74,9	1301,4
Cu (g kg ⁻¹)	17	12,0 - 29,0	28,8	21,5
Mn (g kg ⁻¹)	16	5,0 - 39,0	70,2	36,4
Zn (g kg ⁻¹)	21	10,0 - 37,0	36,3	29,5
Materia orgánica total	932,6	848,9 - 976,0	3,1	
Lignina	426,3 [45,8]	323,0 - 556,5	16	
Hemicelulosa	350,8 [37,7]	273,0 - 415,8	12,7	
Celulosa	193,6 [20,8]	140,2 - 249,0	14,8	
Grasas	121,0 [13,0]	77,5 - 194,6	28,9	
Proteínas	71,5 [7,7]	43,8 - 115,0	24,5	
Carbohidratos (solubles)	95,8 [10,1]	12,9 - 164,0	50	
Fenoles (solubles)	14,2 [1,5]	6,2 - 23,9	41	

CV: coeficiente de variación; (1) alperujo de la zona de Aparicio, Cnel. Dorrego, Argentina, de un año de antigüedad, elementos determinados por espectrometría de emisión atómica por plasma

Vías de aprovechamiento del alperujo

Aplicación directa al suelo

La aplicación de alperujo adecuadamente mezclado e incorporado al suelo, crudo o después de compostado, a una dosis razonable, constituye una contribución efectiva para incrementar la producción (Alburquerque *et al.*, 2007). Sin embargo, la aplicación de este subproducto puede producir la inmovilización del N y P del suelo y causar deficiencias de los mismos elementos en plantas, disminuyendo la producción de los cultivos. Sin embargo, Lopez –Piñeiro y colaboradores (2008) mostraron un aumento significativo en el contenido total de N, P y K disponible y la repetida aplicación de este residuo a un suelo implantado con olivos causó un efecto positivo sobre la producción.

Los subproductos de la industria del olivo mejoran sustancialmente la fertilidad física, la porosidad con efecto benéfico sobre la retención de agua, la conductividad hidráulica y la estabilidad estructural. La aplicación de altos contenidos de alperujo, del orden de 210 Mg ha⁻¹ produce un aumento en el valor de la capacidad de campo y punto de marchitez permanente, mostrando una tendencia a aumentar el agua disponible.

Una nueva tecnología fue desarrollada para solventar las dificultades de reciclar alperujo con propósitos agronómicos. El proceso consiste en mezclas de alperujo descarozado con residuos orgánicos higroscópicos (paja, residuos de lana, aserrín, hojas de olivo, ramas de la molienda de la aceituna y residuos de poda) empaquetados en bolsas y almacenados al aire libre, pero

protegidos de las lluvias por un período de tres meses para permitir la natural actividad microbiana. El resultado es un producto relativamente seco y fácil de transportar para uso comercial. El uso de este material en suelo a razón de 9 Mg ha⁻¹ durante cinco años en un cultivo intensivo de olivo mostró un incremento significativo del carbono orgánico total y los ácidos húmicos, hasta un 40% y un 58%, respectivamente.

Compostaje

El co-compostaje del alperujo con otros residuos agrícolas ha sido estudiado por diversos autores. Dado que se trata de un residuo con una consistencia pastosa que difícilmente deja circular aire, se debe mezclar con paja (Madejón *et al.*, 1998), residuos de algodón (55,82) virutas de madera, ramas de vid, cama vacuna, pasto (sorgo) y hojas de olivo, para permitir obtener una porosidad adecuada en el proceso de compostaje. En todos los casos el producto final mostró buen grado de humificación, ningún efecto fitotóxico y considerable cantidad de nutrientes minerales.

Las características del alperujo dificultan su compostaje mediante aireación forzada, debido a la generación de vías preferenciales de flujo de aire que secan el material formando agregados, por lo que se ha aconsejado el volteo mecánico de las pilas para airear la mezcla.

Una característica relevante durante el compostado de alperujo es el alto valor de pH alcanzado (> 9). El compostado de alperujo es caracterizado por un prolongado período termofílico (Aguirre *et al.*, 2007) el cual puede ser optimizado y aun reducido por el uso de agentes estructurantes apropiados.

CONCLUSIONES

El alperujo presenta varias posibilidades de aprovechamiento, dejando de ser un residuo de la industria y convirtiéndose en un subproducto. Estas vías de aprovechamiento, algunas son más económicas (compost) y otras más onerosas, pero todas son factibles de utilizar.

BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, ME; E Teruel; MA Commegna & R Santamaría. 2007. Reciclado del orujo de aceituna. 8ª Jornada de Medio ambiente. 1ª Jornada de consulta y Participación Pública. Bahía Blanca. Argentina, 4 y 5 junio.
- Albuquerque JA; J Gonzalez; D García & J Cegarra 2004. Agrochemical characterization of "alperujo", a solid by-product of two-phase centrifugation method for olive oil extraction. Bioresource Technology. 91 (2):195-200.
- Albuquerque, JA; J Gonzalez; D García & J Cegarra. 2007. Effects of a compost made from the solid by-product ("alperujo") of the two-phase centrifugation system for olive oil extraction and cotton gin waste on growth and nutrient content of ryegrass (*Lolium perenne* L.) Bioresource Technology 98 (4): 940-945.
- Madejón, E; E Galli & U Tornati 1998. Composting of wastes produced by low water consuming olive mill technology. Agrochimica 42: 135-146.
- Lopez-Piñeiro, A; A Albarrán; JM RatoNunes & C Barreto. 2008. Short and medium-term effects of two-phase olive mill waste application on olive grove production and soil properties under semiarid conditions. Bioresource Technology 99 (17), 7982-7987.
- Picardi, MS & L Obiol. 2011. Desarrollo Territorial Sostenible - El caso de la olivicultura - Un estudio para la región del sudoeste de la provincia de Buenos Aires – Argentina. Trayectorias, Año 13 (32): 94- 117, enero-junio 2011. -Revista de Ciencias Sociales de la Universidad Autónoma de Nuevo León, México
- Tejada, M & JL González. 2004. Effects of application of a by-product of the two-step olive oil mill process on maize yield. Agronomy Journal 96, 692-699.

PRODUCTIVIDAD DE UN OLIVAR DE LA VARIEDAD NEVADILLO POR DIFERENTES DOSIS DE RIEGO EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Kittler, M.G.

Dpto. Agronomía-UNS

RESUMEN: El partido de Coronel Dorrego posee 2000 de las 2500 hectáreas de olivos que se encuentran implantados en la provincia de Buenos Aires. El objetivo del trabajo fue evaluar la producción en kg/planta y el rendimiento graso de olivos de aproximadamente 50 años de edad, sometidos a tres dosis de riego. Este ensayo se llevó a cabo en una finca olivícola ubicada en el partido de Coronel Dorrego. Para obtener la máxima eficiencia en el uso del agua y optimizar la producción, en el año 2007 se comenzó a trabajar en un ensayo de larga duración en olivos con riego por goteo, aplicándose tres dosis de riego: riego doble (RD), riego normal (RN) y riego reducido (RR), suministrando cada tratamiento caudales de 42 L/hora, 21 L/hora y 10,5 L/hora, respectivamente. La temporada de riego fue de octubre de 2009 a mayo de 2010. El trabajo se llevó a cabo sobre árboles adultos de la variedad "Nevadillo", con un marco de plantación de 10 x 10 metros. El diseño estadístico fue en bloques al azar, con cuatro repeticiones por tratamiento, la parcela elemental estuvo compuesta por 9 árboles, seleccionándose el central. Las variables estudiadas fueron: rendimiento en kg/árbol, contenido graso y peso promedio de los frutos, medida polar y ecuatorial promedio del fruto entero y del carozo, peso seco del carozo y de la pulpa, y la relación entre estos dos últimos parámetros. Con el tratamiento RD se obtuvo el mayor peso de la aceituna, tanto húmeda como seca, al igual que las medidas polares y ecuatoriales, la relación pulpa/caroza y el rendimiento graso, diferenciándose significativamente de los restantes tratamientos. En cambio, no se hallaron diferencias significativas entre los rendimientos obtenidos de RD, RN y RR. Se concluye que el RN podría reducirse hasta la mitad sin afectar los rendimientos.

PALABRAS CLAVE: olivos, riego, rendimiento, Coronel Dorrego

INTRODUCCIÓN

La provincia de Buenos Aires tiene un área ecológica apta para el cultivo del olivo en los partidos de Coronel Rosales, Coronel Dorrego, Bahía Blanca, Villarino y Patagones. Se han realizado plantaciones también en Viedma y Las Grutas, en la provincia de Río Negro. La producción regional está caracterizada principalmente por el cultivo de tres variedades: "Arbequina", "Farga" y "Nevadillo", que le dan características organolépticas diferenciadas a sus aceites (Elisei *et al.*, 2007).

El promedio anual de precipitaciones ronda los 700 milímetros, mientras que el olivo necesita 1200 milímetros anuales. En esta zona el riego es complementario, siendo para los especialistas lo ideal el riego por goteo, ya que maximiza la eficiencia del agua utilizada (Arena, 2011).

La variedad Nevadillo es de origen español, país donde se cultivan 20.000 ha aproximadamente. La denominación "Nevadillo" hace referencia al aspecto blanquecino del fruto, consecuencia de la alta presencia de pruina en la piel (cerosidad). Se lo utiliza para la elaboración de aceite. Es un árbol de porte abierto con una mediana densidad de copa. Variedad vigorosa, de rápida entrada en producción, siendo además elevada y constante. Su época de maduración es temprana, y tiene fácil desprendimiento de la aceituna, lo que facilita su mecanización. Las hojas son de tamaño mediano, algo cortas en longitud, la superficie es plana. El fruto es de tamaño mediano a chico (aproximadamente 2 gramos). Es de forma ovoide y es ligeramente asimétrico. La mayor parte aislados, con ápices ligeramente apuntados. Color morado en la madurez, con abundante pruina (ceras) que dan un aspecto blancuzco. Carozo semejante al fruto terminado en punta, superficie

no rugosa, con estrías bien definidas. Es una variedad bastante rústica, adaptándose a una diversidad de climas y suelos (www.provedo.com).

El olivo se ha cultivado tradicionalmente en condiciones de secano. Es un cultivo bien adaptado a los secanos mediterráneos, con producciones aceptables y capaces de sobrevivir a períodos de intensa sequía. Sin embargo, desde hace tiempo se ha comprobado experimentalmente que la práctica del riego aumenta considerablemente el rendimiento del olivar, incluso cuando las aportaciones de agua son muy reducidas (Barranco *et al.*, 2001).

En este sentido se ha estudiado desde la década del 80, estrategias que consideran la restricción del suministro hídrico en alguna etapa del desarrollo de la planta, de manera que no afecte en forma significativa los rendimientos, calidad del fruto ni el desarrollo normal de la planta. La base de esta estrategia consiste en aplicar un *riego deficitario* en períodos no críticos, es decir, en etapas fenológicas en las cuales la falta de agua no afectaría seriamente a la producción ni a la calidad del fruto (Ferreira *et al.*, 2001).

Los objetivos del trabajo fueron: evaluar la productividad del olivo del año 2010 bajo tres diferentes dosis de riego por goteo, comparar la producción y eficiencia productiva del olivar y el contenido graso alcanzado bajo las tres dosis de riego y establecer pautas para un manejo eficiente del sistema de riego en el olivar.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se encuentra en el partido de Coronel Dorrego a unos 20 km al sudeste del ingreso a la localidad mencionada, 5 km hacia el sudoeste de la estación ferroviaria "Faro" y a 16 km de la costa del océano Atlántico tomados en línea recta.

La variedad de olivo que se analizó en este trabajo fue Nevadillo, destinada a la producción de aceite, en ejemplares de más de 50 años de edad. Los árboles están plantados en un marco de 10 x 10 m, equivalente a 100 árboles por hectárea. Se instaló un sistema de riego por goteo y se colocaron tensiómetros para monitorear el potencial hídrico del suelo.

Para el ensayo se utilizaron las dos líneas de riego instaladas por el productor, denominando a este riego normal (RN), ubicadas una a cada lateral de las líneas de plantación, con un aporte de 21 L h^{-1} y una superficie de mojado de $2600 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. El denominado riego doble (RD) presenta un caudal de 42 L h^{-1} y una superficie de mojado de $5400 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Por último, el riego reducido, con un caudal de $10,5 \text{ L h}^{-1}$ y una superficie de mojado de $1300 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$. Para el RD se adicionaron, a las del RN, dos líneas más de goteros, paralelas y separadas entre sí a 1,2 m, y en RR se utilizan las mismas líneas de RN, pero se anula gotero por medio. En todos los casos se respetó la frecuencia y duración de los riegos programada por el productor, manteniendo la humedad del suelo a una tensión de entre 20 y 60 cb, registradas por una batería de tensiómetros a diferentes profundidades.

La evaporación de referencia se estimó con la expresión de Hargreaves (1983), calibrada frente a la de Penman-Monteith (Almorox *et al.*, 2010), y el coeficiente de cultivo (K_c) se determinó en base a tres componentes $K_c = K_t + K_s + K_g$ (Orgaz *et al.*, 2005), que corresponden a cada uno de las siguientes variables: K_t , coeficiente de transpiración; K_s , coeficiente de evaporación desde la superficie del suelo, y K_g , coeficiente de evaporación desde el suelo humedecido por los goteros (bulbos).

La finca utiliza para la extracción de aceite una centrífuga horizontal de dos fases, donde se genera un subproducto orgánico de difícil manejo denominado alperujo (Arena, 2011).

Para cada uno de los tres tratamientos se seleccionaron cuatro árboles, totalizando doce unidades muestrales. El 6 de junio de 2010 se cosecharon las plantas correspondientes a los tres tratamientos estudiados en este trabajo, registrándose los datos de rendimiento y de volumen de copa de los árboles.

Cada una de las muestras recogidas fue homogeneizada por color (verdes y negras) y de cada color se separaron dos submuestras aleatorias de 50 aceitunas cada una, es decir, un total de 200 aceitunas. Luego, se procedió a realizar las siguientes determinaciones: peso y medida polar y

ecuatorial de la aceituna entera, porcentaje de humedad de 50 aceitunas, peso y medida polar y ecuatorial de los carozos, contenido graso y porcentaje de humedad de la pasta. Para el análisis estadístico se empleó el test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 1 se muestra la cantidad de agua teórica a aportar (ETc), lluvias, riego teórico y riego aplicado por el productor en la temporada de octubre de 2009 a mayo de 2010. La cantidad de agua teórica por riego surge de la resta de la cantidad de agua necesaria (ETc) menos las lluvias ocurridas en la temporada. Para el caso del RR, la cantidad de agua teórica por riego arroja un valor negativo; esto se debe a que las precipitaciones exceden a la ETc para ese tratamiento. En los tratamientos RD y RN el agua aportada no alcanzó a satisfacer las necesidades calculadas según la expresión de Kc (Orgaz *et al.*, 2005). Sin embargo, con las dosis de riego aplicadas por el productor las lecturas tensiométricas del suelo se mantuvieron dentro del rango de 20 a 60 cb, por lo que se considera que la utilización de ese Kc estaría sobreestimando la cantidad de agua a aplicar.

Tabla 1. Cantidad de agua calculada a aportar (ETc), lluvias, riego teórico y riego aplicado por el productor.

Tratamientos	RD	RN	RR
Cantidad de agua necesaria ETc (mm/temporada)	818	628	540
Lluvias (mm/temporada)	573	573	573
Cantidad de agua teórica por riego (mm/temporada)	245	55	-33
Cantidad de agua aportada por riego (mm/temporada)	68	34	17,5

La Tabla 2 muestra los resultados de las medidas polar y ecuatorial de la aceituna entera y de sus carozos en milímetros, valores máximos, mínimos y desvío estándar de cada una de las variables consideradas. Las letras diferentes entre los tratamientos para cada variable indican que difieren estadísticamente ($p < 0,05$). Tanto en la medida polar promedio como en la medida ecuatorial promedio de frutos y carozos, el tratamiento RD supera de manera significativa a los demás tratamientos.

Tabla 2. Medidas polar y ecuatorial de los frutos y sus carozos en mm, valores máximos, mínimos y desvío estándar de cada una de las variables consideradas.

	Frutos			Cározos		
	Tratamientos			Tratamientos		
	RD	RN	RR	RD	RN	RR
Polar promedio (mm)	22,99 b	21,53 a	21,52 a	16,96 b	16,59 a	16,85 b
Polar máximo (mm)	30,77	27,83	28,72	22,72	20,91	22,07
Polar mínimo (mm)	9,94	10,90	13,06	5,16	5,89	8,54
Desvío estándar	3,07	2,80	2,85	2,56	1,97	1,91
Ecuatorial promedio (mm)	14,61 c	13,18 b	12,91 a	7,65 b	7,41 a	7,32 a
Ecuatorial máximo (mm)	20,55	20,38	19,60	9,59	9,37	9,33
Ecuatorial mínimo (mm)	3,51	1,08	1,58	3,60	2,82	4,30
Desvío estándar	2,01	2,19	2,25	1,02	0,76	0,74

En la Figura 1 se muestran los resultados obtenidos al analizar muestras de 50 aceitunas, a las que se les midió el peso en base húmeda y el peso en base seca, luego de ser sometidas a la deshidratación en estufa de 50° C durante 48 horas. Este gráfico muestra diferencias significativas entre el RD y los dos restantes tratamientos (RR y RN), resultando tanto el peso en base húmeda como en base seca mayores en el primero. Esto respalda lo observado en el cuadro anterior, siendo el tamaño de los frutos mayor en aquellos árboles a los cuales se les aplicó riego doble (RD). El contenido de humedad de los frutos en base seca a 50° C registró valores similares para los tratamientos de RD y RR. El RN difirió de los otros dos tratamientos, resultando en un menor porcentaje de humedad. Según Aguirre *et al.* (2010), sería esperable que el contenido de humedad de los frutos en base seca fuera superior en el tratamiento con mayor dotación de riego, dado que el olivo dispone de un mayor volumen de suelo húmedo a explorar por sus raíces. Sin embargo, los resultados obtenidos en este trabajo no concuerdan con lo expresado anteriormente.

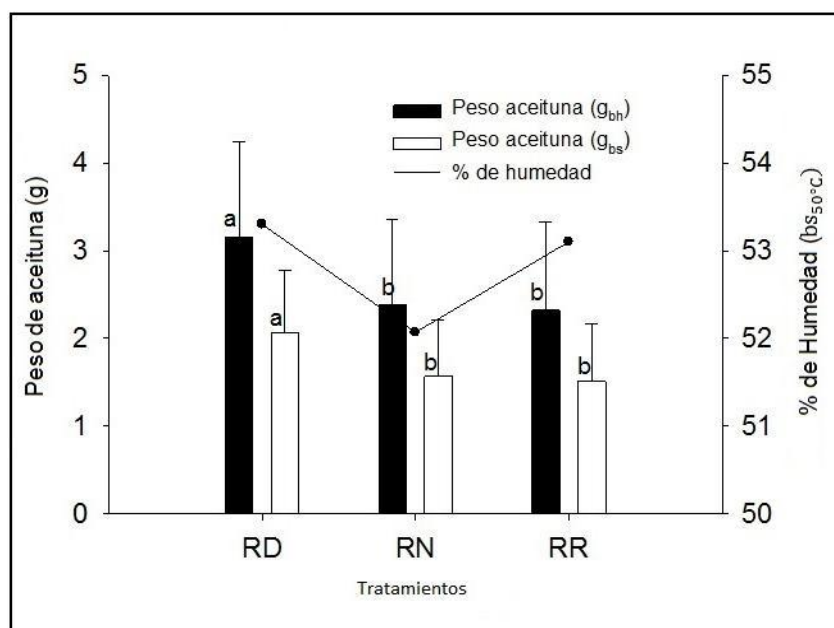


Figura 1. Peso de la aceituna en base húmeda (bh) y en base seca (bs) y porcentaje de humedad en base seca, para cada uno de los tratamientos.

La Figura 2 muestra la producción en kg por árbol y el número de frutos por árbol para cada tratamiento. En cuanto al rendimiento y de acuerdo al test estadístico aplicado, no se detectaron diferencias significativas. Sin embargo, se destaca levemente el tratamiento RN, en el cual se produjo un incremento del 20% con respecto al riego reducido y al riego doble (RR y RD, respectivamente). Además, cabe señalar que se observó disparidad de producción entre plantas del mismo tratamiento. Respecto al número de frutos por planta, tampoco se hallaron diferencias significativas entre los tres tratamientos, aunque se observa que aquellos olivos a los cuales se les aplicó riego doble (RD) presentaron menor número de frutos respecto a los restantes tratamientos. Este menor número de frutos por árbol genera, como es de esperar, frutos de mayor tamaño (Tabla 2).

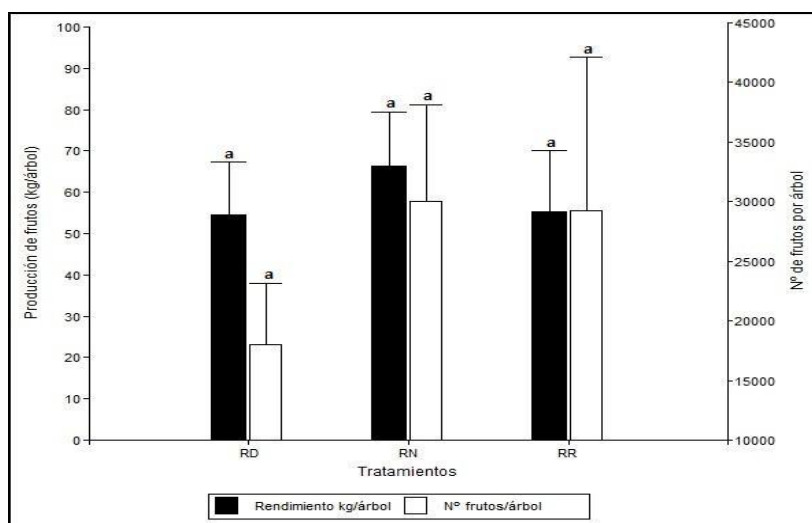


Figura 2. Producción (kg/árbol) y número de frutos por árbol para cada uno de los tratamientos.

Para evaluar la capacidad productiva de los olivos sometidos a las tres dosis de riego diferentes se empleó un estimador que es la eficiencia productiva (kg m^{-3} de copa). Según el test estadístico aplicado, no fueron halladas diferencias significativas entre los tres tratamientos. Sin embargo, la tendencia observada en la Figura 3 muestra cierta disparidad ya que, por ejemplo, el tratamiento RN prácticamente duplicó la eficiencia productiva obtenida con RD.

En la Figura 4 se muestran los resultados obtenidos al analizar el contenido graso de la pasta de aceitunas extraída del circuito de la almazara. Los resultados están expresados como porcentaje en base seca. Como se observa, no se hallaron diferencias significativas entre RN y RR, pero sí entre éstos y el RD, el cual produjo aproximadamente un 25,5% más de materia grasa que los dos primeros. Varios autores (Vega *et al.*, 2002; Hidalgo *et al.*, 2009) coinciden en que el riego aumenta el contenido graso de los frutos de olivo, pero comparando condiciones en secano y bajo riego. En su trabajo, Vega *et al.* (2002) obtuvieron el menor contenido graso en los olivos control (secano), mientras que los tratamientos regados, con tres dosis diferentes, dieron el mayor contenido graso. Sin embargo, no hallaron diferencias significativas entre las distintas dosis de riego aplicadas. Hidalgo *et al.* (2009) consideran que si bien la aplicación de agua en los momentos críticos del olivo, como la primavera (floración, cuajado y endurecimiento del hueso) y el otoño (maduración del fruto y formación de aceite) permiten incrementar la producción de manera notable con relación al secano, un exceso de agua de riego puede provocar complicaciones en el proceso de extracción del aceite al dificultarse de manera notable por el aumento de la humedad del fruto provocada por el riego e incluso cambios en su calidad final.

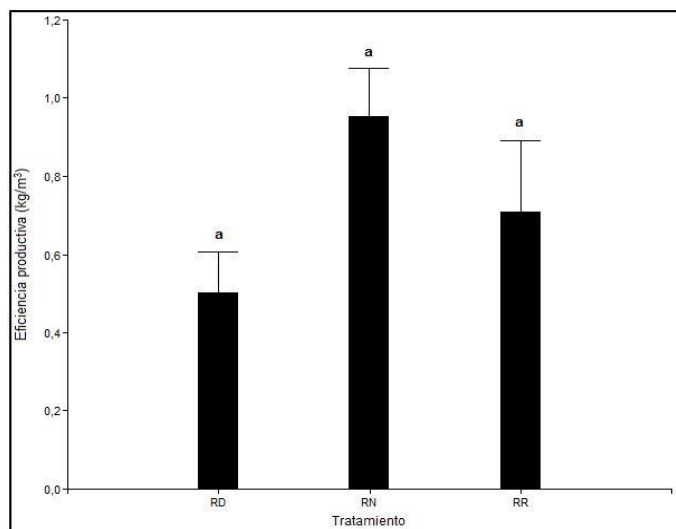


Figura 3. Eficiencia productiva en kilogramos por unidad de volumen de copa (m³) de cada tratamiento.

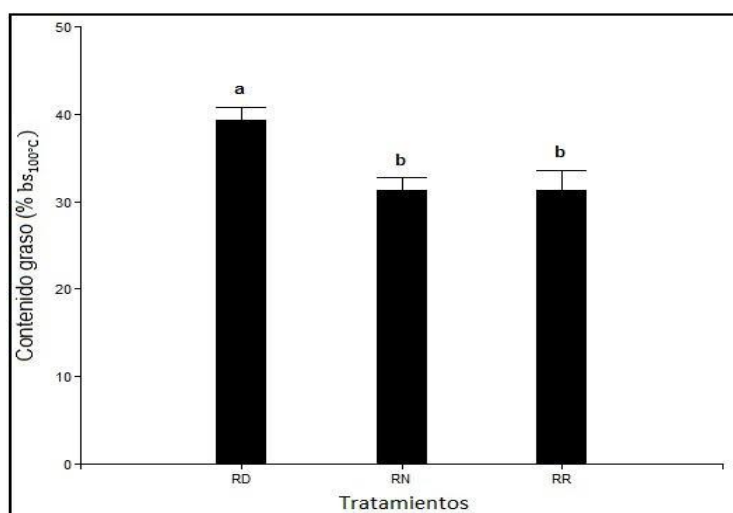


Figura 4. Contenido graso del fruto en cada uno de los tratamientos.

Para cada uno de los tratamientos se calculó la relación pulpa/carozo, en base húmeda (bh) y en base seca (bs) a 100° C. En la Figura 5 se puede observar que la más alta relación pulpa/carozo en base húmeda corresponde al tratamiento RD, diferenciándose estadísticamente de los demás tratamientos, lo que está en relación con el tamaño y el peso de las aceitunas. Esta tendencia se repite cuando se consideran la relación pulpa/carozo en base seca.

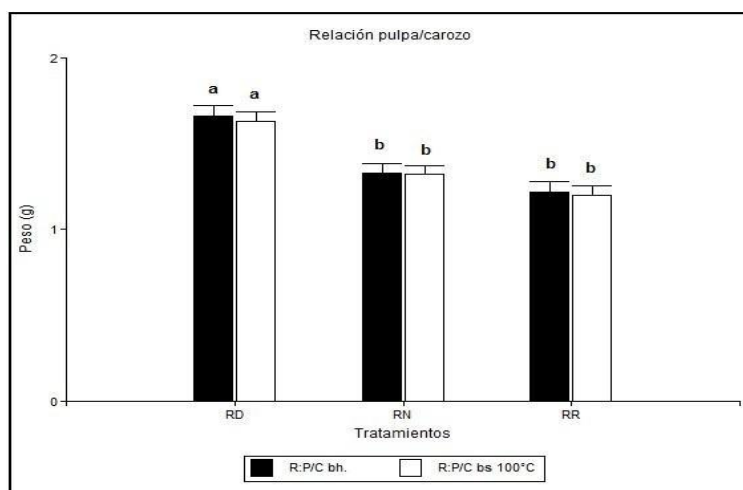


Figura 5. Relación pulpa/carozo en base húmeda (bh) y en base seca (bs) en cada uno de los tratamientos.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el riego normal, que es el utilizado por el productor, podría reducirse incluso hasta la mitad sin afectar los rendimientos. Un incremento del 100% respecto del riego normal no influye en el rendimiento, pero sí en el contenido graso, ya que aumenta de 31% a 39%. Por otra parte, el riego normal resultó ser el más eficiente ya que fue el que brindó el mayor rendimiento por unidad de volumen (kg m^{-3}).

BIBLIOGRAFÍA:

- Aguirre, ME; VR Elisei; A Commegna & RM Santamaría. 2010. Riego por goteo en olivo en el partido bonaerense de Coronel Dorrego. En V Jornadas de Actualización en Riego y Fertirriego. Mendoza, Agosto 2010.
- Arena, JM. 2011. Contenido graso del fruto de cinco variedades de olivo. Trabajo final Ingeniería Agronómica. Universidad Nacional del Sur.
- Barranco, D; D Fernández-Escobar & L Rallo. 2001. El cultivo del olivo. Mundi-Prensa y Junta de Andalucía. Madrid, 701 págs.
- Elisei, VR; ME Aguirre & R Santamaría. 2007. El desafío de la olivicultura en el Sudoeste Bonaerense. AgroUNS, Año IV, N° 7.
- Ferreira, R; G Sellés & I Sellés. 2001. Riego deficitario controlado en olivos. Boletín INIA N° 59. Santiago, Chile, 2001.
- Hidalgo, JJ; V Vega & JC Hidalgo. 2009. El riego y su relación con la calidad del aceite de oliva virgen extra. Vida Rural, N° 296.
- Orgaz, F; F Villalobos; L Testi; M Pastor; JC Hidalgo & E Fereres. 2005. Programación de riegos en plantaciones de olivar. Metodología para el cálculo de las necesidades de agua de riego en el olivar regado por goteo. En: Muñoz-Cobo M. P., ed. Cultivo del olivo con riego localizado. Junta de Andalucía y Mundi-Prensa, Madrid, pp 83-136.
- Vega, V; M Pastor; M Fernández; J Rojo; H Rapoport; F Orgaz; J Salas & A Zapata. 2002. Estrategias de riego localizado en olivar. I Jornadas Técnicas del Aceite de Oliva. Madrid, 23-24 Abril de 2002.
- www.provedo.com, 2012

ADICIÓN AL SUELO DE RESIDUOS DE LA INDUSTRIA OLIVÍCOLA

Laurent G.C.¹, L. Suñer², J.M. Ottogalli³

¹Dpto Agronomía, Universidad Nacional del Sur. gabriela.laurent@uns.edu.ar

²Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. Buenos Aires. Dpto. Agronomía-UNS

³ Dpto. Agronomía-UNS

Los resultados de este trabajo fueron publicados en Acta Horticulturae 1057, nov. 2014.

RESUMEN: El presente estudio se llevó a cabo en laboratorio, con tubos de acrílico donde se colocaron en forma sucesiva los horizontes de suelo, tal como se encuentran en el perfil de suelo. Se aplicaron dosis equivalentes a 0, 20, 40 y 80 Mg ha⁻¹ de alperujo en el horizonte Ap. Todos los tratamientos se sometieron a 4 lavados con agua destilada de 167mm cada uno y se recogieron los extractos de lixiviación de los mismos. Se ha demostrado que la composición catiónica y aniónica de los extractos lixiviados revela la dominancia del Ca²⁺+Mg²⁺, Na⁺ y HCO₃⁻, el pH aumenta a valores cercanos a ocho en todos los tratamientos y la conductividad eléctrica al final del proceso llega a valores de 0,42 dSm⁻¹ para 0 Mg ha⁻¹ y 0,63 dS m⁻¹ para 80 Mg ha⁻¹. Estos resultados no suponen un riesgo de contaminación de las aguas percoladas del perfil. El complejo de intercambio del horizonte Ap sufre por efecto del lavado un proceso de disminución de cationes, en todos los tratamientos, siguiendo la siguiente secuencia Na⁺ > K⁺ > Ca²⁺+Mg²⁺. Los horizontes subyacentes, a medida que aumenta la dosis de alperujo, se enriquece en K⁺. En las dosis evaluadas la aplicación de alperujo al suelo no produjo efectos adversos. El estudio de la dinámica de cationes tanto como solubles e intercambiables en el perfil del suelo motivada por la incorporación de alperujo ha puesto de manifiesto la eficacia del suelo como depurador de sustancias orgánicas.

PALABRAS CLAVE: alperujo, lixiviados, contaminación.

INTRODUCCION

La producción mundial de aceitunas se destina principalmente a la obtención de aceites (90%) y el resto para elaboración de aceituna de mesa (10%). En cuanto al destino de la producción de aceitunas en Argentina, el 65% se dispone para la elaboración de aceite y el 35% para aceituna de mesa. Según el COI, nuestro país se convirtió en el principal productor de aceite de oliva de América del Sur (Matias *et al.*, 2012). La provincia de Buenos Aires tiene un área agroecológica apta para el cultivo del olivo en el Partido de Coronel Dorrego donde el olivo se presenta como un cultivo alternativo de interés. La mayoría de las almazaras emplean el sistema continuo de dos fases produciendo cantidades enormes de residuo, ya que se obtienen aproximadamente 80 toneladas de alperujo de cada 100 toneladas de aceitunas extraídas. En la zona existen cuatro plantas extractoras de aceite de oliva, se estima una producción aproximada de 1500 Mg de aceituna, lo que representaría un total de 1200 Mg de alperujo (Ottogalli, 2017). Este residuo es una mezcla compleja constituida por piel, pulpa y huesos con un alto grado de humedad, es un producto semisólido, de elevado contenido de materia orgánica ($\geq 93\%$), de naturaleza lignocelulósica y con elevado potencial fitotóxico debido a la presencia de polifenoles. Presenta también un pH ácido (media 5,32), y es esencialmente rico en potasio (K), pobre en fósforo (P), y calcio y magnesio (Ca²⁺ y Mg²⁺). El contenido en nitrógeno (N) es también bajo si se compara con otros residuos y entre los micronutrientes se destaca el hierro (Fe) (Albuquerque *et al.*, 2004). La aplicación del alperujo al suelo determina efectos en las propiedades químicas y estructurales de este ya que produce la inmovilización del N disponible por las plantas, aumenta la salinidad en suelos de tipo Alfisol por desplazamiento del Ca²⁺ y el K⁺ al complejo de cambio y disminuye el Mg²⁺ asequible a las plantas por efecto antagónico con el K⁺ (Paredes *et al.*, 1999). El principal

problema de la aplicación de alperujo es la posible contaminación del suelo y las aguas de infiltración por fenoles y sales, si las cantidades aplicadas exceden la capacidad depuradora del mismo. No obstante el considerable potencial de fertilización de estos residuos, es muy importante, por su contenido en compuesto orgánicos e inorgánicos útiles.

El propósito de este estudio fue establecer la dosis de aplicación más adecuada de alperujo en un suelo Paleudol petrocálcico con el fin de evitar un posible deterioro de la calidad de las aguas por lavado y transporte de soluto, evaluando su eliminación controlada para evitar la contaminación del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se preparó un ensayo de lixiviación en columnas de suelo. Para ello se usaron columnas de acrílico de 50 cm de longitud, 72 mm de diámetro interno y 80 mm de diámetro externo, divididas en secciones de 10 cm para facilitar su posterior estudio. Las mismas se llenaron con muestras disturbadas secas al aire y tamizadas por de 2mm, siguiendo la secuencia y el espesor de los horizontes del suelo. En la Tabla 1 se observan las características físicas y químicas de los horizontes del perfil de suelo y alperujo utilizado. Previo al llenado de las columnas, el alperujo se mezcló completamente con el horizonte Ap (10 cm de profundidad) a razón de 20, 40, y 80 Mg ha⁻¹, cuyas características químicas se presentan en la Tabla 2. Luego se simuló la aplicación de lluvias de acuerdo a la precipitación media del Partido de Coronel Dorrego de 669 mm. Esta lluvia fue distribuida durante cuatro semanas en iguales cantidades de 167 mm cada una y se denominaron L1, L2, L3 y L4. Se utilizó agua destilada para simular la precipitación. En cada uno de cuatro lixiviado de cada columna, se realizaron las determinaciones de cationes y aniones solubles, pH y conductividad eléctrica (CE). Al finalizar el ensayo, las muestras de suelo fueron extraídas de las columnas y secadas al aire. Se determinó capacidad de intercambio catiónico (CIC) y cationes intercambiables en cada uno de los horizontes del suelo. Todas las determinaciones se realizaron según las técnicas recomendadas por el Manual para el Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos Sódicos (Richards, 1977).

Los métodos utilizados para la caracterización del alperujo (Tabla 1) fueron similares a los realizados en suelo, a fin de poseer el mismo patrón de comparación.

RESULTADOS Y DISCUSION

Después del pasaje de los primeros 167 mm (L1) de lámina de agua, el pH fue cercano a la neutralidad, sin embargo el valor de pH se incrementó en los lixiviados de L2, L3 y L4 de todas las mezclas. El agua percolada en L1, tiene una mayor concentración de sal expresada como C.E., siendo de 1,90 dSm⁻¹ para 80 Mg ha⁻¹ de alperujo y de 1,30 dSm⁻¹ para el testigo (0 Mg ha⁻¹). Los valores alcanzados, al final de los 669 mm aplicados al perfil (L4), son bajos, presentando para el tratamiento de 80 Mg ha⁻¹ (0,63 dSm⁻¹) diferenciándose significativamente del testigo (0 Mg ha⁻¹) (0,42 dSm⁻¹) (Aguirre *et al.* 2014).

Los cationes Ca²⁺ + Mg²⁺ y K⁺, en cada uno de los extractos de lixiviación obtenidos, para una misma lámina de agua aplicada, no presentaron diferencia significativa entre dosis alperujo incorporado al horizonte Ap. El ion Na⁺ en el lixiviado de L3 difiere significativamente entre 0 Mg ha⁻¹ y 80 Mg ha⁻¹. (Aguirre *et al.* 2014).

En el tratamiento de mayor dosis de alperujo, el contenido de Ca²⁺ + Mg²⁺ fue 45 % mayor que el obtenido en las aguas de percolación del suelo sin alperujo, por aplicación de las láminas de 167 (L1) y 334 mm (L2). La concentración de estos elementos en los diferentes volúmenes de agua, para todos los tratamientos, presenta una clara tendencia descendente a lo largo del tiempo. La pendiente del proceso de lixiviado sigue el siguiente orden 80 Mg ha⁻¹ > 20 Mg ha⁻¹ > 40 Mg ha⁻¹ > 0 Mg ha⁻¹. (Aguirre *et al.* 2014).

Tabla 1. Caracterización química del suelo y del alperujo.

Horizonte	Ap	A ₂	Bt	C	Alperujo
Arena	48,4	47,9	43,6	44,9	
Limo	31,1	27,7	23,9	25,6	
Arcilla	20,5	24,4	32,5	29,5	
Materia orgánica	4,8	4	2,5	0,9	86,8
Bases intercambiables					
Ca ²⁺ +Mg ²⁺	13	13,3	18,5	20,34	4,78
Na ⁺	0,92	2	2,1	2,2	1,73
K ⁺	2,66	1,81	2,15	1,14	26,4
CIC	17,1	19,5	24,3	19,3	37,4
PSI	5,38	10,25	8,64	11,39	4,62
C.E. dSm ⁻¹	0,49	0,41	0,3	0,29	19
pH	7,1	7,2	7,5	7,7	6,1
Sales solubles					
Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	4	4	2,9	3,9	18,36
Na ⁺	1,5	1,3	1,2	1,1	7,74
K ⁺	1,5	1,7	0,9	0,7	181,89
Cl ⁻	1,4	1,6	1,2	0,8	9,28
HCO ₃ ⁻	1,7	1,6	1,6	1,6	5,18
SO ₄ ²⁻	0,9	0,7	0,7	0,6	8,01
RAS	1,05	0,95	1,02	0,8	2,55

Bases intercambiables: me/100 g o cmol (+) Kg suelo. C.E. (dS m⁻¹) y pH en suelo en extracto de saturación. Sales Solubles: cationes y aniones solubles en extracto de saturación. CO₃⁼: no detect.

Tabla 2: Características químicas del horizonte Ap con alperujo incorporado en diferentes dosis.

Mezclas	Ap + 20 Mg ha ⁻¹	Ap + 40 Mg ha ⁻¹	Ap + 80 Mg ha ⁻¹
Materia orgánica (%)	4,8	8,7	13,6
pH (extracto)	6,9	6,5	6,3
C.E. (1) dSm ⁻¹	2,12	2,8	4,9
Iones Solubles (me L ⁻¹)			
Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	10,77	13,43	20,69
Na ⁺	2,15	3,26	3,81
K ⁺	4,63	7,19	16,89
HCO ₃ ⁼	4,8	6,85	12,81
Cl ⁻	8,21	11,83	23,05
SO ₄ ⁼	4,99	5,34	7,14
RAS	0,92	1,26	1,18
Cationes intercambiables (cmol(+) kg ⁻¹)			
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	15,93	17,02	18,1
Na ⁺	0,95	1,23	1,17
K ⁺	3,26	3,85	4,91
CIC	20,4	22,8	24,35
PSI	4,66	5,39	4,8

(1) Conductividad eléctrica en extracto de saturación.

El Na^+ es el catión que está en segundo lugar de predominancia, quizás debido a que está más débilmente adsorbido en el complejo de cambio. Como consecuencia de ello su concentración es relativamente alta en la solución del lixiviado. La concentración de Na^+ obtenida en las diferentes láminas de agua percolada, vs la cantidad de Na^+ soluble presente en el perfil con y sin alperujo, da por resultado que en los tratamientos 0 Mg y 20 Mg se pierde aproximadamente en promedio el 95,2%, en cambio en los tratamientos 40 Mg y 80 Mg la pérdida llega al 75% en promedio.

Los valores de K^+ en los extractos de lixiviación fueron similares para los tratamientos de suelo y suelo más alperujo. A medida que aumenta la dosis aplicada al suelo la cantidad lixiviada es menor con respecto a los valores del perfil (Tabla 2), aparentemente el K^+ es retenido sobre la materia orgánica del residuo y el suelo. El K^+ es, en general, el elemento minoritario en las disoluciones de estos suelos, lo cual está relacionado con la menor movilidad geoquímica que presenta este elemento durante el proceso de lixiviado y con la fuerte adsorción a los lugares de cambio, tanto del suelo como a la materia orgánica del alperujo, oponiendo mayor resistencia al paso a la disolución.

A medida que aumenta en el suelo la dosis aplicada de alperujo, la cantidad lixiviada de Cl^- con respecto al contenido soluble inicial del perfil de suelo (Tabla 2) más alperujo disminuye, llegando a un 45% en el tratamiento de 80 Mg ha^{-1} .

En las aguas de lixiviación se observó un exceso de Cl^- (me L^{-1}) anión que formaría pares iónicos en forma de cloruro de sodio, sal fácilmente lavable.

Dado que el Cl^- es muy soluble y prácticamente no presenta reacciones de precipitación y/o solubilización, su patrón de distribución en el suelo está altamente relacionado con el movimiento del agua en el suelo.

La alta solubilidad de los sulfatos y su baja interacción con la fase sólida les confiere alta movilidad en el suelo (Gutiérrez Boem, 2006). Se reconoce al proceso de lavado como el principal mecanismo de pérdida de azufre de los sistemas agrícolas.

Además, una cantidad considerable de azufre orgánico es también soluble en agua y posible de perderse por lixiviación. En nuestro caso la aplicación de L1 produjo en todos los tratamientos una pérdida considerable de SO_4^{2-} , sin influencia de la cantidad de alperujo incorporado. (Aguirre *et al.* 2014).

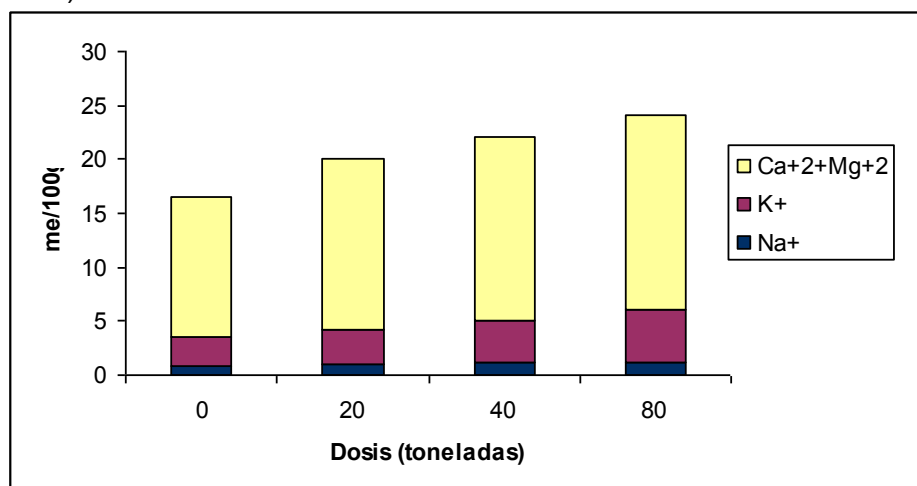


Figura 1. Cationes intercambiables antes (A) del tratamiento del lixiviado. Horizonte Ap

El alperujo es uno de los residuos orgánicos con mayor contenido en potasio, esto determina, como se observa en la Figura 1 que los niveles de este elemento en el horizonte Ap antes del lixiviado (A) se incrementan notablemente con la adición del subproducto. El aumento en la concentración de potasio va acompañado en la misma tendencia por los otros cationes del complejo de cambio.

Luego de la aplicación de 669 mm de lluvia, en el horizonte Ap (D) (Figura 2), se produjo una disminución de la concentración de todos los cationes intercambiables valorados y en mayor

proporción en los tratamientos con dosis de alperujo más elevadas. Los demás horizontes, a medida que aumenta la dosis de alperujo, se enriquecen en K. Los valores de porcentaje de sodio intercambiable (PSI) de los horizontes, luego del lixiviado (Aguirre *et al.*, 2014) resultan sin ningún grado de restricción de uso.

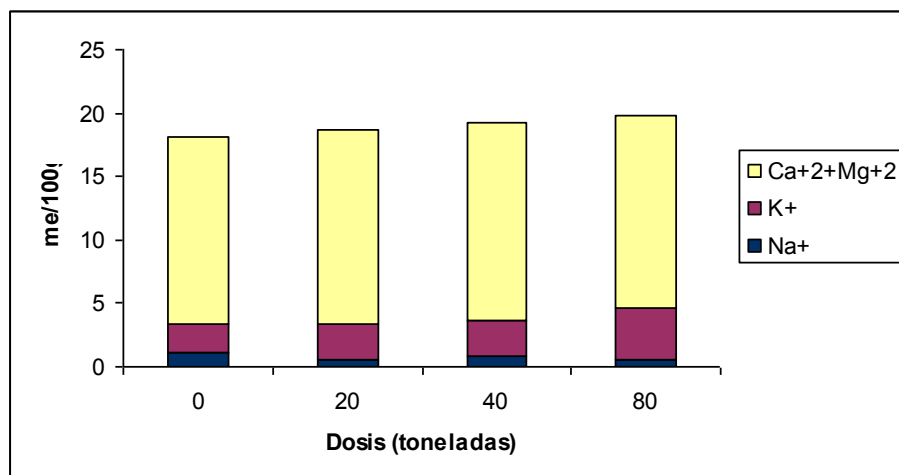


Figura 2. Cationes intercambiables después (D) del tratamiento del lixiviado. Horizonte Ap.

CONCLUSIONES

Se concluye que la aplicación de alperujo al suelo no produjo efectos de contaminación por exceso de sales, cationes ó aniones solubles. El estudio de la dinámica de cationes y aniones, tanto solubles como intercambiables en el perfil del suelo, motivada por la incorporación de alperujo ha puesto de manifiesto la eficacia del suelo como depurador de sustancias orgánicas.

AGRADECIMIENTOS: A la Universidad Nacional de Sur por financiar este proyecto a través del PGI 24 A/188 y al Municipio de Cnel. Dorrego por su colaboración permanente al desarrollo de la olivicultura.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, ME; JM Ottogalli; L Suñer; V Elisei & NJ García. 2014. Evaluation of cation and anion leaching in a soil after treatment with alperujo. *Acta Horticulturae*. Tomo 1057. Nov. pp 321-328. <http://actahort.org/books/1057/>
- Albuquerque, JA; J González; D García & J Cegarra. 2004. Agrochemical characterization of "alperujo", a solid by-product of the two-phase centrifugation method for olive oil extraction. *Bioresource Technology*. 91 (2): 195-200.
- Gutiérrez Boem, FH. 2006. Azufre. En: *Materia Orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos*. R. Alvarez (coordinador). Editorial Facultad de Agronomía 206 p.
- Matías, A; S Molina; V Aybar; J Ladux & J Ortiz. Olivicultura argentina y regional INTA Catamarca, Marzo 2012. inta.gov.ar/argentina/Olivicultura%20argentina%20y%20regional Revisado 3/2/2013.
- Ottogalli, 2017. Trabajo Final de Carrera de Ingeniería Agronómica. Dpto. Agronomía UNS.
- Paredes, C; J Cegarra & A Roig. Sánchez-Monedero, M.A., Bernal, M.P. 1999. Characterization of olive mill wastewater (alpechín) and its sludge for agricultural purposes. *Bioresource Technology* 67: 111-115.
- Richards, LA. (Eds). 1977. *Diagnóstico y Rehabilitación de Suelos Salinos y Sódicos*. Limusa, México. 170 pp

ECONOMIA DE CULTIVOS ALTERNATIVOS EN LA REGION SEMIÁRIDA: EL CASO DE LA OLIVICULTURA

Tedesco L.¹

¹Dpto. Economía, Instituto de Investigaciones Económicas y Sociales del Sur (CONICET-UNS). - ltedesco@criba.edu.ar

RESUMEN: En el Sudoeste Bonaerense (SOB) se destaca un núcleo de productores de aceite de oliva con características diferenciales respecto del aceite originario de otras zonas. Estas particularidades de la región provienen de las propiedades climáticas y edáficas que la diferencian del resto de la Provincia de Buenos Aires. Se trata de pymes con un potencial productivo que podría abastecer el total de consumo nacional, razón por la cual se debería ir generando un proceso de aprendizaje para operar en lo posible como un consorcio regional exportador aprovechando además su cercanía a dos puertos (Buenos Aires o Ingeniero White), o como un polo de desarrollo integrando el turismo y la gastronomía. El objetivo de esta investigación es analizar el clúster que conforman dichos productores y sus vínculos con los proveedores y centros de capacitación, entre otros, a partir de la aplicación de la teoría de las redes sociales. La fuente de datos es un censo realizado a las empresas del sector por la Universidad Nacional del Sur y la Universidad Provincial del Sudoeste entre el año 2015 y el 2016. Además, comentar brevemente la experiencia de extensión por parte de estas Universidades que junto con la UNMdP se vinculan con el sector con el objetivo de conocer al consumidor de aceite de oliva y también se está trabajando en la posibilidad de crear una Marca Colectiva a nivel del SOB. En el trabajo se demuestra que, si bien la red que conforman estas relaciones no es densa, hay un capital social conformado por las acciones cooperativas y por su vínculo con el medio, a la vez que diversifican la compra de insumos en varios proveedores, incluso ajenos a la región.

PALABRAS CLAVE: olivicultura, SOB, economía

INTRODUCCION

En el SOB hay un sector olivícola productor de aceite con características diferenciales respecto del de otras zonas productoras de la Argentina. Se trata de pequeñas y medianas empresas con un potencial productivo en crecimiento ya que la apuesta de las mismas al desarrollo de la actividad se traduce en la siembra de más plantas, la instalación de riego y la capacitación de quienes gestionan las empresas.

El objetivo del trabajo es demostrar que los productores del SOB conforman una red de relaciones de insumo-producto, por un lado, y también de colaboración en cuanto a acciones conjuntas que potencian la productividad del clúster.

MÉTODOS

Para el análisis del cluster olivícola se utiliza como marco de referencia el de la teoría de las redes y se realiza en base a información primaria. En primer lugar se exponen brevemente los conceptos teóricos referidos a la competitividad sistémica de los clusters y a las redes sociales y luego se estudian los vínculos de los productores entre sí y de éstos con determinados eventos que los nuclean. En el caso del análisis del consumidor se han realizado encuestas y también se aplicó la técnica de Focus Group.

RESULTADOS Y DISCUSION

Del análisis conjunto de las relaciones resulta que se trata de un clúster regional no muy denso en lo que hace a compartir eventos que, por otra parte, son bastante diversos en los

siguientes sentidos:

- * hay varios proveedores para cada uno de los insumos, lo que significa que aunque no todos son negocios locales, los productores aplican estrategias de disminuir costos de producción importando de otras zonas del país -incluso de Chile- envases, plantines, agroquímicos y otros insumos menores como hilos y etiquetas,
- * casi la totalidad de los productores contrata mano de obra local temporal, principalmente en época de cosecha, a lo que se suma que la mayoría cuenta con al menos un empleado permanente,
- * hay un efecto derrame hacia el Laboratorio IACA que es donde un gran porcentaje de productores analiza la calidad de su aceite,
- * la capacitación en la UNS y otros lugares es un hábito saludable de los empresarios olivícolas de la zona, lo que se debe a que algunos de ellos incursionan en una actividad nueva que requiere conocimiento,
- * los puntos de venta son principalmente dentro del SOB y en su mayoría en forma minorista, aunque hay otros casos en los que la venta se realiza fuera de la región, incluso se exporta, y también se realiza a mayoristas o directamente a los restaurantes,
- * la vinculación con Cámara Olivícola de Púan y la Cooperativa de Dorrego es destacable,
- * lo mismo ocurre, aunque en menor medida, respecto a la participación de los productores en ferias, concursos y fiestas relacionadas al sector,
- * y también en menor medida se encuentra relación entre los productores y los profesionales que les ofrecen asesoramiento.
- * el tema del riego es un ítem que interesa a los empresarios, tanto en lo referente a la capacitación como en su implementación, ya que se vinculan con dos técnicos especializados en ese tipo de obras.

CONCLUSIONES

Del análisis del censo y de la red de vínculos puede concluirse que se está conformando un clúster que cabe en la categoría que define Porter (1990) como conglomerado de empresas que “colaboran para competir”, es decir, que emprenden acciones conjuntas que potencia su productividad individual y por ende se logra una sinergia importante.

Además, desde el punto de vista del desarrollo económico según la escuela alemana, puede verse que este clúster incipiente está consolidando su competitividad sistémica. A nivel micro los productores están trabajando eficientemente, buscando ampliar su escala de producción y cooperando entre sí. Por otra parte, a nivel meso económico se nota la participación de los entes que conforman este nivel como ser los municipios, la Cámara y la Cooperativa de productores y varias universidades (UNS, UPSO, UNMdP). El nivel meta económico es acorde a esta estrategia de posicionamiento en el mercado, ofreciendo un aceite de muy buena calidad, el que es valorado cada vez más por los consumidores. Esto significa que la sociedad recibe de buena manera este producto y lo incorpora cada vez más a su dieta, conociendo sus propiedades saludables.

Por último, el nivel macro económico se caracteriza por un tipo de cambio que favorece la exportación y que significó un aumento de rentabilidad para los productores, aún de aquellos que destinan su producción al mercado interno. Por otra parte, la presión fiscal no es un tema que los productores hayan mencionado en la encuesta ni tampoco problemas relacionados a la contratación de personal. Sin embargo, la inflación es una variable que vuelve compleja la toma de decisiones por la incertidumbre que acarrea y porque afecta el poder adquisitivo de la población que termina ajustando su consumo mayormente en este tipo de productos no necesarios o suntuosos. En tanto, el tema de la falta de líneas de crédito fue mencionado por varios productores y debería estar en la agenda de los hacedores de política.

A nivel del consumidor, los resultados de los estudios realizados indican que la principal variable a la hora de decidir la compra de aceite de oliva es el precio, mientras que la etiqueta de presentación del envase también influye, no así el sello de Marca Colectiva. Por otra parte, la

mayoría de los encuestados manifiestan conocer las propiedades saludables del consumo de este producto.

BIBLIOGRAFIA

- Arteche, M; Santucci, M & SB Welsh. 2013. Redes y clusters para la innovación y la transferencia del conocimiento. Impacto en crecimiento regional en Argentina. Estudios.
- Bostal, F; L Obiol; ME Fuertes & MS Picardi. 2009. La olivicultura: alternativa de diversificación para el sudoeste bonaerense, XL Reunión anual de la Asociación Argentina de Economía Agraria, CD - ISSN 1666-0285, Libro de Resúmenes y www.aaea.org.ar, Bahía Blanca.
- Castillo, PR. 2013. El complejo olivícola argentino: principales tendencias para el aceite de oliva y aceituna de mesa. En: Jornadas interdisciplinarias de Estudios Interdisciplinarios de Estudios Agrarios y Agroindustriales, Anales, Buenos Aires.
- Gonzalez, GH. 2009 "Ganancias de competitividad: un enfoque agregado y de largo plazo". Análisis Económico, México DF (México), XXIV, 57, 81-104.
- González, GH; L Valls & MS Picardi. 2013. Desempeño competitivo argentino reciente en el mercado internacional de aceite de oliva. Revista de Economía Agrícola, San Pablo (Brasil), v. 60, n. 1, p. 41-51, Ene-Jun.
- González, GH; MS Picardi & L Valls. 2015. Mercados, desempeño comercial y capacidad para competir del aceite de oliva virgen argentino. Revista Galega de Economía, Santiago de Compostela (España), v. 24, n. 3, en prensa.
- Esser, K. et al. 1996. Competitividad Sistémica: nuevo desafío para las empresas y la política, Revista de la CEPAL N° 59, Agosto de 1996.
- Esser, Klaus; W Hillebrand; D Messner & J Meyer-Stamer. 1996. Competitividad sistémica. Competitividad internacional de las empresas y políticas requeridas. En: Revista de la CEPAL. Santiago. No. 59. Instituto Alemán de Desarrollo. Berlin
- Picardi, MS; Obiol. et al. 2014. Aceite de oliva argentino. Competitividad, rentabilidad, impacto ambiental, y un nuevo actor: El sudoeste bonaerense. EDIUNS - ISBN 978-987-1907-64-9 (201 páginas).
- Picardi, MS; GH González & L Valls. 2015. Aceite de Oliva: El mercado mundial y el desempeño comercial de la Argentina. Revista Agroalimentaria, Mérida (Venezuela)
- Picardi, MS & L Tedesco. 2009. Desarrollo, políticas públicas y clusters: el caso de la agroindustria en la Argentina. AAEA. ISSN 1666-0285. En web: www.aaea.org.ar
- Picardi, MS; F Bostal; L Obiol & E Fuertes. 2010. Desarrollo Territorial rural y la producción de aceitunas para aceite en la región sudoeste bonaerense, XLI Reunión Anual de Economía Agraria, XV Jornadas Nacionales de Extensión Rural y VII del Mercosur, 6 al 8 de octubre, San Luis.
- Picardi, MS & L Obiol. 2011. Desarrollo Territorial Sostenible - El caso de la olivicultura - Un estudio para la región del sudoeste de la provincia de Buenos Aires – Argentina. Revista Trayectorias 32(enero-junio 94-117 Universidad Autónoma de Nuevo León, Mexico.
- Picardi, S; L Tedesco & G González. 2015. Aceite de oliva del Sudoeste Bonaerense: inconsistencia de las políticas públicas y su efecto sobre el potencial regional exportador" en Libro digital "Políticas públicas e iniciativas de apoyo a pymes y emprendedores", Editor Red Pymes. ISBN 978-987-3608-15-5 y ISBN 978-987-3608-20-9.
- Porter, M E. 1990. La Ventaja Competitiva de las Naciones. Free Press, New York.
- Tedesco, L & MS Picardi. 2010. Microcluster olivícola en el Sudoeste Bonaerense: Desarrollo Territorial Rural, II Congreso Internacional de Desarrollo Local y I Jornadas Nacionales en Ciencias Sociales y Desarrollo Rural – Universidad Nacional de La Matanza, 14 al 17 de junio, Buenos Aires. CD ROM ISBN 978-987-1635-13-9.

EFICIENCIA DE CONTROL DE LA EROSIÓN EÓLICA DE CULTIVOS DE COBERTURA LUEGO DE MANÍ EN EL SUDOESTE DE CÓRDOBA

Colazo J.C.^{1,2}, M. Genero³, C.A. Alvarez⁴, M. Vicondo⁵

¹ INTA. EEA San Luis – colazo.juan@inta.gob.ar. Villa Mercedes, San Luis.

² FICA, Universidad Nacional de San Luis. Villa Mercedes, San Luis.

³ INTA. AER Huinca Renancó. Huinca Renancó, Córdoba.

⁴ INTA. AER General Pico. General Pico, La Pampa.

⁵ INTA. EEA Manfredi. Manfredi, Córdoba.

RESUMEN: Los fuertes vientos primaverales y la ausencia de un cultivo invernal, contribuyen al alto riesgo a la erosión eólica en el sudoeste de Córdoba. Por ello, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar: (i) tecnologías de implantación de un CC luego del cultivo de maní y, (ii) la eficiencia de un CC para controlar la erosión eólica. En dos sitios, Huinca Renancó (HR) y Villa Valeria (VV), fue evaluada la implantación, el % de cobertura y la producción de materia seca al secado de cultivos de cobertura implantados al voleo previo a la arrancada (CC_V) y sembrados en línea luego de la cosecha de maní (CC_L). En cada uno de ellos se instalaron parcelas de medición de la erosión eólica y se estimó la erosión relativa. En ambos sitios la implantación fue mayor en CC_L que en CC_V, sin embargo los mayores valores de biomasa aérea se lograron en CC_V. El cultivo de cobertura aplicado previo al arrancado fue eficiente para controlar la erosión eólica, mientras que el cultivo sembrado en línea fue eficiente durante las etapas más avanzadas, en el sitio de textura más fina.

PALABRAS CLAVE: Erodabilidad, Erosividad, Centeno.

INTRODUCCIÓN

En el sudoeste de Córdoba ha existido un reemplazo de sistemas productivos, donde aquellos de ganadería y/o mixtos de rotación han sido ocupados por rotaciones de cultivos agrícolas más simples, basados principalmente en cultivos anuales estivales. Entre éstos, el maní tiene una importante participación. Esta simplificación en los sistemas ha producido cambios en el carbono orgánico del suelo, en el comportamiento físico – hídrico del mismo y en su tasa de erosión. En relación a esto último, la erosión eólica es un proceso de degradación irreversible que se expresa en toda la región semiárida pampeana (Buschiazzo, 2006) y, las características de los suelos (predominantemente arenosos) y el clima (alta presencia de vientos intensos y precipitaciones variables) del sudoeste de Córdoba han contribuido a que la erosión eólica cada día sea más protagonista (Jarsun *et al.*, 2003).

Los fuertes vientos primaverales y la ausencia de un cultivo invernal, contribuyen al alto riesgo a la erosión eólica (Mendez & Buschiazzo, 2015). Es por ello, y en especial en los suelos arenosos, que la implantación de cultivos de cobertura (CC) de ciclo invernal sería la tecnología más adecuada para el control de la erosión (Colazo & Buschiazzo, 2010). El análisis de la inclusión de CC principalmente luego del cultivo de soja ha mostrado que esta práctica es factible (Álvarez *et al.*, 2013). Sin embargo, la imprevisibilidad y la variabilidad de las precipitaciones otoñales de la región sudoeste de Córdoba y el largo tiempo insumido entre operaciones de cosecha del maní, hacen que la probabilidad de implantar un CC sea baja en esa región. Los trabajos que estudiaron la implantación de CC bajo ese tipo de escenario son escasos y aún menores aquellos que estudiaron la eficiencia de control de la erosión eólica (Vicondo *et al.*, 2016). Por ello, los objetivos del presente trabajo fueron evaluar: (i) tecnologías de implantación de un CC luego del cultivo de maní y, (ii) la eficiencia de un CC para controlar la erosión eólica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en dos sitios, el primero ubicado en las cercanías de la localidad de Huinca Renancó (HR; -34,68°; -64,37°) y el segundo cercano a localidad de Villa Valeria (VV; -34,65°; -64,79°). Las principales características físico-químicas de los primeros 20 cm de suelo se resumen en la Tabla 1. En cada sitio se cuantificó la fracción erosionable (FE) por el viento usando un tamiz rotativo (Zobeck *et al.*, 2003).

Tabla 1. Propiedades físico-químicas de suelo de los primeros 20 cm en Huinca Renancó (HR) y Villa Valeria (VV). A = Arcilla (%), L = Limo (%), Ar = Arena (%), MO = Materia Orgánica (%), P= Fósforo extractable (mg kg⁻¹), pH (1:2,5).

	A	L	Ar	MO	P	pH
HR	4	26	70	1,6	42	5,9
VV	5	18	77	1,1	23	6,3

En HR se instalaron tres tratamientos: a) sin cultivo de cobertura (sC), b) con cultivo de cobertura sembrado al voleo previo al arrancado de maní (CC_V) y c) con cultivo de cobertura sembrado en línea posterior a la cosecha de maní (CC_L). En Villa Valeria se dispusieron dos tratamientos: CC_V y CC_L. En ambos sitios el cultivo de cobertura utilizado fue centeno con una densidad de 40 kg ha⁻¹. En HR, CC_V fue implando el 26/04 y CC_L el 10/07, mientras que en VV el 25/04 se implantó CC_V y el 15/07 CC_L. El secado se realizó el 08/11 en HR y el 24/9 en VV.

A la emergencia del cultivo se determinó el número de plantas logrado. Durante el ciclo del mismo la cobertura fue evaluada mediante métodos digitales utilizando el programa CobCal 2.1 (Ferrari *et al.*, 2011). Al momento del secado el rendimiento del cultivo de cobertura fue evaluado por corte utilizando un aro de 0,5 m² por triplicado.

En cada tratamiento se cuantificó el material erosionado en una parcela de 1 ha compuesta por 4 mástiles con 3 colectores Big Spring Number Eighth (BSNE) dispuestos a 0,135 m, 0,5 m y 1,5 m de altura (Zobeck *et al.*, 2003). Las parcelas se instalaron el 23/9. En ambos sitios se tomaron dos periodos de medición. En HR las fechas de recolección del sedimento erosionado fueron el 23/10 y el 2/11, mientras que en VV fueron el 21/10 y el 11/11.

Para estimar la eficiencia de control, se calculó la erosión relativa (ER). En HR fue calculada como el cociente entre el total de sedimento recolectado entre las parcelas con cultivos de cobertura dividido la parcela sin cultivo de cobertura (CC_V/sC, CC_L/sC). En VV, al no contar con una parcela sin cultivo de cobertura, la erosión en CC_V fue relativa a CC_L. Cuanto más cercano a cero es este valor, más eficiente es la práctica.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Establecimiento y producción del cultivo de cobertura

La Tabla 2 muestra los valores del número plantas logradas y la producción de materia seca al momento de secado. En ambos sitios la implantación fue mayor en CC_L que en CC_V. Los valores más altos de biomasa aérea se lograron en CC_V. Estos valores son mayores a los reportados en estudios similares (Vicondo *et al.*, 2016). Los menores valores en VV se deberían a que el ambiente es más restrictivo en cuanto a fertilidad química y suelos más arenosos, que retienen menores niveles de humedad.

Tabla 2. Implantación y producción de biomasa aérea en cultivos de cobertura sembrados en línea posterior a la cosecha (CCL) y al voleo previo al arrancado de maní (CCV) en Huinca Renancó (HR) y Villa Valeria (VV). MS= materia seca.

	Implantación (pl m ⁻²)		Biomasa aérea (kg MS ha ⁻¹)	
	HR	VV	HR	VV
CC _L	31,6	86	1050	120
CC _V	26,3	75	4100	2130

Erodabilidad potencial y eficiencia de control

La erodabilidad potencial fue alta en todas las situaciones. En HR, FE varió entre 54% (sC) y 64% (CC_V), mientras que en VV estos valores fueron mayores: 65% en CC_V y 63% en CC_L. Estudios en túneles de viento han indicado que por encima del 40% de esta fracción y sin cobertura ni rugosidad, las tasas de erosión superan los valores considerados como tolerables (Colazo & Buschiazzi, 2010).

La Figura 1 muestra la erosión relativa (ER) en HR durante los dos periodos de observación. Durante el primero de ellos, los cultivos de cobertura no fueron muy eficientes para controlar erosión debido al desarrollo incipiente de los mismos. Los valores mayores a 100 en CC_L durante el primer periodo de medición pueden explicarse por la remoción de suelo producido durante la implantación. Los niveles de cobertura fueron de 24% en CC_L y de 40% en CC_V. Sin embargo, durante el segundo período la eficiencia de control fue aceptable, con niveles de ER menores al 40% y valores mínimos de cobertura por encima del 40% (Méndez, 2010). En ambos periodos, ER fue menor en CC_V, relacionado con los mayores niveles de cobertura.

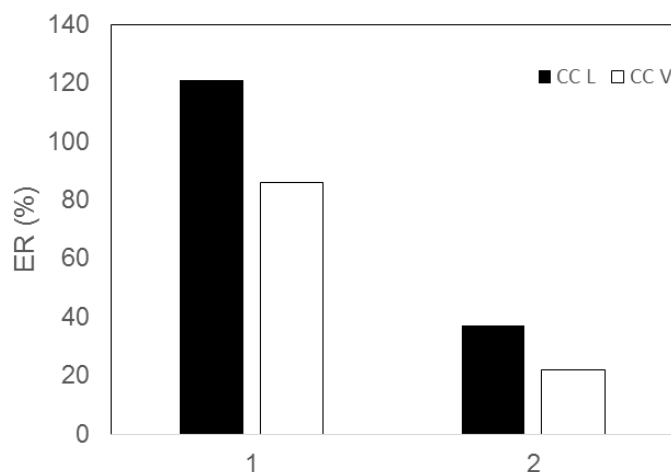


Figura 1. Erosión eólica relativa a un testigo sin cobertura (ER) en cultivos de cobertura sembrados en línea (CCL) y al voleo (CCV) con relación a una parcela sin cultivo de cobertura (S CC) en dos periodos de medición: 1 (23/9-23/10) y 2 (23/10-2/11).

En VV, se observa que el cultivo de cobertura realizado al voleo fue eficaz durante ambos periodos de medición, comparado con el mismo cultivo de cobertura, pero sembrado en línea (Figura 2). Los datos de cobertura al 23/09 muestran que la cobertura en CC V fue de 77%, mientras que en CC L fue de 27%, menor al umbral de 30%, necesario para el control de la erosión. Los estudios muestran que con niveles de cobertura por encima del 30%, la erosión se controla en aproximadamente un 90% (Mendez, 2010).

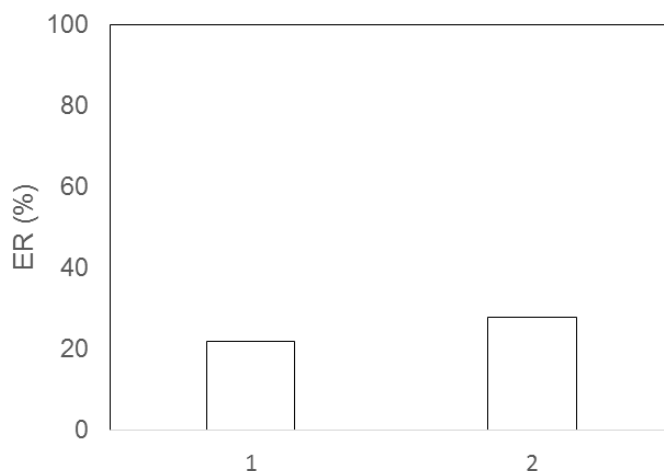


Figura 2. Erosión eólica relativa (ER) en cultivos de cobertura sembrados al voleo con respecto a cultivo de cobertura sembrado en línea en dos periodos de medición: 1 (23/9-21/10) y 2 (21/10-11/11).

En ambos sitios la erodabilidad potencial fue alta, asociada a los altos niveles de arenas. El cultivo de cobertura al voleo fue eficaz para controlar las tasas de erosión eólica en ambos sitios, mientras que el cultivo en línea fue eficaz durante el último periodo de medición en Huinca Renancó. Esto estaría relacionado con el nivel de cobertura mínimo necesario para el control de la erosión, que nunca fue alcanzado en este tratamiento en Villa Valeria.

Si bien las precipitaciones durante el otoño favorecieron el desarrollo del cultivo de cobertura cuando fue sembrado previo al arrancado, la demora en la cosecha del maní debido a las condiciones de alta humedad, determinaron dificultades en esta operación. Es por ello necesario continuar con investigaciones sobre las tecnologías de implantación de cultivos de cobertura en la interacción clima y suelo que permita la adecuación de estas prácticas que aseguren la sustentabilidad del cultivo de maní.

Por último, estos resultados son preliminares. Los valores de erosión relativa calculados de esta manera deben ser analizados cuidadosamente, ya que no reflejan valores de pérdida de suelo, no tienen en cuenta entradas ni salidas.

CONCLUSIONES

El cultivo de cobertura aplicado previo al arrancado fue eficiente para controlar la erosión eólica, mientras que el cultivo sembrado en línea fue eficiente durante las etapas más avanzadas, en el sitio de textura más fina.

AGRADECIMIENTOS

A Gustavo Rinaudo, Luciano Veliz de la empresa Aceitera General Deheza y a Daniel Pahud de la empresa Olega por colaborar con la ejecución de dicho ensayo y facilitar el proceso para la obtención de los resultados. A la fundación Maní Argentino por la financiación de los ensayos.

BIBLIOGRAFIA

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. CABA, Argentina: Editorial INTA.
- Buschiazzo, DE. 2006. Management Systems in Southern South America. 395-425 pp. In: GA Peterson, PW Unger & WA Payne (Eds.), Dryland Agriculture. Madison, USA: ASA, CSSA & SSSA.
- Colazo, JC & DE Buschiazzo. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159: 228-236.
- Ferrari, DM; H Ferrari & MC Ferrari. 2011. Software de cobertura vegetal para la aplicación en mecanización agrícola. Disponible en: <http://cobcal.sitiogma.com.ar>.
- Jarsun, B; JA Gorgas; E Zamora; E Bosnero; E Lovera; A Ravelo & JL Tassile. 2003. Los Suelos. Pp 23-114. Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente D.A.C. Y T.S.E.M, INTA.
- Mendez, MJ. 2010. Medición y predicción de la erosión eólica en la región semiárida argentina. Tesis para optar al grado de doctor en agronomía. UNS, Bahía Blanca. 138 pp.
- Mendez, MJ & DE Buschiazzo. 2015. Soil coverage evolution and wind erosion risk on summer crops under contrasting tillage systems. *Aeolian Res.* 16: 117 – 124.
- Vicondo, ME; MI Genero; R Haro & JC Colazo. 2016. Cultivo de cobertura post maní para controlar la erosión eólica en el S de Córdoba. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.
- Zobeck, TM; G Sterk; R Funk; JL Rajot, JE Stout & S. Van Pelt. 2003. Measurement and data analysis methods for field-scale wind erosion studies and model validation. *Earth Surf. Process. Landforms* 28: 1163-1188.

**ESTUDIO DE LA RELACIÓN ENTRE LAS PRECIPITACIONES Y LA VEGETACIÓN COMO
HERRAMIENTA DE ANÁLISIS DE LA SUSCEPTIBILIDAD AL PROCESO DE
DESERTIFICACIÓN (25 DE MAYO, RÍO NEGRO)**

De los Santos, J.¹, M.V. Nuñez², N. Picone³

¹FCH-UNCPBA, Paraje Arroyo Seco S/N, 0294154294381. - yohadelossantos@gmail.com

²CINEA-FCH-UNCPBA

³CIG-IGEHCS-UNCPBA/CONICET

RESUMEN: El presente trabajo tiene como objetivo analizar la relación entre las precipitaciones y la vegetación en el Departamento 25 de Mayo (Río Negro, Argentina) en el período 2000-2011, para determinar la susceptibilidad del área al proceso de desertificación. Se utilizaron imágenes satelitales Landsat 5 TM y Landsat 7 ETM+, corregidas a reflectividad atmosférica. Luego se construyó el índice de vegetación SAVI (Soil Adjusted Vegetation Index) como estimador de cambios de la cobertura vegetal en áreas de estudio. Además, se utilizaron datos de precipitación para conocer la posible influencia de dicho elemento en el desarrollo vegetal de la zona. Los años 2007 y 2011 presentaron condiciones de menor cantidad de vegetación, los años 2001 y 2004 evidenciaron valores más elevados del índice, mientras que en el año 2001 se obtuvieron los mayores valores del índice, con valores de 0,15 a 0,3. La precipitación media anual en la estación Maquinchao es de 174 mm, durante el periodo analizado las lluvias presentaron una gran variabilidad. Los extremos se presentan en el año 2002 (81,1 mm) y 2004 (246,5 mm). Los años 2002, 2003, 2007 y 2009 a 2011 tuvieron valores inferiores a los normales, siendo el último periodo particularmente seco. Los cinco años restantes superan al menos por 50 mm la media. Se observó una clara correlación entre el desarrollo vegetal (SAVI) y el monto de precipitación acumulado en el año: en 2001 se presentaron altos valores del índice y mucha lluvia; mientras que 2007 y 2011 fueron el caso inverso donde el déficit de precipitaciones se correlacionó con valores muy bajos de vegetación. Esto demuestra un aspecto central para estudiar la desertificación en el área donde la información de terreno no abunda, generando una primera aproximación a la temática en la zona.

PALABRAS CLAVE: imágenes satelitales, precipitación, índice de vegetación, desertificación.

**CEPAS BACTERIANAS NATIVAS SIMBIONTES DE VICIA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA
PAMPEANA, PARA LA FORMULACIÓN DE BIOFERTILIZANTES**

García P., C. Castaño, R. Dalmasso, M. Ruiz, D. Ernst, G. Lorda.

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, UNLPam. - patricia_garciaarhex@yahoo.com.ar

RESUMEN: La interacción rizobio-leguminosa es uno de los sistemas simbióticos más estudiados debido a su importancia en la producción agrícola. De esta manera, el empleo de microorganismos representa una alternativa promisorio a la fertilización química, ya que permite realizar el agregado de nitrógeno al sistema en forma no contaminante. Se plantea como objetivo de este trabajo comparar infectividad y eficiencia de cepas nativas respecto de la cepa recomendada para vicia, *Rhizobium leguminosarum* D70, en ensayos a campo. Se seleccionó un establecimiento sin historia previa de inoculación en cultivos de vicia dentro de la Región Semiárida Pampeana. El diseño experimental consistió en tratamientos control; fertilizado con nitrógeno y los inoculados con la cepa recomendada y tres aislamientos nativos. Al finalizar el ensayo se evaluó peso seco de la parte aérea y porcentaje de nitrógeno total; y el número y peso seco de nódulos. Luego de analizar estadísticamente los resultados, se observa que sólo uno de los aislamientos nativos (designado 25b) muestra una efectividad similar a la cepa recomendada D70, dado que no difieren en el contenido de nitrógeno, sin embargo, el peso seco de parte aérea fue superior con la cepa nativa. Respecto a la cantidad y peso seco de nódulos se destaca la cepa recomendada por sobre las demás, pero se puede observar que, si bien las plantas inoculadas con la cepa 25b muestran menor cantidad de nódulos, estos son de mayor tamaño que en el resto de los tratamientos. Estos datos permiten inferir que independientemente del número de nódulos, el tamaño de los mismos hace de la cepa 25b presente una performance mejorada respecto de la cepa control. Estos resultados son promisorios, considerando que las cepas nativas poseen la ventaja de adaptación a las condiciones físico químicas de la región respecto de la cepa recomendada.

PALABRAS CLAVE: vicia, nitrógeno, simbiosis.

INTRODUCCIÓN

La región pampeana presenta serios problemas de degradación de los recursos forrajeros poniendo en riesgo la sostenibilidad económica, social y ambiental de los sistemas ganaderos. Las prácticas más comunes para evitar que la pérdida de la calidad del suelo se refleje en los rindes de los cultivos, incluyen un gran aporte externo de nitrógeno y el uso de herbicidas y plaguicidas para controlar malezas y enfermedades, lo que origina un grave problema de contaminación de las napas de agua subterráneas. Para evitar este problema, se intentan establecer rotaciones de cultivos donde, entre las temporadas de cultivos de importancia económica, se intercalan los denominados cultivos de cobertura (CC), los cuales alivian la presión sobre los suelos ya que aportan carbono y nitrógeno y compiten contra las malezas, entre otros beneficios (Ruffo & Parsons, 2004). En este sentido, la leguminosa Vicia es una de las más utilizadas en la región pampeana, que entre otras particularidades, puede fijar nitrógeno atmosférico por simbiosis con bacterias denominadas rizobios. Mediante este proceso, que se considera clave en la biosfera, los microorganismos convierten el nitrógeno gaseoso en nitrógeno biológicamente utilizable a través del proceso denominado fijación biológica de nitrógeno (FBN). La interacción rizobio-leguminosa es uno de los sistemas simbióticos más estudiados debido a su importancia en la producción agrícola. Este proceso contribuye con una parte considerable del nitrógeno combinado en la tierra y permite a las leguminosas crecer sin la adición de fertilizantes nitrogenados y sin empobrecer los suelos. La simbiosis implica un reconocimiento entre los

rizobios y las raíces de las leguminosas, con un alto grado de especificidad (Bacca *et al.*, 2000; Sessitsch *et al.*, 2002). La práctica agrícola de agregar bacterias a los cultivos se denomina inoculación. En el caso de las leguminosas, se inoculan con biofertilizantes formulados con bacterias fijadoras de nitrógeno. De esta manera se evita la necesidad de utilizar fertilizantes químicos nitrogenados. La cepa bacteriana debe ser específica, tener alta capacidad de colonización, supervivencia y competitividad en la rizósfera, y ser eficiente en la fijación de nitrógeno. Algunas de estas características están íntimamente relacionadas con la adaptación de la bacteria a las condiciones fisicoquímicas del suelo y climáticas de cada zona (Ballard *et al.*, 2004; Alemayehu, 2009). Sin embargo, los biofertilizantes para vicia disponibles en el mercado no son específicos para este cultivo, ya que se ofrece el mismo producto para arveja, lenteja y haba, entre otros. Obtener cepas bacterianas nativas adaptadas al tipo de suelo y región del país para la formulación de un inoculante efectivo que sea de gran beneficio para los productores de la región, aseguraría una eficiente fijación simbiótica de nitrógeno en el cultivo de vicia, favoreciendo la productividad de los cultivos y la conservación de los agroecosistemas. Por lo expuesto se plantea como objetivo de este trabajo comparar infectividad y eficiencia de cepas nativas respecto de la cepa recomendada para vicia, *Rhizobium leguminosarum* D70, en ensayos a campo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización del ensayo a campo se seleccionó un establecimiento ubicado en las coordenadas S 36°29,702', W63°49,231', altura 161 m; sin historia previa de inoculación en cultivos de vicia dentro de la Región Semiárida Pampeana. El diseño experimental consistió en: tratamientos control; fertilizado con nitrógeno y los inoculados con la cepa recomendada y tres aislamientos nativos. La siembra se realizó a una densidad de 20 kg ha⁻¹. La estructura de parcelas se desarrolló mediante un esquema de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. Las unidades experimentales fueron parcelas de 1m x 2m y con 2 metros de distancia entre sí. Se delimitó un área de muestreo de 30 cm x 30 cm, de la cual se tomaron muestras simples conteniendo raíces y parte aérea del vegetal. Las muestras se secaron en estufa a 65 °C hasta peso constante. Sobre este mismo material se evaluó el contenido total de nitrógeno en parte aérea, por medio del método Kjeldhal. Conjuntamente se determinó el número y peso seco de nódulos.

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo empleando INFOSTAT (2003). Las diferencias entre tratamientos se determinaron mediante análisis de la varianza y la utilización del test de diferencias mínimas significativas (LSD, p<0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El ensayo a campo se realizó entre los meses de Febrero a Octubre de 2016. Los datos de lluvias registrados en la totalidad del tiempo que se mantuvo el ensayo fueron de 80 mm. Luego de realizada la cosecha se procedió al análisis de las muestras. Los resultados de peso seco de parte aérea se muestran en la Figura 1.

El análisis estadístico de los resultados muestra que existen diferencias significativas de todos los tratamientos con el control. Cabe destacar el mayor rendimiento del tratamiento inoculado con el aislamiento 25b con respecto a la cepa recomendada, *R. leguminosarum* D70. Otra manera de analizar la efectividad de los cepas simbiotes, es a través del contenido de nitrógeno presente en la parte aérea del vegetal, ya que se infiere proviene básicamente de la fijación biológica. De acuerdo a la metodología citada, se obtuvieron datos de nitrógeno, y los resultados se observan en la Figura 2.

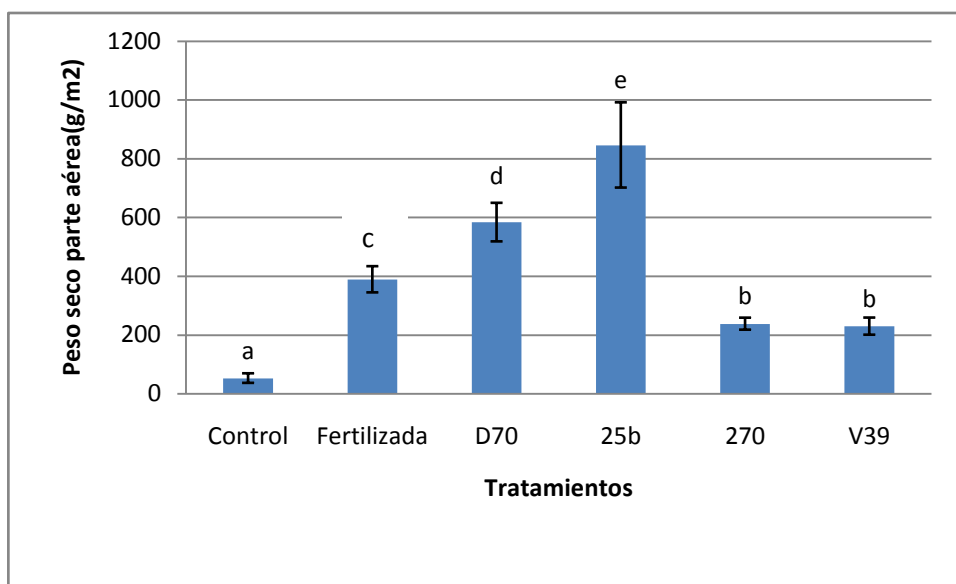


Figura 1: Peso seco de parte aérea de plantas de *Vicia* spp. Los tratamientos fueron: Control, fertilizada con nitrógeno e inoculadas con la cepa de referencia *R. leguminosarum* D70 y los aislamientos nativos 25b, 270 y V39. Los valores corresponden a la media de cuatro repeticiones, letras distintas indican diferencia significativa entre los ensayos.

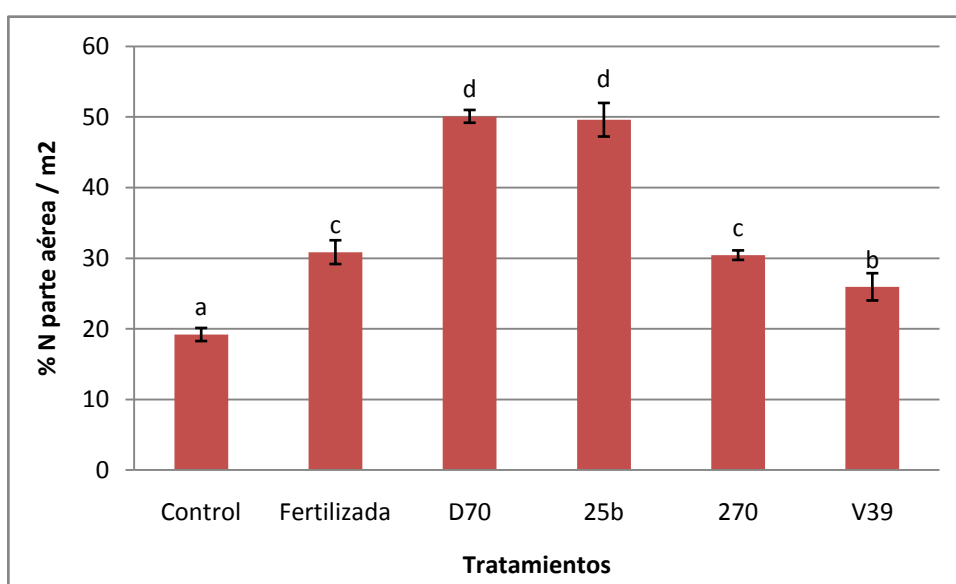


Figura 2: Porcentaje de nitrógeno parte aérea de plantas de *Vicia* spp. Los tratamientos fueron: Control, fertilizada con nitrógeno e inoculadas con la cepa de referencia *R. leguminosarum* D70 y los aislamientos nativos 25b, 270 y V39. Los valores corresponden a la media de cuatro repeticiones, letras distintas indican diferencia significativa entre los ensayos.

No se aprecian diferencias significativas en el contenido de nitrógeno del tratamiento inoculado con el aislamiento 25b respecto al tratamiento inoculado con la cepa recomendada, pero sí con el resto de los tratamientos. Estos datos permiten inferir que el aislamiento 25b presenta una buena capacidad de fijación de nitrógeno, hecho deseable a la hora de seleccionar un microorganismo para su potencial uso como biofertilizante.

Por otro lado, se evaluó la capacidad infectiva de los aislamientos mediante el análisis del número de nódulos por m² y mediante la determinación del peso seco de los mismos, datos que se presentan en las Figuras 3 y 4 respectivamente.

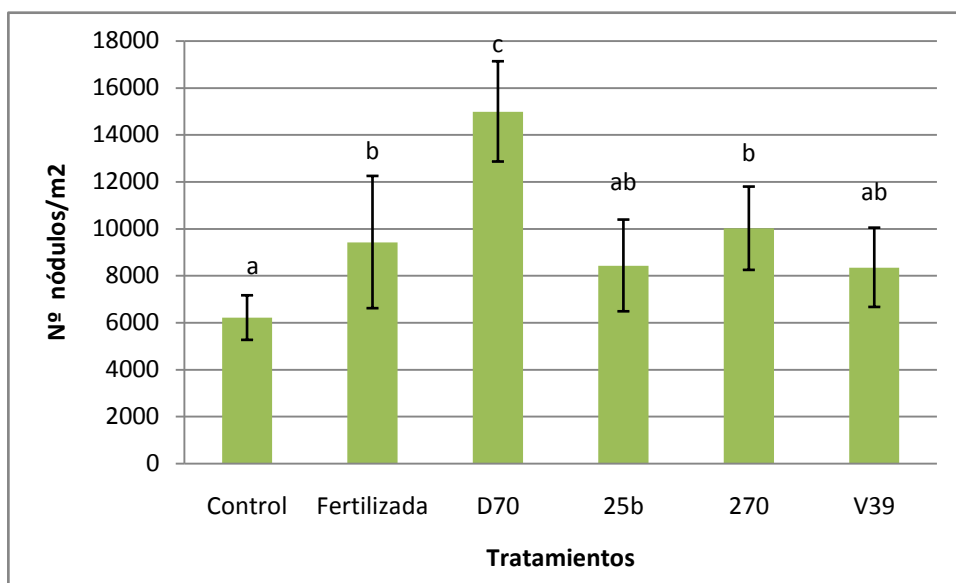


Figura 3: Número de nódulos de plantas de *Vicia* spp. Los tratamientos fueron: Control, fertilizada con nitrógeno e inoculadas con la cepa de referencia *R. leguminosarum* D70 y los aislamientos nativos 25b, 270 y V39. Los valores corresponden a la media de cuatro repeticiones, letras distintas indican diferencia significativa entre los ensayos.

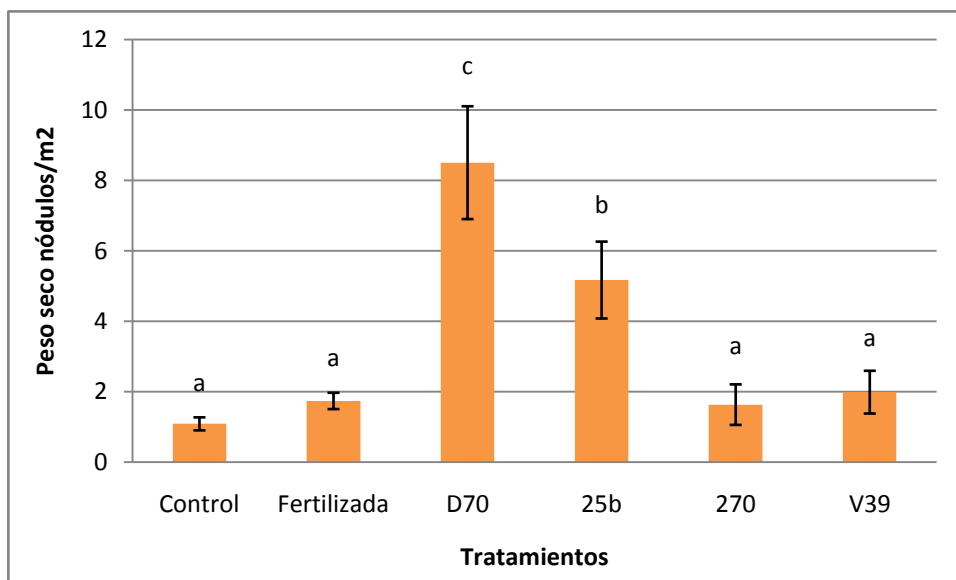


Figura 4: Peso seco de nódulos de plantas de *Vicia* spp. Los tratamientos fueron: Control, fertilizada con nitrógeno e inoculadas con la cepa de referencia *R. leguminosarum* D70 y los aislamientos nativos 25b, 270 y V39. Los valores corresponden a la media de cuatro repeticiones, letras distintas indican diferencia significativa entre los ensayos.

Los resultados aquí presentados destacan la capacidad infectiva de la cepa recomendada, *R. leguminosarum* D-70. Sin embargo nuevamente aparece el aislamiento 25b como el más promisorio de los tres, correspondiéndose con los datos de efectividad. Otro dato importante surge de analizar todos los resultados obtenidos en forma conjunta, ya que, si bien el número de nódulos fue mayor en el tratamiento inoculado con la cepa recomendada, esto no se traduce luego en una mayor efectividad. Es entonces donde el aislamiento 25 b, a pesar de tener menor número de nódulos, estos resultaron ser de mayor tamaño y más efectivos. Sumado a esto, esta cepa tiene la ventaja de estar adaptada a la región Semiárida pampeana.

CONCLUSIONES

Si bien estos resultados son promisorios, surge aquí la posibilidad de brindar a la región un biofertilizante conteniendo cepas autóctonas, adaptadas a las condiciones edafo-climáticas y con ventajas competitivas que resultan beneficiosas.

BIBLIOGRAFIA

- Alemayehu, W. 2009. The Effect of Indigenous Root-Nodulating Bacteria on Nodulation and Growth of Faba Bean (*Vicia Faba*) in the Low-Input Agricultural Systems of Tigray Highlands, Northern Ethiopia. *Momona Ethiopian Journal of Science*. Vol. 1 (2). 30-43 pp.
- Bacca, B; L Soto & M Pardo. 2000. Fijación biológica de nitrógeno. *Revista Elementos/ número 38*.
- Ballard, RA; N Charman; A Mc Innes & JA Davidson. 2004. Size, symbiotic effectiveness and genetic diversity of field pea rhizobia (*Rhizobium leguminosarum* bv. *Vicieae*) populations in South Australian soils. *Soil Biology and Biochemistry*. 35. 1347-1355 pp.
- Infostat. Infostat 1.5. Manual del Usuario. Grupo Infostat, FCA, UNC 1 ed. Ed Brujas. Argentina. 2003. 336 p.
- Ruffo, ML & AT Parsons. 2004. Cultivos de Cobertura en Sistemas Agrícolas. *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*. N° 21. 8 pp.
- Sessitsch, A; JG Howieson; X Perret; H Antoun & E. Martinez-Romero. 2002 *Advances in Rhizobium research. Critical reviews in plant sciences*.

EFFECTO DEL USO DE EFLUENTES DE TAMBO SOBRE LA PRODUCTIVIDAD FÍSICA DEL AGUA EN MAÍZ PARA SILO

Scherger E.¹, I. Frasier¹, J.A. Oderiz¹, M. Uhaldegaray¹, R. Fernández¹, A. Quiroga^{1,2}

¹INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental "Guillermo Covas", RN 5 km 580 (6326), Anguil (LP). scherger.eric@inta.gob.ar

²Cátedra de Edafología y Manejo de Suelos, Facultad de Agronomía, UNLP

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar la utilización de efluente de tambo como fuente de nitrógeno, comparándolo con una fuente nitrogenada inorgánica en secuencias de cultivo de maíz para silaje. La experiencia se realizó dentro de la Estación Experimental de INTA Anguil (La Pampa), en un suelo arenoso-franco con 120 g kg⁻¹ de A+L, 10% MO, pH de 6 y 33 mg kg⁻¹ P Bray con influencia de la capa freática. En el año 2016 se establecieron secuencias de cultivo a base de maíz para silo con y sin inclusión de cultivos de cobertura (CC). Los tratamientos testeados fueron: monocultura de maíz (B); CC-maíz sin aplicación de nitrógeno (CC); CC-maíz con 30 kg de N ha⁻¹ a la siembra de ambos cultivos en forma de urea (CC-30); CC-maíz con 60 kg de N ha⁻¹ a la siembra de ambos cultivos en forma de urea (CC-60); y CC-maíz con distribución de efluentes de tambo equivalente a una dosis de 30 kg de N ha⁻¹ en ambos cultivos. A la siembra y cosecha de los dos cultivos se determinó humedad edáfica hasta los 200 cm de profundidad para el cultivo de cobertura y el maíz a intervalos de 20 cm. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas. En el cultivo de cobertura, el incremento de las dosis nitrogenadas permitió el aumento de acumulación de MS y el incremento de EUA. Las diferentes fuentes nitrogenadas utilizadas (CC-30 y CC-efluente), no difirieron en términos de acumulación de las dos variables medidas. En maíz, las diferencias encontradas entre los distintos tratamientos se correspondieron al antecesor del cultivo, el tipo de fertilizante y la dosis empleada del mismo.

PALABRAS CLAVE: nitrógeno, eficiencia de uso del agua, cultivo de cobertura.

INTRODUCCION

Como consecuencia de la creciente demanda mundial de alimentos, los sistemas productivos han experimentado cambios orientados hacia una mayor intensificación agrícola y ganadera. En Argentina, la intensificación de la producción animal se inició durante la década del cincuenta e implicó la concentración de animales por unidad de superficie y el aumento en el uso de insumos (Upton, 1997). Este nuevo planteo impuso, en superficies reducidas, una alta densidad de animales sometidos a un engorde intensivo a corral (conocido vulgarmente como "feed-lot") con granos y forrajes procesados (heno, silaje, etc). La agricultura aporta la mayor parte de los insumos que requiere ese planteo ganadero intensivo, y ambas actividades (agricultura y ganadería) que antes se articulaban en esquemas extensivos de rotación de cultivos, ahora aparecen desacopladas y especializadas (Viglizzo *et al.*, 2010). Tal cambio introdujo una modificación adicional en la funcionalidad de estos ecosistemas que, para sostener una mayor productividad, reciben más insumos y generan más residuos que afectan al ambiente (nutrientes, aguas residuales, plaguicidas, antibióticos, etc). En ese sentido, los efluentes de tambo constituyen un peligro potencial de contaminación, pero al mismo tiempo, son considerados una fuente alternativa de nutrientes (nitrógeno, fósforo y potasio) para cubrir los requerimientos de los cultivos (Abebe *et al.*, 2005) siendo una opción económica de reciclaje de nutrientes dentro del mismo establecimiento (Nosetti *et al.*, 2002). Por lo tanto, estudiar los efectos de la aplicación de los mismos resulta relevante para reponer los nutrientes que se exportan del suelo debido a la intensificación ganadera.

El objetivo de este estudio fue evaluar la utilización de efluente de tambo como fuente de nitrógeno, comparándolo con una fuente nitrogenada inorgánica en secuencias de cultivo de maíz para silaje.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se realizó dentro de la Estación Experimental de INTA Anguil (La Pampa), en un suelo arenoso-franco con 120 g kg^{-1} de A+L, 10% MO, pH de 6 y 33 mg kg^{-1} P Bray con influencia de la capa freática. En el año 2016 se establecieron secuencias de cultivo a base de maíz para silo con y sin inclusión de cultivos de cobertura (CC). Los tratamientos testeados fueron: monocultura de maíz (B); CC-maíz sin aplicación de nitrógeno (CC); CC-maíz con $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ a la siembra de ambos cultivos en forma de urea (CC-30); CC-maíz con $60 \text{ kg de N ha}^{-1}$ a la siembra de ambos cultivos en forma de urea (CC-60); y CC-maíz con distribución de efluentes de tambo equivalente a una dosis de $30 \text{ kg de N ha}^{-1}$ en ambos cultivos. El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas. El cultivo de cobertura correspondió a la consociación vicia-centeno el cual fue sembrado hacia fines de marzo con una densidad de $150 \text{ plantas m}^{-2}$ de vicia y $50 \text{ plantas m}^{-2}$ de centeno a un distanciamiento entre hileras de 21 cm. El efluente se recolectó de una pileta de almacenamiento temporario (sin tratamiento) que posee el tambo de un productor cercano al lugar de la experiencia cuya composición se presenta en la Tabla 1. La lámina de efluente se calculó a partir de la concentración de nitrógeno aportado por el análisis.

Tabla 1. Caracterización química del efluente empleado. Nitrógeno (N), azufre (S), fósforo (P), calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K).

	N (ppm)	S (ppm)	P (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)
Residuo tambo	604	48.8	96.9	189	118	506

El secado del cultivo de cobertura se realizó a mediados de octubre con 3 litros de glifosato (54% e.a.) y 0,350 cc de fluroxypyr (48%) y la siembra del maíz fue a mediados de diciembre de 2016 con una densidad de siembra de $4,8 \text{ plantas m}^{-2}$. El corte de maíz para silo se realizó cuando el maíz alcanzó un 35-40% de MS en marzo de 2017. Al finalizar el ciclo de los cultivos se determinó su biomasa aérea en $0,25 \text{ m}^2$. A la siembra y cosecha de los dos cultivos se determinó humedad edáfica hasta los 200 cm de profundidad para el cultivo de cobertura y el maíz a intervalos de 20 cm. Se utilizó el método gravimétrico para calcular la humedad edáfica y a partir de ésta se estimó el agua útil (AU) a la siembra y cosecha del cultivo de maíz. Se calculó el uso consuntivo (UC) y la eficiencia de uso del agua (EUA) a partir de las siguientes fórmulas

$$UC_{\text{cultivo}} (\text{mm}) = AU_{\text{siembra}} + \text{Luvias} - AU_{\text{cosecha}}$$

$$EUA_{\text{cultivo}} (\text{kg MS mm}^{-1}) = \text{Producción materia seca} / UC$$

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante ANOVA y la comparación de medias a través del test de Fisher ($p < 0,05$) utilizando el software InfoStat/P (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSION

Al momento del secado del CC y del picado del maíz, la sección control (espesor del suelo comprendido por la profundidad efectiva de raíces) presentó a partir de los 100 cm de profundidad un contenido hídrico superior a la capacidad de campo (Figura 1 A y B). Este fenómeno es frecuente encontrarlo en la región de la planicie medanosa del este de La Pampa a profundidades de 100 a 180 cm, situación que tiene lugar por influencia de la capa freática (Quiroga *et al.*, 2012). Cuando la influencia de la napa tiene lugar en la sección control existe dificultad para evaluar el uso consuntivo y eficiencia de uso del agua dado que hay aportes por capilaridad que son difíciles de cuantificar. Por estos motivos, se analizó el perfil hídrico hasta los 100 cm de profundidad.

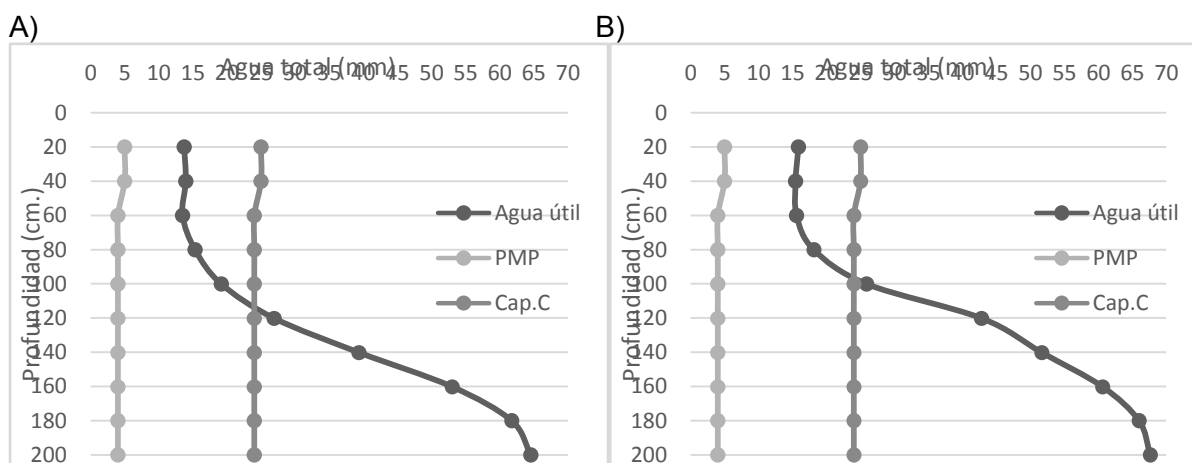


Figura 1. Agua útil, Capacidad de campo (Cap.C) y punto de marchitez permanente (PMP) en el perfil del suelo, al secado del cultivo de cobertura (A) y al picado del maíz (B).

Al secado del cultivo de cobertura, las diferencias encontradas en acumulación de biomasa correspondieron a las diferentes dosis de N utilizadas (CC-60, CC-30 y CC), las cuales fueron estadísticamente significativas ($p < 0,05$) en producción de MS y EUA. El incremento de las dosis nitrogenadas permitió el aumento de acumulación de MS y el incremento de EUA. Las diferentes fuentes nitrogenadas utilizadas (CC-30 y CC-efluente), no difirieron en términos de acumulación de las dos variables medidas (Figura 2).

Las diferencias encontradas entre los distintos tratamientos se correspondieron al antecesor del cultivo, el tipo de fertilizante y la dosis empleada del mismo, siendo estadísticamente significativas en producción de MS y EUA ($p < 0,05$).

La utilización de CC como antecesor de maíz permitió incrementar el rendimiento del cultivo (MS y grano) y la EUA con respecto al barbecho, coincidiendo con resultados previos presentados por Frasier (2015) en donde la inclusión del cultivo de cobertura permitió elevar la producción de MS de sorgo.

Las dosis de N empleadas tuvieron un efecto positivo en la productividad del cultivo de maíz (MS y grano) y en la eficiencia en el uso del agua, pudiendo aumentar el rendimiento en 5.000 kg MS/ha entre los dos tratamientos contrastantes (15.463 kg MS/ha en CC vs 20.695 kg MS/ha en CC-60). La utilización de efluentes de tambo (CC-Efluente) tuvo un aumento de producción mayor a su par inorgánico (CC-30), reflejando una mayor productividad por parte del efluente orgánico (Figura 4). Estos incrementos en los rendimientos coinciden a los encontrados por diferentes autores, los cuales expresan que la mayor disponibilidad de nutrientes por parte del efluente se evidencia en mejores rendimientos de los cultivos (Diez *et al.*, 2015; Berenguer *et al.*, 2008; Yagüe & Quilez, 2010).

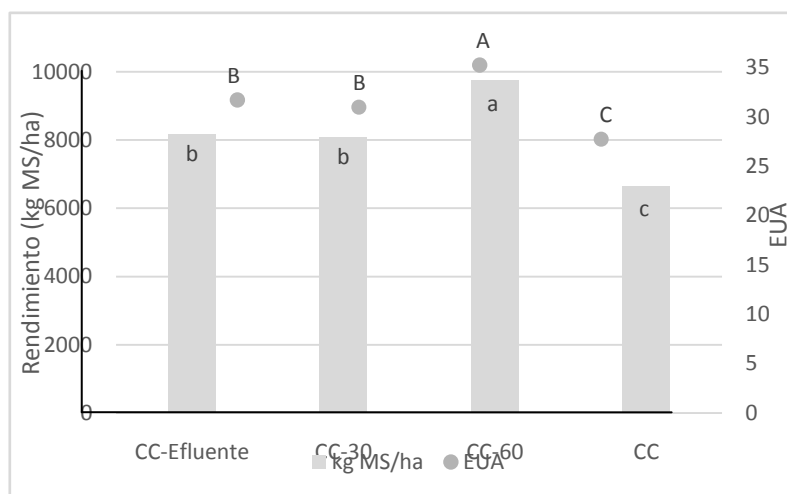


Figura 2: Acumulación de materia seca del cultivo de cobertura (kg MS/ha) y EUA (kg MS/mm agua) sobre diferentes dosis, fuentes y antecesores. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas en materia seca y letras mayúsculas en EUA.

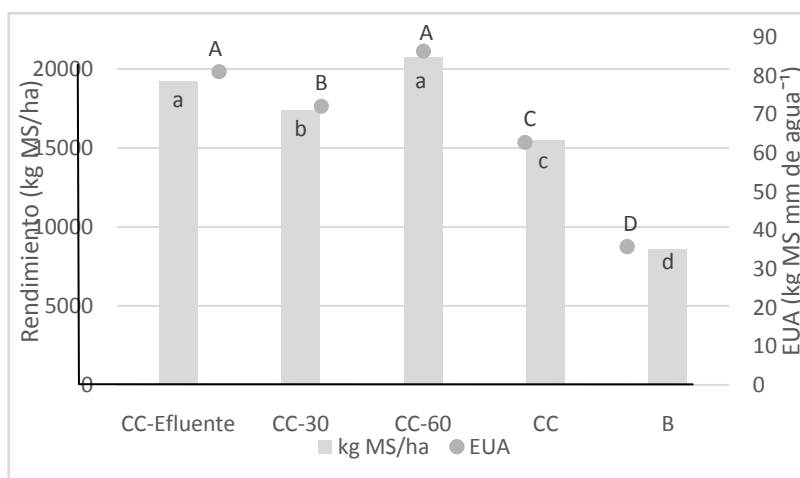


Figura 3: Biomasa del cultivo de maíz (kg MS/ha) y EUA (kg MS/mm agua) sobre diferentes dosis, fuentes y antecesores. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Letras minúsculas distintas indican diferencias estadísticamente significativas en materia seca y letras mayúsculas en EUA.

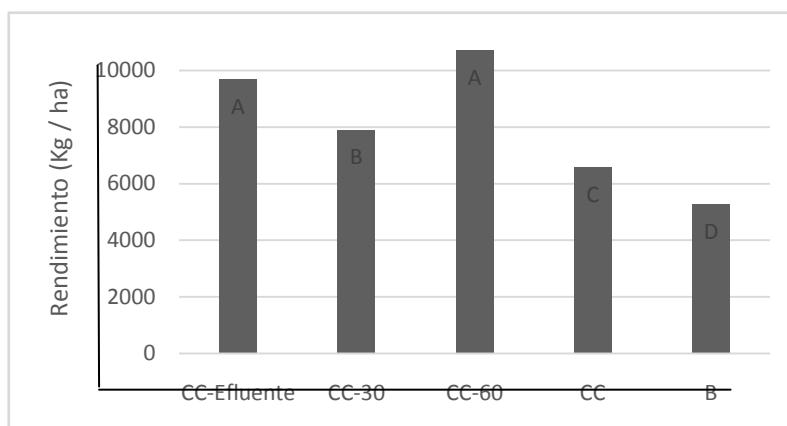


Figura 4: Rendimiento del grano de maíz (kg de grano/ha) sobre diferentes dosis, fuentes y antecesores. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$). Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas.

CONCLUSIONES:

La aplicación de efluente de tambo utilizado como fertilizante nitrogenado, permitió incrementar la productividad y la eficiencia en el uso del agua en el cultivo de cobertura y en el maíz.

BIBLIOGRAFIA:

- Abebe, G; B Hattar; M Abdel-Rahman & A Al-Tawaha. 2005 Nutrient Availability as Affected by Manure Application to Cowpea (*Vigna unguiculata* L.Walp.) on Calacarious Soils. *Journal of Agriculture & Social Sciences*.
- Berenguer, P; F Santiveri; J Boixadera & J Lloveras. 2008. Fertilisation of irrigated maize with pig slurry combined with mineral nitrogen. *Eur. J. Agron.* 28: 635-645.
- Diez, M; I Frasier; C Sardiña & A Quiroga. 2010. Efluentes de tambos en maíces establecidos sobre Entisoles y Molisoles de la Planicie medanosa. XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario. Trabajo completo publicado en CD. Actas p.146.
- Di Rienzo, JÁ; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. [online]. Available from: <http://www.infostat.com.ar>.
- Frasier, I. 2015. Efecto de vicia y centeno como cultivo de cobertura sobre el balance de carbono y nitrógeno en un sistema de siembra directa de la región semiárida pampeana. Tesis doctoral.
- Nosetti, L; MA Herrero; M Pol; V Maldonado May; S Korol; S Rossi; V Gemini & M Flores. 2002. Cuantificación y caracterización de agua y efluentes en establecimientos lecheros II. Calidad de efluentes y eficiencia de los procesos de tratamientos. *En: Vet.* 4: 45-54.
- Upton, M. 1997. Intensification or extensification: which has the lowest environmental burden? *WAR/RMZ.* N° 88. FAO. Roma, Italia.
- Viglizzo, EF; LV Carreño; H Pereyra; F Ricard; J Clatt & D Pincén. 2010. Dinámica de la frontera agropecuaria y cambio tecnológico. En: Viglizzo, E & E Jobbagy (Eds). *Expansión de la Frontera Agropecuaria en Argentina y su Impacto ecológico-ambiental*. Buenos Aires, Edición INTA. Cap 1: 9 -16.
- Yagüe, MR & D Quílez. 2010. Response of maize yield, nitrate leaching, and soil nitrogen to pig slurry combined with mineral nitrogen. *J. Environ. Qual.* 39:1-11.



**III JORNADAS NACIONALES DE
SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y
II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL**

FRÁGILES **EJE TEMÁTICO 5: CARTOGRAFÍA DIGITAL EN AMBIENTES**

CONTRIBUCIONES DE LOS RADARES ACTIVOS Y PASIVOS AL IMPACTO DEL CAMBIO
CLIMÁTICO EN LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES SECOS DE LA ARGENTINA

Del Valle H. F.^{1,2}

¹ Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC)
Centro Nacional Patagónico (CENPAT)-CONICET
delvalle@cenpat-conicet.gob.ar

² Centro Regional de Geomática (CEREGEO)
Facultad de Ciencia y Tecnología (FCyT)
Universidad Autónoma de Entre Ríos (UADER)

RESUMEN: Los paradigmas de las tecnologías de información son puestos a prueba por los disturbios naturales e impactos antropogénicos que sufren los ecosistemas terrestres, como consecuencia del Cambio Climático. En las últimas décadas, el estado de equilibrio de estos sistemas está siendo modificado por las alteraciones de su dinámica y de su proceso productivo. En la literatura internacional y nacional, se observa que los problemas ambientales son generalmente percibidos en forma tardía principalmente por los que participan en la gestión de las emergencias. Las causas son diversas, entre las cuales podríamos mencionar a que: 1) las decisiones se toman a una escala de tiempo y espacio diferentes a la escala en la que se manifiestan las perturbaciones, 2) la estructura y funcionamiento de los ecosistemas usualmente ofrecen respuestas no lineales, lo que hace difícil revertir los procesos de deterioro, y 3) la falta de capacitación en recursos humanos en todos los estamentos, que origina principalmente dificultades en la integración de escalas y en la gestión de niveles de complejidad. La densidad de sistemas de observación satelital operativos en la última década es mayor que la de todos los años anteriores juntos. Sin embargo, la capacidad de utilizar estos datos es bastante limitada en nuestro país, principalmente con el uso de los radares activos y pasivos. ¿Por qué ocurre esto? Se puede intentar una respuesta a esta pregunta analizando en detalle que es lo que los sistemas satelitales producen y que es lo que los usuarios de estos sistemas conocen y necesitan. En esta conferencia se analizan Las contribuciones de los radares de apertura sintética (SAR) tanto activos como pasivos al impacto de los disturbios naturales y acciones antrópicas en los ecosistemas secos de la Argentina (árido, semiárido y subhúmedo seco).

PALABRAS CLAVE: sensores remotos de las microondas, conceptos y herramientas de aplicación, casos de estudio, modelización ambiental.

USO DE DRONES EN AGRICULTURA

Erik de Badts

Foto Aérea. Aráoz 2227, Ciudad de Buenos Aires. - info@fotoaerea.com.ar

RESUMEN: Los drones y las cámaras multiespectrales presentan amplias posibilidades de uso en cultivos extensivos. Existen diferentes modelos de drones con distintas posibilidades de uso: seguimiento multiespectral de cultivos, confección de índices y decisiones de fertilización, mapeo de malezas resistentes, diferenciación y prescripción de ambientes para la agricultura de precisión. Otras aplicaciones posibles se relacionan a confección de mapas térmicos, altimetrías, seguimientos temporales de eventos dinámicos (inundaciones, daños por granizo, heladas, etc.). Sin embargo, aún quedan muchos interrogantes sobre el beneficio real de ésta tecnología y sus ventajas en relación con la inversión. El uso actual en cultivos extensivos tiene relación con problemáticas puntuales como malezas resistentes, manejo del riego y estudios a nivel ensayo. Otras aplicaciones como la determinación de plagas o predicción del rendimiento de los cultivos están aún bajo discusión, no por la tecnología disponible sino por los actuales costos operativos. En el sector agropecuario es muy importante la elección de cámaras adecuadas, quedando el tipo de dron relegado a un segundo plano. Las cámaras multiespectrales abren la posibilidad de determinar de forma estandarizada variaciones en un lote a escalas de ultra-detalle, donde píxeles de unidades centimétricas permiten establecer la micro-variabilidad en suelos y cultivos. La gran cantidad de datos generados, con temporalidad definida por el usuario, permite la generación de cartografías 2D y 3D de alta exactitud por medio de poderosos software de procesamiento de imágenes. En los próximos años tanto los drones como los sensores van a traer grandes innovaciones para dar respuestas más eficientes y convertirse en una herramienta de gran utilidad para el campo. Los avances en electrónica y los softwares para el agro permitirán que la gran cantidad de datos generados sean aprovechados para una mejor comprensión y adecuada toma de decisiones en el manejo de los sistemas productivos.

PALABRAS CLAVE: drones, cámaras multiespectrales, cartografía.

APLICACIONES PRÁCTICAS DE LA TELEDETECCIÓN EN EL SUDOESTE BONAERENSE

Marini F.

Agencia de Extensión Rural Bahía Blanca INTA - Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.

RESUMEN: Se exponen los principales resultados obtenidos en las distintas actividades llevadas a cabo por el Laboratorio de Teledetección y SIG de la EEA Bordenave. Se presentan las distintas imágenes satelitales que se utilizan, que son empleadas en relación de su resolución espacial y temporal. Los resultados del empleo de dichas imágenes se vuelcan principalmente en mapas temáticos, publicaciones a nivel nacional e internacional y finalmente en informes públicos e internos. Existen dos tipos de informes (en cualquiera de los formatos mencionados):

1. Informes y cartografía periódica

a. Uso del suelo

Requiere un trabajo del terreno que consiste en un relevamiento del terreno con ayuda de un GPS con el fin de obtener verdades de campo para ser posteriormente utilizadas en la evaluación de la clasificación final. En estos relevamientos se georeferencian cultivos de verano de cosecha (soja, girasol y maíz), sorgo (forrajero y granífero) y lotes con diferentes usos del suelo (campo natural, pastura, rastrojos de cultivos de invierno, pastizales y verdeos invernales).

Para el procesamiento posterior suelen utilizarse imágenes satelitales Landsat 8 OLI o bien del satélite Sentinel-2 seleccionándose fechas representativas de los distintos estados fenológicos de cada cultivo. Uno de los principales parámetros que se obtiene en cada una de estas escenas es el Índice Verde (NDVI), cuya evolución se aplica principalmente para identificar distintos tipos de usos del suelo. En tal sentido, se obtienen las distintas curvas fenológicas correspondientes a cada ocupación de los lotes, que son utilizados para obtener los mapas finales de uso y cobertura.

b. Mapas de Evapotranspiración Real, Evapotranspiración Potencial y Déficit Hídrico (desde 2016).

Para la obtención de dichos mapas se ha elaborado un modelo para el cálculo de la evapotranspiración real (ETR) y potencial (ETP) en base a un análisis de regresión múltiple entre dichos parámetros estimados en siete estaciones meteorológicas (método Penman - Monteith) y dos variables derivadas de imágenes MODIS: Temperatura de Superficie (TS) e Índice de Vegetación de Diferencia Normalizado (NDVI). Dicho modelo permite estimar ETR y ETP en una vasta región del sudoeste de la provincia de Buenos Aires y oeste de La Pampa (14.871.000 de has) en base al análisis del período comprendido entre 2000 y 2014. Los modelos fueron evaluados satisfactoriamente en las estaciones meteorológicas utilizadas. Los resultados permiten reforzar la ventaja de las medidas de teledetección para los modelos de cálculo de ETR y ETP en zonas amplias en donde no se dispone de datos meteorológicos.

La evapotranspiración (ET) representa el agua removida desde el suelo y la vegetación hacia la atmósfera y que ya no estará disponible para otros usos, cobrando mayor importancia en zonas áridas y semiáridas. Por tal motivo, la estimación de este parámetro es esencial en el estudio de los procesos hidrológicos. En virtud de esta utilidad, en los últimos años se han venido desarrollando y perfeccionando distintos modelos de diversa complejidad y aplicación que permiten su estimación.

Uno de estos métodos lo constituyen aquellos modelos basados en las relaciones entre la ET y determinadas características de la vegetación como las expresadas a través de ciertos índices, particularmente el NDVI. En todos ellos se han obtenido óptimas correlaciones entre los valores del NDVI, la ETR y la ETP que parecerían proporcionar los resultados más aproximados a la realidad. Teniendo en cuenta que los resultados de este tipo de regresiones han demostrado ser

satisfactorios utilizando dichos parámetros para la estimación de la ET, se propone llevar a cabo el mismo tipo de estimación utilizando imágenes satelitales MODIS.

De esta manera, se ha obtenido un modelo que en adelante permitirá estimar espacialmente ETR y ETP (expresada en mm/día) cada ocho días, contando con la ventaja de requerir sólo de información satelital suministrada en forma gratuita. Si bien dicho modelo podría ser actualizado, los resultados demuestran su idoneidad para la obtención de mapas de ETR y ETP sin necesidad de recurrir a datos meteorológicos.

Asimismo, de los dos parámetros calculados anteriormente también se derivan mapas de Déficit Hídrico que están basados en la diferencia registrada entre la ETP y la ETR. Los mismos son expresados en mm/día.

2. Informes y cartografía de eventos climáticos extremos

a. Evaluación de inundaciones y anegamientos

Este tipo de informes se realizan tanto para anegamientos severos como para evaluar el aumento de la superficie de los cuerpos lagunares. Para ello se suelen emplear imágenes Landsat. Ejemplos de estos estudios son las inundaciones en partidos como Guaminí, Alsina y Puan en 2001 o el actual incremento las napas freáticas (2016/17) inducido del aumento de la superficie de los cuerpos lagunares en dichos partidos.

b. Evaluación de sequías

Uno de los casos más representativos fue el seguimiento de la superficie ocupada por el Dique Paso de las Piedras durante la sequía de los años 2008 y 2009. En otros estudios, también se ha empleado la evolución del NDVI tomando un producto quincenal de imágenes satelitales MODIS.

c. Seguimiento de incendios

Con el significativo incendio que quemó parte del Cerro Ventana y arrasó con casi la totalidad de la vegetación que posee la Reserva Natural del Parque Provincial Ernesto Tornquist en enero de 2014, se comenzó a realizar un seguimiento de este tipo de eventos. Las imágenes utilizadas para tal fin dependen de la magnitud del incendio analizado. En el caso de los incendios registrados en Sierra de la Ventana y en los partidos de Bahía Blanca, Tornquist y Puan se emplearon imágenes Landsat 8 y Sentinel-2.

Un incendio significativo fue el que afectó miles de hectáreas en las provincias de Río Negro, La Pampa y Buenos Aires desde el pasado mes de diciembre. En dicho análisis se emplearon imágenes satelitales MODIS.

d. Detección de círculos de riego

Se han efectuado diversos relevamientos de la superficie regada con pívot central en nueve partidos del área de influencia de la EEA Bordenave. Este estudio se realizó tanto para la campaña 2006/ 2007 como para la campaña agrícola 2013/ 2014 empleando técnicas de teledetección y utilizando el satélite Landsat 8 - Operational Land Imager (OLI) en virtud de su óptima disponibilidad y adecuada resolución espacial. La superficie total regada con lotes bajo pívot central asciende a 26936 has, habiéndose detectado 285 lotes. Coronel Suárez presenta la mayor cantidad de agua regada por este sistema (175 lotes - 15540 has). Si se compara la campaña agrícola 2006/ 2007 con la 2013/14, se registra un significativo incremento en el uso de este sistema de riego en toda el área. El mismo fue del 150 %.

**UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS PARA EL ESTUDIO DE AMBIENTES FRÁGILES:
CASO VILLARINO Y PATAGONES**

Pezzola A., C. Winschel

EEA INTA Hilario Ascasubi – Laboratorio de Teledetección y SIG Ruta Nac. 3 sur km. 794 (8142)
Hilario Ascasubi pezzola.alejandro@inta.gob.ar

RESUMEN: Las actividades y trabajos que se realizan en la EEA Hilario Ascasubi, están vinculadas y son conducentes al monitoreo, seguimiento e investigación de los recursos naturales del área de influencia: partidos de Villarino y Patagones, dentro de sus zonas de riego y seco. Desde el año 1999 se comenzó con la digitalización de los RRNN, generando cartografía de base para la geo localización y seguimiento de los mismos. Se realizan estudios multitemporales de Avance de la frontera agrícola; degradación de los suelos; incendios rurales; Cobertura y Uso de los suelos y estudio de la dinámica de cambios. Se trabaja conjuntamente en diversos proyectos con instituciones como la Comisión Nacional de Actividades Espaciales -CONAE, Corporación de Fomento del Valle Bonaerense del Rio Colorado CORFO y otras Estaciones del INTA. La utilización de imágenes satelitales de distintos sensores brinda la posibilidad de trabajar con distintas resoluciones espaciales, espectrales y temporales. Esta información redonda siempre en la obtención de imágenes del área de estudio. De esa manera se pueden generar productos para el manejo técnico de los distintos ambientes.

PALABRAS CLAVE: SIG, RRNN; digitalización.

**PROCESAMIENTO DE IMAGENES LANDSAT PARA EL ESTUDIO DE COBERTURAS DEL
SUELO EN UNA CUENCA HIDROGRAFICA DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA**

Brendel A.S.^{1,2,3}, F. Ferrelli¹, M.C. Piccolo^{1,3}, G.M.E. Perillo^{1,4}

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1. - andreabrendeluns@gmail.com

² Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina.

³ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 12 de Octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, 8000, Argentina.

⁴ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, San Juan 670, Bahía Blanca, 8000, Argentina.

RESUMEN: Las zonas áridas y semiáridas de la Región Pampeana se caracterizan por su gran fragilidad ecológica. En este contexto, el objetivo de esta investigación fue identificar el método de clasificación más adecuado para discriminar coberturas del suelo en la cuenca del río Sauce Grande (provincia de Buenos Aires, Argentina). Para ello, se analizaron digitalmente imágenes satelitales LANDSAT 8 OLI representativas de cada estación del año. A partir de reconocimiento de campo, se generaron muestras georeferenciadas que se incorporaron en una base de datos. Posteriormente, se calcularon distintos índices de vegetación, suelo y agua para aumentar el área de influencia de estas muestras. Las mismas fueron verificadas con campañas en la zona de estudio. Posteriormente, con esta información, se aplicaron los métodos de clasificación supervisada de Paralelepípedos (PL), Máxima Probabilidad (MLC), Mínima Distancia (MND), Distancia de Mahalanobis (MHD), Mapeador de Angulo Espectral (SAM), Codificación Binaria (BE) y no supervisada de ISODATA y K-Medias. El grado de exactitud de los resultados se evaluó con matrices de confusión y coeficiente Kappa. Se evidenció que el cálculo de los índices y el aumento del área de las regiones de interés mejoró la exactitud y la precisión de la clasificación. El método que arrojó los resultados más adecuados para los médanos y las sierras fue el MAH con una exactitud de 99,6 % y 93,4 % y Kappa de 0,99 y 0,88, respectivamente. En la llanura, se destacó el MLC (exactitud del 98,9 % y coeficiente Kappa de 0,97). El estudio realizado podría constituir una herramienta fundamental para el diseño de planes de manejo sustentable del territorio por la vulnerabilidad que presentan las regiones semiáridas con estacionalidad termo-pluviométrica.

PALABRAS CLAVE: coberturas del suelo, cuenca hidrográfica, región semiárida pampeana, imágenes satelitales

RELACIÓN ENTRE INDICES OPTICOS Y LA PROFUNDIDAD DE SUELOS EN 6 AÑOS DE TRIGO

Frolla F.D, H.R Krüger, J.P Zilio.

INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur, EEA Bordenave. Ruta 76 km 36,5 Bordenave (Bs.As.) –
frolla.franco@inta.gob.ar

RESUMEN: La profundidad del suelo es la principal limitante para la producción agropecuaria en la región semiárida bonaerense. Para lograr la implementación del manejo por ambientes en dicha región, es necesario contar con información sobre esta variable. La forma tradicional de mapeo es laboriosa y requiere una posterior validación de la información obtenida. Por otra parte, es posible obtener imágenes satelitales, en forma gratuita y de aceptable resolución, para caracterizar áreas de distinta profundidad de suelo. El objetivo de este trabajo es evaluar dos índices ópticos (NDVI y GNDVI) provistos por los satélites LANDSAT, como estimadores de la profundidad de suelo. La experiencia se realizó en un lote de 60 ha de un establecimiento comercial cercano a la población de San Germán, partido de Puan (Bs. As.). Durante las campañas 2011-2016 se establecieron cinco puntos de observación en cada grupo de suelos clasificados por profundidad: someros (<40 cm), moderadamente profundos (40–60 cm) y profundos (>60 cm). En cada año y punto se midió: profundidad de suelo, biomasa acumulada a cosecha y rendimiento. Para los seis años evaluados se observó una baja relación entre la profundidad del suelo y los índices ópticos, aunque el ajuste por año fue variable en función de las distintas condiciones pluviométricas. Precipitaciones menores o iguales a 100 mm durante el periodo de macollaje (junio-septiembre), generaron los mayores coeficientes de determinación entre NDVI, GNDI y profundidad del suelo. No se observaron diferencias importantes entre NDVI y GNDVI pudiendo ser utilizados de igual manera para la predicción de profundidad de suelo en años con las condiciones pluviométricas descriptas.

INTRODUCCIÓN

La profundidad del suelo es la principal limitante para la producción agropecuaria en la región semiárida bonaerense. La presencia de horizontes calcáreos consolidados (“tosca”) limita la acumulación de agua restringiendo la exploración radical y la acumulación de biomasa área. Suelos pocos profundos se asocian a menores contenidos de materia orgánica, baja disponibilidad de fósforo, rendimientos reducidos y baja respuesta a la fertilización nitrogenada. La limitante está presente en la región meridional (Buschiazzo, 1986), y sur de la provincia de Bs. As. (Pazos & Mestelan, 2002), afectando una superficie mayor a cuatro millones de ha (INTA, 1995). En lotes de producción agropecuaria es común observar asociaciones de suelo someros y profundos, con dinámicas hídricas, químicas y económicas divergentes que justifican en muchos casos su manejo diferencial. Manejos optimizados por profundidad de suelo han sido abordados por distintos autores (Puricelli *et al.*, 1997; Calviño *et al.*, 1999; Ross, 2012; Dulau, 2013; Frolla *et al.*, 2016), destacando que su utilización requiere información de carácter local.

La forma tradicional de mapeo de la profundidad del suelo utiliza una sonda de acero graduada. Las observaciones, georreferenciadas, se realizan en forma de “grilla rígida”, con posterior interpolación en un software apropiado (Ross 2012; Frolla *et al.*, 2015). Este método es laborioso y requiere una posterior validación de la información obtenida para controlar su capacidad de predicción. A su vez la utilización de una grilla de muestreo fija genera zonas con déficit y exceso de observaciones (Frolla *et al.*, 2015). Un esquema de muestreo optimizado, presentado por Domenech *et al.* (2016), permite reducir a un 30% las observaciones de campo a través de modelos matemáticos e información georreferenciada de elevación y conductividad eléctrica aparente. Sin embargo, esta tecnología no está aún disponible para la región semiárida bonaerense. Existe, en cambio, disponibilidad de imágenes satelitales gratuitas, de media resolución, que pueden resultar útiles para delimitar áreas de distinta densidad de plantas y estado nutricional, características que pueden asociarse a la profundidad del suelo. El índice de

vegetación de diferencia normalizada (por sus siglas en inglés NDVI), es uno de los más utilizados para la caracterización de ambientes (Rivas *et al.*, 2011, Ocampo *et al.*, 2011). El índice verde de vegetación de diferencia normalizada (por sus siglas en inglés GNDVI), también ha sido informado como de alta sensibilidad ante cambios en el área foliar y acumulación de biomasa (Hunt *et al.*, 2008; Redel *et al.*, 2009). Por ser una de las más longevas, la misión de satélites LANDSAT ofrece imágenes en distintas bandas desde el año 1972, que permiten calcular los índices ópticos propuestos. La resolución espacial actual (30 x 30 m), y temporal (16 días), permite su uso en aplicaciones sitio-específicas (Mieza *et al.*, 2012). El objetivo de este trabajo es evaluar dos índices ópticos (NDVI y GNDVI) provistos por los satélites LANDSAT como estimadores de la profundidad de suelo en un lote de producción de trigo dentro de la región semiárida bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia fue llevada a cabo en un lote de 60 ha ubicado en cercanías de la población de San Germán, partido Puan, provincia de Buenos Aires. Durante las campañas 2011-2016 se establecieron cinco puntos de observación en tres clases de suelo agrupados por profundidad: someros (< 40 cm), moderadamente profundos (40 – 60 cm) y profundos (> 60 cm). La superficie ocupada por estos suelos es de 9, 35 y 22 ha respectivamente. En cada año y punto, se midió profundidad efectiva (PROF), biomasa aérea de trigo acumulada a cosecha (BIOM) y rendimiento en grano (REND). Los puntos de observación se aleatorizaron todos los años.

Se descargaron imágenes satelitales de media resolución para el mes de noviembre desde la aplicación EarthExplorer perteneciente al Servicio de Geología de Estados Unidos, para los años 2011-2016. El mes se seleccionó en función de su cercanía a la floración de trigo, período crítico del ciclo de cultivo. Los satélites utilizados fueron Landsat 5 (2011), Landsat 7 (2012) y Landsat 8 para 2013, 2014, 2015 y 2016. En pre-proceso, los valores digitales de las imágenes se convirtieron a reflectancia y se realizaron correcciones atmosféricas por el método de DOS1, luego se reproyectaron al sistema de coordenadas WGS 84/UTM zona 20S (EPSG:32620) y, por último, se recortó el área de interés a través un polígono vectorial del lote a evaluar. En post-proceso se calcularon dos índices ópticos: NDVI y GNDVI. Para NDVI se utilizaron las bandas rojo e infrarrojo cercano, y para el GNDVI las bandas verde e infrarrojo cercano. Las fórmulas de cálculo están descriptas en Redel & Zubillaga (2009). En cada una de las imágenes obtenidas, se determinó el valor del píxel para cada sitio de observación en el año evaluado.

Las precipitaciones ocurridas en la localidad de San Germán se expresaron como precipitación mensual acumulada para distintos períodos del ciclo del cultivo: barbecho (enero-mayo), macollaje (junio-septiembre), floración (octubre-noviembre) y ciclo completo (junio-diciembre).

Se realizó análisis de varianza sobre los rendimientos de trigo considerando profundidad de suelo y años como factores. Se confeccionaron, además, regresiones lineales polinómicas de segundo grado y exponenciales entre los indicadores productivos, precipitaciones y los índices espectrales. En el análisis estadístico se utilizó el software R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS

La producción de trigo en el periodo 2011-2016 se vio favorecida en general por un ciclo de precipitaciones normales a elevadas, aunque la distribución fue diferente según el año (Tabla 1). Las menores precipitaciones durante el ciclo del trigo ocurrieron en 2011 con 211 mm acumulados y las máximas en 2014 con 596 mm. Durante el periodo crítico del trigo las precipitaciones fueron escasas en 2012 y 2013, con 20 mm y 61 mm respectivamente. En macollaje también se mostraron muy variables, ocurriendo las mínimas en 2011 (20 mm) y las máximas en 2014 (329 mm).

El análisis estadístico de la producción de BIOM durante el período estudiado mostró interacción significativa entre PROF y año, y ello se debe a que los suelos profundos acumularon mayor cantidad de materia seca en todos los años excepto 2014, este año se verificó una alta incidencia de *Drechslera tritici* por las condiciones de alta humedad relativa durante el ciclo. Los suelos

moderadamente profundos en algunos años no se diferenciaron de suelos someros (2011, 2014, 2016) y en otros casos de los suelos profundos (2013, 2014, 2015).

Si bien existió una cierta relación entre REND y BIOM (Tabla 2), estas variables no siguieron exactamente la misma tendencia indicando años con algún grado de condiciones no propicias entre floración y cosecha.

Tabla 1. Precipitaciones acumuladas para distintas etapas del cultivo de trigo (2011-2016).

Año	Ciclo	Barbecho	Macollaje	Floración
2016	309	490	146	142
2015	350	571	105	137
2014	596	334	329	249
2013	199	213	136	61
2012	335	235	278	20
2011	211	546	20	165

Para los seis años evaluados, se observó una baja relación entre la profundidad del suelo y los índices ópticos, aunque ambos índices presentaron relaciones significativas con la BIOM. El mejor ajuste observado fue de tipo exponencial entre NDVI y BIOM (Figura 2). Relaciones de este tipo han sido citados por otros autores (Moges *et al.*, 2004; Povh *et al.*, 2008), y podrían ser utilizadas para estimar indirectamente PROF a través de BIOM.

Tabla 2. Coeficientes de determinación lineal (R^2) para distintas variables productivas e índices ópticos para el periodo 2011-2016. * (regresión significativa, $p < 0,05$), *** (regresión altamente significativa, $p < 0,01$), ns (regresión no significativa).

	REND	BIOM	PROF	NDVI	GNDVI
REND	1				
BIOM	0,26 ***	1			
PROF	0,3 ***	0,25 ***	1		
NDVI	0,03 ns	0,45 ***	0,14 ***	1	
GNDVI	0,00 ns	0,3 ***	0,04 ns	0,82 ***	1

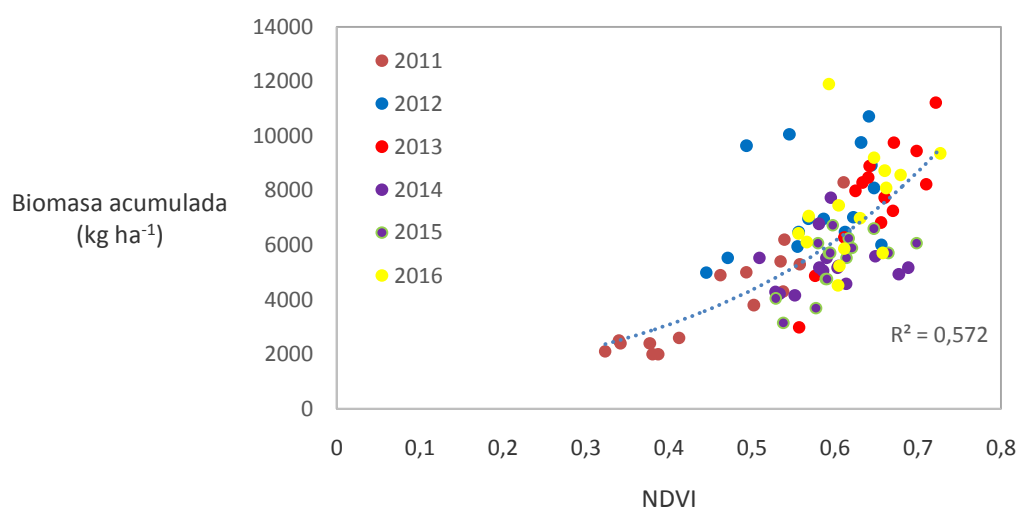


Figura 2. Relación entre la biomasa acumulada a cosecha y valores de NDVI para el mes de noviembre en distintos años. Línea punteada indica ajuste exponencial para todo el set de datos.

Se espera una mejor diferenciación de los suelos en años con precipitaciones moderadas, donde se registre una producción diferencial de biomasa según capacidad de retención hídrica. La incorporación de una variable auxiliar que discrimine las distintas campañas de trigo permitió lograr una mejora en la predicción de la PROF a través del NDVI y GNDVI. La relación entre NDVI y PROF por año se muestra en la Tabla 3. Así se observan años de altas correlaciones entre variables (2011, 2015), campañas con bajos ajustes (2016, 2013) y sin relación (2014, 2012).

Tabla 3. Coeficiente de determinación para la profundidad de suelo y distintos índices ópticos. * (regresión significativa, $p < 0,05$), *** (regresión muy significativa, $p < 0,01$), ns (regresión no significativa).

Año	NDVI	GNDVI
2011	0,67***	0,68***
2012	0,12 ns	0,18 ns
2013	0,28*	0,25 ns
2014	-0,07 ns	0,00 ns
2015	0,71***	0,66***
2016	0,27*	0,32*

En las campañas con mejores ajustes, las precipitaciones durante el barbecho fueron superiores a los restantes años, y durante la etapa de macollaje inferiores. Precipitaciones cercanas o menores a 100 mm en macollaje se relacionaron con mayores coeficientes de determinación de los índices ópticos y PROF (Figura 3). Las lluvias ocurridas durante el barbecho presentaron una menor relación ($p = 0,07$), mostrando, aun así, influencia sobre la capacidad de predecir la profundidad del suelo. Para las campañas 2015 y 2011, las precipitaciones en barbecho fueron de 571 mm y 546 mm respectivamente, durante el macollaje las precipitaciones ascendieron a 105 mm y 20 mm, en el mismo orden.

Krüger *et al.* (2014), observaron que la eficiencia hídrica del barbecho y la cantidad de agua acumulada en el perfil depende de la profundidad del suelo. Bajo los supuestos planteados, el agua disponible para la producción de biomasa está relacionada con la acumulada en el suelo dada las bajas precipitaciones en el macollaje, por lo cual las diferencias en la capacidad de acumulación debidas a la profundidad pueden expresarse en distintos volúmenes de biomasa.

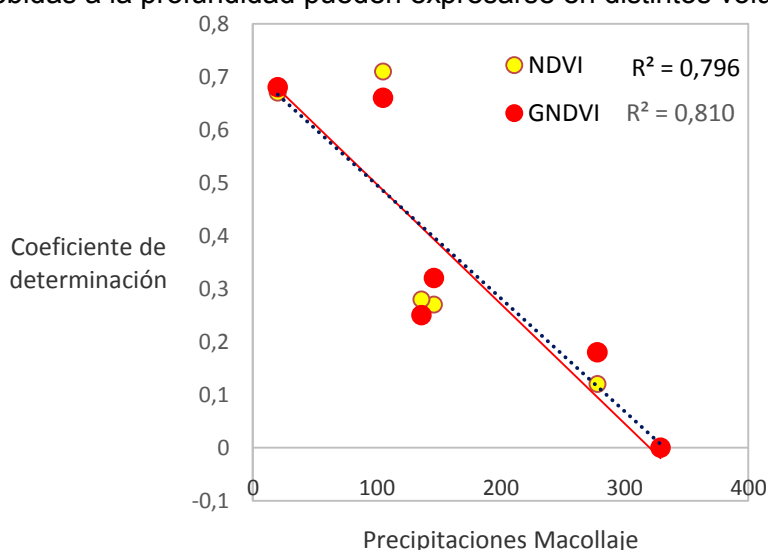


Figura 3. Relación entre las precipitaciones acumuladas en macollaje y los coeficientes de determinación entre profundidad de suelo, NDVI y GNDVI. Línea punteada indica línea de ajuste lineal para GNDVI, línea continua para NDVI.

No se observaron diferencias importantes entre NDVI y GNDVI, por lo que ambos índices pueden ser utilizados de igual manera para la predicción de la profundidad del suelo. Moges *et al.* (2004), tampoco observó diferencias significativas por el uso de ambos indicadores en la estimación de producción de biomasa y rendimiento. Es necesario continuar el análisis de nuevas fuentes de datos para validar las presentes recomendaciones como herramienta de apoyo en la confección de mapas de profundidad de suelos y diferenciación de ambientes de manejo.

CONCLUSIONES

Para la región semiárida bonaerense, los índices ópticos NDVI y GNDVI calculados mediante imágenes de los satélites LANDSAT permitieron diferenciar la profundidad efectiva del suelo solamente en años que registraron precipitaciones mayores a las normales durante el barbecho, y menores durante el periodo de macollaje.

BIBLIOGRAFÍA

- Buschiazzo, DE. 1988. Estudio sobre la tosca. Parte II: evidencias de un movimiento descendente del carbonato, características micromorfológicas. *Ciencia del suelo*, 6(2):44-49.
- Calviño, PA & VO Sadras. 1999. Interannual variation in soybean yield: interaction among rainfall, soil depth and crop management. *Field Crops Research*. 63:237-246.
- Domenech, MB; M Castro-Franco; JL Costa & NM Amiotti. 2017. Sampling scheme optimization to map soil depth to petrocalcic horizon at field scale. *Geoderma*, 290, 75-82.
- Dulau, D. 2013. Ensayo de dosis de fertilizantes en siembra de soja de primera en distintos ambientes según la profundidad de la tosca. Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 12. 2013 07 17-19, 17 al 19 de julio de 2013. Manfredi, Córdoba. AR.
- Frolla, FD; JP Zilio & H Kruger. 2015. Variabilidad espacial de la profundidad del suelo: Métodos de interpolación para el sudoeste bonaerense. *Revista de investigaciones agropecuarias*, 41(3):309-316.
- Gitelson, AA; YJ Kaufman & MN Merzlyak. 1996. Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. *Remote Sensing of Environment*, 58:289-298.
- Hunt, ER; WD Hively; CS Daughtry; GW McCarty; SJ Fujikawa, TL Ng & DW Yoel. 2008. Remote sensing of crop leaf area index using unmanned airborne vehicles. In *Proceedings of the Pecora 17 Symposium*, Denver, CO.
- INTA. 1995. Atlas de Suelos de la República Argentina en CD-Rom con el programa Arc-View incorporado. Instituto de Suelos-CIRN/INTA, AEROTERRA, Fundación ArgenINTA Buenos Aires.
- Lavado, RS; G Rubio & M Alconada. 1992. Grazing management and soil salinization in two pampean Natraqualfs. *Turrialba*, 42:500-508.
- Melchiori, R; S Albarenque; G Schulz; A Kemerer & D Bedendo. 2009. Determinación de zonas de manejo mediante relevamiento de suelos y herramientas informáticas. In *Congreso de Agroinformática. 38° Jornadas Argentinas de Informática Actas en CD*.
- Mieza, MS; FD Kovac & DE Martínez. 2012. Imágenes satelitales y aéreas en aplicaciones sitio específicas. En: *Avances de la agricultura por ambientes en la región pampeada*. Editores: Molas AC & E Ghironi. pp 10:14.
- Moges, SM; WR Raun; RW Mullen; KW Freeman; GV Johnson & JB Solie. 2005. Evaluation of green, red, and near infrared bands for predicting winter wheat biomass, nitrogen uptake, and final grain yield. *Journal of Plant Nutrition*, 27(8):1431-1441.
- Ocampo, D; R Rivas; F Carmona; H Figueredo & L Palazzani, L. 2011. Estimación de rendimiento de trigo por ambientes a partir de datos del sensor Thematic Mapper. *TELEDETECCIÓN: Recientes aplicaciones en la Región Pampeana*, 115-125.

- Puricelli, CA; MM Puricelli & HR Krüger. 1997. Profundidad útil del suelo y rendimiento del trigo. EEA INTA Bordenave. Boletín Técnico N.º 14, septiembre 1997.
- R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. Disponible en: <https://www.R-project.org/>, verificado: 20 de julio de 2017.
- Redel, HM & MM Zubillaga. 2015. Aproximaciones para el manejo sitio-específico de la fertilización nitrogenada en maíz a través de índices espectrales. Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica (LACS), 15:15-21.
- Ross, F. 2012. Determinación espacial de la profundidad de suelo (tosca) y su relación con el rendimiento del cultivo. Chacra Experimental Integrada de Barrow. Disponible en: (<http://inta.gob.ar/documentos/determinacion-espacial-de-la-productividad-de-suelo-tosca-y-surelacioncon-el-rendimiento-de-cultivo/>, verificado: 20 de julio de 2017).
- Ross, F. 2012. Densidad de plantas en maíz: Ajuste por ambiente. In Congreso de Valor Agregado en Origen. 1. Curso Internacional de Agricultura de Precisión. 11. Expo de Máquinas Precisas. 6. 2012 07 18-20, 18, 19 y 20 de julio de 2012. Manfredi, Córdoba. AR.
- Povh, FP; JP Molin; LM Gimenez; V Pauletti; R Molin, & JV Salvi. 2008. Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 43(8):1075-1083.
- Rivas, R; D Ocampo & F Carmona. 2011. Modelo de predicción de rendimiento de trigo a partir de NDVI: aplicación en el contexto de la agricultura de precisión. En XV Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, (30):584-590.
- Vázquez, JM; G Reposo; JM Guecaimburú; V Rojo; C Giacobone & M Martínez. uso de conductividad eléctrica del suelo para determinar la profundidad al horizonte petrocalcico. Disponible en: <http://suelos.com.uy/pdf/60.pdf>, verificado: 20 de julio de 2017.

USOS DE INDICES ESPECTRALES EN LA DETECCION DE LAS CARACTERISTICAS DE LOS CULTIVOS EN AMBIENTES DELIMITADOS POR DIFERENTES CARACTERISTICAS EDAFICAS

Farrell M.¹, E. Ghironi².

¹ Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria INTA. EEA Anguil "G. Covas"
Ruta nº 5 Km 580. Anguil. La Pampa - farrell.mauricio@inta.gob.ar

² Agencia de Extensión Gral. Pico. INTA. EEA Anguil "G. Covas" Calle nº 13. Gral. Pico La Pampa
- ghironi.eugenia@inta.gob.ar

RESUMEN: La necesidad de conocer la respuesta del cultivo al potencial de los ambientes a través de información espectral en épocas tempranas tiene un rol clave en la agricultura. En la región semiárida, las características edáficas inciden en los contenidos hídricos de los suelos, siendo determinante en la productividad de los cultivos. El uso de tecnologías capaces de determinar la condición del cultivo se ha convertido una herramienta clave. El espectro de la reflectancia de luz por el follaje de las plantas es un indicador preciso de la fracción de la cobertura vegetal, que está altamente asociada con la captura de la radiación y el estado nutricional de los cultivos. El objetivo del trabajo fue evaluar el uso de índices de vegetación como el NDVI Rojo y NDVI verde obtenidos a partir de fotografías aéreas durante el estado fenológico de floración en el cultivo de maíz como indicadores de la respuesta vegetal a través de la relación entre parámetros como la materia seca aérea (MS), altura de plantas (AP) y el rendimiento de granos (RG). Los resultados del análisis de correlación a través del coeficiente de Pearson indicaron que el índice NDVI verde presentó mejor relación con materia seca (0,86) y rendimiento de granos (0,78), mientras que el NDVI rojo mostró una buena relación con la variable altura de plantas (0,86). El análisis se desprende que el uso de índices de vegetación que contemplen información espectral permite establecer la condición del cultivo, ya que permitió establecer diferencias significativas entre sitios con diferencia de altimetría.

PALABRAS CLAVE: índices de vegetación, imagen multispectral, parámetros vegetales.

INTRODUCCION

En la región semiárida pampeana central de Argentina los rendimientos del cultivo de maíz presentan importantes variaciones aún dentro del mismo lote (Ghironi *et al.*, 2012), siendo los factores que determinan la productividad del cultivo se destacan la oferta de agua y de nitrógeno (Quiroga *et al.*, 2006; Quiroga, 2012). El muestreo intensivo de suelos, con elevada cantidad de muestras, puede permitir identificar atributos del mismo que afectan la productividad, pero resulta inviable para los productores por su alto costo (Farrell, 2012).

Los sensores remotos, a través de diversos índices espectrales, proveen información, específica y crítica, debido a su capacidad para medir indicadores biofísicos y detectar su variabilidad espacial (ASD, 1999) y ha sido documentada como una tecnología poderosa para mediciones in situ de parámetros de cultivos como el IAF, contenido de clorofila en hoja, contenido de agua en la canopia, etc. (Moran *et al.*, 1994, Haboudane *et al.*, 2004; Thomas *et al.*, 2008), permitiendo identificar áreas de similares características a un costo accesible para los productores.

En la actualidad se están utilizando tecnologías de teledetección para una gestión precisa de los cultivos, siendo clave y de interés durante los últimos años la aplicación en la detección de diferentes fenotipos para caracterizar el rendimiento a nivel de lote agrícola (Araus & Cairns, 2014; Liebisch *et al.*, 2015).

El enfoque clásico ha consistido en el uso de sensores multispectrales y el desarrollo de numerosos índices de vegetación asociados con parámetros de vegetación como la biomasa

aérea, la deficiencia de nutrientes y agua, el rendimiento de los cultivos (Petropoulos & Kalaitzidis, 2012). Entre los índices, el Índice de Vegetación Diferenciada Normalizada (NDVI) es el más utilizado. En cuanto al rendimiento y el contenido de nitrógeno (N) de los cultivos varios estudios han demostrado que es posible cuantificarlo satisfactoriamente utilizando datos multiespectrales tanto en los niveles aéreos como en el suelo (Barnes *et al.*, 2000; Boegh *et al.*, 2002). Numerosos autores han desarrollado indicadores a partir de la información de reflectancia obtenida a través de sensores remotos. La respuesta espectral obtenida mediante sensores remotos permite obtener información del status de nitrógeno en hoja, área foliar y biomasa proporcionando características del estado fisiológico de la planta (Ritchie, 2003).

El objetivo del trabajo fue evaluar la relación entre la respuesta espectral proveniente índices de vegetación generados a partir de fotografías aéreas multiespectrales de alta resolución espacial y los componentes vegetales como el rendimiento de granos (RG), altura de plantas (AP), peso de y materia seca total (MS) en el cultivo de maíz sobre ambientes delimitados por diferencias en altimetría.

MATERIALES Y METODOS

La experiencia se realizó durante la campaña agrícola 2012-13 en el área central de Argentina (S 35° 45' 50,7" W 63° 35' 37,7 sobre el cultivo de maíz (*Zea mays* L.)

Los suelos se caracterizan por no poseer limitantes en la profundidad del perfil, de textura arenosa-franca y con contenidos medios a bajos de materia orgánica (MO) (Bono 1999). En el lote se georreferenciaron dos sitios identificados como L y B con diferencias de altimetría entre ambientes. La identificación de los sitios se realizó a partir de un relevamiento planialtimétrico, utilizando un GPS Diferencial Trimble. Los datos obtenidos se procesaron utilizando el software GV SIG a través del uso de la herramienta de interpolación mediante el método Kriging generando un modelo digital de elevaciones (MDE). A partir de esta información se realizó la delimitación de sitios por rangos de altimetría. Para evaluar la respuesta espectral entre sitios se tomó una fotografía aérea multiespectral obtenida desde un avión tripulado durante el estadio fenológico de floración del cultivo. La fotografía se obtuvo a través de una cámara Tretacam MCA multiespectral que posee un sensor con un filtro de banda estrecha especificado que se inserta entre la lente y el sensor permitiendo obtener información espectral en la banda verde (550 nm, banda roja (660 nm y banda infrarroja (800 nm).

La altura de vuelo al momento de la toma de la fotografía fue de 2500 m, logrando una resolución espacial de 2 m., La fotografía fue georeferenciadas a través de puntos de control y proyectadas a Gauss Kruger faja 4.

Con el uso del software libre GV SIG se obtuvo la información de cada banda y a través de la herramienta algebra de mapas se confeccionaron los diferentes índices a evaluar que se detallan en la Tabla 1.

Tabla 1. Índices de vegetación utilizados en el trabajo.

NDVI rojo	$(NIR - ROJO) / (NIR + ROJO)$	Rouse <i>et al.</i> (1973)
NDVI verde	$(NIR - VERDE) / (NIR + VERDE)$	Gitelson & Merzlyak (1998)

El híbrido utilizado fue DK 700 y la fecha de siembra fue el 29 de noviembre de 2012. En cada ambiente se georeferenciaron 6 puntos donde se extrajeron muestras de suelo de 0 a 20 cm de espesor para determinar las fracciones granulométricas (sedimentación), materia orgánica total (MOT, Walkley & Black), fósforo extractable (P, Bray & Kurtz). En muestras de 0-20 cm y 20-60 cm se determinaron los contenidos de nitrógeno de nitratos (Ac. Cromotrópico). Se determinó la disponibilidad hídrica de los suelos (método gravimétrico) al momento de la siembra y durante los estados fenológicos de V6, floración y final del llenado de granos del cultivo en intervalos de 20 cm hasta los 200 cm de profundidad. Entre los estadios de floración y madurez fisiológica y en

cada sitio de muestreo se determinaron los contenidos de biomasa aérea y altura de plantas. En el momento de cosecha se extrajeron muestras sobre una superficie de 5,2 m². Estas muestras fueron trilladas, pesadas y acondicionadas en laboratorio para determinar el peso de 1000 g y el número de granos por m². La determinación del porcentaje de humedad de las muestras trilladas se realizó con un higrómetro Tesma Campo. Los datos de humedad tomados al momento de la trilla sirvieron para realizar el ajuste del rendimiento. Los estados fenológicos fueron determinados utilizando la escala desarrollada por Ritchie & Hanway, 1982.

Los resultados se analizaron análisis de correlación, análisis de la varianza (ANOVA) y test de diferencia de medias LSD Fisher con el Software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2011).

RESULTADOS

Delimitación de ambientes

El modelo digital de elevaciones elaborado a partir de los datos de DGPS muestra alta variabilidad espacial, lo que las diferencias alcanzan valores de 4 m entre el valor máximo y mínimo.

La Figura 1 muestra un detalle de la localización del ensayo, donde se evidencia la diferencia de altimetría entre sitios. En el ambiente L se sitúan los puntos L 1 al L 6, mientras que el ambiente B se observan los puntos B 1 al B 6.

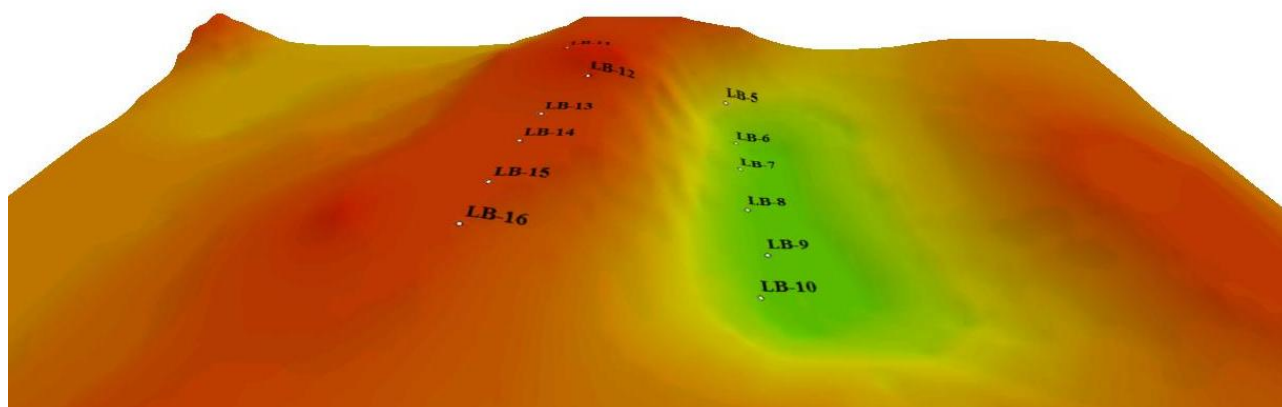


Figura 1. Mapa generado a partir del MDE

En la Tabla 2 se muestran las características edáficas de los ambientes delimitados, lo cual indica que el ambiente L presenta menores contenidos de P, NO₃ y MOT. Así mismo, los contenidos texturales presentan un 11% más de arenas que el ambiente B.

Tabla 2. Información química y física de los sitios evaluados.

Ambiente	0-20 cm P(t/ha)	0-20 cm. NO ₃ (t/ha)	20-60 cm. NO ₃ (t/ha)	MOT (t/ha)	Arcilla (%)	Limo (%)	Arena (%)	a+L (%)
L	55,21	1,29	3,09	16,95	2,17	6,17	91,67	8,33
B	38,54	4,50	10,79	26,52	2,00	15,83	82,17	17,83

Las precipitaciones en el mes de diciembre fueron inferiores en un 57 % respecto del promedio histórico de la zona en el periodo 1921-2010, mientras que en los meses de enero, febrero y marzo las precipitaciones resultaron superiores en un 86%, 31% y 84% respectivamente. En la Tabla 3 se muestran los contenidos de agua en el suelo para todos los estadios relevados, donde fueron mayores para los sitios B, lo que sugiere que la presencia de sitios con contenidos texturales con mayores contenidos de arenas condiciona la capacidad de retención de agua (CRA) del suelo. En este aspecto, el índice IMO que se define como la relación entre el porcentaje de MO y el porcentaje de a+L da una característica de la calidad de los ambientes.

Valores de IMO altos se relacionan con ambientes de buenas condiciones. Un nivel particular de MO puede resultar alto, medio o bajo, dependiendo de la textura del suelo. En suelos de la región semiárida pampeana, con buen manejo y prácticas agronómicas adecuadas, el valor del IMO debería ubicarse por encima de 5 (en un rango de 2 a 12, aproximadamente) (Quiroga; comunicación personal). Un valor de IMO por debajo de este umbral sugiere la pérdida de MO en relación a la fracción arcilla+limo del suelo (a+L).

Suelos con menor IMO pueden condicionar el rendimiento de los cultivos, la respuesta a la fertilización y la eficiencia de uso del agua. (Quiroga *et al.*, 2006) encontraron que ambientes con alta relación de la MO con arcilla + limo (IMO) presentaron una relación directa y positiva con la CRA.

Tabla 3. Contenidos hídricos de los sitios evaluados.

	Ambiente B		Ambiente L	
	SN	CN	SN	CN
AU Siembra 30 noviembre	281,98	258,80	100,37	100,58
AU estadio V6 3 enero.	237,04	215,42	61,74	74,20
AU R2 3 febrero	223,52	229,36	70,04	60,52
AU MF 30 mayo	505,57	507,86	106,69	123,58

El rendimiento de maíz responde positivamente a un aumento en la cantidad de agua y N aplicado hasta un nivel óptimo correspondiente al rendimiento máximo (Zand-Parsa & Sepaskhah, 2001; Liu & Zhang, 2007).

En la Tabla 4 se muestra los valores promedio de los parámetros vegetales relevados a campo en los 2 ambientes bajo estudio. Todas las variables relevadas muestran valores altos en el sitio B, lo cual sugiere que su comportamiento es dependiente del contenido hídrico del suelo.

Dentro de los tratamientos se observa valores superiores para el tratamiento CN de ambos sitios, lo que pone de manifiesto que las deficiencias de nitrógeno en el cultivo de maíz como lo que se manifiesta en los tratamientos SN de ambos ambientes trae aparejado una merma en IAF de alrededor de un 60% (Uhart & Andrade, 1995). El estrés por sequía reduce la altura de la planta (Soler *et al.*, 2007), área foliar (Pandey *et al.*, 2000), fotosíntesis foliar (Shangguan *et al.*, 2000), crecimiento de brotes y rendimiento de grano (Zand-Parsa *et al.*, 2006), mientras que la deficiencia en N provoca una reducción en la producción de biomasa, debido a una menor radiación interceptada por el cultivo que modifica la tasa de expansión de las hojas (Muchow, 1998) afectando el IAF y el contenido de clorofila (Majnooni-Heris *et al.*, 2011; Ding *et al.*, 2005).

Para la variable rendimiento se obtuvo una respuesta mayor para el tratamiento CN del ambiente L respecto del mismo tratamiento del ambiente B.

Tabla 4. Valores promedio de los parámetros vegetales relevados a campo.

	Ambiente L		Ambiente B	
	SN	CN	SN	CN
Altura plantas (cm)	171a	189b	210c	220c
Materia seca (kg/ha)	2974,4a	4343,4b	4792,9b	6232,5c
Rendimiento (kg/ha)	2505,2a	5869,9b	4678,9c	8055,8d

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$).

Análisis de la información espectral

Las evaluaciones de cultivos a través de sensores remotos se basan en la interrelación entre las características de los cultivos y la reflectancia del dosel en el rango visible, infrarrojo cercano e infrarrojo medio.

En la Figura 2 se muestra los mapas de los índices generados a partir de la obtención de la fotografía aérea relevada durante el estadio fenológico de floración del cultivo.

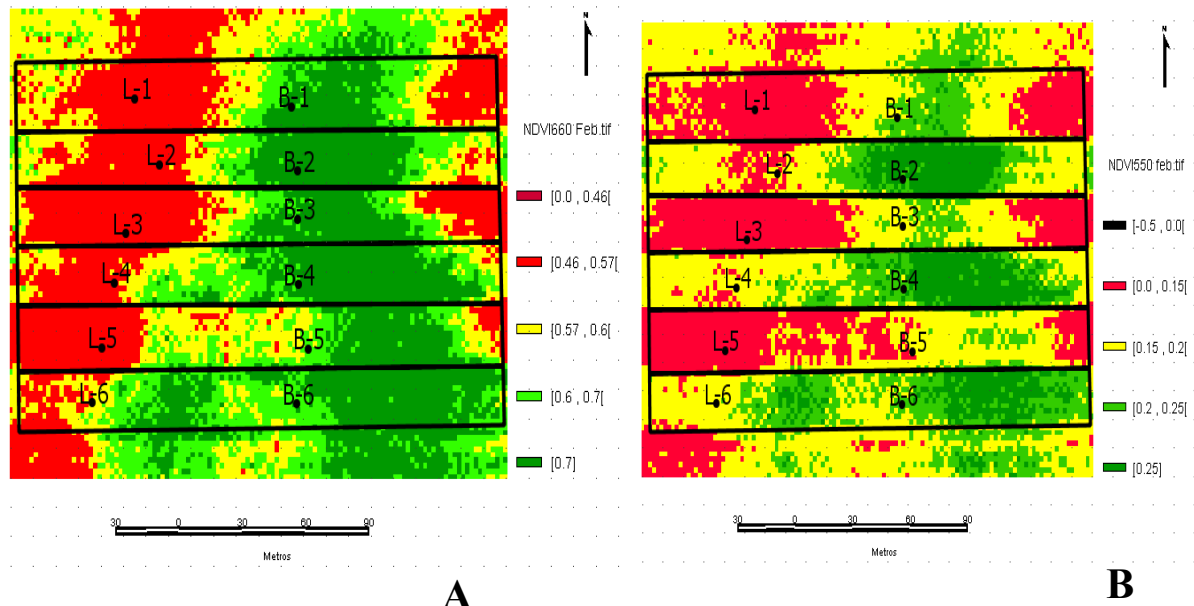


Figura 2. Mapas de IV obtenidos en el estadio de floración del cultivo A) NDVI Rojo, B) NDVI Verde.

Análisis de correlación con parámetros vegetales

La Tabla 5 muestra el análisis de correlación entre la respuesta de los IV evaluados y los parámetros vegetales. El NDVI Rojo presentó en general buena relación con todas las variables relevadas, mostrando una $R^2 = 0,86$ con la altura de plantas ($p > 0,001$). El NDVI Verde es el IV de mejor performance, lo cual indica altos valores de correlación con los parámetros vegetales determinados a campo.

Tabla 5. Coeficientes de correlación entre los valores de IV evaluados y los parámetros vegetales.

	Rendimiento granos (kg/ha)	Altura plantas (cm)	MS total (kg/ha)
NDVI Rojo	0,66	0,86	0,79
NDVI Verde	0,78	0,75	0,82

CONCLUSIONES

Los índices de vegetación contruidos a partir de la fotografía aérea tomadas durante el estadio de floración presentaron relaciones consistentes con los parámetros vegetales relevados a campo. La variabilidad observada en las características de los cultivos y detectada en los índices utilizados obedece a las diferencias en los contenidos hídricos condicionados por la altimetría y las características edáficas de los ambientes bajo estudio.

BIBLIOGRAFIA

- Araus, JL & JE Cairns. 2014. Field high-throughput phenotyping: the new crop breeding frontier. *Trends Plant Sci.* 19: 52–61.
- ASD (Analytical Spectral Devices). 1999. Technical guide. Analytical Spectral Devices. Boulder, CO, USA.
- Barnes, EM; TR Clarke; SE Richards; PD Colaizzi; J Haberland; M Kostrzewski et al., 2000. Coincident detection of crop water stress, nitrogen status and canopy density using ground based multispectral data, In: *Proceedings of the 5th International Conference on Precision Agriculture* (Bloomington, MN:). pp. 16–19.
- Boegh, E; H Søgaaard; N Broge; CB Hasager; NO Jensen N; K Schelde., et al., 2002. Airborne multispectral data for quantifying leaf area index, nitrogen concentration, and photosynthetic efficiency in agriculture. *Remote Sens. Environ.* 81: 179–193.
- Bono, A; J Montoya & F Babinec. 1999. Fertilización en Girasol. Resultados de tres años de estudio. Publicación técnica n° 48. EEA Anguil. INTA Argentina.
- Ding, L; KJ Wang; GM Jiang; DK Biswas; H Xu; LF Li & YH Li. 2005. Effects of nitrogen deficiency on photosynthetic traits of maize hybrids released in different years. *Ann. Bot.* 96: 925-930.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión. 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Farrell, M. 2012. Estudio de la temperatura de la cobertura vegetal e índices de vegetación en girasol en ambientes con deficiencias hídricas. Publicación técnica N° 90 Ediciones INTA. Pp. 15-20.
- Ghironi, E; A Corró Molas; A Gili; E Hevia & H Reinoso. 2012. Manejo sitio específico de densidades en los cultivos de girasol, maíz y sorgo en región semiárida pampeana central. Publicación técnica N° 90 Ediciones INTA. Pp. 21- 55.
- Gitelson, AA and MN Merzlyak. 1998. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *Int. J. Remote Sens.* 18: 2691-2697.
- Haboudane, D; JR Miller; E Pattey; PJ Zarco-Tejada & IB Strachan. 2004. Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: Modeling and validation in the context of precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*, 90:337–352.
- Liebisch, F; N Kirchgessner; D Schneider; A Walter & A Hund. 2015. Remote, aerial phenotyping of maize traits with a mobile multi-sensor approach. *Plant Methods* 11.
- Liu, WZ & X Zhang. 2007. Optimizing water and fertilizer input using an elasticity index: a case study with maize in the loess plateau of china. *Field Crops Res.* 100:302-310.
- Majnooni-Heris, A; SH Zand-Parsa; AR Sepaskhah; AA Kamgar-Haghighi & J Yasrebi. 2011. Modification and validation of maize simulation model (MSM) at different applied water and nitrogen levels under furrow irrigation. *Arch. Agron. Soil Sci.* 57: 401-420.
- Moran, MS; TR Clarke; Y Inoue & A Vidal. 1994. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote Sensing of Environment*, 49: 246–263.
- Muchow, R. 1988. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. I. Leaf growth and leaf nitrogen. *Field Crops Res.* 18: 1-16.
- Quiroga, A. 2012. Necesidad de jerarquizar y categorizar factores que afectan la producción y sustentabilidad. Publicación técnica N° 90 Ediciones INTA. pp 5-9.
- Quiroga, A; O Ormeño & S Rojas. 2006. Respuesta ambiental de maíz ante diferentes tecnologías aplicadas en la zona semiárida. *Boletín de divulgación técnica* N° 91. Ediciones INTA. pp 1-9.

- Pandey, RK; JW Maranville & A Admou. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. I. Grain yield and yield components. *Agric. Water Manage.* 46:1-13.
- Petropoulos, GP & C Kalaitzidis. 2012. Multispectral vegetation indices in remote sensing: an overview. *Ecol. Model* 2:15–39.
- Ritchie, SW & JJ Hanway. 1982. How a corn plant develops. Iowa State University of Science and Technology. Cooperative Extension Service Ames, Iowa. Special Report N° 48.
- Ritchie, LG. 2003. Use of ground- based canopy reflectance to determine ground cover, nitrogen and water status and final yield in wheat. Utah State University. Logan, UT, USA.
- Rondeaux, G; M Steven & F Baret. 1996. Optimization of soil-adjusted vegetation indices. *Remote Sensing of Environment*, 55: 95–107.
- Rouse, JW; RH Hass; JA Schell & DW Deering. 1973. Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS. Third ERTS Symposium, NASA. NASA SP 1: 309-317.
- Shangguan, ZP; MA Shao & J Dyckmans. 2000. Nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. *Environ. Exp. Bot.* 44: 141-149.
- Soler, CMT; G Hoogenboom; PC Sentelhas & AP Duarte. 2007. Impact of water stress on maize grown off-season in a subtropical environment. *J. Agron. Crop Sci.* 193:247-261.
- Thomas, V; P Treitz; JH Mccaughey; T Noland & L Rich. 2008. Canopy chlorophyll concentration estimation using hyperspectral and lidar data for a boreal mixedwood forest in northern Ontario, Canada. *International Journal of Remote Sensing* 29:1029–1052.
- Uhart, S & F Andrade. 1995. Nitrogen deficiency in maize: I Effects on crop growth, development, dry matter partitioning and kernel set. *Crop Science*, 35: 1376-1383.
- Zand-Parsa, S & AR Sepaskhah. 2001. Optimal applied water and nitrogen for maize. *Agric. Water Manage.* 52: 73-85.
- Zand-Parsa, S; AR Sepaskhah & A Rownaghi. 2006. Development and evaluation of integrated water and nitrogen model for maize. *Agric. Water Manage.* 81:227-256.

**UTILIZACIÓN DE IMÁGENES SATELITALES PARA DETERMINAR LA PROBABILIDAD
DE ÁREA CUBIERTA DE NIEVE EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO NEUQUÉN**

Groch D.

Laboratorio Nordpatagónico de Teledetección (LANTEL) – Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades (FaHu) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo). Buenos Aires N°1400 (C.P. 8300). Ciudad de Neuquén, Neuquén, Argentina - damian.groch@fahu.uncoma.edu.ar.

RESUMEN: Los datos de cobertura de nieve son indispensables en las decisiones acerca del manejo de agua en las cuencas hidrográficas. La cubierta de nieve es la principal fuente de alimentación de los ríos en las regiones montañosas, por lo que es fundamental conocer la variabilidad espacial y temporal que posee. Teniendo en cuenta la importancia hidrológica, este trabajo determinó la probabilidad mensual de ocurrencia para distintas superficies de Área Cubierta de Nieve (ACN) en la Cuenca Alta del Río Neuquén (CARN) (8,282.0 km²), al norte de la Patagonia Argentina. El área posee una variabilidad topográfica del terreno que oscila entre los 876.0 y los 4,707.0 msnm, y provee de agua de fusión a más de 8,400 habitantes dentro de la cuenca, tanto para consumo humano como para sus actividades económicas. Se llevó a cabo un estudio mensual de la cobertura de nieve con el subproducto Maximum Snow Extent (MSE) del producto MOD10A2, elaborado a partir de la información del satélite TERRA-MODIS para un período de 15 años (2000-2014). Se realizó un análisis temporal de 679 imágenes compuestas por la NASA para ocho días de extensión máxima de nieve, las cuales fueron adaptadas a escala mensual para determinar la probabilidad de ocurrencia. Se concluyó que en la CARN el ACN posee un comportamiento de onda simple, con una media mensual que oscila entre los 73.6 (enero) y 5,528.6 km² (julio). Las probabilidades oscilaron entre el 70.0 y 100.0 % entre diciembre y abril para superficies inferiores al 20.0 % de la cuenca (1,656.4 km²), sin embargo, el resto del año presentó una gran dispersión de las mismas. El ACN de mayo a noviembre posee una probabilidad de ocurrencia inferior al 55.0 % para superficies que oscilaron entre 327.4 y 7,277.5 km².

PALABRAS CLAVE: Área Cubierta de Nieve, MOD10A2, CARN.

**UTILIZACIÓN DEL SIG PARA CONSTATAR LA ZONIFICACIÓN DE AMBIENTES
PRODUCTIVOS EN LOS PARTIDOS DE BAHÍA BLANCA Y CORONEL ROSALES**

Lauric A.¹, G. De Leo¹, H. Krüger¹, O. Bravo², F. Marini¹, J.A. Galantini²

¹EEA INTA Bordenave. - lauric.andrea@inta.gob.ar

²CIC, CERZOS-UNS

RESUMEN: La estrategia de Extensión para la praderización del territorio de la EEA Bordenave, Pdos.de Bahía Blanca-Cnel. Rosales, tuvo como resultado un incremento de más de 5000 has de pasturas perennes logradas durante el período 2008-2016. Luego de esta primera etapa se plantean nuevos interrogantes sobre diferencias entre ambientes y su relación a la productividad de las pasturas logradas. En varias ocasiones desde la Agencia de Extensión se publicaron propuestas de zonificación considerando características de los sistemas productivos. En esta oportunidad se presenta una macro-zonificación en cuatro áreas, Oeste, Norte, Este y Sur. Con el objetivo de otorgarle mayor consistencia a dicha zonificación se utilizó como herramienta de apoyo el sistema de información geográfica (SIG). Las capas utilizadas fueron mapas de suelos, mapa de limitantes, uso de suelo y catastro. Para mejorar la caracterización se incorporan datos del relevamiento a campo y precipitaciones por zona. El sector Oeste presenta un paisaje ondulado recortado por acciones hídricas y con marcada variabilidad en la profundidad efectiva de los suelos. En la zona Norte y Sur los suelos se desarrollan sobre planos con menor gradiente, texturas franco finas y limitaciones de profundidad. En la zona Este los relieves son planos y las texturas son francas, cambiando a franco gruesas en proximidad de las dunas costeras. Los relevamientos indican que la zona Oeste presenta los mayores niveles de materia orgánica (3%), mientras que el mayor contenido de fósforo se observa en la zona Este (24 mg kg⁻¹). Los resultados muestran que las precipitaciones aumentan del oeste al este, coincidiendo con la utilización de uso de suelo medido con el índice verde. La caracterización previa realizada en base al criterio socio-productivos muestra concordancia con nuestra macro-zonificación ambiental.

PALABRAS CLAVE: zonificación, SIG, criterios ambientales



III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y

II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

TRABAJOS PRESENTADOS EN POSTER

DISPONIBILIDAD DE ALGUNOS MICRONUTRIENTES EN SUELOS IRRIGADOS CON AGUAS ARSENOTÓXICAS

Espósito M.^{1,2}, P. Zalba¹, D. Ribet¹, M. del C. Blanco¹, N. Amiotti^{1,3}

¹Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS) mcblanco@criba.edu.ar

²CONICET

³CERZOS, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET

RESUMEN: La utilización de aguas arsenotóxicas en proyectos de irrigación transfiere As a los cultivos, el que se incorpora a la cadena alimentaria a raíz de su acumulación en tejidos vegetales comestibles. Su transferencia del agua a otras matrices ambientales está controlada por las propiedades edáficas, por la especiación química del As y por las especies implantadas. El desarrollo de cultivos bajo riego en el cinturón hortícola del partido de Bahía Blanca se realiza a partir del abastecimiento de agua superficial del río Sauce Chico, aunque en la época estival se recurre al uso de aguas subterráneas con arsénico elevado (As: media 0,24 mg L⁻¹). El objetivo de este estudio es investigar si el As excesivo en el agua de riego interfiere en la disponibilidad de micronutrientes (Cu, Fe, Zn, B y Mn) provocando deficiencias nutricionales en plantas de tomates cultivados en suelos de diferentes texturas. Los plantines de tomate se transplantaron en macetas de 4 litros que contenían suelos de textura arenosa y franca (N= 6). Las plantas se regaron con una solución testigo (sin As) y con otra que contenía una concentración de 0,24 mg L⁻¹ de As. En el laboratorio se determinó: granulometría, materia orgánica, pH y fósforo extraíble, factores que podrían interferir con su disponibilidad. El riego aplicando aguas con elevado arsénico solo afectó la disponibilidad de Mn, registrándose un incremento en el suelo arenoso (Bahía Blanca) atribuible a la disolución del carbonato -el que puede hospedar Mn como elemento accesorio- y un decrecimiento en el suelo franco (Villa Ventana) que obedecería a su integración en complejos con la materia orgánica. En tanto, independientemente del contraste textural de los suelos estudiados, la disponibilidad inicial de Cu, Fe, Zn y B no se vio alterada.

PALABRAS CLAVE: granulometría-micronutrientes, aguas arsenotóxicas, deficiencias nutricionales.

INTRODUCCION

La cantidad y la calidad del agua son variables fundamentales que controlan la producción en áreas irrigadas, particularmente en zonas áridas y semiáridas donde las sequías permanentes o estacionales determinan la utilización del agua subterránea como fuente de abastecimiento, extraída principalmente de los acuíferos freáticos por ser ellos fácilmente accesibles debido a su proximidad a la superficie. Frecuentemente, el recurso hídrico subterráneo de las áreas del sur pampeano está naturalmente contaminado por arsénico excesivo (CAA, 0,05 mg L⁻¹; OMS, >0,01 mg L⁻¹), distribuido irregularmente intra e intercuenas (Blanco *et al.*, 2006) tanto en sentido espacial como vertical (Schulz *et al* 2005). El consumo de agua de bebida humana con excesivo As por períodos largos implica siempre un riesgo para la salud humana aún cuando no se manifiesten síntomas asociados al hidroarsenicismo crónico regional endémico (HACRE). Además, la utilización de aguas arsenotóxicas en proyectos de irrigación transfiere As a los cultivos, el que luego se incorpora a la cadena alimentaria (Queirolo *et al.*, 2000; Mayorga *et al.*, 2014). Numerosos estudios demuestran que el As acumulado en tejidos vegetales comestibles se asocia al arsénico elevado en suelos-sedimentos y aguas. No obstante, su transferencia del agua a

otras matrices ambientales está controlada por las propiedades edáficas, por la especiación química del As y por las especies implantadas (Bunduschuh *et al.*, 2012). El desarrollo de cultivos bajo riego en el cinturón hortícola del partido de Bahía Blanca se realiza a partir del abastecimiento de agua superficial del río Sauce Chico, aunque en la época estival se recurre al uso de aguas subterráneas con concentraciones medias de As de $0,24 \text{ mg L}^{-1}$. Por ende, este podría ingresar al cultivo afectando la planta con disminución de su rendimiento y, además, podría perjudicar a la población a través del consumo de estos productos. En los invernaderos de la zona, el tomate es uno de los cultivos de mayor producción desarrollada con aguas con As $>0,05 \text{ mg L}^{-1}$. El objetivo de este estudio es investigar si el As excesivo en el agua de riego interfiere en la disponibilidad de algunos micronutrientes (Cu, Fe, Zn, B y Mn) provocando deficiencias nutricionales en suelos de diferentes texturas en los que se han cultivado plantas de tomates.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur (UNS), en un invernáculo de tipo túnel de 6 m de ancho y 16 m de longitud, orientado en sentido este-oeste. Los extremos, al igual que los laterales, están cerrados con malla antiáfidos hasta una altura de 1 m, el techo está cubierto con polietileno de larga duración térmico (LDT) de 200 micras de espesor. Sobre el invernadero se colocó una malla de media sombra negra a fin de disminuir las temperaturas máximas durante el día.

A raíz de su marcada presencia en cuanto a superficie cultivada en el cinturón verde de Bahía Blanca, se utilizó tomate de la variedad *Solanum lycopersicum* como cultivo de ensayo. Se colectaron muestras del horizonte superficial de suelos de diferentes texturas asociados a las porciones distal (Bahía Blanca) y proximal (Villa Ventana) de la llanura sudoccidental bonaerense. En el laboratorio se determinó: granulometría (tamizado vía húmeda y método de la pipeta de Robinson), materia orgánica (MO, Walkley & Black), pH (potenciométrico) y fósforo extraíble (Pe, Bray & Kurtz), variables que podrían interferir con la disponibilidad del As en la solución del suelo. Los plantines de tomate se transplantaron en macetas de 4 litros que contenían suelos de textura arenosa y franca (N=6).

Las plantas se regaron con una solución testigo (sin As) y con otra que contenía una concentración de $0,24 \text{ mg L}^{-1}$ de As. La frecuencia y el volumen de agua aplicada en cada riego se ajustaron durante el ensayo tratando de regar hasta capacidad de campo evitando que se produzcan elevados drenajes en las macetas. Es decir, el suministro de agua se realizó dependiendo de la evapotranspiración del cultivo (ETc) en sus distintas etapas fenológicas.

El As en el agua se determinó mediante ICP- AES (Shimadzu Secuencial 1000 mod III) en línea con un Generador de Hidruros Volátiles (Norma EPA 200.7). Al finalizar el ciclo del cultivo se determinaron las concentraciones de Cu, Fe, Mn, Zn y B para cada suelo. Los micronutrientes se determinaron aplicando ICP- AES (Shimadzu 9000) Simultáneo de Alta Resolución (norma EPA 200.7) utilizando patrones/estándares certificados Chem-Lab (Bélgica) para el calibrado acuoso externo. La información se analizó estadísticamente (InfoStat) aplicando un diseño de Anova Doble y Test de Tukey (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSION

Las muestras analizadas proceden de suelos evolucionados a partir de sedimentos loessoides de origen eólico y edad Holoceno, los que están afectados por diferencias en el edafoclima de tipo ústico-térmico para la región de Bahía Blanca (PMA: 615 mm; TMA: $15,5^{\circ}\text{C}$) en transición a údico-térmico hacia la zona de Villa Ventana (PMA: 800 mm; TMA: $15,1^{\circ}\text{C}$). En esta faja climática, las diferencias expuestas obedecen a la continentalidad, a la exposición a los flujos de las masas de aire dominantes y a la influencia de las corrientes oceánicas (Capelli *et al.*, 1994).

La Tabla 1 muestra los datos referidos a la textura, los contenidos de materia orgánica y de fósforo extraíble y el pH de los suelos. El análisis granulométrico arrojó predominio de la fracción arena (97,7%) sobre el limo + arcilla (2,3 %) en el suelo de Bahía Blanca, en tanto, el suelo de Villa Ventana tuvo una sensible disminución en el contenido de arena (39,8%) y un marcado incremento en la fracción fina, alcanzando respectivamente 26,9 % y 33,3 % para el limo y la arcilla. Los niveles de materia orgánica también exponen notables diferencias entre ambos suelos detectándose un nivel más elevado en Villa Ventana (8%) respecto del contenido hallado para el seleccionado en Bahía Blanca (2%). Estas diferencias obedecen a una mayor pluviosidad en la localidad de Villa Ventana, la que estimula la actividad biológica determinando una melanización más intensa dando lugar a una mayor acumulación de materia orgánica. Además, a raíz del mayor contenido de coloides, la MO se ve protegida de la oxidación en este suelo de textura moderadamente fina.

La reacción varía desde ligeramente alcalina (pH: 7,5) en el suelo de Bahía Blanca a neutra (pH: 6,8) en el suelo de Villa Ventana. Este último tuvo un contenido superior de fósforo disponible (Pe, 25 ppm vs 7,5 ppm).

Tabla 1. Textura y algunas propiedades químicas de los suelos estudiados.

		Bahía Blanca	Villa Ventana
Granulometría (%)	Arena	97,7	39,8
	Limo	2,3	33,3
	Arcilla		26,9
pH		7,5	6,8
MO (%)		2	4
Pe (ppm)		7,5	25

Los valores medios de Cu, Fe, Zn y B se presentan en la Tabla 2. En ambos suelos, el Fe tuvo niveles mucho más elevados que los otros oligoelementos estudiados. En el suelo arenoso, los contenidos fueron Fe > Zn = B > Cu, registrándose Fe > Zn > Cu > B para el suelo franco.

Tabla 2. Valor promedio (ppm) $\pm$ EE del contenido de los micronutrientes en los suelos (N=6). Letras distintas indican diferencias significativas ($p < 0,05$) entre los suelos.

Suelo	Cu	Fe	Zn	B
Arenoso	0,27 $\pm$ 0,05 A	9,40 $\pm$ 1,42 A	0,61 $\pm$ 0,08 A	0,61 $\pm$ 0,06 B
Franco	1,90 $\pm$ 0,05 B	138,73 $\pm$ 7,27 B	8,04 $\pm$ 0,64 B	0,34 $\pm$ 0,04 A

No se halló interacción ($p > 0,05$) entre el contenido de Cu, Fe, Zn y B de los suelos estudiados y las distintas soluciones de riego aplicadas. La disponibilidad de Cu, Fe, Zn y B fue muy superior en el suelo de textura franca (Villa Ventana) y presentó diferencias significativas ($p < 0,05$) con respecto al suelo arenoso (Bahía Blanca). Estas diferencias no son consecuencia de la interacción con el agua de riego que contiene As elevado y ellas obedecen a la disponibilidad heredada del material parental y/o a la incidencia de los procesos pedogenéticos. El Mn (Tabla 3) fue el único micronutriente que mostró interacción ($p < 0,05$) entre los factores suelo y riego, presentando en el de textura arenosa valores algo más elevados luego de aplicar agua con As ($p < 0,05$). En el suelo de textura franca, con tenores iniciales más elevados de Mn en respuesta a una mayor disponibilidad en materiales

de textura más fina ($30,07 \pm 1,27$ ppm vs. $3,04 \pm 0,24$ ppm), se registró un ligero decrecimiento de su concentración al aplicar aguas con As.

Los resultados obtenidos permiten inferir que el riego con aguas que contienen As excesivo no afectaría negativamente la disponibilidad de Cu, Fe, Zn y B en suelos de distinta textura. Por el contrario, como consecuencia del riego con aguas arsenotóxicas, el Mn vería incrementada su disponibilidad en el suelo arenoso, en tanto, tuvo una ligera disminución en el suelo franco. En el suelo de Bahía Blanca, el riego con aguas arsenotóxicas promueve la meteorización de la calcita (CaCO_3), la que usualmente constituye la asociación mineral de los sedimentos loessoides y que puede hospedar Mn como elemento accesorio en su estructura cristalina. El Mn liberado pasa a la solución del suelo incrementando con ello su disponibilidad, en tanto, en el suelo de Villa Ventana esta se vería más reducida ya que podría acomplejarse con la materia orgánica.

Tabla 3. Valor promedio (ppm) $\pm$ EE del contenido de Mn en los suelos estudiados (N=6). Letras distintas adelante del punto indican diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los suelos y detrás del punto entre riego.

Condición de riego	Mn-Suelo Arenoso	Mn-Suelo Franco
Agua sin As	$3,04 \pm 0,24$ A.A	$30,07 \pm 1,27$ A.B
Agua con As	$5,87 \pm 0,53$ B.A	$26,40 \pm 1,70$ A.B

CONCLUSIONES

La experiencia realizada permite concluir que, a las concentraciones de As utilizadas, la aplicación de aguas arsenotóxicas no alteró la disponibilidad de Cu, Fe, Zn y B. En ambos suelos, su utilización solo afectó la disponibilidad de Mn, registrándose un incremento en el Mn disponible para el suelo de textura gruesa y una disminución en el suelo de textura franca, cambios que en el primero podrían explicarse a raíz de la disolución del carbonato hospedante de Mn y a la formación de complejos con la materia orgánica en el último.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen los subsidios otorgados por la ANPCYT, la SECyT-UNS y el CONICET para la concreción de diferentes etapas de la investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Blanco, M del C; JD Paoloni; HJM Morrás; CE Fiorentino & M Sequeira 2006. Content and distribution of arsenic in soils, sediments and groundwater environments of the Southern Pampa region, Argentina. *Environmental Toxicology* DOI 10.1002/tox
- Bundschuh, J; MI Litter; F Parvez; G Román-Ross; HB Nicolli; J Jiin-Shuh; L Chen-Wuing; D López; MA Armienta; RGL Ghillerme; A Gomez Cuevas; L Cornejo; L Cumbal & R Toujaguez. 2012. One century of arsenic exposure in Latin America: A review of history and occurrence from 14 countries. *Sc. Total Env* 429:2–35.
- Bundschuh, J; N Bibhash; P Bhattacharya; L Chen-Wuing; MA Armienta; MV Moreno López; DL Lopez; J Jiin-Shuh; L Cornejo; L Fagundes Lauer Macedo & A Tenuta Filho. 2012. Arsenic in the human food chain: the Latin American perspective. *Sci Total Env* 429: (92–106).
- Capelli de Steffens, A & A Campo de Ferreras. 1994. La Transición Climática en el Sudoeste Bonaerense. Depto. de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur. Buenos Aires, Argentina.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo infoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, ARG.
- Mayorga, P; A Mayorga & A García-Sánchez. 2014. Arsénico en aguas subterráneas de Castilla y León y su impacto en suelos y cultivos de zanahoria. España. *Avances en Ciencias e Ingeniería* 5 (3): 19-36.
- Nriagu, JO & JM Pacyna. 1998. Quantitative assessment of worldwide contamination of air, water and soils by trace metals. *Nature* 333:134-139.
- Queirolo, F; S Stegen; M Restovic; M Paz; P Ostapczuk; MJ Schwuger & L Muñoz. 2000. Total arsenic, lead, and cadmium levels in vegetables cultivated at the Andean villages of northern Chile. *Sc Total Env* 255 (1-3): 75-84.
- Schulz, C; EC Castro & E Mariño. 2005. Presencia de arsénico en las aguas subterráneas de La Pampa. II Seminario Hispano Latinoamericano sobre temas actuales de Hidrología Subterránea, IV Congreso Hidrogeológico Argentino, Río Cuarto, Argentina. <http://www.infogranjas.com.ar/2017-01--25-18-57-05/319-alimentacion-animal-general/3727-presencia-de-arsenico-en-las-aguas-subterraneas-de-la-pampa>. Fecha de consulta: 8/8/2017.

**CONTENIDOS DE MATERIA ORGÁNICA Y FÓSFORO EN SUELOS DE LA PAMPA
MEDANOSA CORDOBESA BAJO ROTACIONES CON Y SIN CULTIVO DE MANÍ**

Bozzer C.¹, J.M. Cisneros², O. Giayetto³

¹ CONICET. Departamento de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto. Córdoba. cbozzer@ayv.unrc.gob.ar

² Dpto. de Ecología Agraria, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

³ Dpto. de Producción Vegetal, Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Nacional de Río Cuarto.

RESUMEN: La Pampa Medanosa se ubica en el extremo sudoeste de la provincia de Córdoba, es un ambiente de gran fragilidad ecológica, en el cual se concentró el 32% de la superficie nacional dedicada al cultivo de maní en su máximo histórico alcanzado durante la campaña 2013/14. Existen estudios que afirman que el cultivo de maní induce la pérdida de la MO y predispone los suelos a la erosión eólica. A su vez, el cambio textural acaecido como consecuencia de la selección de partículas en el proceso erosivo, desencadena la pérdida de nutrientes; entre ellos el fósforo. El objetivo del trabajo fue estudiar el comportamiento de la materia orgánica (MO) y del fósforo extractable (Pe), en respuesta a los cambios de uso del suelo y a la introducción del cultivo de maní en rotaciones agrícolas y mixtas en la región de la Pampa Medanosa. Se tomaron 148 muestras de suelos de las siguientes situaciones: (N) mínimo disturbio, (A1) agrícola con maní, (A2) agrícola sin maní, (Mx1) mixto con maní, (Mx2) mixto sin maní y (M) situación de máximo deterioro representada por médanos; se determinó MO por Walkley Black y Pe por Bray Kurtz I. Se encontró que los usos antrópicos estudiados tuvieron efectos detrimentales sobre ambos indicadores de calidad del suelo, empero no se percibieron efectos de la inclusión del cultivo de maní. Los contenidos promedio de MO relativos a la situación de mínimo disturbio (N), fueron del 57,9% y del 53,7% para las situaciones mixtas y agrícolas con y sin cultivo de maní. Muy próximas a la situación de máximo deterioro (M) que presentó el 34,5% del contenido original. El Pe promedio de las situaciones antrópicas, relativo a la situación de mínima intervención (N) fue del 59%, valor coincidente con el encontrado para la situación de máximo deterioro (M).

PALABRAS CLAVE: maní-pampa medanosa, materia orgánica, fósforo.

INTRODUCCIÓN

La Pampa Medanosa se ubica en el extremo sudoeste de la provincia de Córdoba; comprendiendo casi en su totalidad el Dpto. Gral. Roca y una pequeña porción al sur del Dpto. Río Cuarto, dentro de la provincia fitogeográfica del Espinal, distrito del Caldén. Es un ambiente de gran fragilidad ecológica con susceptibilidad natural a procesos erosivos de carácter eólico, como consecuencia del desarrollo de sus suelos sobre materiales franco arenosos y arenosos de origen eólico (Gorgas & Tassile, 2006; Iriondo, 2010).

Durante la campaña 2013/14, el 32% de la superficie nacional dedicada al cultivo de maní se localizó en el Dpto. Gral. Roca (SIS-RIAN; Ministerio de Agroindustria). Según Uberto *et al.* (2002) la participación del cultivo de maní en rotaciones agrícolas puras disminuye el contenido de materia orgánica de los suelos; no existiendo estudios sobre su inclusión en sistemas mixtos agrícola-ganaderos.

Los suelos de la Región Pampeana Semiárida Argentina (RPSA), de la que forma parte el área del estudio, presentan bajos contenidos de arcilla que dan como resultado un pobre desarrollo de su estructura. En estas condiciones resulta significativa la influencia de la fracción orgánica sobre las propiedades físicas del suelo (Quiroga *et al.*, 2012). Mermas en

la materia orgánica (MO) de los suelos devienen en la alteración de la estructura superficial y en su posterior erosión (Aguilera, 2000; Aoki *et al.*, 2014).

Por otra parte, el cambio textural ocurrido como consecuencia de la selección de partículas durante los procesos de erosión eólica, desencadena la pérdida de nutrientes ligados a los agregados transportados por el viento; siendo el fósforo (P) uno de los principales elementos afectados (Buschiazzi & Aymar, 2003).

El objetivo del trabajo fue estudiar el comportamiento de dos indicadores de calidad del suelo, en respuesta a los cambios de uso y a la incorporación del cultivo de maní en las rotaciones agrícolas y mixtas predominantes de la Pampa Medanosa Cordobesa. En este trabajo en particular, se estudió el comportamiento de los contenidos de MO y P extractable.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron muestras de suelos (0-10 cm) en el área sur de la Pampa Medanosa, en la que predominan Haplustoles Énticos, Haplustoles Típicos y Ustipsamments Típicos (Gorgas & Tassile, 2006), bajo las siguientes situaciones de uso y manejo observadas durante las campañas 2006/07 a 2015/16: Agrícola con cultivo de maní (A1); Agrícola sin cultivo de maní (A2); Mixto con cultivo de maní (Mx1), Mixto sin cultivo de maní (Mx2), situación de vegetación espontánea con mínima intervención (N) y situación de médano estabilizado con uso ganadero extensivo (M). Las determinaciones analíticas fueron textura superficial por el Método del Hidrómetro (Bouyoucos, 1965), contenido de materia orgánica (MO) por el método de Walkley Black (Nelson & Sommers, 1982) y contenido Pe por el método de Bray Kurtz I (Bray & Kurtz, 1945).

Las situaciones N y M fueron elegidas como contextos de referencia representativos del mínimo y máximo deterioro encontrados en la región, respectivamente.

El presente trabajo es un estudio por observación comparativo, con estructura en bloques completos al azar, con efectos aleatorios de la textura superficial y efectos fijos de las condiciones de uso y manejo descriptas anteriormente.

El análisis estadístico se realizó mediante el uso de modelos lineales generales y mixtos (Pinheiro & Bates, 2004), con el programa R a través de la interfaz desarrollada para Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017). La comparación de medias, para todos los casos, se realizó mediante el test LSD de Fisher con un nivel de significancia $\alpha = 0,05$.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta instancia se presentan los resultados obtenidos del análisis de 148 muestras de suelo tomadas en el sur de la región Pampa Medanosa.

Se encontraron tres tipos de texturas en el total de muestras analizadas: arenoso, areno franco y franco arenoso. Por lo tanto, fueron definidos tres bloques.

Materia Orgánica (MO)

Esta variable presentó diferencias altamente significativas entre las situaciones N (3,10%), de vegetación espontánea con mínima intervención y M (1,07%), de médano estabilizado bajo pastoreo extensivo ($p < 0,0001$). Las condiciones de uso y manejo analizadas explicaron el 42% de la variabilidad encontrada para MO. Esto permite inferir que el uso antrópico, tanto en sistemas mixtos como en sistemas agrícolas puros con y sin cultivo de maní en la región de la Pampa Medanosa, tuvo un efecto detrimental sobre el contenido del componente orgánico de los suelos (Figura 1).

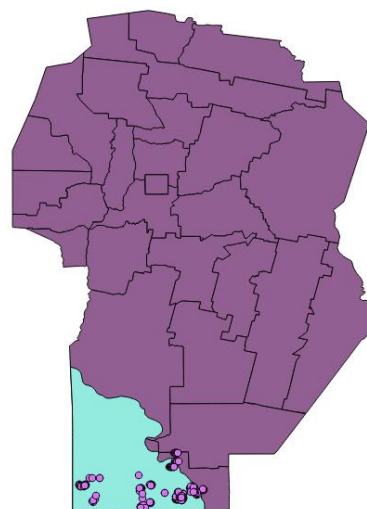


Figura 1. Sitios de muestreo.

Empero, con el nivel de información relevado, no se percibió el efecto de la inclusión del cultivo de maní sobre los contenidos de MO del suelo hasta los 10 cm de profundidad. En términos relativos, los sistemas mixtos y agrícolas estudiados tienen el 57,9% y el 53,7% de los tenores orgánicos medios encontrados en la situación de mínimo disturbio (N); estando próximos a la situación M que conserva tan sólo un 34,5%. Buschiazzi & Aymar (2003) afirman que, en regiones semiáridas, cuando el suelo pierde materia orgánica llegando aproximadamente a un 3%, se torna susceptible a la erosión eólica.

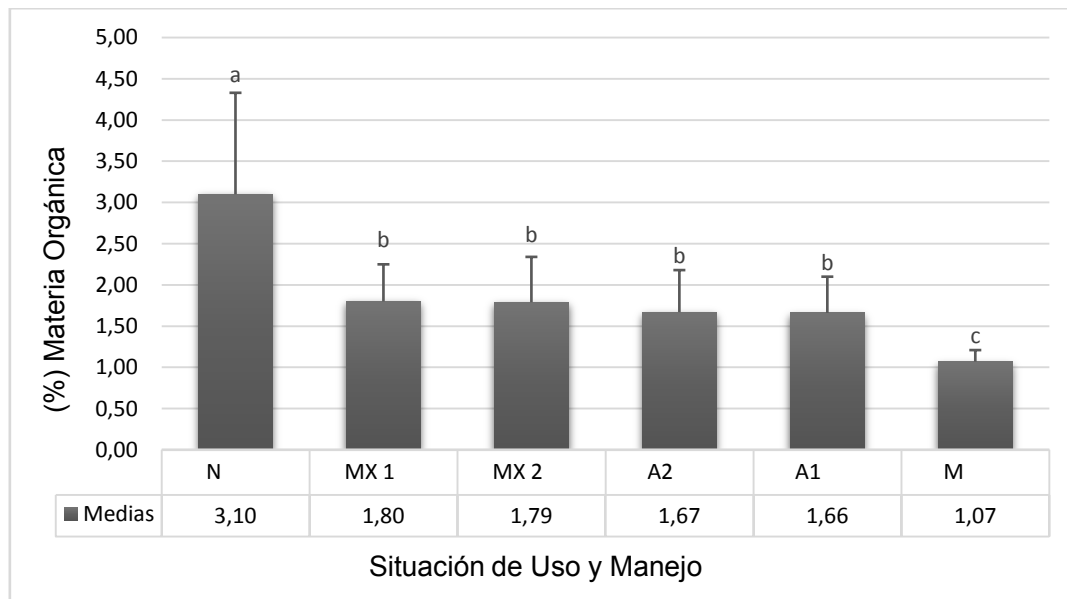


Figura 1. Medias y desvíos estándar para contenido de MO 0-10cm

Los contenidos de MO relativos a las situaciones con uso agrícola encontrados fueron similares a los presentados por López Fourcade *et al.* (2008) en el noroeste (Washington) y centro (del Campillo) de la Pampa Medanos. En sistemas mixtos, los valores encontrados por estos autores superaron a los encontrados en una situación de mínimo deterioro, exhibiendo una recuperación del contenido de MO. Por otra parte, Hevia *et al.* (2004), al comparar suelos similares a los estudiados, en la RPSA bajo sistemas mixtos y de monte de Caldén pastoreado extensivamente, encontraron mermas semejantes a las hallados en este trabajo.

La mayor variabilidad fue observada en la situación N (CV= 39,6%) y la menor en la situación M (CV= 13,7%). La variabilidad encontrada podría estar indicando la necesidad de modelar el efecto del gradiente climático existente de este a oeste.

Fósforo Extractable (Pe)

Esta variable presentó diferencias altamente significativas únicamente para la situación N (26,3 ppm) ($p < 0,0001$). El resto de las situaciones de uso y manejo observadas no fueron diferentes entre sí (Tabla1), lo que podría explicarse por la alta variabilidad que presentaron los datos obtenidos (CV= 54,9-39,9%). Por lo tanto, con el número de sitios relevados no se visualizaron efectos atribuibles al cultivo del maní.

Los valores medios encontrados para las situaciones antrópicas fueron cercanos a los determinados por Bongiovanni *et al.* (2010) en el Dpto. Gral. Roca. Estos autores

encontraron un valor medio de Pe de 18,4 ppm con un 45% de sus muestras superando los 20 ppm, lo que evidencia la riqueza de estos suelos en cuanto a este nutriente.

Tabla 1. Medias y errores estándar para Pe 0-10cm (ppm).

SITUACIÓN	Medias	E.E.	
N	26,27	2,15	a
MX 2	17,48	1,39	b
A2	15,74	1,52	b
M	15,54	2,84	b
MX 1	14,52	1,35	b
A1	14,21	1,48	b

Medias con una letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

En términos relativos, los valores promedio del contenido de Pe de las situaciones antrópicas equivalen al 59% del contenido de este nutriente hallado en la situación de mínima intervención (N), valor coincidente con el encontrado para la situación M. Los porcentajes de merma, si bien son menores, se aproximan a los encontrados por Buschiazzi *et al.* (2000) en un estudio realizado en la RPSA, en el que el Pe de las situaciones agrícolas se vio reducido 62-73% respecto de la situación prístina bajo monte nativo en suelos similares a los estudiados en el presente trabajo.

Cabe destacar que los suelos analizados presentan contenidos de Pe mayores a otras regiones, debido a la riqueza de su material parental y a un uso agrícola medianamente reciente, ya que esta región ha sido históricamente ganadera (Bongiovanni *et al.*, 2010), y no se encuentra dentro de las zonas de mayor intensidad de extracción (Cruzate & Casas, 2003). La merma del contenido de Pe fue del 40%, por lo tanto, sería conveniente atender los niveles de extracción en estos suelos con predominio de texturas gruesas y baja capacidad buffer (Bongiovanni *et al.*, 2010).

CONCLUSIONES

Se encontró que los usos antrópicos estudiados tuvieron efectos negativos sobre ambos indicadores de calidad del suelo, empero no se percibió influencia de la inclusión del cultivo de maní.

Los contenidos de MO relativos a la situación de mínimo disturbio (N), en situaciones de uso mixto y agrícola, con y sin cultivo de maní, en la Pampa Medanosa fueron del 57,9 y 53,7%, encontrándose muy próximas a la situación M que conserva tan sólo el 34,5% del contenido orgánico original.

El valor de MO máximo correspondió a la situación N (3,10%), y el mínimo a la situación M (1,07%).

El contenido de Pe en las situaciones antrópicas equivale al 59% del valor de Pe en la situación de mínima intervención (N), y es coincidente con el encontrado para la situación de máximo deterioro (M).

AGRADECIMIENTOS

Este estudio se realizó con fondos del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET) de la Universidad Nacional de Río Cuarto (UNRC), del Ministerio de Agricultura y Ganadería de la provincia de Córdoba y de la Fundación Maní Argentino.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilera, SM. 2000. Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. Boletín núm. 14, 77-85 pp. Valdivia, Chile.
- Aoki, AM; MR Ateca & HP Apezteguía. 2014. Materia Orgánica y sustancias húmicas. Producción sustentable. Actas XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. 4pp. Bahía Blanca, Argentina.
- Bongiovanni, MD; R Marzari & M Ron. 2010. Fósforo disponible en suelos agrícolas del sur de Córdoba y sudeste de San Luis. En: Actas del XXII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Rosario. (En CD).
- Bouyoucos, GJ. 1965. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils. Agron. J. 54: 464-465.
- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total organic and available form of phosphorus in soil. Soil Sci. 59:39-45.
- Buschiazzo, DE & SB Aimar. 2003. Erosión eólica: procesos y predicción. En: Golber A.D. y A.G. Kin (Ed.). Viento, Suelo y Plantas. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina.
- Buschiazzo, DE; GG Hevia; AM Urioste & EN Hepper. 2000. Cultivation effects on phosphate forms and sorption in loess-soils of Argentina. Soil Sci., 165: 427-436.
- Cruzate A & R Casas. 2003. Balance de Nutrientes. Revista Fertilizar INTA. Año 8. Número especial. 7-3p.
- Di Rienzo JA; RE Macchiavelli & F Casanoves. 2017. Modelos lineales mixtos: aplicaciones en InfoStat. Actualización 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 193p.
- Gorgas, J & J Tassile. (eds.) 2006. Recursos Naturales de la Provincia de Córdoba: Los Suelos. Nivel de Reconocimiento 1:500.000. Agencia Córdoba Ambiente DACYT-SEM, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria EEA Manfredi. Córdoba, Argentina.
- Hevia, GG; DE Buschiazzo & M Díaz Raviña. 2004 Carbono Orgánico, Nitrógeno y Carbohidratos totales en suelos de la Región Semiárida Argentina. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo: 68. Asociación Argentina de Suelos. Paraná, Argentina.
- Iriondo, MH. 2010. Geología del Cuaternario de Argentina. (GEC). Editorial Moglia, Argentina. 437p.
- López Fourcade, R; C Clérico; JM Cisneros; C Cholaky. 2008. Evaluación de la degradación de los suelos de la pampa medanosa frente a los cambios de uso actuales. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Potrero de los Funes (San Luis), 13-16 Mayo 2008.
- Ministerio de Agroindustria. Secretaría de agricultura, ganadería y pesca. Estimaciones. En: <https://datos.magyp.gob.ar/reportes.php?reporte=Estimaciones>. Consultado el 10 de mayo de 2017.
- Nelson, DW & LE Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. En: Page, AL; RH Miller & DR Keeney (eds.). Methods of Soil Analysis, Part 2. 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, Wiscosin. 539-579 pp.
- Pinheiro, JC & DM Bates. 2004. Mixed-Effects Models in S and S-PLUS. Springer, New York.
- Quiroga, A; A Bono & I Frasier. 2012. Materia Orgánica de Suelo. En Quiroga, A & A Bono (eds.). Manual de fertilidad y evaluación de suelos. (26-38pp.) La Pampa, Argentina: Ediciones INTA.
- SIS-RIAN. 2017. Sistema de información agropecuaria. Red de Información Agropecuaria Nacional. En: <http://sis-rian.inta.gob.ar/atlasito/agriDos.aspx>. Consultado el 10 de mayo de 2017.
- Uberto, ME; JM Cisneros; C Vignolo; CG Cholaky & RR Pedelini. 2002. Efecto de rotaciones y labranzas sobre la materia orgánica de un suelo típico del área núcleo manisera. 17 Jornada Nacional de Maní. 19 de setiembre de 2002. General Cabrera, Córdoba, Argentina.

FRACCIÓN EROSIONABLE Y DISTRIBUCIÓN DE AGREGADOS EN SECO EN SUELOS DE DIFERENTE GRANULOMETRÍA

de Dios Herrero J.M.¹, J.C. Colazo¹, D.E. Buschiazzo²

¹EEA INTA San Luis. Rutas Nac. 7 y 8, Villa Mercedes San Luis. dediosherrero.juan@inta.gob.ar

²EEA INTA Anguil, INCITAP (CONICET – UNLPam).

RESUMEN: La erosión eólica es uno de los mayores procesos de degradación en regiones áridas y semiáridas removiendo partículas susceptibles a ser transportadas por el viento. La fracción erosionable (FE), agregados <0,84 mm, es el parámetro básico para evaluar la susceptibilidad de un suelo a la erosión eólica. Los objetivos de este trabajo fueron: (1) cuantificar la FE y las clases de agregados en suelos de diferente granulometría y manejo y (2) comparar la dinámica de los cambios de las clases de agregados entre manejos contrastantes en suelos de diferente textura. Se seleccionaron suelos de 16 sitios representativos de la región semiárida de San Luis. Cada sitio estuvo compuesto por un par de pedones adyacentes sometidos a manejos contrastantes, ambos en posiciones de relieve plano: suelos cultivados (C) y sin cultivar (SC), los suelos se clasificaron como arenoso franco (AF), franco arenoso (FA) y franco (F), las muestras se tamizaron con un tamiz rotativo que separó los siguientes tamaños de agregado: >19,2; 19,2; 6,4; 2; 0,84; <0,42 mm. Los suelos AF y FA en los dos manejos presentaron valores superiores al umbral de FE de 40 %, valor por encima del cual comienza a producirse erosión eólica. En base a los resultados encontrados se concluye que en los suelos de la región semiárida de San Luis existe una fuerte dependencia de FE con la textura, la misma disminuyó con el incremento de limo y arcilla. No existió dependencia de FE con el manejo, sin embargo se comprobó que en suelos con altos contenidos de arena, el manejo cultivado produjo una disminución de agregados dentro de la fracción no erosionable del suelo y un aumento en los suelos FA, en los F no se produjeron cambios en los agregados no erosionables por efecto del manejo.

PALABRAS CLAVE: erosión eólica, erodabilidad, textura

INTRODUCCIÓN

Uno de los principales procesos de degradación que limita la productividad de los suelos en la provincia de San Luis es la erosión. La fracción erosionable (FE) es el parámetro básico para evaluar la susceptibilidad de un suelo a la erosión eólica. Dicha fracción es la proporción de agregados del suelo superficial con diámetro menor a 0,84 mm (Chepil, 1962). Este parámetro representa el índice de erodabilidad del suelo de modelos de predicción de la erosión eólica como WEQ (Woodruff & Siddoway, 1965), RWEQ (Fryrear *et al.*, 2000) y EWEQ (Panebianco & Buschiazzo, 2008). La distribución de agregados en seco es un parámetro esencial para entender el estado estructural del suelo. En la región semiárida pampeana, la FE ha sido estimada utilizando la granulometría del suelo y su contenido de MO (de Dios Herrero *et al.*, 2013).

Los agregados no erosionables pueden ser transformados en erosionables por el efecto de las prácticas agrícolas. Álvaro-Fuentes *et al.* (2008), en suelos agrícolas de ambientes semiáridos, encontró que el diámetro medio de agregados en seco decreció en función de la intensidad de labranza. En este sentido ha sido observado un aumento de FE de los suelos cultivados respecto de los naturales en suelos de textura media (Colazo & Buschiazzo, 2010), sin embargo, los mismos autores no encontraron diferencias en suelos de textura fina, debido a la formación de pseudo-agregados (clods) ocasionados por las prácticas agrícolas.

Los objetivos de este trabajo fueron 1) Cuantificar la FE y las clases de agregados en suelos de diferente granulometría y manejo, y 2) Comparar la dinámica de los cambios de las clases de agregados entre manejos contrastantes en suelos de diferente textura.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para desarrollar este estudio se seleccionaron suelos de 16 sitios representativos de la región semiárida de San Luis. Cada sitio estuvo compuesto por un par de pedones adyacentes sometidos a manejos contrastantes, ambos en posiciones de relieve plano: a) Suelos cultivados (C), bajo siembra directa por entre 10 y 20 años, con una alta participación de cultivos estivales especialmente soja (*Glycine max*). Actualmente una rotación típica de la región es maíz (*Zea mays*)/sorgo (*Sorghum spp*) – soja. Los suelos sin cultivar (SC), están ubicados en el ecosistema dominado por un estrato arbóreo variable en función de la ubicación del sitio: bosque de caldén (*Prosopis caldenia*), algarrobo negro (*Prosopis nigra*) e isletas de chañar (*Geoffroea decorticans*) y tala (*Celtis tala*) en el norte. El mismo nunca ha sido labrado y representa la condición original del suelo previo al desmonte.

La granulometría de los suelos permitió separar los mismos en tres grupos: arenoso-franco, franco-arenoso y franco (Tabla 1).

Se tomaron muestras por triplicado de cada manejo, correspondientes a los primeros 2,5 cm de profundidad, de 3 kg aproximadamente de suelo sin disturbar y se las colocó en bandejas plásticas. Las muestras se secaron al aire y se conservaron en depósito. Luego se tamizaron con un tamiz rotativo (Chepil, 1962) que separó los siguientes tamaños de agregado: >19,2; 19,2; 6,4; 2; 0,84; <0,42 mm.

La fracción erosionable (FE) se calculó en base a la siguiente ecuación:

$$FE = \left(\sum \frac{<0,84}{T} \right) \times 100$$

Donde T es la masa total de la muestra y <0,84 es la masa de agregados menores a 0,84 mm de diámetro.

Tabla 1. Contenido de arena, limo y arcilla y carbono orgánico (CO) de suelos cultivados (C) y sin cultivar (SC).

Clase textural		Arena	Limo	Arcilla	CO
		%			
Arenoso-franco (AF)	C (n=12)	82,6	9,9	7,3	0,74
	SC (n=9)	81,1	11,7	7,0	1,29
Franco-arenoso (FA)	C (n=24)	67,9	20,5	11,4	0,55
	SC(n=18)	69,3	19,7	10,9	0,95
Franco (F)	C(n=12)	32,7	44,0	23,25	1,45
	SC(n=21)	41,2	40,0	18,6	1,83

Las diferencias de valores medios entre sistemas de manejo se realizaron mediante prueba T ($p < 0,05$). Para determinar las diferencias de las clases de agregados entre clases texturales se realizó un ANOVA doble con un nivel de significación de 0,05.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La FE no se diferenció entre los manejos, 43,8 y 42,3 % para C y SC respectivamente ($P>0,05$). No existió interacción manejo x textura de FE y las clases de agregados ($P>0,05$). Cuando se analizó la diferencia de FE dentro de cada clase textural tampoco se encontraron diferencias estadísticas entre manejos (Tabla 2). En C se registró 69,9; 42,1 y 21,2 % para los suelos arenoso-franco, franco-arenoso y franco respectivamente ($p<0,05$) (Figura 1), esta misma tendencia fue encontrada para estos dos últimos tipos de suelo de la provincia de Chaco por Rojas *et al.* (2014). En SC los valores fueron 61,5; 48,6 y 24,7 % para los suelos arenoso-franco, franco-arenoso y franco respectivamente. Los suelos francos en los dos manejos se encuentran debajo del valor umbral de FE de 40 %, valor por encima del cual comienza a producirse erosión por el viento (Tatarko, 2001).

Respecto a la distribución de agregados se observó una disminución de la cantidad de agregados no erosionables por el efecto del cultivo en los AF (Tabla 2), sin embargo esta disminución no significó en un aumento en FE. En los suelos FA se encontró una diferencia altamente significativa en agregados entre 2-6,4 mm y 6,4-19,2 mm. Pero a diferencia de los AF, en estos suelos se observa un aumento de agregados en los suelos C respecto a los SC. En los suelos F se mantiene la misma tendencia que en los suelos de textura intermedia, sin embargo ésta no es significativa. Si se establece un aumento de agregados erosionables (0,42-0,84 mm) en los suelos C, esta diferencia no incide en FE ya que las diferencias entre texturas dependen fundamentalmente de la fracción menor a 42 mm, la cual, en todos los suelos, es superior a la fracción 0,42-0,84 mm.

La Figura 1 muestra las diferencias en los tamaños de agregados de los distintos suelos dentro de cada manejo, la formación de agregados no erosionables depende del aumento de las partículas de limo y arcilla y el contenido de materia orgánica.

Tabla 2. Contenido de fracción erosionable (FE), y las clases de agregados: >19,2; 6,4-19,2; 2-6,4; 0,84-2; 0,42-0,84; <0,42 mm de suelos cultivados (C) y sin cultivar (SC).

Textura		FE	> 19,2	6,4-19,2	2-6,4	0,84-2	0,42-0,84	<0,42
			%					
Arenoso-franco	C	69,9	5,7	16,5	6,3	1,7	2,8	67,0
	SC	61,5	16,4	14,2	5,7	2,2	3,5	58,0
	Valor P	ns	0,052	ns	ns	0,032	ns	ns
Franco-arenoso	C	42,1	24,0	20,5	9,8	3,3	3,7	38,8
	SC	48,6	22,97	16,7	8,4	3,4	4,0	44,6
	Valor P	ns	ns	0,0005	0,032	ns	ns	ns
Franco	C	21,2	37,5	22,98	12,6	5,7	4,9	16,3
	SC	28,7	34,6	19,70	12,3	4,8	3,99	24,7
	Valor P	ns	ns	ns	ns	ns	0,036	ns

CONCLUSIONES

Se encontró que en los suelos de la región semiárida de San Luis existe una fuerte dependencia de FE con la textura, la misma disminuyó con el incremento de las fracciones finas (limo y arcilla). No se observó una dependencia de FE con el manejo, sin embargo se comprobó que en suelos con altos contenidos de arena, el manejo cultivado produjo una disminución en el contenido de agregados dentro de la fracción no erosionable del suelo. La formación de pseudo-agregados en los suelos cultivados ocurre de manera significativa en los suelos de textura media, aunque este incremento no se traduce en una disminución de FE por efectos del manejo. Por último, en los suelos de textura más fina no se produjeron cambios de las fracciones de agregados no erosionables por el manejo, posiblemente por el mayor contenido de carbono orgánico en estos suelos.

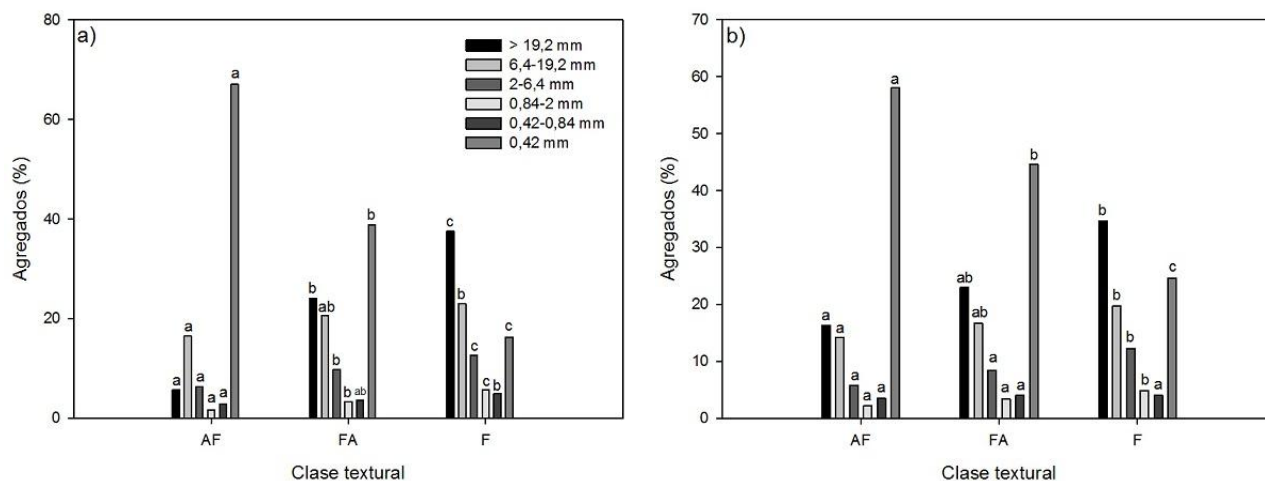


Figura 1. Contenido de clases de agregados: >19,2; 6,4-19,2; 2-6,4; 0,84-2; 0,42-0,84; <0,42 mm en: a) suelos cultivados (C) y b) suelos sin cultivar (SC), correspondientes a los suelos arenoso franco (AF), franco arenoso (FA) y franco (F). Letras diferentes representan diferencias significativas entre agregados del mismo tamaño para las diferentes texturas ($P < 0,05$).

BIBLIOGRAFÍA

- Álvaro-Fuentes, J; JL Arrué; R Gracia & MV López. 2008. Tillage and cropping intensification effects on soil aggregation: temporal dynamics and controlling factors under semiarid conditions. *Geoderma* 145, 390–396.
- Chepil, WS. 1962. A compact rotary sieve and the importance of dry sieving in physical soil analysis. *Soil Sci. Am. Proc.* 26, 4–6.
- Colazo, JC & DE Buschiazzo. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159, 228-236.
- De Dios Herrero, JM; JC Colazo & DE Buschiazzo. 2013. Estimación de la fracción erosionable por el viento en suelos de la provincia de San Luis. *Jornadas Argentinas de Conservación de Suelos*. Buenos Aires, Argentina.
- Fryrear, DW; JD Bilbro; A Saleh; H Schomberg; JE Stout & TM Zobeck. 2000. RWEQ: improved wind erosion technology. *J. Soil & W. Cons.* 55, 183–189.
- Panebianco, JE & DE Buschiazzo. 2008. Wind erosion predictions with the Wind Erosion Equation (WEQ) using different climatic factors. *Land Degrad. Dev.* 19: 36-44.
- Rojas, JM; SY Goytía; MF Roldán & DE Buschiazzo. 2014. Fracción erosionable en suelos con texturas contrastantes del sudoeste Chaqueño. *XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Bahía Blanca.
- Tatarko, J. 2001. Soil aggregation and wind erosion: Processes and Measurements. *Annals of Arid Z.* 40(3): 251 – 263.
- Woodruff, NP & FH Siddoway. 1965. A wind erosion equation. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 29 (5): 602-608.

CONTRIBUCIÓN DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL RENDIMIENTO Y PROTEÍNA EN EL CULTIVO DE TRIGO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

Dillchneider A.¹, I.M. Adema², R. Fernández³, I. Frasier³, D. Funaro³, A. Quiroga^{1,3}

¹ Facultad de Agronomía, UNLPam.

² CONICET

³ INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental "Guillermo Covas", RN5 km 580 (6326), Anguil (LP). quiroga.alberto@inta.gob.ar

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la fertilización nitrogenada en la expresión del rendimiento y el contenido de proteína en grano de trigo en distintos ambientes de la región semiárida pampeana. Los ensayos se realizaron en las localidades de Embajador Martini, Macachín y Anguil. Los tratamientos fueron: Testigo; fertilización a la siembra 40 kg N ha^{-1} , fertilización postergada con 40 kg N ha^{-1} , fertilización dividida a la siembra con 40 kg N ha^{-1} y postergada con 40 kg N ha^{-1} , y fertilización a la siembra con 80 kg N ha^{-1} . El diseño experimental fue en bloques completamente aleatorizados con cuatro réplicas, con un tamaño de parcela de 50 m^2 . De cada localidad se realizaron cinco ensayos y en cada uno se determinó el rendimiento, el contenido de proteína en grano y la eficiencia en el uso del agua. En la localidad de Embajador Martini, no se observaron diferencias entre fertilizar con 80 kg N ha^{-1} a la siembra respecto de dividir la dosis entre siembra y macollaje. En Anguil, la fertilización a la siembra contribuyó con aumentos en el rendimiento, mientras que las fertilizaciones divididas en la siembra y macollaje incrementaron el contenido de proteína en grano. Por el contrario, en Macachín, la fertilización dividida incrementó tanto el rendimiento como el contenido de proteína en grano. La alternativa de fertilización dividida contribuyó de manera favorable a incrementar la producción y la calidad comercial de grano. Y en todos los casos la absorción de nitrógeno por parte del cultivo condicionó la eficiencia en el uso del agua.

PALABRAS CLAVE: Fertilización dividida, ambiente, eficiencia de uso del agua.

INTRODUCCIÓN

El cultivo de trigo como principal cereal de invierno de la región semiárida pampeana (Belmonte *et al.*, 2010) ocupa una superficie de 381.900 hectáreas con un rinde promedio de 2.830 kg ha^{-1} en la campaña 2016/17 (MAGyP, 2017). La región presenta una gran variabilidad en las precipitaciones (Scian, 2000) y distintos tipos de suelos diferenciados por la capacidad de retención de agua, por la granulometría y profundidad efectiva del perfil (Quiroga *et al.*, 1998). Frecuentemente, las precipitaciones no logran cubrir los requerimientos de uso consuntivo de los cultivos debido al balance hídrico anual negativo (Bono *et al.*, 2010). En este sentido, es importante identificar los períodos críticos de definición de rendimiento y conocer la respuesta del cultivo a variables ambientales con el efecto de caracterizar la adaptabilidad de los distintos cultivares de trigo a las diferentes zonas productivas de nuestro país (Miralles *et al.*, 2003). El rendimiento en grano es consecuencia de la interacción entre el genotipo, el ambiente y el manejo cultural del cultivo durante su ciclo (Miralles *et al.*, 2007). Un factor importante que lo afecta es la disponibilidad de nitrógeno (Menéndez, 2007), que limita tanto la producción (Quiroga *et al.*, 2008) como el contenido de proteína (Cuniberti & Mir, 2016).

El objetivo del estudio fue evaluar la influencia de la fertilización nitrogenada en la expresión del rendimiento y el contenido de proteína en el grano en distintos ambientes de la región semiárida pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los sitios en estudio se localizaron en la Unidad Cartográfica de las Planicies con Tosca y Planicie Medanosa de la Provincia de La Pampa. Se seleccionaron cinco sitios de las localidades de Embajador Martini y Anguil ubicadas en la Planicie con Tosca, y Macachín en la Planicie Medanosa. Los tratamientos en trigo correspondieron a distintas combinaciones de fertilización nitrogenada

aplicados a la siembra (40 y 80 kg N ha^{-1}) utilizando como fuente Urea y una aplicación postergada entre Z3.9 (hoja bandera) y Z5.0 (espigazón). La variedad utilizada fue ACA 315 correspondiente al Grupo 1 de calidad. Los tratamientos fueron: Testigo (0 N); fertilización a la siembra 40 kg N ha^{-1} ($40+0$), fertilización postergada con 40 kg N ha^{-1} ($0+40$), fertilización a la siembra con 40 kg N ha^{-1} y postergada 40 kg N ha^{-1} ($40+40$), fertilización a la siembra 80 kg N ha^{-1} ($80+0$). El diseño experimental fue en parcelas dispuestas en bloques completamente aleatorizados con 4 réplicas. El tamaño de la unidad experimental fue de 50 m^2 .

Las determinaciones para la caracterización edafo-climática de los sitios fueron: espesor de suelo (cm), análisis granulométrico (Bouyoucos, 1962), capacidad de campo a $0,3 \text{ atm}$ (olla de presión) y punto de marchitez permanente a 15 atm (membrana de Richards). Se analizaron la distribución y cantidad de precipitaciones durante el ciclo del cultivo (junio-diciembre). En cada sitio experimental al momento de la siembra, en floración y en madurez fisiológica se determinó el contenido de agua total en el suelo mediante el método gravimétrico cada 20 cm de profundidad hasta el manto calcáreo o 200 cm de profundidad. Al finalizar el ciclo de cultivo se evaluó el rendimiento (kg ha^{-1}) y el porcentaje de proteína en grano (%). El análisis estadístico se realizó mediante ANOVA y las diferencias de medias mediante el test LSD Fisher ($p < 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la localidad de Embajador Martini, las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron de 655 mm , logrando cubrir los requerimientos durante su crecimiento. En la Figura 1 se presenta el perfil hídrico de un suelo Franco de 1 m de profundidad característico de la planicie con tosca. El agua almacenada en el perfil de suelo en los tres momentos de muestreo se encontró por encima del punto de marchitez permanente (PMP), por lo tanto, no condicionó la demanda del cultivo. En este sentido el contenido de agua a la siembra (AS) y en floración (AF) se encontró por encima de la capacidad de campo (CC) en todo el perfil de suelo (Figura 1). Es fundamental tener buen contenido hídrico en estas etapas porque están relacionadas positivamente con el rendimiento y con la respuesta a la fertilización (Quiroga *et al.*, 2008). Por el contrario, en madurez fisiológica (AC) el contenido de agua del suelo en los primeros 40 cm del perfil fue menor.

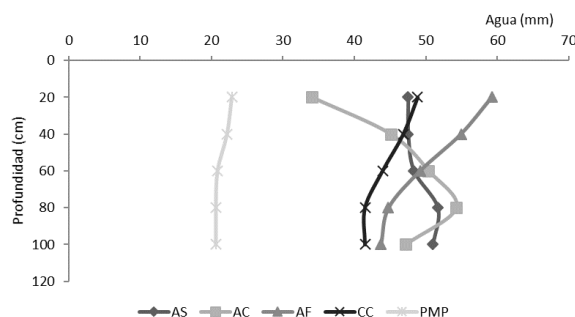


Figura 1. Contenido de agua en el perfil de suelo al momento de la siembra (AS), floración (AF) y madurez fisiológica (AC), en la localidad de Embajador Martini. Se indican las constantes hídricas: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

El rendimiento en grano varió entre 2209 y 3287 kg ha^{-1} . El tratamiento testigo ($0+0$) fue el que tuvo el menor rinde mientras que los tratamientos $40+40$ y $80+0$ registraron los valores más altos con una respuesta promedio de 1051 kg ha^{-1} respecto del testigo (Figura 2). El porcentaje de proteína fue similar en los tratamientos $40+40$ y $80+0$, ambos con valores de $10,7 \%$, mientras que en $0+0$ el contenido de proteína fue significativamente inferior ($8,7\%$). Los resultados permiten inferir acerca de un efecto positivo de la fertilización a la siembra del cultivo con relación al rinde y a los contenidos de proteína con respecto a $0+0$. Si se comparan los tratamientos $40+0$ y $0+40$ se produce una diferencia de 371 kg ha^{-1} en el rendimiento y se mantiene el nivel de proteína. Cuando se aplicó la misma dosis de N dividida en dos momentos, siembra y macollaje ($40+40$) con respecto a la misma dosis de N a la siembra ($80+0$), el rendimiento y la concentración de proteína resultó ser similar. Al analizar el rendimiento del trigo en función del contenido de N en grano, la respuesta hallada fue lineal y positiva ($R^2=0,90$; $p < 0,0001$) (Figura 3). Lo cual demuestra que altos rendimientos no afectaron el contenido

de nitrógeno en grano cuando se fertiliza el cultivo, dando como resultado mejor calidad de grano (Cuniberti, 2016). Además, del mayor contenido de N en el grano, se pudo comprobar una mayor eficiencia en el uso del agua por parte del cultivo (Figura 4).

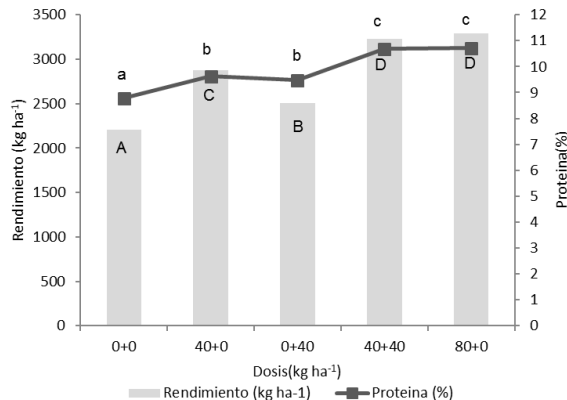


Figura 2. Rendimiento y proteína en grano en los distintos tratamientos de fertilización.

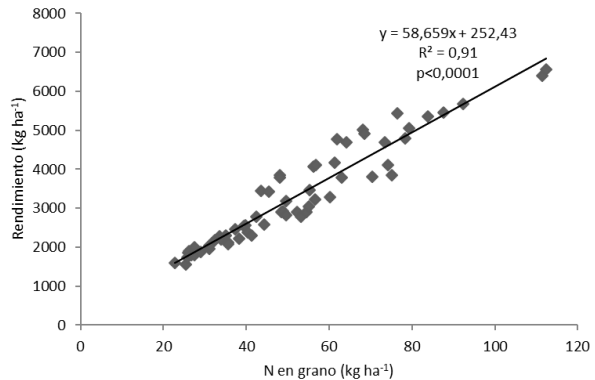


Figura 3. Relación entre el rendimiento del trigo y el nitrógeno en grano

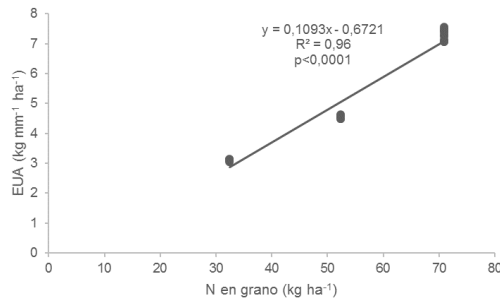


Figura 4. Relación entre la eficiencia en el uso del agua (EUA) y el nitrógeno en grano.

En la localidad de Anguil, las precipitaciones ocurridas en el periodo de crecimiento del cultivo no fueron limitantes (426 mm). En la Figura 5, se puede observar el perfil hídrico del suelo franco arenoso de 1,60 m de profundidad. El agua disponible tanto a la siembra como en floración no fue limitante, mientras que al momento de la cosecha, solo los primeros 20 cm se encontraron próximos a PMP.

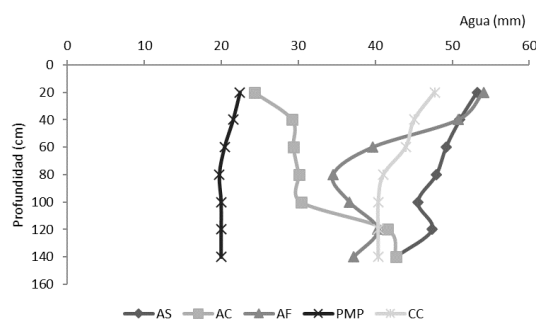


Figura 5. Contenido de agua en el perfil de suelo al momento de la siembra (AS), floración (AF) y madurez fisiológica (AC), en la localidad de Anguil. Se indican las constantes hídricas: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

El rendimiento varió entre 2145 y 2952 kg ha⁻¹, siendo el tratamiento 0+0 el de menor rendimiento y se diferenció estadísticamente con los demás. El mayor rinde se obtuvo en el

tratamiento 80+0, sin diferencia significativa con respecto a 40+40. En cuanto al contenido de proteína en grano, el mayor valor se encontró cuando la fertilización se realizó en siembra y macollaje (40+40) con 9,8 % de proteína, presentando diferencia significativa con los demás tratamientos. Al dividir la dosis de N en dos momentos la removilización del nitrógeno es mayor (Hitz *et al.*, 2017) con un incremento de proteína en grano del 13% ($p < 0,05$) respecto del testigo sin fertilizar. La fertilización dividida en siembra y macollaje se puede implementar no sólo para obtener los máximos rendimientos, sino también para lograr mayor porcentaje de proteína en el grano (Cuniberti, 2016). La fertilización en macollaje presentó menores rendimientos, además el incremento en el contenido de proteína (6,7%) no logró alcanzar los valores de la fertilización dividida. El tratamiento 40+0 no se diferenció del tratamiento 80+0 en cuanto al porcentaje de proteína, pero el rinde aumentó significativamente en 345 kg ha^{-1} . La Figura 7, muestra la relación lineal entre rendimiento y nitrógeno en grano.

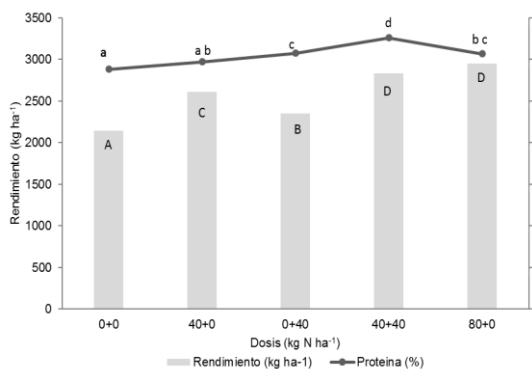


Figura 6. Rendimiento y proteína en grano en los distintos tratamientos de fertilización.

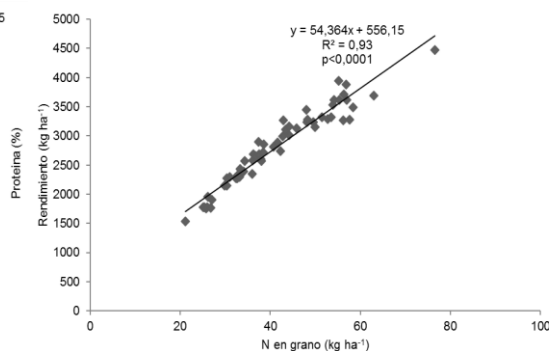


Figura 7. Relación entre el rendimiento del trigo y el nitrógeno en grano.

A medida que aumenta el agua disponible en el suelo, aumenta el rendimiento, y la respuesta es mayor cuando el nitrógeno disponible aumenta (Abeledo & Miralles, 2011). En este sentido se encontró una relación positiva y lineal ($R^2 = 0,99$; $p < 0,0001$) entre la eficiencia de uso del agua (EUA) y el nitrógeno en grano (Figura 8).

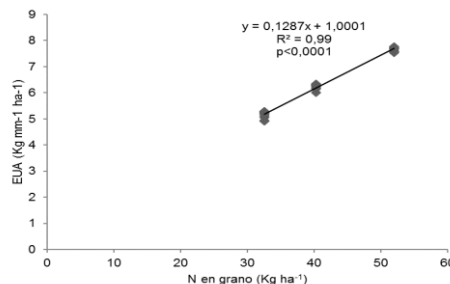


Figura 8. Relación entre la eficiencia en el uso del agua (EUA) y el nitrógeno en grano.

En la localidad de Macachín, las precipitaciones durante el ciclo del cultivo fueron de 358 mm promedio logrando cubrir los requerimientos del trigo. El agua contenida en el perfil de suelo se encontró por encima de los valores de capacidad de campo, al momento de la siembra (AS), en floración (AF) y en madurez fisiológica (AC). No se presentaron deficiencias hídricas alrededor de floración, momento clave para la definición de los componentes de rendimiento (Fischer, 1985).

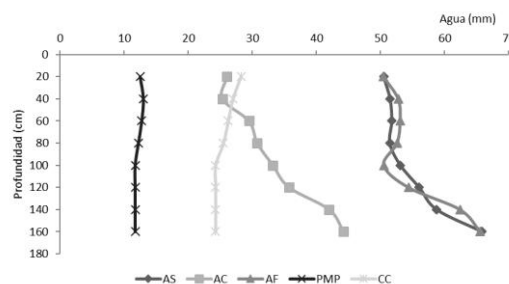


Figura 9. Contenido de agua en el perfil de suelo al momento de la siembra (AS), floración (AF) y madurez fisiológica (AC), en la localidad de Macachín. Se indican las constantes hídricas: capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP).

El rendimiento del trigo en esta localidad varió de 2336 a 3392 kg ha⁻¹. El tratamiento 0+0 presentó el menor rendimiento con diferencia estadísticamente significativa respecto a los demás tratamientos (Figura 10). El tratamiento 40+40 y 80+0 alcanzaron los mayores rendimientos con una diferencia de 930 kg ha⁻¹ respecto del testigo sin fertilizar (0+0). En cuanto al contenido de proteína, los tratamientos 0+40 y 40+40 tuvieron los mayores porcentajes (10,8%) con un incremento promedio de 22% respecto al tratamiento 0+0. En este caso, una mayor dosis de fertilización a la siembra no contribuyó a aumentar el contenido de proteína en grano. Esto se relaciona con lo planteado por Díaz Zorita (2000) en que las aplicaciones en etapas tardías del crecimiento pueden inducir a mejoras en la calidad y cantidad de las proteínas en los granos con menores efectos sobre los rendimientos. Al analizar el rendimiento del trigo en función del nitrógeno en grano (Figura 11) la relación fue positiva y lineal ($R^2=0,94$; $p<0,0001$), se incrementó el rendimiento por efecto de la fertilización y también contribuyó al aumento en el contenido de nitrógeno en grano.

Al igual que lo observado en los sitios anteriores, la absorción de nitrógeno por parte del cultivo condicionó la eficiencia en el uso del agua comprobándose para este sitio una relación positiva y lineal ($R^2= 0,91$; $p<0,0001$).

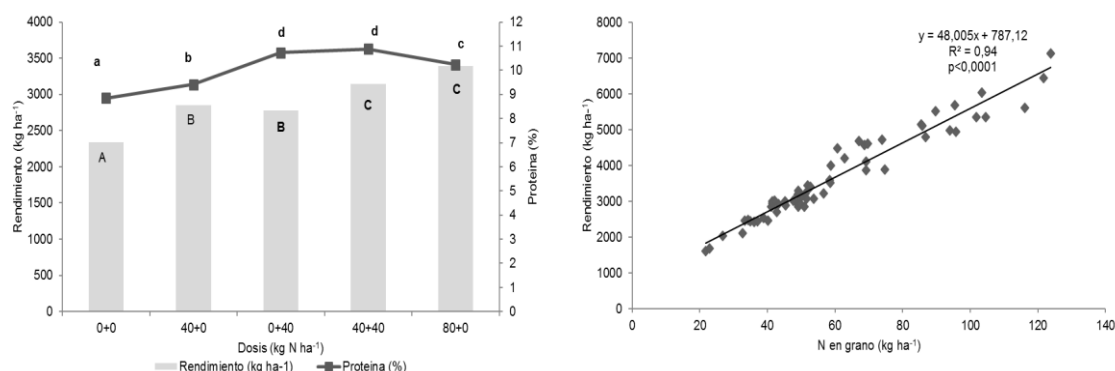
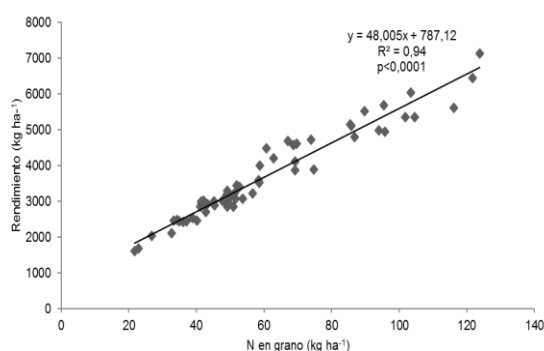


Figura 10. Rendimiento y porcentaje de proteína en grano en los distintos tratamientos de fertilización.

Figura 11. Relación entre el rendimiento del trigo y el nitrógeno en grano.



CONCLUSIÓN

En las tres localidades estudiadas la fertilización nitrogenada (principalmente con dosis dividida) en trigos de grupo 1 de calidad, afectó positivamente el rendimiento, el contenido de nitrógeno en el grano y la eficiencia en el uso del agua. Sin embargo, los niveles de proteína no alcanzaron los valores de 11% establecidos por las normas de calidad para la comercialización, por lo que resultaría necesario explorar una mayor dosis de nitrógeno postergada.

BIBLIOGRAFÍA

- Abeledo, G & DJ Miralles. 2011. Manejo del nitrógeno en interacción con otros estreses en trigo y cebada: uso de modelos de simulación agronómica. *Cienc. y Tecnol. para el Desarrollo*. 59-68.
- Belmonte, ML; Y Bellini; H Lorda; ME Fuentes & A Rossi. 2010. Caracterización tecnológica y productiva del cultivo de trigo y otros cereales de invierno para la región semiárida pampeana central. *El Cultiv. trigo en la región semiárida y subhúmeda EEA INTA Anguil* 13-31.
- Bono, A; A Quiroga & I Frasier. 2010. El cultivo de trigo en la región semi árida y sub húmeda pampeana. *Publ. Técnica EEA INTA Anguil* 79.
- Bouyoucos, GJ. 1962. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils. *Agron. J.* 54, 464. doi:10.2134/agronj1962.00021962005400050028x
- Cuniberti, M. 2016. Problemática actual de la calidad del trigo argentino. *Jornadas Trigueras la 60° Fiesta Nac. del Trigo*.
- Cuniberti, M & L Mir. 2016. Proteínas del trigo. Factores que influyen en su expresión. *Evaluación Cultiv. trigo en la EEA Marcos Juárez*.
- Díaz Zorita, M. 2000. Efecto de dos momentos de aplicación de urea sobre la producción de grano de trigo en Drabble (Buenos Aires, Argentina). *Cienc. del Suelo Villegas (Bs.As.), Argentina y Dpto. Agron.* 18.
- Fischer, RA. 1985. Number of kernels in wheat crops and the influence of solar radiation and temperature. *J. Agric. Sci.* 105, 447-461. doi:10.1017/CBO9781107415324.004
- Hitz, K; AJ Clark & DA Van Sanford. 2017. Identifying nitrogen-use efficient soft red winter wheat lines in high and low nitrogen environments. *F. Crop. Res.* 200, 1-9.
- MAGyP, 2017. Datos Abiertos Agroindustria [WWW Document]. URL <https://datos.magyp.gob.ar/> (accessed 7.25.17).
- Menéndez, F. 2007. Impacto de los factores ecológicos y tecnológicos en el rendimiento del trigo, in: Satorre, E. (Ed.), *Producción de Trigo*. AACREA, pp. 29-35.
- Miralles, D; R Serrago & R Carretero. 2007. Producción de Trigo, in: AACREA (Ed.), *Generación Del Rendimiento En Trigo*. pp. 15-26.
- Miralles, D; L Windauer & N Gomez. 2003. Factores que regulan el desarrollo de los cultivos de granos, in: Satorre, E; R Benezh-Arnold; GA Slafer; E de la Fuente; D Miralles; ME Otegui & R Savín (Eds.), *Bases Funcionales Para Su Manejo*. Editorial Facultad de Agronomía, pp. 61-74.

DIAGNÓSTICO Y POTENCIALIDAD DEL RIEGO EN LOS TRAMOS MEDIO E INFERIOR DEL VALLE DEL RÍO SAUCE CHICO

Espósito M.^{1,2}, N. Amiotti^{1,3}, M del C. Blanco¹

¹ Depto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS). San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca - Argentina; (0291-4595102). – mesposito@uns.edu.ar

² CONICET, Bahía Blanca – Argentina

³ CERZOS, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca – Argentina

RESUMEN: En la cuenca media e inferior del río Sauce Chico se practica agricultura intensiva bajo riego utilizando al curso principal como fuente de abastecimiento. Revertir la actual anarquía en el uso del agua de riego requiere la realización de obras de envergadura a fin de garantizar las necesidades hídricas de los pequeños productores que explotan un 60 % del área potencialmente regable. El estudio se centró en caracterizar la aptitud del recurso hídrico y calcular la demanda de agua de riego de los principales cultivos relacionándola con la disponibilidad del curso superficial. Registros meteorológicos permitieron determinar los requerimientos de riego de los cultivos utilizando el modelo CROPWAT 8.0 para eficiencias de aplicación del 50%. La evaluación de la calidad de las aguas superficiales se realizó en 3 sitios, aplicando la clasificación del Proyecto IPG-INTA. El recurso hídrico superficial es apto para riego. Si bien los meses de mayor requerimiento de agua para regar coinciden con el período de menores caudales, el recurso hídrico resulta suficiente para cubrir la demanda de la superficie actualmente regada (243 ha), con una probabilidad de ocurrencia del 50 % de los caudales disponibles y una eficiencia de aplicación del riego de 50 %. Al incrementar la probabilidad al 90% de certeza, la oferta de agua resulta insuficiente para cubrir la demanda de los cultivos. Si se consideran otras extracciones de agua y una posible expansión de la superficie cultivada, la situación expuesta puede verse agravada causando mayor perjuicio a los productores, pues el curso principal es prácticamente la única fuente de aprovechamiento.

PALABRAS CLAVE: calidad de agua, demanda de riego, cultivos hortícolas.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Sauce Chico se sitúa en el extremo sur de la Provincia de Buenos Aires y comprende los partidos de Tornquist, Villarino y Bahía Blanca, abarcando una superficie de 1573,06 km². Su curso principal, con una longitud de 104,5 km y un escurrimiento fluvial medio diario instantáneo de 2.02 m³/s, nace en las estribaciones occidentales del Sistema de Ventania y descarga sus aguas en la Bahía Blanca (González Uriarte, 1984a, 1984b; Arbanesi *et al.*, 1988; Fernández *et al.*, 2015).

Con un área potencialmente regable de casi 500 ha en los sectores medio e inferior de la cuenca, se practica agricultura intensiva bajo riego sólo en 243 ha. En ellas existe una importante subdivisión de la tierra, de modo que el 60 % de la superficie regada comprende unidades de entre 2 y 10 ha. Predominan netamente los sistemas de riego por gravedad, principalmente por surcos, y los riegos presurizados son utilizados únicamente en invernáculos (Convenio MOP-UNS-CIC, 1990, Información suministrada por la Autoridad del Agua, 2010; De la Fuente *et al.*, 2012).

El escenario actual muestra un uso anárquico y desordenado del agua de riego. Revertir esta situación requiere la realización de obras de envergadura que permitan una regulación de los caudales, a los efectos de realizar una planificación del sistema bajo riego que garantice las necesidades hídricas de los pequeños productores (Convenio MOP-UNS-CIC, 1990).

La demanda de agua de riego de los principales cultivos hortícolas en relación con la disponibilidad y calidad del recurso hídrico utilizado son insumos requeridos para realizar la planificación y operación de los sistemas de riego y constituyen los objetivos de este estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las variables meteorológicas utilizadas se obtuvieron de las estadísticas provistas por el Servicio Meteorológico Nacional para la localidad de Bahía Blanca (serie histórica 1971-2000), dado que es la fuente de registros meteorológicos más cercana al área de estudio.

Según información provista por la Autoridad del Agua, los cultivos predominantes en el sector de riego corresponden a distintas variedades hortícolas con diferentes porcentajes de superficies cultivadas, principalmente hortalizas de hojas (lechuga, acelga, espinaca, perejil, etc.) con 120 ha, cebolla (35 ha), tomate (60 ha) y zapallo (28 ha), siendo muy limitada la implantación de cereales y oleaginosas en el sector estudiado.

La determinación a campo o medición directa del consumo de agua por parte de los cultivos resulta de procedimientos complejos que conllevan una gran demanda de tiempo, por tal motivo para su estimación se recurrió al modelo informático CROPWAT 8.0 (Allen *et al.*, 2006). Este programa calcula la evapotranspiración de referencia (ET_o), que multiplicada por el coeficiente específico del cultivo (K_c) permite obtener la evapotranspiración (ET_c), para luego restarle la precipitación efectiva (P_e) determinada por el método propuesto por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos (USDA). Como resultado final se obtiene la necesidad hídrica del cultivo para un determinado periodo de tiempo.

Si se considera el potencial aporte de agua a las plantas desde el nivel freático junto a la eficiencia de aplicación del agua de acuerdo al sistema de riego implementado, es posible conocer el requerimiento de riego mensual expresado en milímetros para cada cultivo. Si este valor es indicado en m³/ha y multiplicado por la superficie cultivada (ha), se determina el volumen de agua (m³) mensual demandada en la toma, el que expresado en litros por segundo (l/s) determina el caudal continuo. Este valor es considerado como la demanda de agua de riego de los cultivos y se relaciona con la disponibilidad de los caudales medios del río Sauce Chico.

A fin de evaluar la calidad del agua, se seleccionaron tres estaciones sobre el curso superficial en las que se realizó un muestreo selectivo y puntual en el mes de septiembre. En las muestras de agua colectadas se efectuaron análisis de rutina determinando varios parámetros químicos, entre ellos el pH, la conductividad eléctrica (CE) y la relación de adsorción de sodio (RAS), en el Laboratorio de Análisis Químicos (LANAQUI) de CERZOS-CONICET (UNS). La aptitud del agua para riego se estableció aplicando la clasificación propuesta en el Proyecto IPG-INTA (1996).

La disponibilidad de los caudales medios del río Sauce Chico para probabilidades de ocurrencia del 50 % (P_{≥0,5}) y 90 % (P_{≥0,9}), de ser igualados o excedidos para cada mes en particular, fueron calculados a través de un análisis determinístico por Fernández *et al.* (2015), y los valores se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Caudales medios mensuales con probabilidades de ocurrencia del 50% (p_{≥0,5}) y 90 % (p_{≥0,9}) para el río Sauce Chico.

P (%)	Ene (m ³ /s)	Feb (m ³ /s)	Mar (m ³ /s)	Oct (m ³ /s)	Nov (m ³ /s)	Dic (m ³ /s)
90	0,21	0,21	0,67	0,61	0,39	0,32
50	1,04	1,13	1,81	1,94	1,84	1,40

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El reconocimiento *in situ* de las parcelas regadas por el sistema de gravedad, admite asumir generosamente una eficiencia de aplicación de riego del 50 % debido a importantes pérdidas de agua por percolación profunda, estancamientos innecesarios, inadecuados diseños de parcelas, inexperiencia en la aplicación del agua, incorrectas láminas de riego, altos tiempos de aplicación y elevadas longitudes de surcos, entre otras.

En la Tabla 2 se muestran los requerimientos de riego durante el desarrollo de los ciclos vegetativos de los principales cultivos hortícolas que se realizan en los sectores de la cuenca analizados, considerando una eficiencia de aplicación del 50 %. No se tuvieron en cuenta aportes de agua de la freática dado que su nivel se mantiene por debajo de la exploración radical de los cultivos.

Tabla 2. Requerimientos de riegos mensuales y anuales de los cultivos realizados en el área de estudio.

Mes/cultivo	Ene (mm)	Feb (mm)	Mar (mm)	Oct (mm)	Nov (mm)	Dic (mm)	Total (mm)
Hort. de hoja	412,8	272,2	60,0	-	102,4	314,4	1161,8
Cebolla	378,6	126,8	60,0	67,1	289,3	397,6	1319,4
Tomate	468,4	236,8	60,0	60,0	244,8	456,6	1526,6
Zapallo	263,0	271,0	133,0	-	-	60,0	727

En algunos casos los valores calculados en lámina de agua resultaron pequeños para ser aplicados en sistemas de riego por gravedad, razón por la que fueron reemplazados por 60 mm, criterio que se justifica dado que, en la práctica, magnitudes inferiores son inaplicables para este sistema de riego.

En una planificación de riego, el caudal continuo mensual se considera relevante dado que a través de su valor se programa el manejo de entrega del agua en la red de distribución. Debido a que, en la actualidad, los regantes extraen directamente el agua del cauce del río Sauce Chico empleando bombas centrífugas, la información presentada en la Tabla 3 tiene carácter orientativo. En este estudio, los valores calculados para el caudal continuo fueron utilizados para expresar la demanda hídrica de los principales cultivos realizados en el área analizada.

Tabla 3. Demanda hídrica mensual del ciclo vegetativo de los cultivos regados.

Mes	Volumen en toma (m ³)	Tiempo de riego (s)	Caudal continuo (l/s)
Ene	982500	2678400	366,0
Feb	588980	2419200	243,5
Mar	166240	2678400	62,0
Oct	59485	2678400	22,2
Nov	371015	2592000	143,1
Dic	807200	2678400	301,3

En la Tabla 4 se despliegan los valores para establecer la relación entre la oferta del recurso hídrico superficial (l/s) y la demanda de riego de los principales cultivos realizados con eficiencias de aplicación del 50 %. Considerando una probabilidad del 90 %, los resultados asignan un déficit notablemente alto en los meses de mayor consumo (enero y febrero), resaltando así un aspecto muy real de la situación actual. Este escenario sería aún más crítico si la superficie cultivada se incrementa a valores cercanos al potencial máximo de la superficie regable.

Si analizamos la relación oferta/demanda con una probabilidad del 50%, el agua resulta suficiente. Sin embargo, se compromete demasiado la oferta del recurso hídrico, dado que se estaría asumiendo que estadísticamente la mitad de las veces no se dispondría de suficiente caudal para cubrir los requerimientos de los cultivos.

Tabla 4. Relación entre la oferta del recurso hídrico superficial en función del tratamiento estadístico de probabilidad y la demanda expresada como caudal continuo.

Mes	Caudal continuo (l/s)	$p \geq 0,5$ (l/s)	$p \geq 0,9$ (l/s)
Ene	366,0	1040	210
Feb	243,5	1130	210
Mar	62,0	1810	670
Oct	22,2	1940	610
Nov	143,1	1840	390
Dic	301,3	1400	320

En lo referido a la calidad del agua de riego para estos sectores de la cuenca, los valores de CE y de RAS oscilaron en un rango de 1,00 a 1,20 dS m⁻¹ y de 7,80 a 9,20 respectivamente. Las magnitudes de estas variables y la alcalinidad de las aguas (pH: 8,3 – 8,4), resultaron similares a las reportadas por Fiorentino (1999) y Paoloni *et al.* (2010). Según la clasificación propuesta por el INTA (1996), el recurso hídrico no presenta restricciones para su utilización vinculadas a excesos de sales y sodio.

CONCLUSIONES

El recurso hídrico superficial es apto para riego. Los meses de mayor demanda de agua para regar los cultivos existentes en el sector medio bajo e inferior de la cuenca, coinciden con el período de los caudales más bajos que fluyen por el río Sauce Chico (diciembre, enero y febrero), igualmente el recurso resulta suficiente para la superficie actualmente regada (243 ha) si se considera una probabilidad de ocurrencia del 50 % de los caudales disponibles y se asume una eficiencia de aplicación del riego de 50 %.

Si se incrementa la probabilidad al 90% de certeza de contar con dichos caudales, la oferta de agua disminuye, resultando insuficiente para cubrir la demanda de los cultivos en los meses de enero y febrero. En este estudio, no se consideraron otras extracciones de agua que pueden ocurrir a lo largo curso principal ni la factibilidad de un incremento de la superficie cultivada, condiciones que agravarían la situación expuesta causando un mayor perjuicio a los productores, pues el curso principal es prácticamente la única fuente de aprovechamiento.

Mejorar los sistemas de conducción del agua, optimizar el manejo del riego y promover la utilización de sistemas presurizados, contribuyen al incremento de la eficiencia de utilización del agua con consecuencias directas en el aumento de la oferta del recurso hídrico. Estas serían las primeras medidas a tener en cuenta si se pretende ejecutar obras que permitan planificar un sistema de entrega de agua por turnado, según las necesidades y las superficies que maneje cada regante.

BIBLIOGRAFÍA

- Allen, R; LS Pereiras; D Raek & M Smith. 2006. Evapotranspiración del cultivo, Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, Estudio FAO Riego y Drenaje, No. 56, Roma, Italia, 298pp.
- Arbanesi, G; VG De Vercesi & M González Uriarte. 1988. Análisis geomorfológico cuantitativo de la cuenca superior del río Sauce Chico. Sierras Australes de la Provincia de Buenos Aires. II Jornadas Geológicas Bonaerenses. Actas: 187-200. Bahía Blanca.
- Convenio Ministerio de Obras y Servicios Públicos de la Provincia de Buenos Aires (MOP) – Universidad Nacional del Sur (UNS) – Comisión de Investigación Científicas (CIC). 1990. Plan Integral de Abastecimiento de Agua a Bahía Blanca y Gran Bahía Blanca - Tomo III: Hidrología Superficial: Sauce Chico, Chasicó, Napostá y Sauce Grande.
- De la Fuente, L; C Diotto & B Nieto. 2012. Los horticultores familiares del periurbano de Bahía Blanca. AgroUNS; 17: 5-8.
- Fernández, SN; ME Sequeira; ME Espósito & JD Paoloni. 2015. Estudio del comportamiento fluviométrico e hidrológico superficial de una cuenca del sur de la región pampeana con datos limnigráficos diarios instantáneos – Caracterización hídrica para los fines de Riego. Cuadernos del Curiham; 21: 41-54.
- Fiorentino, CE. 1999. Evaluación y riesgo de contaminación de los recursos hídricos superficiales en las vertientes del Sistema de Ventania. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. UNS.
- González Uriarte, M. 1984a. Depósitos marinos del Pleistoceno Superior en Bahía Blanca, Prov. de Buenos Aires. En: Actas IX Congreso Geológico Argentino, AACCS (Ed.). Vol. III, pp. 538-555, S.C. de Bariloche, Argentina.
- González Uriarte, M. 1984b. Características geomorfológicas de la porción continental que rodea la Bahía Blanca, Provincia de Buenos Aires. En: Actas IX Congreso Geológico Argentino, AACCS (Ed.). Vol. III, pp. 556-576, S.C. de Bariloche, Argentina.
- Paoloni, JD; ME Sequeira & ME Espósito. 2010. Capítulo IV: "Los recursos hídricos - evaluación de la calidad" En: Ambientes y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca: Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas (Sudoeste de la provincia de Buenos Aires). J. D. Paoloni Compilador. 1ª Edición Bahía Blanca, Universidad Nacional del Sur. pp 177-219.
- Proyecto IPG INTA. 1996. Informe anual del proyecto IPG Barrow, Buenos Aires (AR): Convenio INTA – Ministerio de Asuntos Agrarios y Producción – Chacra experimental Barrow. 22p.

CARACTERIZACIÓN DE SITIOS ECOLÓGICOS EN LA SUBREGIÓN DE MESETAS Y VALLES, LA PAMPA

Frank Buss E.^{1,2}, E. Leizica^{1,2}, R. Peinetti¹, A. Kin¹, C. Chirino¹, E. Noellemeyer¹

¹Facultad de Agronomía, UNLPam. Ruta Nacional 35, Km 334- mefrankbuss@yahoo.com.ar

² CONICET

RESUMEN: El ordenamiento territorial de ambientes áridos y semiáridos es fundamental para implementar estrategias de manejo acordes con la heterogeneidad espacial del ambiente. La clasificación en sitios ecológicos (SE) permite sectorizar el paisaje en relación a la capacidad potencial para el desarrollo de la vegetación. El objetivo de este trabajo fue diferenciar y caracterizar sitios ecológicos en la Subregión de Mesetas y Valles, en La Pampa, considerando características geomorfológicas, edáficas y de vegetación. Se definieron a priori cuatro sitios ecológicos: fondo de valle, ladera erosiva, meseta y cubeta. Para caracterizar el suelo se determinó textura y profundidad del primer horizonte, y profundidad de reacción al CaCO_3 y del horizonte petrocálcico. En las comunidades vegetales se estableció la cobertura por estrato y la densidad de leñosas discriminada por especie. Las variables de suelo seleccionadas mostraron diferencias según su ubicación en la topografía. La heterogeneidad en los suelos se correspondió con distintos tipos de vegetación lo cual permite suponer que las unidades definidas en base a geoformas constituyen distintos SE. La caracterización de SE permite establecer manejos específicos de acuerdo con el potencial productivo y con la susceptibilidad a la degradación del ambiente.

PALABRAS CLAVE: unidades geomorfológicas, vegetación, textura de suelo.

INTRODUCCIÓN

La degradación de los ambientes áridos y semiáridos es un problema generalizado a nivel mundial. La erosión y consecuente disminución de la productividad del suelo es uno de los principales problemas que afectan a estos ambientes (Caride *et al.*, 2012; Berhongaray *et al.* 2013; Bestelmeyer *et al.* 2015). El ordenamiento territorial permite evitar el avance de la desertificación y recuperar los suelos que ya han sido afectados (de Paul Obade & Lal, 2013). La caracterización del paisaje en sitios ecológicos (SE) es una metodología de clasificación y ordenamiento que proporciona una base sólida para determinar la escala espacial de aplicación de un manejo adecuado. Bestelmeyer *et al.* (2009) definen a un SE como un ambiente distintivo, caracterizado por el clima y la topografía, que puede incluir varios tipos de suelo con condiciones similares para el desarrollo de la vegetación y respuesta semejante a disturbios. El análisis de las comunidades vegetales a través de la delimitación de SE permite identificar áreas en el paisaje con distinto potencial ecológico, y por lo tanto con distintos objetivos y estrategias de manejo (Bestelmeyer *et al.*, 2010).

La heterogeneidad espacial de los suelos se expresa en diferencias morfológicas en el desarrollo del perfil y en propiedades estables como la textura (Phillips & Marion, 2005), que pueden estar asociadas con el establecimiento de diferentes tipos de vegetación. Por ejemplo, la presencia de un horizonte petrocálcico a escasa profundidad dificulta el desarrollo radicular y limita la disponibilidad de agua útil. La aplicación de manejos acordes al potencial ecológico permite aumentar la eficiencia productiva y disminuir el impacto ambiental (Bongiovanni & Lowenberg-DeBoer, 2004). El objetivo de este trabajo fue diferenciar y caracterizar sitios ecológicos en la parte centro-este de La Pampa, a través de la caracterización del suelo y de las comunidades vegetales en distintas unidades geomorfológicas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio se ubica en la Subregión de Mesetas y Valles, en el sector centro-este de la provincia de La Pampa (Figura 1). La variabilidad en el paisaje está dada por la presencia de unidades geomorfológicas (mesetas y valles) y subunidades geomorfológicas (fondo de valle, laderas erosivas, cubetas de deflación y dunas) (INTA, 1980; Lanzillotta, 2006), geoformas que permiten inferir la existencia de diferentes sitios ecológicos. Las condiciones climáticas son de tipo semiárido con una precipitación media anual entre 400 y 600 mm. Los suelos varían de arenosos a francos, y corresponden a los órdenes taxonómicos Entisol y Molisol (INTA, 1980). El desarrollo del suelo en las mesetas es limitado por la presencia de un horizonte petrocálcico a profundidad variable (Etcheverría & Folguera, 2014). En la Figura 1 se observan sectores con mayores gradientes en los flancos de las mesetas, identificados como laderas erosivas por Lanzillotta (2006). Las mesetas son planas a suavemente onduladas con presencia de depresiones de superficie variable denominadas cubetas de deflación. Las comunidades vegetales en la subregión incluyen pastizales de planicie y psamófilos, bosque de caldén (*Prosopis caldenia*) y arbustales (INTA, 1980). A partir de la variabilidad del paisaje se seleccionaron cuatro sitios ecológicos potenciales: fondo de valle, ladera erosiva, meseta y cubeta. Se realizaron 18 muestreos de suelo y vegetación para su caracterización. El muestreo de suelo consistió en calicatas de 2 m de profundidad para la descripción de los perfiles. Entre las variables observadas se consideraron en el análisis la profundidad del primer horizonte, de la reacción al CaCO_3 y del horizonte petrocálcico. En laboratorio se determinó textura del primer horizonte mediante el método de la pipeta de Robinson. Los datos de suelos fueron analizados mediante análisis de componentes principales.

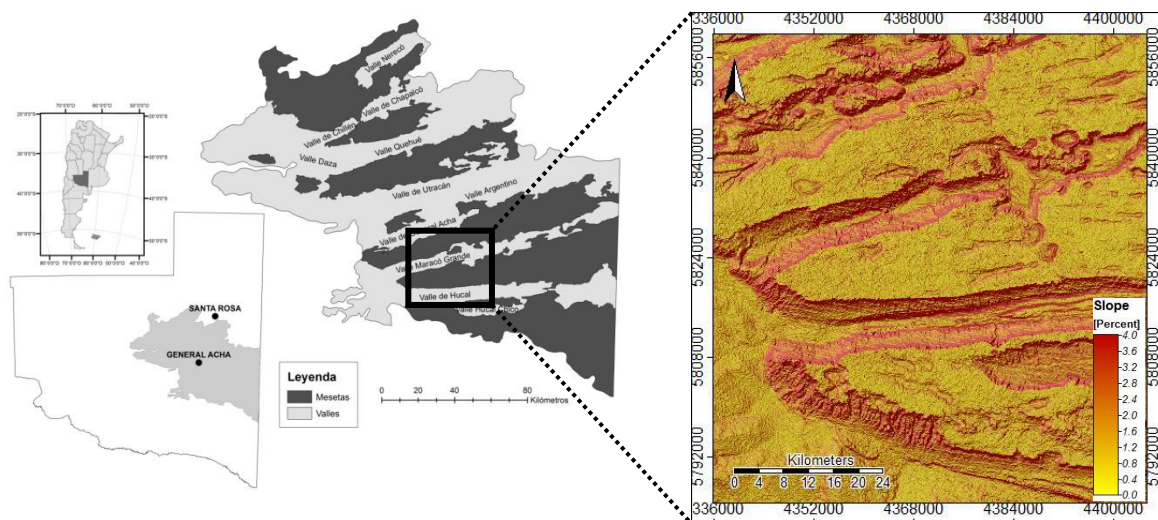


Figura 1. Ubicación del área de estudio en la Subregión de Mesetas y Valles (izq) y modelo digital de pendiente (der) obtenido a partir de un modelo digital de elevación (SRTM, 90 m).

Para caracterizar el estrato graminoso-herbáceo se realizaron muestreos de cobertura del pastizal mediante una transecta de intersección por puntos de 30 m con espaciado de 20 cm (Herrick *et al.*, 2005). La cobertura de los estratos arbustivo y arbóreo se determinó a través de las medidas de proyección horizontal de la canopia en 5 transectas paralelas de 30 m espaciadas cada 5 m. Se establecieron parcelas de 30x20m para determinar densidad de plantas leñosas que fueron agrupadas para su análisis. El primer grupo (*Prosopis*) incluye a *P. caldenia* y *P. flexuosa*. Estas especies suelen ser dominantes en los ambientes de la región (INTA, 1980), y alcanzan un porte arbóreo. Otro grupo incluye a las especies

arbustivas acompañantes más importantes del bosque de caldén, *Condalia microphylla*, *Jodina rhombifolia*, *Schinus* spp. y *Lycium* spp. El último grupo incluye especies arbustivas propias del monte bajo (Arbustal) del oeste pampeano, y que aparecen como ocasionales en el bosque (*Larrea* spp., *P. alpataco*, *Chuquiraga erinacea*, entre otras). Las variables de vegetación se analizaron mediante ANOVA con separación de medias por test de Tukey.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el análisis realizado se observa una asociación entre las características de los suelos y las distintas geoformas (Figura 2), con excepción de fondo de valle. Esto puede deberse a que en el fondo de valle coexisten diferentes ambientes que generan variabilidad en las características edáficas. En el análisis granulométrico, el suelo de fondo de valle fue clasificado como arenoso franco. El elevado porcentaje de la fracción arena ($\bar{x} > 84\%$) se debe a la presencia de depósitos eólicos (mantos de arena y dunas). La ausencia de carbonatos cerca de su superficie implica una conductividad hidráulica elevada y una recepción mayor de agua. Esto permite una translocación de los carbonatos en profundidad. Este sitio presentó los horizontes superficiales de mayor espesor (Figura 3), explicados por los aportes de agua y recursos desde la zona más alta. Sin embargo, es importante resaltar que se trata de horizontes AC fuertemente condicionados en su desarrollo por la textura. Por el contrario, en la ladera erosiva y la meseta la reacción de carbonatos se observó a pocos centímetros de la superficie. En el caso de la ladera pone de manifiesto un balance hídrico negativo dado principalmente por la pérdida de agua por escurrimiento. En la meseta la presencia de carbonatos próximos a la superficie es explicada por la influencia de un horizonte petrocálcico que evita su translocación, y actúa como fuente de carbonatos que son nuevamente dispuestos en superficie por organismos excavadores. Varios autores (Quiroga & Funaro, 2005; Bagnato *et al.*, 2014) han señalado la influencia del horizonte petrocálcico en la productividad de los suelos. Los suelos de las cubetas mostraron el mayor desarrollo pedogenético en el área analizada. Debido a su posición topográfica funcionan como sumideros de agua y recursos, al igual que los fondos de valle, pero su textura franco arenosa permite el desarrollo de un horizonte A. Además, no se encuentran limitados por el horizonte petrocálcico como los suelos de la meseta.

El fondo de valle fue el sitio con menor cobertura total del suelo, y con menor cobertura y densidad de especies leñosas (Figura 4 y 5). Las laderas erosivas tuvieron la mayor cobertura de leñosas y la mayor densidad de arbustos, tanto de especies acompañantes como del Arbustal. La meseta tuvo una cobertura de leñosas intermedia, siendo ésta predominantemente arbustiva (Figura 4) y de *Prosopis* (Figura 5). Cabe destacar que los *Prosopis* que se desarrollan en la meseta tienen un porte bajo porque se trata de individuos en proceso de colonización. Las cubetas presentaron una cobertura muy baja del estrato arbustivo (Figura 4), y una alta densidad de *Prosopis* (Figura 5), que a diferencia de los de la meseta, son de porte arbóreo. La cobertura del estrato graminoso-herbáceo (Figura 4) no presentó diferencias significativas entre los sitios. Esto se debe a que se trata de un estrato muy influenciado por la principal actividad productiva de la región, la ganadería.

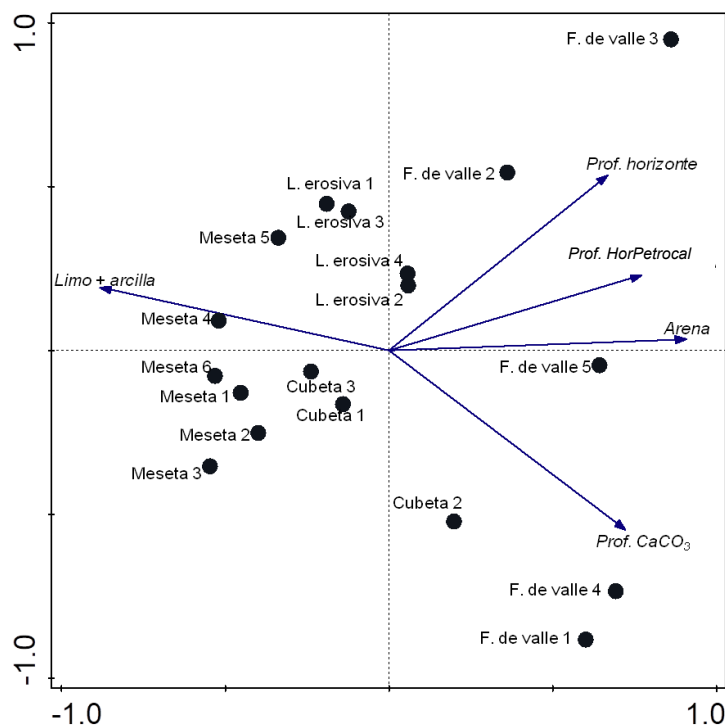


Figura 2. Análisis de componentes principales de las variables de suelo (profundidad del primer horizonte (Prof. Horizonte), profundidad del horizonte petrocálcico (Prof. HorPetrocal), profundidad de reacción al carbonato de calcio (Prof. CaCO_3), arena y limo+arcilla) en los 4 sitios considerados.

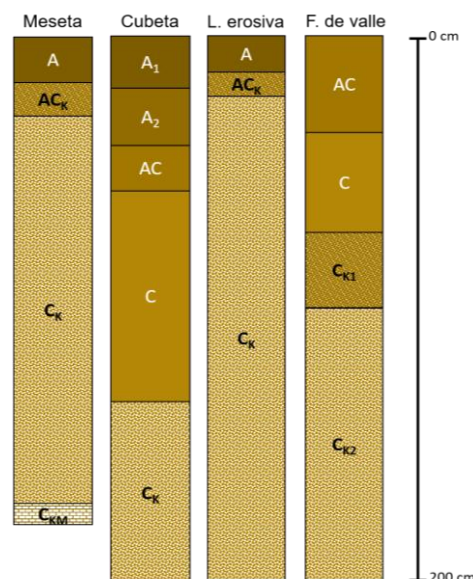


Figura 3. Perfiles de suelo de los sitios estudiados. La trama en el horizonte indica CaCO_3 , más intensa mayor contenido. CKM representa el horizonte petrocálcico.

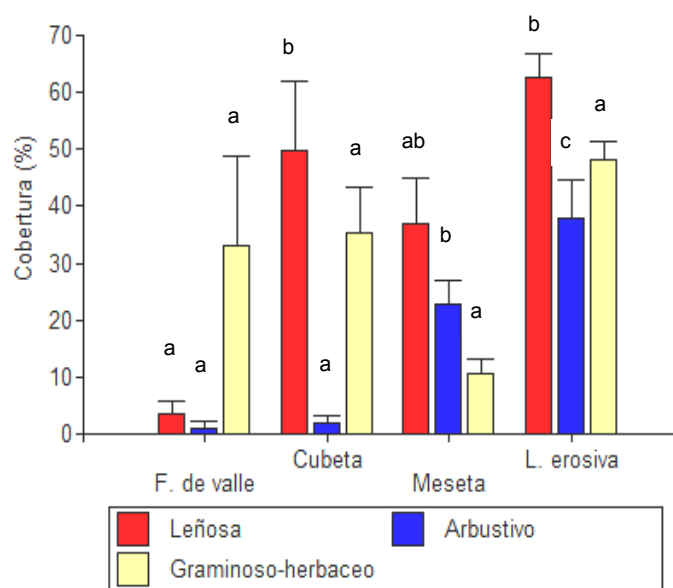


Figura 4 Cobertura (en %) de especies leñosas, estrato arbustivo y estrato graminoso-herbáceo en los 4 sitios estudiados. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

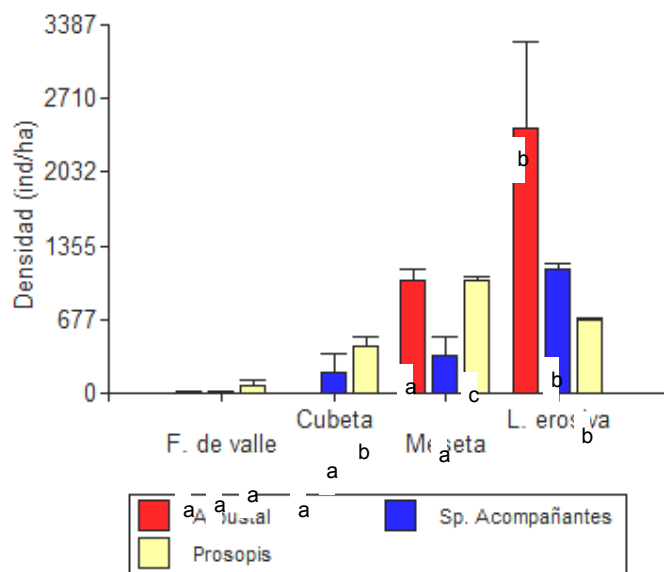


Figura 5: Densidad (individuos/hectárea) de los grupos *Prosopis*, Arbustal y especies acompañantes en los 4 sitios estudiados. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$).

CONCLUSIÓN

La asociación observada entre geoforma, suelo y vegetación permite suponer que las unidades definidas en base a geoformas constituyen distintos sitios ecológicos. Por ejemplo, las cubetas y las laderas erosivas tienen suelo profundo, pero las primeras, favorecidas por su posición en el paisaje reciben más agua en el perfil y tienen suelos más finos, por lo que la fisonomía de la vegetación presente en las mismas es de bosques cerrados de porte bajo (3 a 5 m de altura). Las laderas poseen carbonatos próximos a la superficie, lo que indica menor infiltración a través del perfil, como consecuencia del escurrimiento de las precipitaciones. La vegetación que se desarrolla en las mismas tiene una fuerte composición de arbustos, tanto acompañantes del bosque de caldén, como propios del monte bajo del oeste pampeano. El fondo de valle presentó mayor variabilidad en las condiciones de suelo. Este podría ser un ambiente con una asociación de distintos tipos de suelo, pero con una homogenización de la cobertura vegetal causada por el manejo. Considerar variables estables del suelo puede ser mejor opción para identificar y caracterizar sitios ecológicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bagnato, R; C Álvarez; E Noellemeyer; A Gili; A Becker & A Quiroga. 2014. Efecto del ambiente sobre la productividad del cultivo de maíz en la región semiárida pampeana. En: XXIV Congreso Argentino de La Ciencia del Suelo II Reunión Nacional "Materia orgánica y sustancias húmicas".
- Berhongaray, G; R Alvarez; J De Paepe; C Caride & R Cantet. 2013. Land use effects on soil carbon in the Argentine Pampas. *Geoderma* 192: 97-110.
- Bestelmeyer, BT; AJ Tugel; GLJr Peacock; DG Robinett; PL Shaver; JR Brown; JE Herrick; H Sanchez & KM Havstad. 2009. State-and-transition models for heterogeneous landscapes: a strategy for development and application. *Rangeland Ecol. Manag.* 62:1-15.
- Bestelmeyer, BT; K Moseley; PL Shaver; H Sanchez; DD Briske & ME Fernandez-Gimenez. 2010. Practical guidance for developing state-and-transition models. *Rangelands* 32:23-30.
- Bestelmeyer, BT; GS Okin; MC Duniway; SR Archer; NF Sayre; JC Williamson & JF Herrick. 2015. Desertification, land use, and the transformation of global drylands. *Front Ecol Environ* 13: 28-36.
- Bongiovanni, R & J Lowenberg-DeBoer. 2004. Precision agriculture and sustainability. *Precis. Agric.* 5:359-387.
- Caride, C; G Piñeiro & JM Paruelo. 2012. How does agricultural management modify ecosystem services in the argentine Pampas? The effects on soil C dynamics. *Agric. Ecosyst. Environ.* 154:23-33.
- De Paul Obade, V & R Lal. 2013. Assessing land cover and soil quality by remote sensing and geographical information systems (GIS). *Catena* 104:77-92.
- Etcheverría, MP & A Folguera. 2014. Los calcretes del sudeste de la provincia de La Pampa: caracterización y origen. *Rev. Asoc. Geol. Argent.* 71:92-99.
- Herrick, JE; JW Van Zee; KM Havstad; LM Burkett & WG Whitford. 2005. Monitoring manual for grassland, shrubland and savanna ecosystems. Vol. I: Quick start. USDA-ARS Jornada Experimental Range, Las Cruces, NM: Distributed by University of Arizona Press.
- INTA, Gobierno de La Pampa, Universidad Nacional de La Pampa. 1980. Inventario Integrado de los Recursos Naturales de la provincia de La Pampa. 493 p.
- Lanzillotta, R. 2006. Costras calcáreas y geomorfología del área del Valle Daza, Departamentos Loventué y Utracán, Prov. de La Pampa. UNLPam. Santa Rosa, La Pampa.
- Phillips, JD & DA Marion. 2005. Biomechanical effects, lithological variations, and local pedodiversity in some forest soils of Arkansas. *Geoderma* 124:73-89.
- Quiroga, A & D Funaro. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Cienc. Suelo* 23:79-86.

**ESTUDIO EXPLORATORIO DE LA DISTRIBUCIÓN Y DIVERSIDAD DE LA
MACROFAUNA EDÁFICA EN SUELOS BAJO DISTINTAS PRÁCTICAS DE USO**

Frasier I.¹, J. del Río², S. Niveyro³, E. Noellemeyer⁴, A. Quiroga^{1,4}

¹ INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental “Guillermo Covas”, RN5 km 580 (6326), Anguil (LP). frasier.ileana@inta.gob.ar

² INTA. Centro Regional La Pampa-San Luis, Estación Experimental “Guillermo Covas”.

³ Facultad de Agronomía, UNLPam.

⁴ Facultad de Agronomía, UNLPam.

RESUMEN: El objetivo de este estudio fue evaluar cambios en la cantidad, distribución en el perfil de suelo y diversidad de la macrofauna edáfica en dos suelos con diferentes características genéticas y de manejo en la Provincia de La Pampa. Para ello se seleccionaron dos suelos pertenecientes a los órdenes Molisoles (Paleustol petrocálcico) y Entisoles (Ustipsamment Típico) bajo dos manejos: a) suelo destinado a ganadería, con pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años, y b) suelo destinado a cultivos anuales de cosecha y forrajeros ubicados dentro de la EEA “Guillermo Covas”. Durante el mes de abril se realizó el muestreo de suelo que consistió en dividir el perfil en 3 estratos de 12 cm cada uno utilizando un cilindro de 21 cm de diámetro y 12 cm de altura con una intensidad de muestreo fue de seis replicas. Los individuos se recolectaron a campo desparramando el suelo sobre una lona blanca. Se determinó abundancia por unidad de volumen, se realizó la identificación taxonómica a nivel de orden, se calculó la riqueza y el índice de diversidad de Shannon-Weaver. Los resultados preliminares sugieren que las prácticas de uso del suelo afectaron la composición de la macrofauna edáfica en el suelo de granulometría franco-arenosa con diferencias en su distribución en el perfil según la práctica de uso. La información aquí presentada pertenece a una línea de trabajo que propone evaluar la variación estacional de la macrofauna edáfica en diferentes tipos de suelo y bajo prácticas de manejo contrastantes.

PALABRAS CLAVE: pastura perenne, riqueza, textura

INTRODUCCIÓN

La demanda mundial de alimentos ha conducido a cambios en el uso de los suelos impactando negativamente sobre la biodiversidad y la calidad de los suelos en desmedro de la provisión de servicios ecosistémicos (Kirkby *et al.*, 2000; Chapin *et al.*, 2012; Huber-Sannwald *et al.*, 2012; Guida Johnson & Zuleta, 2013). La provisión de estos servicios es llevada a cabo por un amplio grupo de organismos. Entre ellos, se encuentra la macrofauna edáfica que agrupa los invertebrados con un diámetro superior a los 2 mm, e incluyen las lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta), termitas (Insecta: Isoptera) y las hormigas (Insecta: Hymenoptera: Formicidae) entre otros que intervienen en la formación de poros, en procesos de descomposición de la materia orgánica y de distribución de nutrientes en el perfil. Dentro de los macroinvertebrados también se pueden identificar comunidades detrívoras cuya función es la fragmentación de restos vegetales como por ejemplo Coleóptera (escarabajos), Diplopoda (milpiés), Isópoda (cochinillas) y Gastrópodos (caracoles). Si bien variaciones en la textura de los suelos condicionan diferentes niveles de propiedades edáficas (retención de agua, contenido de materia orgánica, proporción de los agregados, estabilidad estructural) que afectarían la macrofauna del suelo, diferentes manejos provocarían cambios tanto en la abundancia como en su distribución vertical (Röhrig *et al.*, 1998) y diversidad (De Valença *et al.*, 2017).

El objetivo de este estudio fue evaluar cambios en la cantidad, distribución en el perfil de suelo y diversidad de la macrofauna edáfica en dos suelos con diferentes características genéticas y de manejo en la Provincia de La Pampa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron dos suelos pertenecientes a los órdenes que caracterizan la región, Molisoles (Paleustol Petrocálcico, franco-arenoso) y Entisoles (Ustipsamment Típico arenoso-franco) bajo dos condiciones de manejo contrastantes: a) suelo destinado a ganadería, con pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años, y b) suelo destinado a cultivos anuales de cosecha y forrajeros. Los sitios de muestreo se encuentran ubicados dentro de la EEA “Guillermo Covas” y se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Textura y manejo en los sitios estudiados.

Granulometría	Pastura perenne	Cultivos anuales
Arenoso franco (Entisol)	50 años	17 años
Franco arenoso (Molisol)	50 años	17 años

Durante el mes de abril se realizó el muestreo de suelo que consistió en dividir el perfil en 3 estratos de 12 cm cada uno utilizando un cilindro de 21 cm de diámetro y 12 cm de altura. La intensidad de muestreo fue de seis replicas por sitio distribuidas al azar en una malla de 5 x 5 m previamente establecida en cada sitio. La recolección de individuos se realizó a mano en el campo desparramando el suelo sobre una lona blanca. Los individuos se conservaron en recipientes con alcohol al 70% hasta su procesamiento. Se registró el peso del suelo de cada cilindro y la humedad edáfica (método gravimétrico) con el fin de determinar la densidad aparente de cada muestra. Por último, se cuantificó el número de individuos, su distribución en el perfil y se realizó la identificación taxonómica a nivel de orden. A partir de estas variables se calculó la riqueza, expresada como la cantidad de órdenes observados en la comunidad total encontrada para la fecha de muestreo, y el índice de diversidad de Shannon-Weaver (Shannon & Weaver, 1949).

Los datos se analizaron mediante ANOVA y la comparación de medias se realizó a través del método de Fisher con un nivel de significancia de 0,05 (α) utilizando el software InfoStat/P (Di Rienzo *et al.*, 2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido promedio de arcilla + limo fue del 54% en los suelos clasificados como Molisoles y presentaron una secuencia de horizontes A, AC, C1 y C2ca con presencia de tosca a los 100 cm correspondientes a Paleustoles Petrocálcicos. En cambio, en los Entisoles el contenido de arcilla + limo promedio fue del 25%, con secuencia de horizontes A, AC y C clasificados como Ustipsamment Típicos. Los contenidos de materia orgánica resultaron variables entre sitios por efecto de la textura y el manejo (Figura 1). Los suelos franco-arenosos presentaron mayor contenido de materia orgánica que los suelos areno-francos en los primeros 20 cm del perfil de suelo. Además, se observó un efecto del manejo en ambos tipos de suelo con niveles superiores de materia orgánica en los suelos bajo pastura.

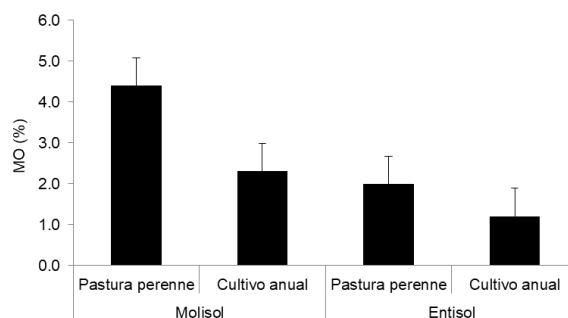


Figura 1. Contenidos de materia orgánica en dos suelos Molisol y Entisol bajo dos condiciones de manejo contrastantes: pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años y suelo destinado a cultivos anuales de cosecha y forrajeros. Las barras de error indican desvío estándar.

La macrofauna registrada en el suelo perteneciente al orden Entisol fue nula mientras que en el suelo de textura más fina (Molisol) el número de individuos por unidad de volumen de suelo varió entre 0 y 3930 individuos m^{-3} con una mayor abundancia en los primeros 12 cm de suelo en ambos manejos (Tabla 1). El 94% de la comunidad perteneció al orden Isoptera en la pastura con una alta variabilidad espacial (Foto 1). Este orden estuvo representado principalmente por Termitas las cuales tienen generalmente un efecto positivo sobre los ecosistemas, viviendo y alimentándose dentro del suelo donde transforman su estructura, descomponen los residuos vegetales y ayudan a estabilizar los suelos. Este grupo de organismos cumplen muchas funciones similares a las de las lombrices de tierra, sin embargo, los dos grupos generalmente no se encuentran en gran número juntos (Orgiazzi *et al.*, 2016). Sumado a ello, la abundancia de macroinvertebrados resultó ser superior en el estrato de 24-36 cm respecto del de 12-24 cm siendo los órdenes dominantes Isoptera y Coleoptera. Los coleópteros son típicos habitantes del suelo mostrando actividad epígea principalmente en su estado de adulto y pueden estar presentes tanto en pasturas como en sistemas agrícolas aunque en estos últimos la diversidad es baja (Jeffery *et al.*, 2010). En ese sentido, las familias identificadas pertenecientes al orden coleóptera en la pastura fueron *Curculionidae*, *Elateridae* y *Scarabeidae* que están bien adaptadas al medio donde viven mientras que en el sitio cultivado las familias encontradas fueron *Dermestidae* y *Bostrichoidea* evidenciando una mayor riqueza de familias en la pastura. Existen familias de coleópteros que son termitófilas (amantes de las termitas) ya que se asemejan a las termitas y viven en sus nidos (Orgiazzi *et al.*, 2016), lo que podría explicar la predominancia de ambos ordenes juntos en el perfil en el sitio con pastura.

Foto 1: Termitas en el suelo Molisol bajo pastura perenne.



En el Molisol cultivado los órdenes predominantes fueron Haplotaxida (lombrices) y Coleoptera con valores de abundancia promedio relativos al total del 55% y 27% respectivamente en el estrato superficial (Tabla 1). La presencia de lombrices también fue observada en el estrato de 12-24 cm en el sitio cultivado, sin embargo, por debajo de dicha profundidad la macrofauna fue nula. Se ha sugerido que las lombrices pueden ser un grupo dominante en las pasturas (Barros *et al.*, 2002) o que pueden disminuir en sistemas bajo siembra directa (Domínguez & Bedano, 2016), sin embargo, no se encontraron individuos en las profundidades estudiadas aunque sí se observó a campo actividad biológica asociada a la presencia de estos organismos (Foto 2). Además, se ha sugerido que la macrofauna edáfica puede migrar dentro del perfil y redistribuirse en el suelo durante las diferentes épocas del año (Bragina, 2016), lo que podría explicar la falta de evidencia de dicho grupo.

Foto 2: Actividad biológica asociada a la presencia de lombrices en un suelo Molisol con pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años.



Tabla 1: Individuos recolectados por unidad de volumen (número m⁻³) total y por orden taxonómico en el suelo perteneciente al orden Molisol bajo manejos contrastantes: pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años y suelo destinado a cultivos anuales de cosecha y forrajeros.

	Hymenoptera	Hemiptera	Isoptera	Coleoptera	Aranea	Isopoda	Turbellaria	Haplotaxida	Total
0-12 cm									
Pastura perenne	0	0	3689	201	40	0	0	0	3930
Cultivos anuales	0	0	0	120	0	40	40	241	441
12-24 cm									
Pastura perenne	0	40	120	160	0	0	0	0	320
Cultivos anuales	0	0	0	0	0	0	0	40	40
24-36 cm									
Pastura perenne	0	40	401	160	0	0	0	0	601
Cultivos anuales	0	0	0	0	0	0	0	0	0

La riqueza y el índice de diversidad de Shannon-Weaver resultaron diferentes según la profundidad de suelo y el manejo en el Molisol para la fecha de estudio (Figura 2). Las mayores diferencias se observaron en el sitio cultivado que presentó similar riqueza pero mayor diversidad que el sitio bajo pastura en los primeros 12 cm de profundidad. Por debajo de dicha profundidad, la riqueza y diversidad fue superior en la pastura. En ese sentido, los ambientes naturales o con menor disturbio pueden presentar grupos clave dentro de la macrofauna con nichos restringidos y bajas migraciones que los hace adecuados como indicadores de ambientes naturales.

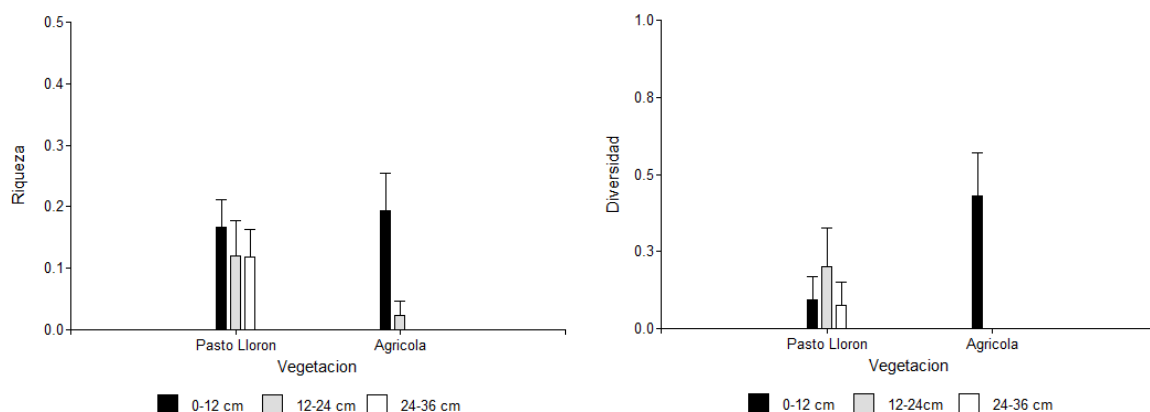


Figura 2: Riqueza e índice de diversidad de Shannon-Weaver (H) en el Molisol bajo dos prácticas de uso contrastantes: pastura perenne de pasto llorón (*Eragrostis curvula*) de 50 años y suelo destinado a cultivos anuales de cosecha y forrajeros. Las barras indican el error estándar.

CONCLUSIONES

Los resultados preliminares sugieren que las prácticas de uso del suelo afectaron la composición de la macrofauna edáfica en el suelo de granulometría franco-arenosa con diferencias en su distribución en el perfil según la práctica de uso. La información aquí presentada pertenece a una línea de trabajo que propone evaluar la variación estacional de la macrofauna edáfica en diferentes tipos de suelo y bajo prácticas de manejo contrastantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Barros, E; B Pashanasi; R Constantino & P Lavelle. 2002. Effects of land-use system on the soil macrofauna in western Brazilian Amazonia. *Biol. Fertil. Soils* 35, 338–347. doi:10.1007/s00374-002-0479-zv.
- Bragina, TM. 2016. Soil macrofauna (invertebrates) of Kazakhstani Stipa lessingiana dry steppe. *Hacquetia* 15, 105–112. doi:10.1515/hacq-2016-0017.
- Chapin, FS; AF Mark; RA Mitchell & KJM Dickinson. 2012. Design principles for social-ecological transformation toward sustainability: lessons from New Zealand sense of place. *Ecosphere* 3, art40. doi:10.1890/ES12-00009.1.
- De Valença, AW; SJ Vanek; K Meza; R Ccanto; E, Olivera; M Scurrah; EA Lantinga & SJ Fonte. 2017. Land use as a driver of soil fertility and biodiversity across an agricultural landscape in the Central Peruvian Andes. *Ecol. Appl.* 27, 1138–1154. doi:10.1002/eap.1508.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.
- Domínguez, A & JC Bedano. 2016. The adoption of no-till instead of reduced tillage does not improve some soil quality parameters in Argentinean Pampas. *Appl. Soil Ecol.* 98, 166–176. doi:10.1016/j.apsoil.2015.10.014.
- Guida Johnson, B & GA Zuleta. 2013. Land-use land-cover change and ecosystem loss in the Espinal ecoregion, Argentina. *Agric. Ecosyst. Environ.* 181, 31–40.
- Huber-Sannwald, E; MR Palacios; JTA Moreno; M Braasch; RMM Peña; JGDA Verduzco & KM Santos. 2012. Navigating challenges and opportunities of land degradation and sustainable livelihood development in dryland social-ecological systems: a case study from México. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B. Biol. Sci.* 367, 3158–77. doi:10.1098/rstb.2011.0349.
- Jeffery, S; C Gardi; L Montanarella; L Marmo; L Miko; K Ritz; G Peres; J Rombke & WH van der Putten. 2010. European atlas of soil biodiversity, European Commission, Publications Office of the European Union, Luxembourg.
- Kirkby, MJ; YLe Bissonais; TJ Coulthard; J Daroussin & MD McMahon. 2000. The development of land quality indicators for soil degradation by water erosion. *Environment* 81, 125–135.
- Orgiazzi, A; RD Bardgett; E Barrios; V Behan-Pelletier; MJI Briones; JL Chotte; GB De Deyn; P Eggleton; N Fierer; T Fraser; K Hedlund; S Jeffery; NC Johnson; A Jones; E Kandeler; N Kaneko; P Lavelle; P Lemanceau; L Miko; L Montanarella; F Moreira; KS Ramirez; S Scheu; B Singh; J Six; WH van der Putten & DH Wall. (Eds.), 2016. *Global Soil Biodiversity Atlas*, European Commission, Publications. doi:10.2788/2613.
- Röhrig, R; M Langmaack; S Schrader & O Larink. 1998. Tillage systems and soil compaction—their impact on abundance and vertical distribution of Enchytraeidae. *Soil Tillage Res.* 46, 117–127. doi:10.1016/S0167-1987(98)80113-X.
- Shannon, C & W Weaver. 1949. *The mathematical theory of communication*. Univ. Illinois Press. Urbana-USA.

¿EL NITRÓGENO ANAERÓBICO MEJORA EL DIAGNÓSTICO DE NITRÓGENO EN TRIGO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA BONAERENSE?

Frolla F.D., J.P. Zilio, H.R. Krüger

INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur, EEA Bordenave. Ruta 76 km 36,5 Bordenave (Bs.As.) –
frolla.franco@inta.gob.ar

RESUMEN

Las formas de nitrógeno disponibles son susceptibles a pérdidas por lavado, desnitrificación y volatilización, por lo cual, el valor medido no siempre representa la capacidad de mineralización del suelo. El nitrógeno anaeróbico, se presenta como un eficaz indicador de dicha cualidad. El objetivo de este trabajo es evaluar la posibilidad del uso de nitrógeno anaeróbico como indicador de la fertilidad potencial para la producción de trigo pan (*Triticum aestivum*) en la región semiárida bonaerense. Se establecieron en agosto-septiembre de 2016, ocho experimentos en campos de producción de trigo en los partidos de Puan, Saavedra, Adolfo Alsina y Guaminí. Cercano a la siembra se midió en la capa 0-12 cm: materia orgánica, fósforo disponible y nitrógeno anaeróbico, en la capa 0-20 cm: nitrógeno anaeróbico y hasta los 60 cm nitrógeno disponible. En la etapa de macollaje del trigo, se aplicaron distintos balances de nitrógeno: Testigo, 100, 120, 140, 160 y 200 kg nitrógeno ha⁻¹, se midió producción de biomasa en distintas etapas y rendimiento de grano. La producción de las parcelas testigo mostró relaciones con distintos indicadores en función del momento de muestreo. El nitrógeno anaeróbico presentó alta correlaciones con la producción de biomasa en antesis, biomasa a cosecha, rendimiento en grano y respuesta a la fertilización. El nitrógeno anaeróbico medido en la capa 0-20 cm presentó mejores relaciones que 0-12 cm. El nitrógeno disponible mostró relación con producción de biomasa a macollaje. Sitios con valores superiores a 55 mg kg⁻¹ de nitrógeno anaeróbico (0-20 cm) registraron buena producción de forraje, grano y menor respuesta a la fertilización nitrogenada. El umbral presentado debe ser evaluado en distintos sitios y años para confirmar su uso en el diagnóstico de fertilización nitrogenada en trigo.

PALABRAS CLAVE: Nan, Fertilización, Trigo

INTRODUCCIÓN

Para la región pampeana argentina y para la mayoría de cultivos de cosecha fina, el diagnóstico de fertilización con nitrógeno (N) se realiza a través de mediciones de formas de nitrógeno disponible ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) al momento de la siembra y su posterior ajuste a umbrales críticos de respuesta. Las formas de N disponibles son susceptibles a pérdidas por lavado, desnitrificación y volatilización, por lo cual, el valor medido no siempre representa la capacidad de mineralización del suelo.

Diferentes indicadores a nivel de suelo han sido evaluados para complementar las formas disponibles de N: índice estructural de Pieri (Quiroga *et al.*, 2012), fracciones lábiles de la MO (Galantini & Suñer, 2008) y Nitrógeno anaeróbico (Nan) (Echeverría *et al.*, 2000). Distintos autores observaron buenas relaciones entre este último indicador y la mineralización de nitrógeno (Echeverría *et al.*, 2000; Martínez, 2015). El Nan ha logrado una buena aceptación en el sudeste bonaerense, donde se han elaborado modelos ajustados de fertilización nitrogenada para la producción de trigo (Reussi Calvo *et al.*, 2013a) y maíz (Sainz Rozas *et al.*, 2008; Reussi Calvo *et al.*, 2013b).

El muestreo para Nan es complementario a otras determinaciones clásicas de fertilidad de suelo, su determinación en laboratorio es sencilla y, adicionalmente, es más estable que el de N-NO_3^- , lo cual lo hace más flexible en cuanto al momento de muestreo y más independiente de las precipitaciones y condiciones hídricas del perfil.

El objetivo de este trabajo es evaluar la posibilidad del uso de Nan como indicador de la fertilidad potencial para la producción de trigo pan (*Triticum aestivum*) en la región semiárida bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se establecieron en agosto-septiembre de 2016, ocho experimentos en campos de producción de trigo en los partidos de Puan, Saavedra, Adolfo Alsina y Guaminí. Las principales características de los suelos muestran la variabilidad típica de la región. Se caracterizó el suelo de cada sitio con determinaciones de materia orgánica (MO) (Walkley & Black, 1934) y fósforo extractable (Pe) (Bray & Kurtz, 1945) en la capa 0-12 cm, N disponible a la siembra ($N-NO_3^- + N-NH_4^+$) en capas de 20 cm hasta los 60 cm de profundidad (Bremner & Keenay, 1966) y nitrógeno potencialmente mineralizable por Nan en las capas 0-20 cm y 0-12 cm (Gianello & Bremner, 1986).

En la etapa de macollaje del trigo, entre el 15 de septiembre y el 6 de octubre, se aplicaron distintos niveles de N: 100, 120, 140, 160 y 200 kg N ha⁻¹, calculados a través del contenido de N disponible en la capa 0-60 cm del suelo posteriores a la siembra (N_{suelo}) más aplicaciones de urea al voleo ($N_{fertilizante}$). Se determinó biomasa área en macollaje, antes y cosecha en forma manual a través de tres submuestras de 1 m lineal por unidad experimental. La cosecha del trigo se realizó sobre fines de diciembre de igual forma que biomasa área. El diseño estadístico para cada sitio fue bloques completos aleatorizados. Se realizaron ajustes lineales y polinómicos de segundo grado mediante regresión lineal para el establecimiento de relaciones entre indicadores de suelo y productividad del cultivo. El rendimiento relativo fue calculado como el rendimiento de cada tratamiento en cada sitio sobre el máximo rendimiento alcanzado para ese sitio. Los análisis estadísticos fueron realizados con el software R (R Core Team, 2017).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La campaña 2016 presentó registros pluviométricos anuales cercanos a los históricos para cada sitio. En este sentido, la campaña puede calificarse como normal a buena y propició rendimientos elevados en toda la región. Desde el punto de vista de su distribución, durante el ciclo del trigo se manifestaron algunas discrepancias con los valores mensuales históricos: todas las localidades mostraron precipitación menor a la normal en agosto y septiembre (excepto Carhué en septiembre) y menor precipitación en noviembre y diciembre. Carhué, en tanto, duplicó el registro histórico en octubre.

Los sitios de las localidades de Arroyo Venado, Carhué y Pigüé (Tabla 1) mostraron los mayores valores de MO y, en forma general, de N disponible. La localidad de Azopardo presentó los valores más bajos en relación con su textura más arenosa (Tabla 1). Los niveles de Pe se mantuvieron por encima de las 13 ppm en todos los sitios. Las variaciones en los niveles de MO, Nan y N disponible se relacionan principalmente con el efecto de las diferentes historias agrícolas y manejo de los suelos (Reussi Calvo *et al.*, 2013). En el caso del Nan, algunos valores determinados superan los máximos del rango 35-50 mg kg⁻¹ establecido por Reussi Calvo *et al.* (2011) para la región.

La producción de biomasa en las parcelas testigo mostró relaciones con distintos indicadores en función del momento de muestreo (Figura 1). Para el macollaje, Nan_{0-20} presentó una relación estadísticamente significativa de tipo cuadrática ($R^2=0,79$), marcando un aumento de la biomasa en función del aumento de Nan_{0-20} , con una posterior caída a partir de 70 – 80 mg kg⁻¹. El ajuste logrado no permite, sin embargo, su uso agronómico ya que contenidos similares de Nan pueden dar lugar a valores muy diferentes de biomasa. Con un coeficiente de determinación similar ($R^2=0,70$), el contenido de N disponible a la siembra explicó en forma más coherente la variación de la biomasa. Esto tiene relación con las temperaturas durante la etapa siembra-macollaje, que no favorecen la mineralización de

la materia orgánica durante esta etapa. No se registraron precipitaciones excesivas previo a la siembra que favorecieran la pérdida de N por lavado.

En antesis, la variación de la biomasa acumulada en los sitios se explicó en gran parte por la variación del contenido de Nan_{0-12} ($R^2=0,83$) y Nan_{0-20} ($R^2=0,80$). El contenido de N disponible a la siembra, en cambio, no mostró relaciones estadísticamente significativas con la biomasa.

Tabla 1. Denominación y características edafológicas de los sitios experimentales: materia orgánica (MO) y fósforo extractable (Pe), en la capa 0-12 cm, nitrógeno disponible (N- NO_3^-) a la siembra en la capa 0-60 cm, nitrógeno anaeróbico (Nan) en la capa 0-20cm y 0-12cm, textura del horizonte superficial (Txt): (AF= arenoso-franco, F= franco y Fa= franco-arcilloso).

Sitio	Partido	Localidad	MO (%)	Pe (ppm)	N- NO_3^- (kg ha^{-1})	Nan 12 cm (mg kg^{-1})	Nan 20cm (mg kg^{-1})	Txt
1	Puan	Azopardo	1,21	14,7	26	35,0	39,6	AF
2	A. Alsina	Carhué	3,34	21,1	41	125,3	90,9	F
3	A. Alsina	Carhué	2,85	13,3	63	96,7	54,2	F
4	A. Alsina	Carhué	2,8	17,0	52	60,0	45,3	F
5	Guaminí	Ao.Venado	3,61	13,3	71	100,5	76,6	F
6	Saavedra	Goyena	2,53	13,1	53	72,4	54,2	Fa
7	Saavedra	Goyena	2,42	13,1	43	68,2	44,8	Fa
8	Saavedra	Pigüé	3,97	35,3	73	122,9	58,4	Fa

El aumento de temperatura que ocurre en primavera, sumado a condiciones de humedad apropiadas, permitió un buen aporte de N por mineralización, favoreciendo la producción de biomasa. La biomasa acumulada a cosecha presentó el mismo comportamiento que la biomasa en antesis respecto de su relación con los indicadores de fertilidad. Se observaron relaciones estadísticamente significativas con Nan_{0-12} ($R^2=0,60$) y Nan_{0-20} ($R^2=0,75$) y nulas con N disponible ($R^2=0,09$). En ningún momento se observó correlación significativa de la biomasa con los contenidos de MO y Pe.

La variación del contenido de Nan_{0-20} permitió explicar el 76% de la variabilidad del rendimiento en grano (Figura 2). Los valores de Nan_{0-12} mostraron menor relación con el rendimiento ($R^2=0,58$), en tanto que no se observaron relaciones entre rendimiento y MO, N disponible a la siembra o Pe.

Buenas relaciones de Nan_{0-20} y el rendimiento del cultivo han sido reportadas en la región para la campaña 2015 (Zilio *et al.*, 2016) y para otras regiones trigueras del país (Reussi Calvo *et al.*, 2013a). El Nan muestreado en la capa 0-20 cm se mostró más apropiado que el de la capa 0-12 cm para inferir el rendimiento alcanzable, dada su mayor relación con rendimiento, biomasa a antesis y biomasa a cosecha.

La profundidad de muestro se establece habitualmente en función del espesor de los horizontes y del sistema de cultivo y/o profundidad de labranza (Santos *et al.*, 2012), observándose en la bibliografía muestreos a 0-12 cm, 0-15 cm y 0-20 cm. Estudios recientes en el área, detectaron cambios significativos del carbono orgánico total y sus fracciones por efecto del manejo y del sitio hasta los 20 cm de profundidad (Zilio 2015; Galantini *et al.*, 2016), por lo cual es esperable una mejor representación de la fertilidad potencial del suelo en la capa 0-20 cm.

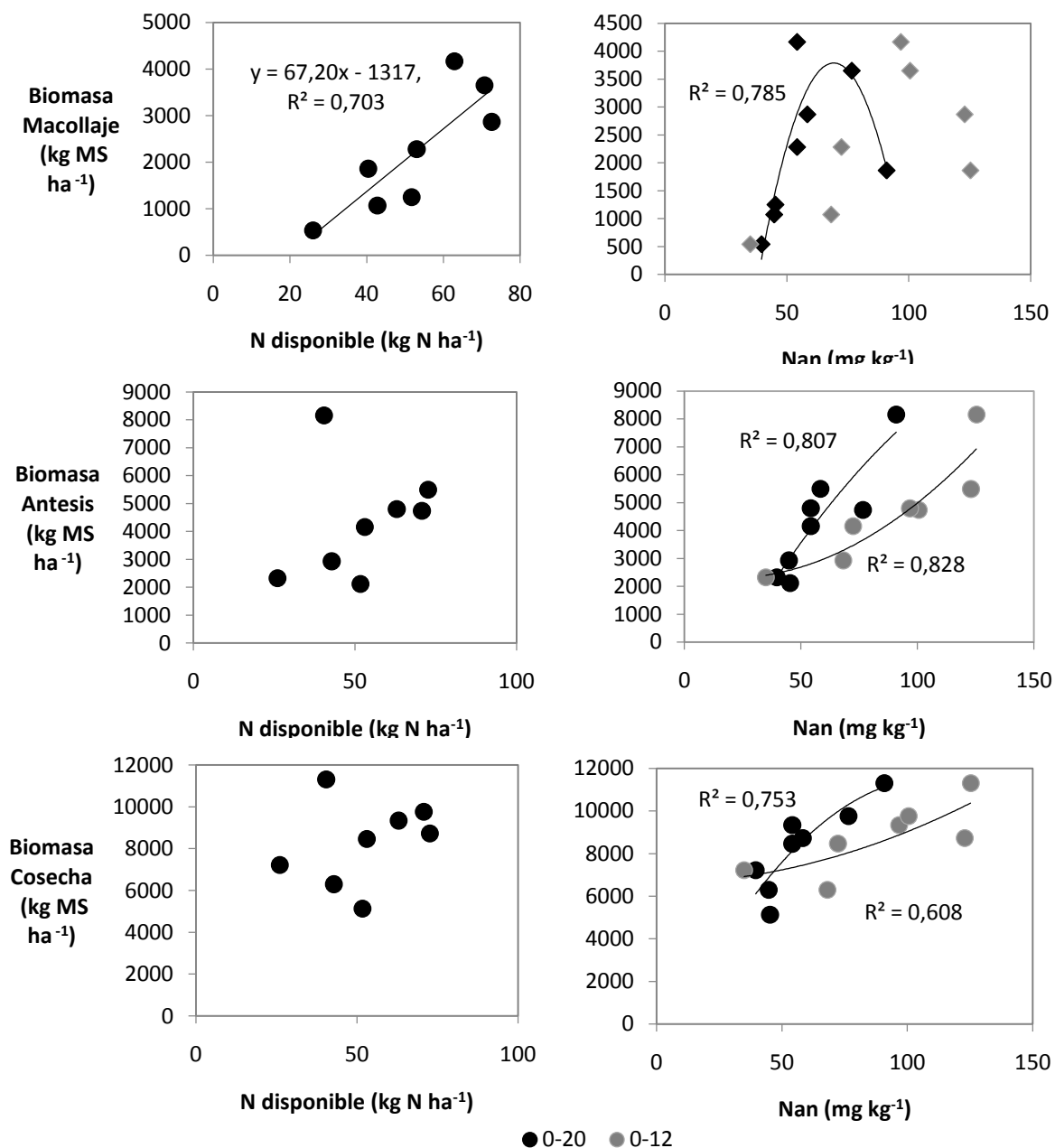


Figura 1. Izquierda: Relación entre el contenido de N disponible a la siembra y la biomasa acumulada en distintos momentos en los tratamientos sin fertilización. Derecha: relación entre concentración de Nan en las capas 0-12 (marcadores grises) y 0-20 cm (marcadores negros) y la biomasa acumulada en distintos momentos en los tratamientos sin fertilización al macollaje.

El rendimiento relativo del cultivo para distintos balances de N estuvo condicionado por el contenido de N disponible a la siembra y Nan_{0-20} (Figura 3). La incorporación de una variable auxiliar, diferenciando contenidos de Nan mayores o menores a 55 mg kg^{-1} en la capa 0-20 cm, produjo un aporte significativo al modelo de regresión ($R^2_{adj}=0,72$). Suelos con balances de N menores a 100 kg N ha^{-1} y $Nan_{0-20} < 55 \text{ mg kg}^{-1}$ presentan una mejor condición para la respuesta. Por otra parte, contenidos de Nan_{0-20} mayores a 55 mg kg^{-1} y balances de

N cercanos a 70 kg ha^{-1} no presentarían buenas condiciones para la respuesta a la fertilización nitrogenada. Morón *et al.* (2002), caracteriza sitios con $\text{Nan} > 55 - 60 \text{ mg kg}^{-1}$ como buenos en su capacidad de mineralización para la producción de trigo y cebada.

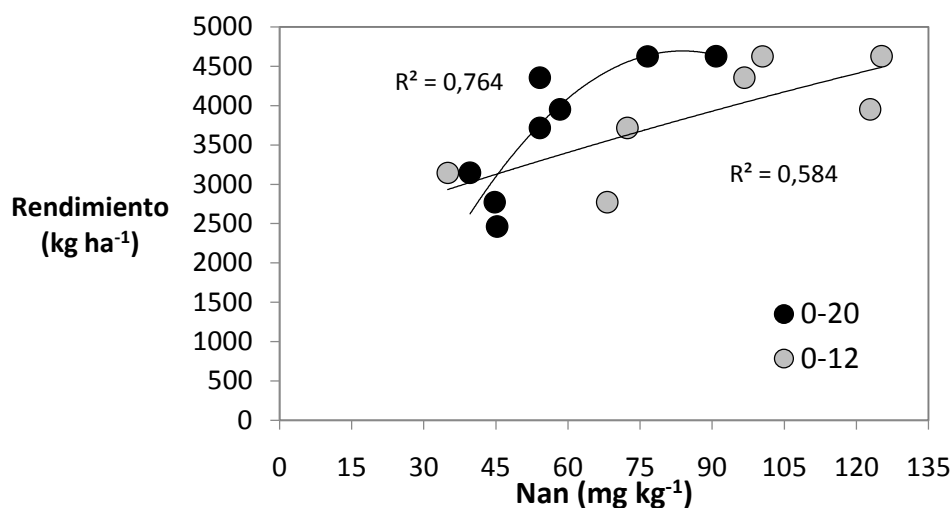


Figura 2. Relación entre la concentración de Nan y el rendimiento en grano, de las parcelas testigo en cada sitio experimental en dos profundidades de muestreo.

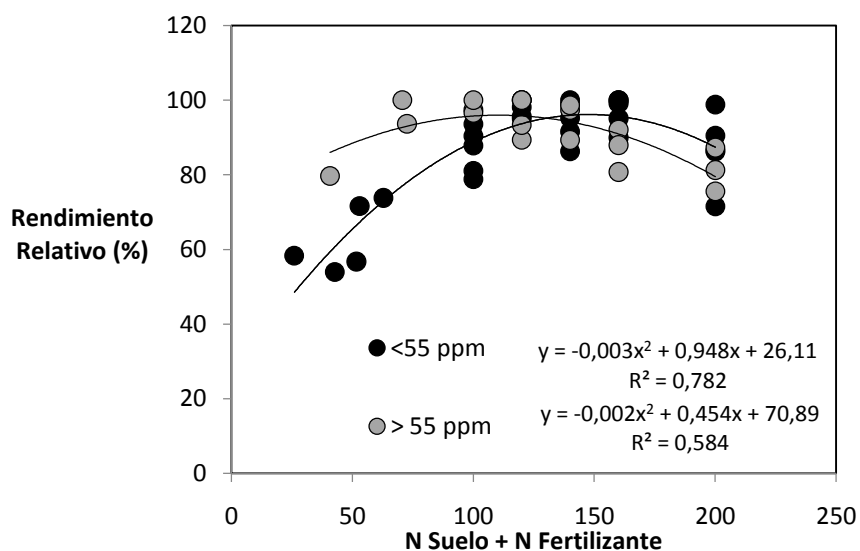


Figura 3. Rendimiento relativo de trigo para distintos balances de nitrógeno en el suelo. Círculos negros indican sitios con menos de 55 mg kg^{-1} de Nan en la capa 0-20 cm; círculos grises, sitios con más de 55 mg kg^{-1} de Nan en la capa 0-20 cm.

CONCLUSIONES

Los valores de Nan permitieron diferenciar sitios de distinto potencial productivo y distinta respuesta a la fertilización nitrogenada. Los umbrales presentados deben ser evaluados en distintos sitios y años para confirmar su uso en el diagnóstico de fertilización nitrogenada en trigo.

BIBLIOGRAFÍA

- Bray, RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic, and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science*. 59(1):39-46.
- Echeverría, HE; N San Martín & R Bergonzi. 2000. Métodos rápidos de estimación del Nitrógeno potencialmente mineralizable en suelos. *Ciencia del Suelo*, 18(1), 9-16.
- Bremner, J & D Keeney. 1966. Determination and isotope-ratio analysis of different forms of nitrogen in soil: exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction-distillation methods. *Soil Science Society of America, Proceedings*. 30:577-582.
- Galantini, JA & L Suñer. 2008. Las fracciones orgánicas del suelo: análisis en los suelos de la Argentina. *Agriscientia* 45: 41-55.
- Galantini, JA; M Duval; JM Martínez; V Mora; R Baigorri & JM García-mina. 2016. Quality and quantity of organic fractions as affected by soil depth in an argiudoll under till and no-till systems. *International Journal of Plant & Soil Science*, 10: 1 – 12.
- Gianello, C & JM Bremner. 1986. A simple chemical method of assessing potentially available organic nitrogen in soil. *Communications in Soil Science & Plant Analysis*. 17(2):195-214.
- Martínez, JM. 2015. Eficiencia de uso y balance de nitrógeno en sistemas con trigo del sur bonaerense: dinámica en el suelo y nutrición del cultivo. Tesis de doctor en agronomía. Universidad Nacional del Sur. pp. 198.
- Quiroga, AR & A Bono. 2012. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria. pp: 162.
- R core team. 2017. R: a language and environment for statistical computing. R foundation for statistical computing, Vienna, Austria. Url: <https://www.r-project.org/>.
- Reussi Calvo, N; M Calandroni; N Peralta; F Cabria & A Berardo. 2011. Niveles de nitrógeno incubado en anaerobiosis y materia orgánica en suelos agrícolas de la provincia de Buenos Aires. primer seminario-taller nacional de cartografía digital: dando los primeros pasos. 9, 10 y 11 de noviembre. Villa merlo, San Luis, Argentina.
- Reussi Calvo, N; HE Echeverría; A Berardo & N Diovisalvi. 2013a. ¿el Nan mejora el diagnóstico de nitrógeno en trigo? *Informaciones agronómicas*, 10.
- Reussi Calvo, N; HR Sainz Rozas; A Berardo; HE Echeverría & N Diovisalvi. 2013b. ¿El Nan contribuye a mejorar el diagnóstico de nitrógeno en maíz? Simposio de fertilidad, 18 y 19 de mayo, Rosario, Santa fe, Argentina.
- Santos, DJ; MW Wilson & M Ostinelli. 2012. Metodología de muestreo de suelo y ensayos a campo: protocolos básicos comunes. Ediciones inta.
- Sainz Rozas, H; P Calviño; H Echeverría; M Redolatti & P Barbieri. 2008. Contribution of anaerobically mineralized nitrogen to reliability of planting or presidedress soil nitrogen test in maize. *Agronomy Journal*. 100: 1020-1025.
- Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*. 37:29-37.
- Zilio, JP. 2015. Aspectos de calidad de suelos representativos del sur de la provincia de Buenos Aires y efectos de la actividad agropecuaria sobre la misma. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur. 100 pp.
- Zilio, JP; FD Frolla & HR Krüger. 2016. Indicadores de calidad de suelo a nivel de lote en el sudoeste bonaerense. Jornada balance de nitrógeno del suelo: "Evaluando desde la fertilización hasta la fijación biológica de nitrógeno. Asociación Argentina de la Ciencia del Suelo. Bahía Blanca.

**PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE UN SUELO Y EFECTOS DE UNA QUEMA
ESPONTÁNEA SOBRE EL pH EDÁFICO**

Ridino S., M. Garay, M.E. Schulz

Dpto Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS). - maximiliano.garay@uns.edu.ar

RESUMEN: Dentro del distrito del caldenal, el fuego es utilizado como una herramienta de manejo principalmente para favorecer la relación de herbácea/leñosas y mejorar la calidad del pastizal. Sin embargo, los efectos sobre el suelo pueden ser diversos, en especial aquellos relacionados con la incorporación de materia orgánica pirogénica y cenizas de reacción alcalina. Los objetivos del trabajo fueron: I) caracterizar la línea de base edáfica en controles sin quemar y de los aportes pirogénicos producidos por luego del incendio; II) determinar el efecto de una quema no prescrita sobre la reacción del suelo luego del mismo y su dinámica durante los primeros 12 meses. Las parcelas control exentas del fuego (línea de base) exhibieron textura franco arenosa y fueron ligeramente alcalinas ($\text{pH}=7,9$) y calcáreas, con una densidad aparente baja ($1,17 \text{ g cm}^{-3}$), moderado contenido de CO y Nt ($14,7$ y $1,3 \text{ g kg}^{-1}$ respectivamente) y concentración media de Psol ($3,7 \text{ mg kg}^{-1}$), lo cual es esperable para suelos con carbonato de calcio. El material recolectado derivado de la quema mostró un pH moderadamente alcalino ($\text{pH}=8,4$), bajo contenido de CO, aunque alto de Nt, dando una relación C/N baja. Estos aportes también indicaron elevados contenidos de CaCO_3 , Pt y cationes básicos, especialmente Ca. El grado de incorporación de este material pirogénico al suelo dependerá en gran medida de las condiciones meteorológicas luego de la quema, lo que a su vez impactará en intensidad de los efectos. Entre tratamientos, el pH no pareció verse afectado por el fuego y sólo se encontró una disminución significativa de 0,3 unidades (1-5 cm) 36 semanas luego de la quema, la cual fue atribuida a la variabilidad natural y no a un efecto de la incorporación de cenizas.

PALABRAS CLAVE: fuego, material pirogénico, Caldenal.

INTRODUCCIÓN

El distrito fitogeográfico del Caldén (Caldenal) representa una extensa región, abarcando varios sectores de las provincias de San Luis, Córdoba, La Pampa y Buenos Aires. En este ambiente, el marcado déficit hídrico durante el verano limita la productividad en forma importante, por lo cual la alteración antrópica ha sido menor en comparación con otros agrosistemas, manteniendo un elevado grado de biodiversidad con especies autóctonas (Peláez *et al.*, 2012). Estas condiciones favorecen la aplicación de tecnologías de procesos sobre la de insumos. En este sentido, el fuego, así como el pastoreo, son instrumentos de manejo con profundos efectos sobre el sistema en su conjunto. Mientras que el efecto del pastoreo se asocia principalmente a una intensidad de uso resultante de la producción ganadera, el fuego es un componente natural del ecosistema, utilizado por el hombre para favorecer la relación de herbácea/leñosas (Evans *et al.*, 1989; Peláez *et al.*, 2012) entre otros fines. Además de la vegetación, las quemas también afectan a la fauna asociada, el ciclado de materia orgánica y nutriente y la dinámica del agua en el suelo. La ocurrencia de incendios, ya sean quemas prescritas o espontáneas, tiene diversos efectos sobre el suelo dado que afecta tanto la tasa como la naturaleza del carbono orgánico incorporado (CO), reemplazando restos vegetales por material pirogénico (carbón) y aportando cenizas ricas en cationes alcalinos como Ca, K, Na y Mg (González-Pérez *et al.*, 2004). El fuego también disminuye la cobertura del suelo incrementando el riesgo de erosión eólica e hídrica, disminuye la evapotranspiración del suelo, altera fuertemente la estructura y genera películas hidrofóbicas en capas superficiales, etc. (González-Pérez *et al.*, 2004). La incorporación de estos aportes podría generar incrementos en el contenido de distintos

elementos impactando en la reacción del suelo, lo que ha sido observado en otros sitios (Amiotti *et al.*, 2007). Los objetivos de este trabajo son: I) caracterizar las propiedades edáficas de la línea base en controles sin quema en las últimas tres décadas y de los aportes pirogénicos producidos luego del incendio; II) determinar el efecto de una quema no prescrita sobre la reacción del suelo luego del mismo y su dinámica durante los primeros 12 meses.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio de estudio. La experiencia se realizó en un establecimiento ganadero representativo del Caldenal perteneciente a la familia Canoni, situado al sudeste de la provincia de La Pampa (38° 52' S; 63° 43' O), Departamento de Caleu-Caleu. El sitio de estudio consta de una superficie de aproximadamente 12 ha, clausurado al pastoreo con animales domésticos desde 1989 y dividido en parcelas con diferente frecuencia de fuego.

Clima. Según Thornthwaite (1946) el clima de la región es semiárido mesotérmico. La temperatura media anual es de 15°C, y la precipitación media anual es de 344 mm y se concentran en otoño y primavera. Existe una marcada deficiencia hídrica anual de aproximadamente 300 mm, especialmente en los meses de verano.

Suelos. El área es parte del dominio morfoestructural de la Cuenca del Colorado (Amiotti *et al.*, 2001). El material parental se caracteriza por un manto de sedimentos eólicos holocenos que recubren una capa gruesa de tosca presente a profundidad variable (60 a 120 cm de profundidad). En la zona se registró una variabilidad espacial edáfica importante, vinculada a la ocurrencia de pulsos erosivos y de acreción de materiales generando varios pedones con características diferenciales (poligénesis). La ocurrencia de diferentes pedones no se vincula al relieve actual, aunque sí guarda relación con la profundidad a la tosca (paleosuperficie), siendo las series de suelos descriptas en la zona: Meridiano (Paleustol petrocálcico, franco fino, A-Bw-Ck-2Ckm), Vizcacheras (Calciustol Petrocálcico franco grueso, A-C-2Ck-3Ckm) y El Khazen (Calciustol Petrocálcico, franco grueso, A-C1-C2-2Ckm).

Vegetación. La región pertenece al Distrito Fitogeográfico del Caldén (Caldenal) donde predominan los arbustos xerófilos como *Prosopis caldenia*, *P. flexuosa*, *Larrea divaricata*, *Condalia microphylla* y *Chuquiraga erinacea*. Los estratos herbáceos están compuestos por gramíneas perennes, principalmente *Piptochaetium napostaense*, *Nassella tenuis*, *Nassella clarazii* y *Poa ligularis*, y otras especies anuales como *Medicago minima* y *Erodium cicutarium*.



Figura 1. Vegetación característica de la zona estudiada; a la izquierda se muestran parcelas control con elevada presencia de especies arbustivas y arbóreas; a la derecha se muestra una parcela con alta frecuencia de fuego.

Diseño experimental y toma de muestras. En la superficie descripta se encuentran seis parcelas experimentales de 1 ha separadas por picadas de 20 m, sobre las cuales se realizan quemas controladas con distinta frecuencia (3-8 años) y controles sin quemar

(Peláez *et al.*, 2012). Durante noviembre de 2015 se produjo un incendio espontáneo consecuencia de la elevada biomasa acumulada y condiciones de elevada temperatura y baja humedad ambiental, afectando a todas las parcelas en algún grado. En cada una de ellas se tomaron muestras por duplicado a 3 profundidades (0-1, 1-5, 5-10 cm) sobre las áreas quemadas y sobre sectores no afectados de las parcelas control (PC), que serán tomados como línea de base. La toma de muestras se realizó en cuatro oportunidades a las 6; 15; 36 y 54 semanas después del incendio (N=108).

Análisis de laboratorio. Sobre las muestras secas al aire, mortereadas y tamizadas por 2 mm, se realizaron determinaciones de textura por el método de la pipeta y reacción del suelo (pH) en relación suelo:agua destilada 1:2,5 con pHmetro con electrodo de vidrio. Para la caracterización de la línea base y aportes pirogénicos se determinó además: densidad aparente por el método del cilindro, conductividad eléctrica del extracto (1:1); carbono orgánico por Walkey & Black; nitrógeno total por Kjeldahl; carbonatos por el método volumétrico; fósforo soluble en agua destilada; fósforo extractable por Bray-Kurtz I y cationes (Na, Ca, Mg, K) y fósforo total por ICP luego de digestión con ácido perclórico en caliente.

Análisis estadístico. Los datos obtenidos fueron analizados mediante modelos lineales generales y mixtos dada la dependencia de las variables edáficas con la profundidad. Se utilizó el software Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2017) en combinación con R.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Caracterización de líneas de base y aportes pirogénicos.

El ecosistema del caldenal, en apariencia homogéneo bajo un determinado manejo y con factores pedogenéticos comparables entre los tratamientos analizados, evidenció una variabilidad significativa en puntos de muestreo dentro de superficies pequeñas. Debido a ello, en este trabajo sólo se consideran las muestras de suelos con mayor presencia en el sitio, las que exhibieron textura franco arenosa y fueron ligeramente alcalinas y calcáreas (Tabla 1). Las parcelas control, se caracterizaron además por poseer una densidad aparente relativamente baja, moderado contenido de CO y Nt y concentración media de Psol, lo cual es esperable para suelos con carbonato de calcio.

Tabla 1. Propiedades físico-químicas (0-10 cm) de los suelos de referencia sin influencia del fuego en los últimos 30 años (n=6).

Suelo	Dap	Arcilla	Limo	Arena	pH	CaCO ₃	CO	Nt	C/N	Psol
	g cm ⁻³	-----g kg ⁻¹ -----					-----g kg ⁻¹ -----			mg kg ⁻¹

Contr ol	1,17 (0,03)	7,8 (0,5)	33,3 (1,4)	58,9 (1,8)	7,9 (0,1)	17,6 (9,1)	14,7 (2,1)	1,3 (0,1)	11,1 (0,5)	3,7 (0,7)

Dap= densidad aparente; CO= carbono orgánico (Walkey & Black); Nt= nitrógeno total; C/N= relación carbono/nitrógeno; Psol= fósforo soluble extractable con agua destilada.

El evento ígneo espontáneo dejó secuelas importantes en la vegetación de las parcelas bajo monitoreo. Los tratamientos control y de baja frecuencia de quema, mostraron elevada a media severidad de fuego, producto de su mayor biomasa acumulada entre especies herbáceas y especialmente aquellas arbustivas y arbóreas (Peláez, comunicación personal). En cambio, aquellas parcelas con mayor frecuencia histórica de fuego, la severidad se estimó como media a baja, producto de una menor cantidad de combustible acumulado.

Seis semanas después del incendio, los depósitos de ceniza y material pirogénico permanecieron acumulados en forma muy heterogénea sobre el suelo, relacionado principalmente con la densidad de vegetación previa. En zonas donde existió una aglomeración de especies arbóreas, principalmente las parcelas con menor frecuencia de fuego y los controles, se observaron montículos de ceniza y carbón, mientras que en las

unidades con quemas frecuentes, los residuos del evento se encontraban en menor proporción y dispersos.

No se realizó la cuantificación de estos aportes, sin embargo si se realizó una caracterización cualitativa de estas acumulaciones las que se muestran en la Tabla 2. Los resultados indicaron que el material tuvo un pH moderadamente alcalino, bajo contenido de CO, aunque alto de Nt, dando una relación C/N baja. Estos aportes también indicaron elevados contenidos de CaCO₃, Pt y cationes básicos, especialmente Ca. Los resultados obtenidos en este sentido, son similares a los reportados por Amiotti *et al.* (2007) para cenizas negras recogidas luego de una quema prescripta en Patagones.

Tabla 2. Propiedades químicas de los restos pirogénicos aportados luego de una quema.

pH	CE 1:1 -dS m ⁻¹ -	CO -----g kg ⁻¹ -----	CaCO ₃	Nt	C/N	Psol	Pe	Pt	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺
									mg kg ⁻¹			
8,4	0,7	43,12	79,6	4,87	8,9	63,23	195,58	2100	32900	6100	5600	1500

CE= conductividad eléctrica; CO= carbono orgánico (Walkey & Black); Nt= nitrógeno total; C/N= relación carbono/nitrógeno; Psol= fósforo soluble extractable con agua destilada; Pe= fósforo extractable por Bray-Kurtz I; Pt= fósforo total.

El destino de esta combinación de materiales inorgánicos (cenizas) y orgánicos (materia orgánica de origen pirogénico), luego de una quema depende en gran parte de las condiciones meteorológicas posteriores al evento. En caso de ocurrencia de fuertes vientos, comunes en la zona durante la época estival, una cierta proporción de materiales livianos será transportada y repartida en otros sitios. La ocurrencia de precipitaciones en cambio, tiende a la incorporación de estos aportes al suelo (Lazzari, 2005) y previene su transporte por la formación adicional de “costras” en puntos de mayor acumulación de estos restos, dificultando su posterior re-transporte.

Dinámica de la reacción del suelo

Para monitorear el efecto de la incorporación de los aportes pirogénicos al suelo se utilizó la reacción del suelo.

Teniendo en cuenta las profundidades de muestreo, la reacción del suelo fue significativamente mayor en 5-10 cm respecto de 0-1 cm, mientras que 1-5 cm mostró valores intermedios y no se diferenció de las demás profundidades. Entre tratamientos, sólo se encontraron diferencias significativas en los valores de pH de 1-5 cm 36 semanas luego de la quema (Tabla 3). Sin embargo, las diferencias observadas para este parámetro, sólo corresponderían a la variabilidad natural y no a un efecto de la incorporación de cenizas.

A diferencia de lo hallado por Amiotti *et al.* (2007), el pH en este caso se mantuvo estable, aún en la primera fecha de muestreo, y sólo disminuyó 0,3 unidades a los nueve meses del evento en la profundidad 1-5 cm. Considerando que los aportes de materiales derivados de la quema son moderadamente alcalinos y con abundante contenido de cationes básicos, sería esperable un incremento en los valores de pH. Esto ha sido reportado por otros autores (González *et al.*, 2004; Amiotti *et al.*, 2007) aunque no ha podido detectarse en el presente estudio. En cambio, la magnitud del cambio y la variabilidad natural de los suelos indican como que la diferencia hallada se correspondería al azar y no a un efecto de manejo como la quema de la vegetación.

A diferencia de lo esperado, no se han hallado diferencias de pH en 0-1 cm. Posiblemente, la incorporación de cenizas no haya sido suficiente para lograr un cambio en la reacción del suelo, aún en este pequeño espesor (Lazzari, 2005) o bien las mismas han sido re-distribuidas por el viento en un área mayor lo que dificultaría su detección.

Tabla 3. Reacción del suelo en parcelas quemadas y control en 0-1; 1-5 y 5-10 cm.

Profundidad cm	Tratamiento	SDQ			
		6	15	36	54
0-1	no quemado	7,8 (0,2)	7,6 (0,3)	7,7 (0,1)	7,4 (0,1)
	quemado	7,6 (0,1)	7,8 (0,1)	7,7 (0,1)	7,6 (0,1)
1-5	no quemado	8,1 (0,2)	8,0 (0,3)	8,1 (0,1)	7,9 (0,1)
	quemado	8,0 (0,1)	8,0 (0,1)	7,8 (0,1)*	8,0 (0,1)
5-10	no quemado	8,2 (0,2)	8,2 (0,3)	8,2 (0,1)	8,2 (0,1)
	quemado	8,2 (0,1)	8,2 (0,1)	8,2 (0,1)	8,2 (0,1)

SDQ= semanas después de la quema. Errores estándar entre paréntesis. * = diferencias significativas con $p < 0,05$ entre filas para una misma fecha (columna).

CONCLUSIONES

La caracterización de la capa superficial de los suelos del Caldenal pampeano indicó que el suelo más representativo del sitio de estudio corresponde a uno con textura franco arenosa, calcáreo de reacción ligeramente alcalina y moderado contenido de carbono y nitrógeno y contenido medio de fósforo soluble. El fuego generado espontáneamente en noviembre de 2015 generó aportes de ceniza y materia orgánica pirogénica moderadamente alcalinas, con contenido medio de CO, pero elevado Nt, abundante presencia de CaCO_3 y muy alto contenido de P soluble, extractable y total, así como de cationes básicos, especialmente Ca. La reacción del suelo en los sectores quemados no mostró efectos del evento en las profundidades estudiadas respecto de los controles. Sólo se detectó una ligera disminución del pH en 1-5 cm, nueve meses después de la ocurrencia del fuego, lo que se encuentra dentro del rango de la variabilidad natural y no sería consecuencia del evento.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la SGCyT-UNS por aportar los fondos para realizar la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

- Amiotti, N; MC Blanco & LF Sánchez. 2001. Complex pedogenesis related to differential aeolian sedimentation in microenvironments of the southern part of the semiarid region of Argentina. *Catena* 43: 137-156.
- Amiotti, N; O Bravo; H Giorgetti; O Montenegro & G Rodríguez. 2007. "Impacto del fuego controlado en pastizales naturales del sur bonaerense sobre parámetros edáficos I: Evolución temporal". IV Congreso Nacional y I Congreso del MERCOSUR Manejo de Pastizales Naturales. Villa Mercedes, San Luís, Argentina. Resúmenes pág. 35.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2017. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL
- Evans, E; JM Briggs; EJ Finck; DJ Gibson & SW James. 1989. Is fire a disturbance in grasslands? *Proceedings of the 11th North American Prairie Conference* 159-161.
- González-Pérez, J; FJ González-Vila; G Almendros & H Knicker. 2004. The effect of fire on soil organic matter-a review. *Environment International* 30: 855-870.
- Lázzari, A. 2005. Efectos del fuego sobre el suelo. *AgroUNS* 3: 17-20.
- Peláez, D; R Andrioli; O Elia; E Bontti & MA Tomas. 2012. Response of woody species to different fire frequencies in semiarid rangelands of central Argentina. *The Rangeland Journal* 34: 191-197.

**FERTILIZACIÓN NITROGENADA DE TRIGO EN DOSIS VARIABLE
EN EL SUDOESTE BONAERENSE**

Krüger H.R., F.D. Frolla, J.P. Zilio

INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur, EEA Bordenave. Ruta 76 km 36,5 Bordenave (Bs.As.) –
kruger.hugo@inta.gob.ar

RESUMEN: En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires el clima semiárido y la escasa profundidad efectiva de los suelos configuran limitaciones severas a la agricultura. Sin embargo, la variabilidad espacial de la profundidad determina sectores con posibilidades agrícolas. En ellos el manejo por ambientes puede posibilitar un uso más eficiente de los insumos y disminuir el riesgo económico y ambiental de la fertilización. Se estudió un lote de 66,5 ha conformado por 9 ha de suelos someros (<0,4 m), 33,5 ha de moderadamente profundos (0,4-0,6 m), y 22 ha de suelos profundos (0,6-1 m). En ellos durante cinco años se establecieron experimentos de fertilización con 0, 20, 30, 40, 80 y 120 kg N ha⁻¹, con cuya información se construyeron modelos de respuesta por año y grupo de suelo. Se plantearon cuatro manejos de la fertilización nitrogenada: MH_{10N} fertilizó todo el lote a la siembra con 10 kg N ha⁻¹. MH_{30N} lo hizo con 30 kg N ha⁻¹. MV₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀ aplicó un balance aparente de N de 50N a los suelos someros, 100N a los moderados y 120N a los profundos. MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀ aplicó balances de 50, 130 y 140N respectivamente. Se estimaron los rendimientos para cada balance y se calcularon las utilidades diferenciales, derivadas del valor del trigo cosechado en cada caso y los costos de fertilización, cosecha y comercialización. Respecto de MH_{10N}, MH_{30N} no incrementó sustancialmente las toneladas de trigo cosechadas en el lote ni las utilidades (8 y 3% respectivamente). MV₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀ lo hizo en un 15 y 14% y MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀ en un 24 y 23% respectivamente. Los incrementos medios de utilidades relativas del lote equivalen a u\$s 470, 2000 y 3300 respectivamente. Los resultados deben considerarse en el marco de condiciones ambientales relativamente favorables y para la proporción de suelos del lote estudiado.

PALABRAS CLAVE: agricultura de precisión, fertilización de trigo, semiárido

INTRODUCCIÓN

Según Quiroga (2012), el desafío de hacer más eficientes los sistemas mixtos de regiones semiáridas-subhúmedas implica adecuar los recursos y prácticas agronómicas a los requerimientos de los cultivos y aptitud de los suelos. Para alcanzar este objetivo resulta clave identificar los factores que inciden sobre la productividad y, con más razón, establecer un orden jerárquico de los mismos para distintos ambientes.

La zona semiárida del sudoeste bonaerense abarca una franja de unos 150 km de ancho entre las isohietas de 600 y 400 mm de precipitación anual. Esta zona configura una planicie suavemente ondulada con suelos cuya profundidad efectiva se encuentra limitada por un horizonte petrocálcico conocido regionalmente como “tosca”. La variabilidad climática, propia de regiones semiáridas, y la escasa capacidad de retención de agua de los suelos determinan limitaciones que hacen que las tierras de la región tengan capacidad de uso ganadero-agrícola. Sin embargo, atendiendo a la variación espacial de la profundidad de los suelos es posible identificar sectores que permiten la realización de cultivos anuales con cierta seguridad de producción.

En esta zona se ha constatado una correlación positiva entre la profundidad del suelo y la eficiencia de uso del agua del trigo (Krüger *et al.*, 2014). Otros estudios en la provincia también destacan la relación entre profundidad del suelo, el uso de agua y los rendimientos de distintos cultivos (Sadras & Calviño, 2001; Ross, 2012). Se ha observado que la profundidad efectiva también influye sobre la respuesta del trigo a la fertilización con nitrógeno (N). Frolla *et al.* (2016) establecieron niveles tentativos de N (suelo + fertilizante) de 50, 130 y 140 kg ha⁻¹ como umbrales críticos de respuesta en suelos someros, moderadamente profundos y profundos respectivamente.

El manejo por ambientes promueve la aplicación de prácticas agronómicas diferenciales de

acuerdo con su aptitud productiva dominante. Esto aumenta la eficiencia en el uso de insumos, mejora la rentabilidad y la protección del medio ambiente al evitar tanto las faltas como los excesos, característicos de las aplicaciones en dosis fijas (Quiroga, 2012; Peralta *et al.*, 2013). Bajo la hipótesis que el ajuste del nivel de fertilización nitrogenada del trigo en función de la profundidad del suelo permite mejorar el rendimiento físico y económico del cultivo en la región semiárida, el objetivo de este trabajo fue comparar los resultados esperados de la fertilización con N en dosis variables, en relación con el manejo tradicional en dosis homogéneas.

MATERIALES Y MÉTODOS

El lote bajo estudio se encuentra en cercanías de la localidad de San Germán (partido de Puan, provincia de Buenos Aires) y tiene una superficie de 66,5 ha. Los suelos integran una asociación de *Argiustol típico*, somero y *Haplustol lítico* de textura franco a franco-arcillosa (SAGyP-INTA, 1989). En una etapa previa se realizó un mapa de profundidad efectiva (Frolla *et al.*, 2015), a partir del cual se determinaron tres grupos de suelos: Profundo (P), más de 0,6 m, moderadamente profundo (MP), entre 0,4 y 0,6 m y somero (S), con menos de 0,4 m hasta la capa de tosca. Sobre la imagen del mapa se calculó la superficie de cada categoría, utilizando herramientas provistas por el software QGIS®, que dieron como resultado 9 (S), 35,5 (MP) y 22 ha (P) respectivamente (Figura1).

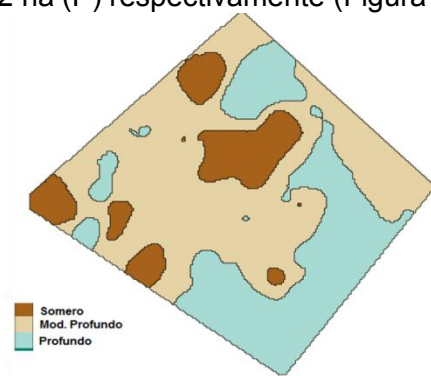


Figura 1. Variación espacial de la profundidad del suelo en el lote bajo estudio.

Durante las campañas 2012 a 2016 se fertilizó todo el lote a la siembra con una mezcla (1:1) de 30 kg ha⁻¹ de urea y fosfato diamónico. En macollaje se determinó el nivel de N disponible en cada suelo y se establecieron experimentos de fertilización nitrogenada con niveles de 0, 20, 30, 40, 80 y 120 kg N ha⁻¹ en forma de urea. El diseño experimental fue completamente aleatorizado, con parcelas de 2 x 3,5 m de superficie y tres réplicas por grupo de suelo. Se cosechó el trigo en forma manual, con muestras de 0,84 m² por parcela. Para cada año y grupo de suelo se desarrollaron modelos de regresión vinculando el N disponible en el suelo más el aplicado como fertilizante (N_s+N_f) con los rendimientos.

Se estudiaron cuatro modelos de manejo: homogéneo tradicional (MH_{10N}), que corresponde a la fertilización de base con 10N y funciona como testigo. Homogéneo intensivo (MH_{30N}) utiliza una dosis de 20N en macollaje sobre la fertilización de base. Variable 1 (MV₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀) utiliza un balance aparente de 50, 100 y 120 (N_s+N_f) para los suelos S, MP y P respectivamente completando en macollaje la dosis de 10N aplicada a la siembra. Variable 2 (MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀) utiliza balances de 50, 130 y 140(N_s+N_f) respectivamente. Los rendimientos estimados, a partir de los modelos de respuesta a la fertilización, se ponderaron por la superficie de cada suelo para determinar las cantidades de trigo producidas en cada manejo. Se realizó una comparación económica calculando las utilidades derivadas del valor de las toneladas de trigo obtenidas para cada manejo menos los costos de fertilización y comercialización. No se consideraron los costos de implantación (barbecho, semilla,

siembra, protección cultivo, etc.) por ser comunes a los cuatro manejos. Se utilizaron valores a julio de 2017 para las cinco campañas (Carrasco *et al.*, 2017): valor trigo 170 u\$s t⁻¹, valor UTA contratista 46,28 u\$s t⁻¹ (1 UTA la cosecha y 0,15 UTA la aplicación de fertilizante al macollaje), urea 360 u\$s t⁻¹, fosfato diamónico 464 u\$s t⁻¹, gastos totales de comercialización (incluyen flete largo, impuestos y sellado, paritaria, secado, pesaje en balanza pública y comisión de acopio) 48,8 u\$s t⁻¹.

RESULTADOS

Las campañas presentaron condiciones climáticas diferentes que influyeron sobre la disponibilidad de N, los rendimientos y la respuesta a la fertilización (Figura 2). Entre 2014 y 2016 las precipitaciones fueron mayores a las normales y con valores importantes cercanos al período crítico del trigo. En 2012 y 2013 los registros resultaron más desfavorables.

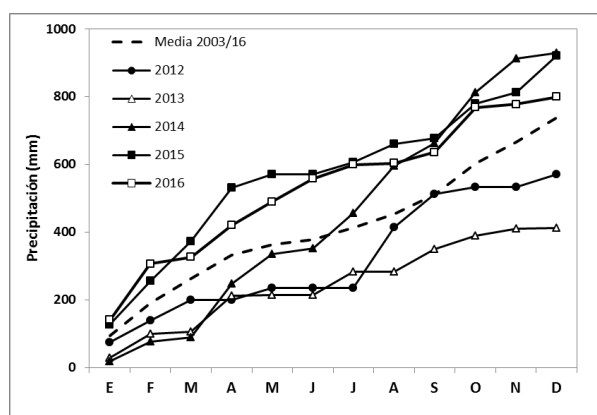


Figura 2. Precipitación acumulada mensual durante las campañas estudiadas y del período 2003-2016 en San Germán.

La Tabla 1 muestra el contenido de N disponible en el suelo al momento de decidir la fertilización al macollaje. Información obtenida mediante una red de experimentos de fertilización en la región durante la campaña 2016 (Frolla com. pers.), indica que un balance aparente de 100N sería el umbral a partir del cual resulta poco probable la respuesta a la fertilización nitrogenada. Estas condiciones se verificaron en 2012 y en el suelo P en 2014. El análisis conjunto de los experimentos de fertilización indicó interacción año*suelo por lo que se realizó el análisis por año. No se observó interacción entre factores (suelo*N), indicando que los tres suelos respondieron de la misma forma a la fertilización nitrogenada.

Tabla 1: Contenido de N disponible (N-NO₃⁻) en el suelo al inicio de cada campaña.

Año	2012	2013	2014	2015	2016
	----- kg N ha ⁻¹ -----				
S	123	34	75	41	57
MP	123	72	84	57	42
P	123	94	104	72	70

La Tabla 2 muestra los rendimientos medios obtenidos en los experimentos de fertilización por grupo de suelo (promedio sobre niveles de N). En todos los casos P logró rendimientos mayores que S, mientras MP fue intermedio, con comportamientos similares a P en tres de

las campañas.

Tabla 2: Rendimientos medios por año y suelo y valores de probabilidad para la interacción entre los factores suelo y N (suelo*N) y para el factor suelo.

Suelo	2012	2013	2014	2015	2016	Media
	kg ha ⁻¹					
P	2125 a	2796 a	2872 a	2710 a	4857 a	3072
MP	1436 b	2489 a	2065 b	2418 a	4150 b	2512
S	1200 b	1935 b	1773 b	1817 b	3056 c	1956
suelo*N	0,964	0,928	0,275	0,473	0,733	
Suelo	<0,0001	0,001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,05$).

La Tabla 3 muestra los rendimientos medios por año y nivel de N (promedio sobre grupos de suelo). En 2012 no existió respuesta, hecho que se explica por el elevado contenido inicial de N en el suelo, y por precipitaciones insuficientes durante el ciclo, especialmente durante el período crítico. En los demás años la respuesta a N se dio en forma escalonada, con diferencias estadísticas principalmente entre niveles extremos.

Tabla 3: Rendimientos medios por año y nivel de fertilización nitrogenada y valores de probabilidad para el factor N.

Nivel de N _f	2012	2013	2014	2015	2016	Media
	kg ha ⁻¹					
0	1688 ns	1837 b	1895 c	1896 c	3364 c	2136
20	1753 ns	2348 ab	2033 bc	2181 bc	3748 bc	2413
30	1676 ns	2355 ab	1980 bc	2234 bc	3940 bc	2437
40	1520 ns	2666 a	2327 ab	2350 abc	4190 ab	2611
80	1370 ns	2516 a	2570 a	2714 a	4003 bc	2634
120	1514 ns	2719 a	2614 a	2515 ab	4880 a	2848
Valor p	0,334	0,064	0,003	0,019	0,012	

En cada columna letras distintas indican diferencias significativas ($\alpha=0,10$).

La Tabla 4 presenta la cosecha total estimada de trigo en el lote para cada año y manejo, y la Tabla 5 las utilidades medias estimadas para cada manejo en el total de las cinco campañas, discriminando la utilidad media anual, la utilidad media por ha, y la diferencia de cada manejo en relación con MH_{10N} que actúa como referencia.

Tabla 4: Toneladas de trigo cosechadas por año y manejo de la fertilización nitrogenada.

Manejo	2012	2013	2014	2015	2016	Media
	t					
MANH10	108	132	123	133	253	150
MANH30	108	156	138	151	261	163
Man50-100-120	108	174	135	163	280	172
Man50-130-140	108	200	152	174	298	186

Tabla 5: Utilidades estimadas por suelo y manejo. Valores medios expresados en forma anual y por ha, y diferencias medias en u\$s ha⁻¹ (Dif.) respecto del manejo MH_{10N}. Referencias: P=suelo profundo, MP=suelo moderadamente profundo, S=suelo somero.

Suelo	MH _{10N}			MH _{30N}			MV ₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀			MV ₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀		
	Anual	ha	Dif.	Año	ha	Dif.	Año	ha	Dif.	Año	ha	Dif.
	u\$s											
P	5636	85	0	5837	88	3,0	6725	101	16,4	7360	111	25,9
MP	7368	111	0	7515	113	2,2	8230	124	13,0	8890	134	22,9
S	1274	19	0	1395	21	1,8	1368	21	1,4	1365	21	1,4
Lote	14277	215	0	14748	222	7,1	16323	245	30,8	17615	265	50,2

Tal como lo mostró la interacción año*suelo, una de las principales fuentes de variación fue el año, por las diferentes condiciones climáticas. Así se registró un rango de utilidades que varió desde u\$s 8167 para MH_{30N} en 2012, hasta u\$s 30485 para MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀ en 2016 (datos no presentados). Dado el menor nivel de utilización de fertilizante (Tabla 6), MH_{10N}, mostró menores rendimientos y utilidades medias anuales que los restantes (u\$s 14277). El mayor uso de fertilizante en MH_{30N} no incrementó proporcionalmente la utilidad (u\$s 14748), y sí el riesgo económico derivado de eventuales condiciones climáticas adversas que podrían reducir la respuesta. Respecto de este último manejo, la fertilización variable en MV₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀, redujo sustancialmente el uso de N e incrementó la utilidad media a u\$s 16323. En MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀ se verificó la mayor utilidad (u\$s 17615), aunque con un uso de N comparable a MH_{30N}. El manejo variable relativamente conservador (MV₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀) incrementó las utilidades en aproximadamente u\$s 2000 respecto de MH_{10N}. Con mayor riesgo, el manejo variable más intensivo (MV₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀), las incrementó a u\$s 3300.

Tabla 6: Total de fertilizante nitrogenado (kg urea) utilizado por suelo y en el total del lote en cada una de las cinco campañas estudiadas.

Suelo	MH _{10N}	MH _{30N}	MV ₅₀₋₁₀₀₋₁₂₀	MV ₅₀₋₁₃₀₋₁₄₀
P	675	6490	4950	6864
MP	2663	10473	7810	12070
S	1650	2655	900	900
Lote	4988	19618	13660	19834

Las diferencias medias de la Tabla 5 muestran incrementos generales de 30 y 50 u\$s ha⁻¹ por fertilización variable a nivel de lote. Los mayores incrementos se verifican en los suelos P y MP. La presencia de proporciones relativamente altas de suelos someros hará más rentable la fertilización variable, ya que evita fertilizar aquellos con baja probabilidad de respuesta física y económica. Las proporciones adecuadas de cada suelo para el tipo de manejo a implementar deberán ser materia de estudio en el futuro.

CONCLUSIONES

De la comparación de rendimientos y utilidades del cultivo de trigo durante cinco campañas surge que el manejo variable del N en función de la profundidad del suelo incrementa el rendimiento físico y económico del cultivo en relación con el manejo homogéneo actual del productor. Estos resultados son válidos para las condiciones ambientales experimentadas durante el período estudiado y para las proporciones relativas de los grupos de suelos presentes. Es probable que con distintas condiciones climáticas o proporción de grupos de suelos los resultados varíen, hecho que deberá ser analizado en el futuro próximo para definir la viabilidad de la práctica.

BIBLIOGRAFÍA

- Carrasco, MS; Cerdá C & F Castoldi. 2017 Precios de referencia para el sudoeste bonaerense semiárido. INTA, AER Bahía Blanca, EEA Bordenave. Informe interno. <http://inta.gob.ar/documentos/precios-de-referencia-para-el-sudoeste-bonaerense-semiarido>
- Frolla, FD; Zilio JP & HR Krüger. 2015. Variabilidad espacial de la profundidad del suelo. Métodos de interpolación para el sudoeste bonaerense. Revista RIA 41 N°3:309-316.
- Frolla, FD, Zilio JP & HR Krüger. 2016. Profundidad de suelos y respuesta a la fertilización nitrogenada de trigo en siembra directa en la Región Semiárida Bonaerense. VIII Congreso Nacional de Trigo. VI Simposio de cereales de siembra otoño-invernal. II Encuentro del Mercosur. Pergamino (Bs.As.).
- Krüger, HR. 2014. Variabilidad en el SO bonaerense. Interacción clima-suelo-manejo. En:AACS (Ed.). Actas XXIV Congr. Argentino de la Ciencia del Suelo. Mesas Redondas (Digital). Bahía Blanca.
- Peralta, N; Costa JL; M. Castro Franco & M. Balzarini. 2013. Delimitación de zonas de manejo con modelos de elevación digital y profundidad de suelo. Interciencia 38 (06): 418-424.
- Quiroga, A. 2012. Aspectos del manejo por ambientes. Necesidad de reconocer, jerarquizar y categorizar factores que afectan la producción y sustentabilidad. En: Corró Molas A. y Ghironi E. (Ed.) Avances de la agricultura por ambientes en la Región Semiárida Pampeana. Publicac. Técn.N°90 EEA Anguil. INTA. 64 pp.
- Ross, F. 2012. Determinación espacial de la profundidad de suelo (tosca) y su relación con el rendimiento de cultivo. INTA, EEA Barrow. <http://inta.gob.ar/documentos/determinacion-espacial-de-la-profundidad-de-suelo-tosca-y-su-relacion-con-el-rendimiento-de-cultivo>.
- Sadras, V & P Calviño. 2001. Quantification of grain yield response to soil depth in soybean, maize, sunflower, and wheat. Agron. J. 93:577–583.
- SAGyP–INTA. Proyecto PNUD ARG/85/019. 1989. Mapa de Suelos de la prov. de Bs. As. Escala 1:500000. Salazar Lea Plaza J. C. y G. Moscatelli (coordinación científico-técnica). Buenos Aires. 525 pp. y mapas.

CONSTANTES HÍDRICAS DETERMINADAS A CAMPO EN UN SUELO HAPLUSTOL DE CÓRDOBA, ARGENTINA

Ramos F. , C.I. Vettorello, L.I. Molina Ordoñez, G.F. Esmoriz.

Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
federamos646@hotmail.com

RESUMEN: El agua útil de los suelos (AU) es definida como la contenida entre las constantes hídricas denominadas Capacidad de Campo (CC) y Punto de Marchitez Permanente (PMP). Su determinación cobra relevancia en suelos de disponibilidad hídrica limitada, como en los de zonas semiáridas. El PMP a campo se puede obtener midiendo el contenido hídrico del perfil en sitios topográficamente elevados y en condiciones de escasas precipitaciones. Una evaluación del AU, donde el PMP es determinante, es importante para la gestión de los recursos hídricos y para el manejo de cada cultivo. El objetivo fue determinar el PMP a campo en un Haplustol de la zona semiárida de Córdoba. El trabajo se llevó a cabo en un establecimiento ubicado 25 km al sur de la ciudad de Córdoba. Posee un clima semiárido con 700 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. El suelo es Haplustol de textura franco limosa. Se seleccionó un sitio elevado en el terreno. Se analizaron 23 mediciones de agua del suelo, cada 20 cm, hasta los 280 cm, durante 3 campañas con dos años de soja y uno de maíz con sus correspondientes registros pluviométricos. Los valores del PMP se obtuvieron en base al promedio de los mínimos valores observados en cada capa del suelo, a partir del momento de máximo consumo del cultivo. Se calcularon los desvíos y promedios del contenido hídrico a cada profundidad. Los valores de PMP para los cultivos estuvieron comprendidos entre 0.119 y 0.125 m³m⁻³. En cada profundidad, el desvío de valores mínimos de agua del suelo fue menor a 0.005 m³m⁻³. Las condiciones ambientales y de cultivo permitieron obtener el punto de marchitez permanente a campo.

PALABRAS CLAVE: agua útil, semiárido, constantes hídricas.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso escaso, por lo que su uso eficiente y responsable en la agricultura es imprescindible para asegurar una adecuada disponibilidad y distribución en el tiempo, en particular si la demanda de agua por parte del sector agrícola va en aumento (Badillos, 2009). Por esto, la estimación del agua del suelo tiene una gran importancia desde el punto de vista de la planificación y el manejo de los sistemas productivos (Alabar, 2014).

La absorción de agua por las plantas no sólo depende de la habilidad de las raíces, sino también de la capacidad del suelo para retenerla, es decir, la retención de agua es diferente para cada tipo de suelo y cultivo (Oszust, 2010).

Para caracterizar la disponibilidad de agua del suelo se introduce el concepto de agua útil de los suelos (AU), la cual es definida como el agua contenida entre las constantes hídricas denominadas capacidad de campo (CC) y punto de marchitez permanente (PMP). Su determinación cobra mayor relevancia en suelos donde la disponibilidad hídrica es limitada, como lo es en zonas semiáridas, ya que limita el rendimiento potencial de los cultivos.

La determinación de estos parámetros, tanto en condiciones de campo como de laboratorio, suele ser costosa en tiempo y recursos, siendo estos, variables de acuerdo a la estructura y textura del suelo, lo que a su vez, se relaciona con la posición en el relieve (Klute, 1986; Vereecken, 1995). Estas constantes, como se dijo, se pueden determinar en laboratorio con equipamiento adecuado, aunque también se pueden determinar a campo, ya sea, en parcela experimental cubriendo porciones del suelo con materiales impermeables forzando

su secado, o en situaciones reales a escala productiva. En este último caso, la determinación a campo del PMP se puede obtener evaluando el contenido hídrico del perfil en sitios topográficamente elevados, que no reciben aportes de agua de áreas aledañas y en condiciones de escasas precipitaciones. El valor de esta forma de determinación es la precisión, exactitud y por lo tanto, confiabilidad de los valores obtenidos. Una evaluación detallada del AU, donde el PMP es determinante, es importante tanto para la gestión de los recursos hídricos, como para el manejo puntual de cada cultivo (Liao 2014), en lo que respecta a fechas de siembra, elección de genotipos, arreglo espacial, entrega oportuna del agua de riego, entre otros, indicando el agua que no está disponible para satisfacer su demanda.

El objetivo de este trabajo fue “determinar el punto de marchitez permanente a campo en suelos Haplustoles de la zona semiárida de la provincia de Córdoba, Argentina”.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo en un establecimiento ubicado 25 km al sur de la ciudad de Córdoba (31°19' lat. Sur; 64°13' long. Oeste), Argentina. Posee un clima semiárido con 700 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. Los suelos son Haplustoles típicos y énticos de textura franco limosa. En el establecimiento se encuentra ubicada una estación meteorológica de donde se obtuvieron los datos de precipitaciones.

Se seleccionó un sitio ubicado en posiciones elevadas del terreno, debido a sus características de presentar menores condiciones de humedad, ya que no recibe aporte de agua escurrida desde otras zonas del lote. Se analizaron los datos obtenidos durante 23 mediciones de agua del suelo, cada 20 cm, hasta los 280 cm, durante 3 campañas agrícolas. De ellas, dos años se sembró soja y uno maíz, manteniendo con barbecho químico los períodos de descanso. En todos los casos se tuvieron los correspondientes registros de precipitaciones.

Los valores del punto de marchitez permanente se obtuvieron en base al promedio de los mínimos valores observados en cada capa del suelo, a partir del momento de máximo consumo del cultivo (llenado de grano). En estos momentos el agua disponible remanente, permaneció constante por varias mediciones, lo que indica que los cultivos extrajeron hasta su máxima capacidad de absorción.

Se calcularon los promedios, desvíos y coeficientes de variación del contenido mínimo de agua del suelo a cada profundidad. Los datos fueron analizados con test de comparación de medias y para el análisis estadístico se utilizó análisis de la varianza y diferencia de medias de DGC, con un grado de significancia del 5%, mediante el programa InfoStat (2016).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se muestran los valores mínimos de agua del suelo determinados a campo obtenidos en diferentes fechas correspondientes a las campañas analizadas. Se puede observar que en once fechas de todas las analizadas, los valores a diferentes profundidades presentaron poca variación en su contenido mínimo. Dichas fechas corresponden a campañas de escasas precipitaciones (respecto de los valores medios) y en los períodos de máxima demanda del cultivo. Los valores mínimos registrados desde los 40 cm fueron 0.115, 0.114, 0.119, 0.120, 0.118, 0.112, 0.105, 0.111, 0.115, 0.119, 0.119, 0.119 y 0.120 hasta los 280 cm respectivamente.

A partir de las fechas anteriores, se calculó el promedio del contenido hídrico del suelo en dichas fechas donde este permaneció bajo y constante, determinando así el PMP para cada profundidad (Dardanelli *et al.* 1997). Dichos valores fueron similares en los primeros 40 cm (0.120) y para las profundidades subsiguientes, cada 20 cm hasta los 280 cm fueron 0.119, 0.125, 0.123, 0.122, 0.119, 0.117, 0.120, 0.120, 0.123, 0.121, 0.119, 0.121.

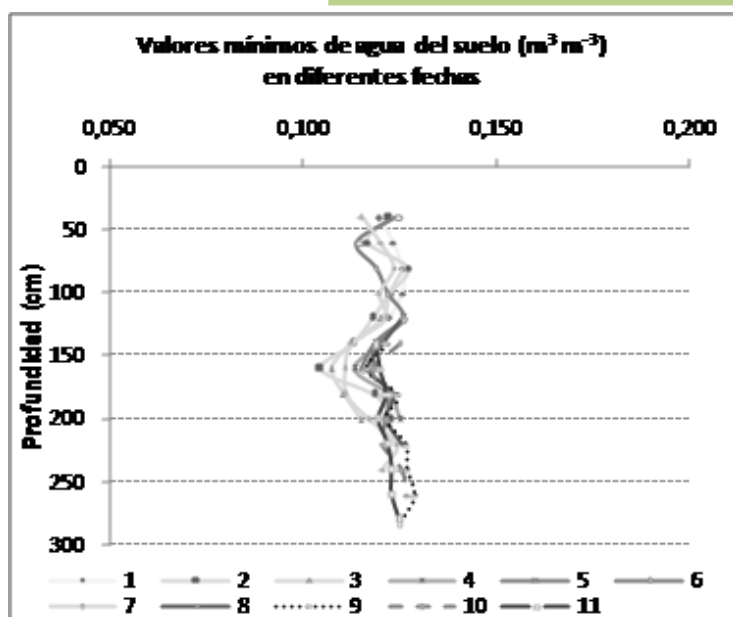


Figura 1. Valores mínimos de agua del suelo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) obtenidos en once fechas durante tres campañas agrícolas para todas las profundidades hasta 280 cm.

Como se observa en la Figura 2, los valores promedio de PMP en las fechas seleccionadas no varían demasiado a lo largo del perfil, sin diferencias estadísticamente significativas entre las profundidades. Los valores de desvío estándar para las profundidades evaluadas fueron menores a $0,005 \text{ m}^3 \text{m}^{-3}$, mientras que el coeficiente de variación estuvo comprendido entre 1 y 4,9%.

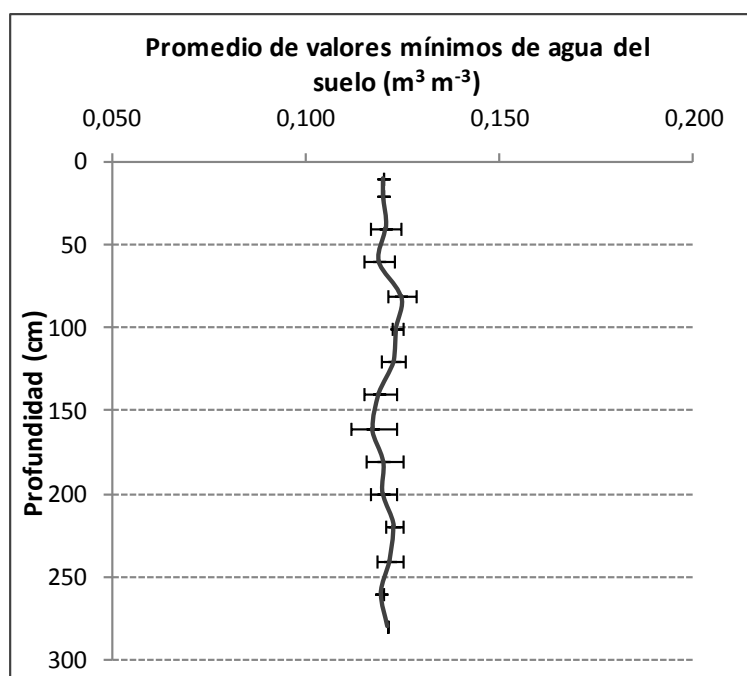


Figura 2. Valores mínimos promedio y desvío estándar de agua del suelo ($\text{m}^3 \text{m}^{-3}$) para las profundidades hasta 280 cm obtenidos de las once fechas durante tres campañas agrícolas.

Como se sabe, la textura es una de las variables que determinan el valor de PMP del suelo (Ratto, 2000). En este ensayo, como el suelo es Haplustol éntico, su textura es similar en todo el perfil, de allí la escasa variación entre los valores tanto promedio como mínimos.

CONCLUSION

Se logró determinar a campo el punto de marchitez permanente, en condiciones de escasas precipitaciones, máxima demanda atmosférica y de cultivo, y posiciones topográficas sin aporte de agua externa. Esto resulta de gran interés para mejorar la precisión en la cuantificación del agua útil o disponible para los cultivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Alabar, F; R Hurtado; P Arias; M Valdiviezo Corte; C Moreno; H Mayo; M Portal & A Riquelme. 2014. Determinación de las constantes hídricas de los suelos de los valles templados y cálidos de Jujuy. XV Reunión Argentina de Agrometeorología.
- Badillo, MF; F Valdera; V Bodas; F Fuentelsaz; C Peiteado & E WWF. 2009. Manual de buenas prácticas de riego: Propuestas de WWF para un uso eficiente del agua en la agricultura. España: World Wildlife Fund International España. Citado por Alabar, F; R Hurtado; P Arias; M Valdiviezo Corte; C Moreno; H Mayo; M Portal & A Riquelme. 2014. Determinación de las constantes hídricas de los suelos de los valles templados y cálidos de Jujuy.
- Dardanelli, JL; OA Bachmeier; R Sereno & R Gil. 1997. Rooting depth and soil water extraction patterns of different crops in silty loam haplustoll. Field Crop Res. 54:29-38.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory Methods. In: Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods, 2nd Ed. A. Klute (ed). Madison, Wisconsin, USA, pp 635-662
- Liao, K; S Xu; J Wu; S Ji & Q Lin. 2011. Assessing soil water retention characteristics and their spatial variability using pedotransfer functions. Soil Science Society of China. Pedosphere. 21(4): 413-422.
- Oszust, JD; MG Wilson & MC Sasal. 2010. Obtención del punto de marchitez permanente para el cálculo de agua útil para trigo y soja en suelos molisol y vertisol. Cultivos de invierno. Actualización técnica. INTA-EEA Paraná, pp 65-70.
- Ratto, S. 2000. Agua del suelo. Principios de Edafología con énfasis en suelos argentinos. ME Conti (ed), pp 233-268.
- Vereecken, H. 1995. Estimating the unsaturated hydraulic conductivity from theoretical models using simple soil properties. Geoderma. 65:81-92.

**FERTILIZACION NITROGENADA EN EL CENTENO (*SECALE CEREALE*) UTILIZADO
COMO CULTIVO DE COBERTURA**

Raposo J.M.¹, A. Oderiz², M. Uhaldegaray², R. Fernández², A.R. Quiroga^{1,2}

¹ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam). –

juan.raposo28@hotmail.com

² EEA INTA Anguil.

RESUMEN: Bajo la hipótesis de que la producción de biomasa aérea de centeno utilizado como cultivo de cobertura (CC) es condicionada por la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, resultando significativa la influencia de este sobre la eficiencia en el uso del agua (EUA), se establecieron ensayos en bloques completamente aleatorizados con cuatro repeticiones de los siguientes tratamientos: barbecho (B) sin CC, CC sin fertilizar (T) y fertilizado con 40 (40N), 80 (80N) y 120 kg N ha⁻¹ (120N). Se determinó humedad de suelo, nitrógeno de nitratos (N-NO₃⁻) en suelo (0 – 60 cm) y biomasa aérea, con el objetivo de evaluar el efecto de distintas dosis de fertilización sobre la producción de materia seca (MS) y la EUA del centeno utilizado como CC, y cuantificar la productividad del cultivo de maíz sucesor. Los resultados obtenidos en el tratamiento 120N para la producción de materia seca del CC fue de 6447 kg ha⁻¹, la EUA fue de 23 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, y el rendimiento de maíz de 12170 kg ha⁻¹, con diferencias significativas respecto del tratamiento T (3815 kg MS ha⁻¹, EUA de 13 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, y rendimiento de maíz de 9475 kg ha⁻¹). El mayor aporte de N durante la descomposición de los residuos del CC sería la principal causa de la mayor producción del cultivo sucesor. En futuros estudios debería evaluarse cómo la relación C/N puede incidir en la dinámica de degradación y en la sincronía de la oferta de nitrógeno respecto a la demanda del cultivo sucesor.

PALABRAS CLAVE: región semiárida, Entisol, nitrógeno, eficiencia uso agua.

INTRODUCCIÓN

Los cultivos de cobertura (CC) pueden ser una alternativa para mantener o atenuar la pérdida de carbono de los suelos, prevenir la erosión, aumentar la infiltración, capturar nutrientes, reducir sus pérdidas por lixiviación y contribuir al control de malezas (Fernández *et al.*, 2012). Estos consisten en sembrar un cultivo, generalmente gramíneas o leguminosas, con el fin de generar cobertura entre dos cultivos de cosecha, favoreciendo positivamente los balances de carbono en los sistemas de agricultura continua. La descomposición de los residuos de cosecha libera nitrógeno (N) que puede lixiviarse. Los CC pueden disminuir estas pérdidas y favorecer el aporte de N por mineralización al cultivo sucesor. Así, los CC que consiguen producir mayor cantidad de materia seca en forma anticipada, permiten adelantar su secado, lo que beneficia a los cultivos estivales, con un mayor aprovechamiento de las precipitaciones que ocurren al principio de la primavera (barbecho) (Fernández *et al.*, 2005). Es importante elegir especies que tengan alta producción de biomasa con bajo consumo de agua, para mejorar la eficiencia en el uso del agua (EUA). La fertilización es una práctica de manejo que mejora la EUA, según trabajos realizados en Hapludoles y Haplustoles de la región semiárida pampeana (Quiroga *et al.*, 2007).

El presente trabajo tuvo como objetivo evaluar la incidencia de distintas dosis de fertilización nitrogenada sobre la producción de biomasa aérea (MS) y la EUA del centeno utilizado como CC y cuantificar los efectos de estos tratamientos sobre el cultivo de maíz sucesor.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó en la E.E.A. INTA Anguil “Guillermo Covas”, ubicado en el sector sur de la planicie medanosa, sobre un suelo con secuencia de horizontes A, AC y C, de textura Franco-arenosa a Arenosa franca (75-85% arena), clasificado como Uptisament típico. La precipitación media anual es de 770 mm, entre los períodos 1973 - 2016. Se diseñó un ensayo con 4 tratamientos en bloques completos al azar con 4 repeticiones. Cada bloque de 100 m² distribuidos en 25 m² por tratamiento. En todos ellos se sembró centeno (*Secale cereale* cv Quehue) en siembra directa como CC, en una densidad de 60 kg ha⁻¹ y un distanciamiento entre líneas de 17,5 cm. Los tratamientos fueron dosis crecientes de fertilización nitrogenada (0, 40, 80 y 120 kg N ha⁻¹), utilizando urea como fuente de N. Además, se agregaron dos parcelas en ambos extremos del ensayo donde se expuso un barbecho limpio. Los resultados se analizaron por ANOVA utilizando el programa Infostat (Infostat, 2008) y las diferencias entre medias mediante el test de LSD Fisher ($p < 0,10$).

En suelo se determinó el contenido de agua mediante el método gravimétrico, hasta los 2 m, a intervalos de 20 cm de profundidad; y densidad aparente (DA) a fin de poder calcular la lámina equivalente en milímetros. También se evaluó el contenido de nitratos (NO₃⁻) por el método del ácido cromotrópico, hasta los 60 cm, a intervalos de 20 cm y mediante los valores de humedad se estimó el uso consuntivo (UC) del cultivo de cobertura considerando la lámina de agua inicial del suelo (momento de siembra) y las precipitaciones ocurridas durante el crecimiento, restándole la lámina de agua al momento del secado del cultivo de cobertura.

Durante el CC se evaluaron la acumulación de MS y EUA, para lo cual se realizaron cortes y secado en estufa a 60°C hasta peso constante. Utilizando la misma metodología se determinó la cantidad de residuos remanentes del cultivo de cobertura al momento de cosecha del cultivo sucesor.

Se evaluó el contenido de NO₃⁻ y agua en el perfil a la siembra del cultivo de maíz para los distintos tratamientos antecesores. Durante el ciclo del cultivo se midió acumulación de biomasa y la humedad en suelo. También se realizó un segundo muestreo de NO₃⁻ en R3, a fin de evaluar la oferta por mineralización del cultivo de cobertura bajo las diferentes dosis de fertilización nitrogenada. A cosecha se determinó el rendimiento de grano y el agua disponible, calculando los UC y las respectivas EUA.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Dinámica del agua durante el ensayo

En la Figura 1 se muestran las precipitaciones acumuladas durante tres periodos de la experiencia. El primero corresponde al desarrollo del CC (desde 02-mar al 03-jul), en el cual las precipitaciones acumuladas fueron similares entre el año de ensayo (187 mm) y el promedio histórico (221 mm), similar a lo ocurrido en el segundo periodo. El tercer período (desarrollo del ciclo de maíz) estuvo caracterizado por intensas y abundantes lluvias, principalmente durante el mes de febrero.

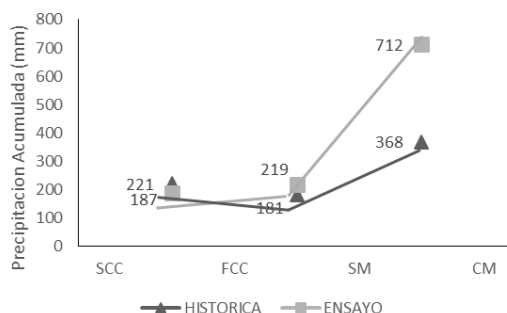


Figura 1: Precipitación acumulada durante 3 períodos: ciclo del CC (siembra: 02-mar; secado: 03-jul); barbecho (03-jul al 04-nov); y ciclo de maíz (siembra: 04-nov; cosecha: 31-mar). SCC: siembra Cobertura; FCC: secado Cobertura; SM: siembra Maíz; CM: cosecha Maíz.

El contenido de agua total a la siembra del CC hasta los 2 m fue 306 mm, con presencia del nivel freático a una profundidad de 1,80 m. Durante el macollaje (06-mayo) el contenido de agua total no presentó diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,10$) entre los cuatro tratamientos con CC, pero estos sí se diferenciaron del barbecho que mostró valores superiores (Figura 2). Al momento de secado de los CC (03-jul) se mantuvo la misma tendencia que en las evaluaciones anteriores realizadas durante el ciclo: el agua total fue significativamente mayor en el barbecho (251 mm) respecto a los tratamientos que tuvieron coberturas (206 mm).

Durante la etapa que transcurrió desde el secado de los CC (03-jul) hasta la siembra de maíz (04-nov) las precipitaciones acumuladas fueron 219 mm, superando en 40 mm el promedio histórico para dicho período. Estas lluvias recargaron el perfil de manera tal que no se observaron diferencias significativas en el contenido de agua total del suelo a la siembra del maíz. Sin embargo, la eficiencia de barbecho (EB) fue superior para los tratamientos con CC (37%) respecto al tratamiento sin cobertura (20%). Fernández *et al.* (2008) mostraron que las EB en la región semiárida pampeana variaron de acuerdo con el nivel de cobertura del suelo. Según Torre (2004), los residuos en la superficie del suelo además de reducir la cantidad de radiación solar directa que llega al suelo, reflejan mayor cantidad de radiación a la atmosfera, ya que el manto vegetal suele tener un albedo superior al del suelo desnudo, lo que permite disminuir las pérdidas de agua por evaporación. Al momento de la cosecha de maíz (31-mar) no hubo diferencias estadísticamente significativas, pero el contenido de humedad del antecesor barbecho (369 mm) como también el testigo con cobertura (363 mm) fueron superiores a los tratamientos con fertilización nitrogenada (340 mm en promedio). Además, en el muestreo anterior (03-feb) los contenidos de agua edáficos fueron similares entre todos los tratamientos, lo que indicaría que las diferencias al momento de la cosecha se produjeron por una mayor duración del área foliar y una demora para llegar a madurez fisiológica en las parcelas fertilizadas.

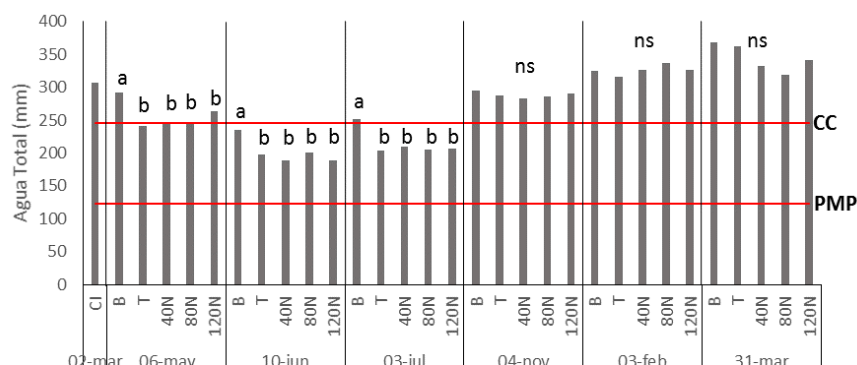


Figura 2: Contenidos de agua total durante el ciclo de cultivo de cobertura (contenido inicial 02-mar; muestreos del 06-may, 10-jun y secado 03-jul), y durante el ciclo del cultivo de maíz (siembra 04-nov; muestreo 03-feb y cosecha 31-mar). CI: contenido inicial, B: barbecho limpio, T: testigo y fertilizados (40N, 80N, 120 kg N ha⁻¹). CC: capacidad de campo, PMP: punto de marchitez permanente. Letras diferentes dentro de cada fecha de muestreo indican diferencias (p>0,10).

Producción de biomasa, eficiencia de uso del N y EUA de los CC

La Figura 3 muestra que los tratamientos fertilizados produjeron cantidades de MS superiores al T en los dos últimos cortes, coincidiendo con resultados de Arguello *et al.*, (2011) quienes concluyeron que la producción de materia seca dependió del momento de secado del cultivo y de la fertilización nitrogenada. Al momento de secado del CC (120 días después de la siembra), el tratamiento 120N produjo un total de 6447 kg MS ha⁻¹ superando por 2632 kg MS ha⁻¹ al tratamiento T. Los tratamientos 40N y 80N, también se diferenciaron significativamente del T. La eficiencia agronómica del uso del N (EUN) varió entre tratamientos de fertilización y momentos de corte. La mayor EUN se observó en el tratamiento 40N alcanzando el valor de 56 kg MS kg de N⁻¹ agregado; significativamente superior a los tratamientos 80N y 120N.

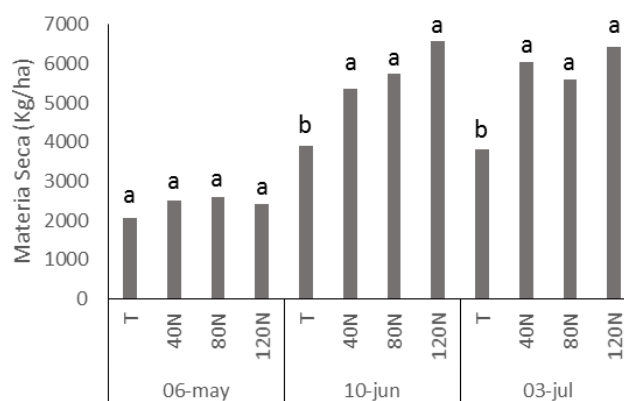


Figura 3: Materia seca (kg ha⁻¹) del cultivo de cobertura en tres fechas de corte. T: testigo y fertilizados (40N, 80N, 120 kg N ha⁻¹). Letras diferentes dentro de cada fecha de muestreo indican diferencias significativas.

Estos datos responden a los antecedentes encontrados por Krüger *et al.* (2014) quienes observaron que las mayores eficiencias agronómicas al agregado de nitrógeno se encontraban hasta los 75 kg N ha⁻¹ en avena.

La Figura 4 muestra el UC de los distintos tratamientos con CC, los cuales no tuvieron diferencias significativas. La EUA del CC presentó diferencias significativas (p<0,10) entre el

tratamiento testigo ($13 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) y los fertilizados ($>20 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$). Scianca (2010) en centeno sobre Argiudol típico, halló valores de EUA entre 37 y $54 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, mientras que en un Hapludol thapto árgico las EUA oscilaron entre 9 y $30 \text{ kg MS ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$. Esta respuesta puede ser debida a que la fertilización aumenta la concentración de N en las plantas mejorando la capacidad fotosintética del cultivo (Dardanelli *et al.*, 2008).

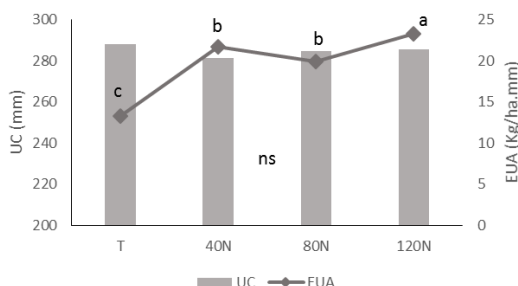


Figura 4. Uso consuntivo (UC) y eficiencia en el uso del agua (EUA) para el CC. T: testigo y fertilizados (40N , 80N , 120 kg N ha^{-1}). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

Dinámica de residuos del CC y contenidos de N en suelo

En la Figura 5 se observa el contenido de nitrógeno en suelo ($0 - 60 \text{ cm}$) en dos momentos del ciclo de maíz. Al momento de la siembra (04-nov) no se encontraron diferencias significativas mientras que en el segundo muestreo (03-feb), con el maíz en la etapa de llenado de grano se encontraron diferencias significativas entre barbecho y el tratamiento 120N .

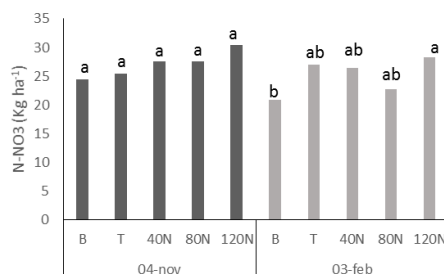


Figura 5. Nitrógeno de nitratos (N-NO_3^-) en kg ha^{-1} en suelo de 0 a 60 cm . B: barbecho limpio, T: testigo y fertilizados (40N , 80N , 120 kg N ha^{-1}). Letras diferentes dentro de cada fecha de muestreo indican diferencias significativas.

Estas evidencias coinciden con trabajos previos donde se encontró que la fertilización nitrogenada del CC afectaría no solo a la producción de biomasa sino también al comportamiento de los residuos del CC durante el barbecho y seguramente el desarrollo del cultivo posterior (Arguello *et al.*, 2011). Si analizamos la descomposición de los CC desde el momento de secado hasta la cosecha de maíz se evidencian importantes pérdidas de MS por descomposición de los residuos. Dicha pérdida fue de 3099 , 4919 , 4834 y $5677 \text{ kg MS ha}^{-1}$ para los tratamientos T, 40N , 80N y 120N respectivamente, lo que indicaría que se liberan mayores cantidades de nutrientes desde el residuo en el mismo sentido que aumenta la fertilización nitrogenada. La tasa de descomposición podría estar dada por la menor relación C/N de los residuos fertilizados. Ruffo *et al.* (2006) registraron relaciones C/N para centeno utilizado como CC del orden de 28 en testigo a 16 en el tratamiento fertilizado con N (170 kg N ha^{-1}). Sin embargo, factores climáticos como la temperatura y la humedad, también influyen en la tasa, siendo condicionantes y muchas veces imprevisibles. Experiencias como la de Waggoner (1989) establecen que después de 8 semanas del secado de los CC, el 50% del N proveniente del residuo de centeno fue liberado para el cultivo

subsiguiente. Fernández *et al.* (2012) en la región semiárida pampeana hallaron valores superiores, del orden del 80% del N del CC que fue liberado desde el secado en julio a la cosecha del maíz.

La liberación de nutrientes por parte del CC al cultivo sucesor podría reducir los requerimientos de fertilización nitrogenada y fosforada, como establece Arguello *et al.* (2011). No obstante, Ranells & Waggoner (1996) señalan la dificultad de sincronizar la oferta de N por la mineralización de los residuos de los CC con los requerimientos del cultivo sucesor.

Productividad del cultivo de maíz

En la Figura 6 se muestra que el rendimiento del cultivo de maíz fue mayor sobre el tratamiento de CC con 120N (12170 kg ha⁻¹), respecto de T (9475 kg ha⁻¹). Fernández *et al.* (2007) encontraron resultados similares en la región semiárida pampeana, en los cuales los mayores rendimientos del cultivo de maíz se obtuvieron cuando el mismo fue establecido sobre CC fertilizados respecto a aquellos sin fertilizar. Experiencias similares se encontraron en maíz de regadío (Mohammadi, 2010), sorgo y algodón en las grandes llanuras de los Estados Unidos (Sainju *et al.*, 2006), donde el efecto del CC se encontró principalmente relacionado con la retención de nitratos reduciendo las pérdidas por lixiviación.

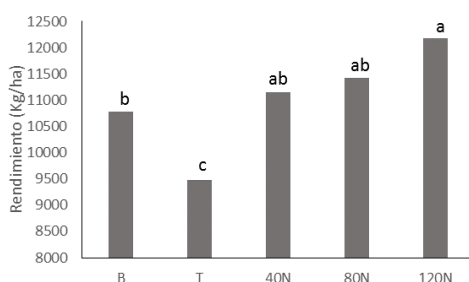


Figura 6. Rendimiento (kg ha⁻¹) del cultivo de maíz. B: barbecho limpio; T: testigo sin CC; y CC fertilizados (40N, 80N, 120 kg N ha⁻¹). Letras diferentes entre tratamientos indican diferencias significativas.

UC y EUA del cultivo de maíz

El UC del cultivo del maíz no presentó diferencias significativas entre los distintos tratamientos, mostrando valores de EUA que variaron entre 14 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para T y 18 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para 120N, sin diferencias entre los tratamientos fertilizados.

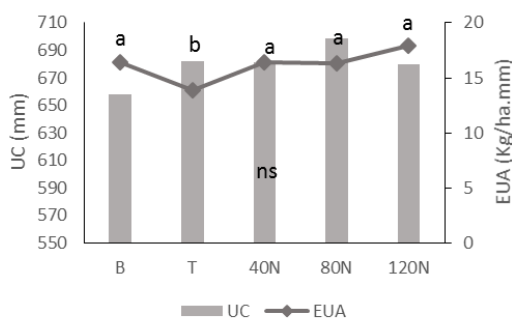


Figura 7. Uso consuntivo (UC) y eficiencia en el uso del agua (EUA) para el cultivo de maíz. B: barbecho limpio, T: testigo y fertilizados (40N, 80N, 120 kg N ha⁻¹). Letras diferentes indican diferencias significativas.

CONCLUSIONES

La fertilización de los CC parece ser una alternativa viable para la Región Semiárida Pampeana ya que ha mostrado resultados positivos en la producción de biomasa y en la EUA. La mayor cantidad de residuos de CC reduce las pérdidas de agua almacenada a través de la evaporación, no solamente durante el barbecho, sino también entre la siembra y la floración del cultivo sucesor. Además, dada la alta EUA de los CC, su inclusión en las rotaciones no produciría un costo hídrico para el cultivo de maíz.

La productividad del cultivo de maíz fue mayor sobre los CC fertilizados comparado con los CC sin fertilizar, donde el tratamiento con 120N alcanzó valores significativamente mayores. La descomposición de los residuos de CC sería la responsable de la mayor producción del cultivo de maíz, donde la relación C/N resultaría clave en la dinámica de degradación y sincronía de la oferta de N respecto a la demanda del cultivo sucesor.

BIBLIOGRAFÍA

- Arguello, J; J Saks; R Fernández & E Noellemeyer. 2011. Evaluación de la viabilidad de cultivos de cobertura en la región semiárida pampeana. Tesis grado, Agronomía UNLP.
- Dardanelli, J; D Collino, ME Otegui & V Sadras. 2008. Bases funcionales para el manejo del agua en los sistemas de producción de los cultivos de grano. En Satorre, E; Benech, R; Slafer, G; de la Fuente, E; Millares, D; Otegui, M.E; Savin, R (Eds.). Producción de granos bases metodológicas. UBA. Argentina. pp. 376-433.
- Fernández, R; D Funaro & A Quiroga. 2005. Influencia de cultivos de cobertura en el aporte de residuos, balance de agua y contenido de nitratos. Boletín de divulgación técnica 87.EEA INTA Anguil.
- Fernández, R; A Quiroga; F Arenas; C Antonini & M Saks. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. Manual de fertilidad y evaluación de suelos. Publicación Técnica N°71. EEA INTA Anguil. Capítulo V.
- Fernández, R; A Quiroga; E Noellemeyer; D Funaro; J Montoya; B Hitzmann & N Peinemann. 2008. A study of the effect of the interaction between site-specific conditions, residue cover and weed control on water storage during fallow. *Agricultural Water Management* 95: 1028-1040.
- Infostat .2008. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. 106.
- Krüger, H; F Moreira; F Giménez; J López; E Tranier; M Real Ortellado; A Mayo & F Labarthe. 2014. Verdeos de Invierno: utilización de verdeos de invierno en planteos ganaderos del sudoeste bonaerense. Pag 5-26. Ediciones INTA. ISBN 978-987-521-567-2.
- Mohammadi, G. R. 2010. The effects of different autumn-seeded cover crops on subsequent irrigated corn response to nitrogen fertilizer. *Agricultural Sciences*, 01: 148-153.
- Ranells, N & M Waggar. 1996. Nitrogen release from grass and legume cover crop monocultures and bicultures. *Agron. J.* 88: 777-782.
- Ruffo, M & G Bollero. 2006. Winter cover crops in Illinois: Evaluation of ecophysiological characteristics of corn. *Crop Sci.* 46:1536-1545.
- Sainju, U; W Whitehead; B Singh & S Wang. 2006. Tillage, cover crops, and nitrogen fertilization effects on soil nitrogen and cotton and sorghum yields. *European Journal of Agronomy*, 25: 372-382.
- Scianca, C. 2010. Cultivo de cobertura en Molisoles de la región pampeana: Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas y dinámica de malezas. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 80 pág.
- Torre, P. 2004. Estudio de la influencia del manejo del suelo en el régimen térmico de los Vertisuelos de la Vega de Carmona. Año 2 N° 2. CAREL. 403-423.
- Waggar, M. 1989. Cover crop management and nitrogen rate in relation to growth and yield of no-till Corn. *Agron. J.* 81: 533-538

MAPA DE VEGETACIÓN DE LA ESTEPA MAGALLÁNICA SECA, SANTA CRUZ

Schenkel, C.A.^{1,2}, G.E. Oliva^{1,2}, P.N. Paredes^{1,2}

¹ INTA, EEA Santa Cruz, CC 332, 9400 Río Gallegos, Santa Cruz

schenkel.cintia@inta.gob.ar

² Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos, Santa Cruz.

RESUMEN: La presión de pastoreo sobre los pastizales naturales de la Patagonia genera cambios florísticos y fisonómicos que han sido clasificados en Catálogos de Estados y Transiciones (EyT). En la Estepa Magallánica, al sur de Santa Cruz, se desarrollan estepas gramíneas de *Festuca gracillima*. El modelo propuesto para la región indica que el pastoreo intenso y la erosión provocan pérdida de estrato herbáceo, dejando horizontes arcillosos expuestos que favorecen a subarbustos de *Nardophyllum bryoides*, mientras que la acumulación de sedimentos favorece a los pastizales de *Pappostipa* sp. El objetivo del este trabajo fue cartografiar Estados y analizar su distribución y abundancia en relación al modelo teórico. Se realizaron 79 censos de vegetación y se clasificaron en Estados de acuerdo a la dominancia de grupos funcionales. Los censos de cada estado se utilizaron para generar una clasificación supervisada a partir de un mosaico de imágenes Landsat. El mapa indica que la distribución de las comunidades vegetales es el resultado de la interacción entre precipitaciones, suelo y manejo. Los dos Estados menos y más degradados, fueron poco frecuentes; mientras que los de conservación intermedia fueron dominantes, aunque hay extensas áreas degradadas en antiguas invernadas en las zonas más xéricas. *Pappostipa* sp., estuvo presente en la mayor parte de la Estepa Magallánica Seca, y en algunos casos invadió comunidades bien conservadas en las cuales se convierten en codominantes con *F.gracillima*. El subar busto *Nardophyllum bryoides*, ocupa áreas de pérdida de sedimentos, en una distribución inversa a la de *Pappostipa* sp. El efecto del manejo resulta evidente por frecuentes contrastes de alambrado. El catálogo existente de EyT requiere una modificación para combinar los Estados II y III como fases del Coironal Abierto e incluir transiciones por deposición de material eólico sobre cualquier Estado, incluso los de buena cobertura de gramíneas dominantes, que derivan en comunidades de *Pappostipa* sp.

PALABRAS CLAVE: estados, *Nardophyllum bryoides*, *Pappostipa* sp.

INTRODUCCIÓN

La presión de pastoreo sobre los pastizales naturales semiáridos de la Patagonia puede generar cambios florísticos y fisonómicos que a su vez pueden ser clasificados como Estados (Westoby *et al.*, 1989). En el extremo sur de la provincia de Santa Cruz (Fig. 1) se ubica el área ecológica definida como Estepa Magallánica Seca (Bran *et al.*, 2005), de alrededor de 11,000 km², dominada por estepas gramíneas de *Festuca gracillima* (Coirón fueguino). El pastoreo intenso provoca la pérdida de estrato herbáceo para dar lugar a una fisonomía subar bustiva dominada por cojines de *Nardophyllum bryoides*. El proceso incluye erosión del suelo y exposición de horizontes arcillosos. En sitios de acumulación de sedimentos se generan condiciones para el desarrollo de especies psammófilas y los pastizales pasan a ser dominados por los coirones amargos del género *Pappostipa* con pérdida de diversidad y calidad forrajera. Estos cambios, en su mayor parte irreversibles, han sido descritos en un Modelo de Estados y Transiciones para la Estepa Magallánica Seca (Oliva *et al.*, 2016), pero la cartografía de estos estados no se había realizado hasta el momento. El presente trabajo tiene como objetivo clasificar el área y realizar un mapa de la distribución de los Estados, basados en un gran número de censos y herramientas de

clasificación de imágenes obtenidas por sensores remotos e interpretarlo en función del esquema de Modelo de Estados y Transiciones. Esta cartografía permitirá evaluar el estado de conservación y el potencial de estos ecosistemas naturales únicos después de un siglo de presión de pastoreo constante.

MATERIALES Y MÉTODOS

La Estepa Magallánica Seca se encuentra en el extremo SE de la Región Patagónica, entre los 51 y 52 ° de latitud S (Figura 1).

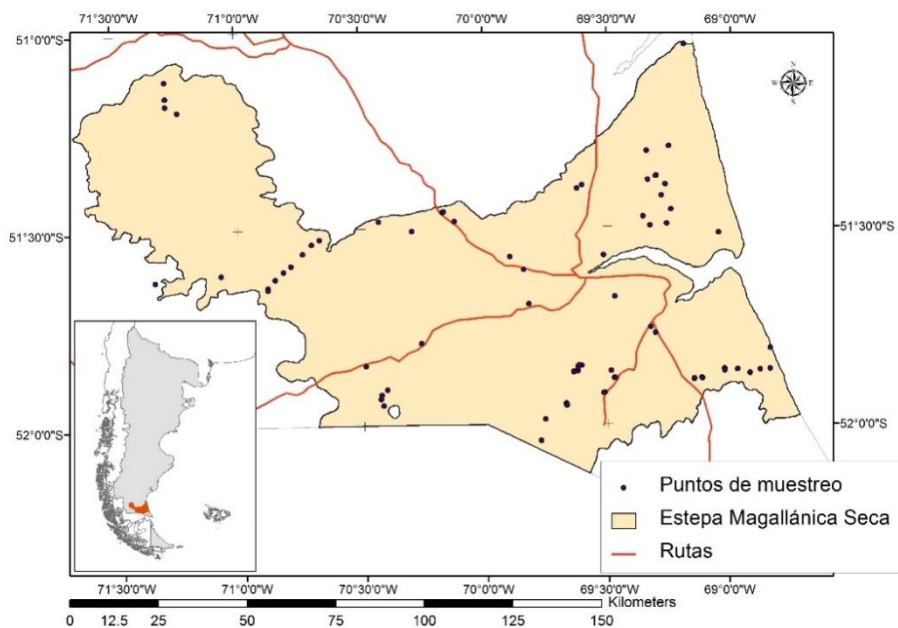


Figura 1. Ubicación de la Estepa Magallánica Seca, en la provincia de Santa Cruz. Los puntos indican la localización de los censos de vegetación

El paisaje es plano o levemente ondulado dominado por mesetas sedimentarias del período terciario y terrazas fluvio-glaciales cuaternarias, con coladas basálticas y relieves fluviales formando los valles de los ríos Gallegos y Gallegos Chico (Oliva *et al.*, 2001). Los suelos predominantes son los Aridisoles y Molisoles. El clima es semiárido con precipitaciones en un rango de 170 mm hacia el norte, a 250 mm hacia el sur. Las lluvias se distribuyen a lo largo de todo el año, presentando un máximo estival. El promedio anual de temperaturas varía de 6 a 7°C. La cobertura vegetal oscila entre el 50-70%, dominada por el Coirón fueguino (*Festuca gracillima*), una gramínea mediana. Entre los coirones se desarrolla un conjunto diverso de gramíneas cortas, graminoides y hierbas dominadas por *Poa duseinii*. Las leñosas rastreras constituyen el grupo funcional “Subarbustivo” dominado por *Nardophyllum bryoides* en sitios degradados. Los arbustos de mayor porte son escasos, reducido a individuos aislados de calafate (*Berberis buxifolia*) o mata negra (*Mulguraea tridens*). La dominancia de cada estrato varía según el estado de conservación del pastizal. Se realizaron 79 censos de vegetación, 56 de tipo Braun Blanquet (1932) y 23 monitores MARAS (Oliva *et al.*, 2011). El muestreo se realizó sobre las estepas gramíneas, excluyendo mallines y arbustales (Figura 1). Para clasificar los censos en Estados descriptos en Oliva *et al.* (2016) se agruparon las especies en grupos funcionales: *hierbas* (dicotiledóneas no leñosas), *pastos forrajeros* (gramíneas bajas o medianas de valor forrajero), *pastos no forrajeros* (gramíneas bajas o medianas de nulo valor forrajero, excepto *Pappostipa*), *coirones* (gramíneas medianas y altas del género *Festuca*), *subarbustos* (especies leñosas enanas que no superan los 30 cm de altura y generalmente se presentan

con hábito rastrero o en forma de cojines, excepto *Nardophyllum bryoides*), arbustos (especies leñosas de 0,60 a 1 metro de altura). Por su importancia en la definición de los Estados y por su dominancia en algunas comunidades se diferenciaron como variables: *Nardophyllum bryoides* y *Pappostipa* sp. Cada censo fue clasificado en base a la dominancia de los grupos funcionales en Estados del Catálogo mencionado (Tabla 1).

Tabla 1. Estados definidos en la Estepa Magallánica Seca y rangos de cobertura (%) de las variables utilizadas para su clasificación. De Oliva et al. (2016).

Estado	Descripción	<i>Festuca gracillima</i>	Pastos cortos	Subarbustos	<i>Pappostipa</i> sp.
I	Pastizal cerrado de <i>F. gracillima</i>	>30	20 a 45	2 a 5	0
II	Pastizal abierto de <i>F. gracillima</i>	20 a 30	15 a 25	5 a 20	0
III	Pastizal abierto de <i>F. gracillima</i> con pastos cortos	20 a 30	40 a 50	5 a 20	0
IV	Estepa subarbusciva de <i>Nardophyllum</i> sp.	10 a 20	10 a 20	10 a 30	0
V	Estepa subarbusciva de <i>Nardophyllum</i> sp. y pastos cortos	10 a 20	30 a 40	10 a 30	0
VI	Estepa subarbusciva de <i>Nassauvia</i> y <i>Pappostipa</i> sp.	0 a 10	15 a 25	20 a 40	5 a 30
VII	Estepa subarbusciva de <i>Nassauvia</i> , <i>Pappostipa</i> sp. y pastos cortos	0 a 10	30 a 40	20 a 40	5 a 30

Esta clasificación inicial se corroboró y corrigió en base a un análisis de agrupamiento y de componentes principales de la matriz de censos vs grupos funcionales agregando dos variables sintéticas: Cobertura vegetal total y Riqueza específica. Se procesó la matriz de censos vs grupos funcionales mediante Análisis de Conglomerados y Análisis de Componentes Principales en INFOSAT (Di Rienzo et al., 2011). Cada censo fue asignando en lo posible a un Estado. La ubicación de cada censo se marcó en un mosaico satelital de imágenes Landsat 8 (path y row 228,229 y 230/096), de cinco bandas. En esta imagen se enmascararon áreas de valles, marismas, arbustales costeros y la zona urbana de Río Gallegos. Se obtuvo una clasificación supervisada de la imagen dividida en 20 clases, utilizando como áreas de entrenamiento los censos, considerando su Estado y también se generaron otras clases, como sombras, suelo desnudo, etc. Se realizó la verificación a campo de esta clasificación supervisada.

RESULTADOS

De los 79 censos que se realizaron, 24 fueron clasificados como misceláneos ya que correspondieron a estepas exclusivas de *Pappostipa* sp., Arbustales de Mata Verde (*L. crupressiforme*) y Mata Negra (*Mulguraea tridens*), Murtillares (*Empetrum rubrum*), Estepas de Pastos Cortos y Pasturas implantadas. El resto de los censos pudieron clasificarse dentro de los Estados descriptos en el Modelo de Estados y Transiciones (Oliva et al., 2016), y el análisis de agrupamiento confirmó esta clasificación preliminar. El mapa (Figura 2) indica que los Estados I y VII son los menos frecuentes. El I (Coironal Cerrado) abarca menos del 1% y se ubica en parches dispersos hacia el O, en el límite con los pastizales de la Estepa Magallánica Húmeda. El VII (Estepas de *Nassauvia ulicina* y *Pappostipa* sp.), con alrededor del 1,5% de la superficie se concentra en una región NE cerca de la costa. El III (Coironal Abierto con Pastos Cortos) es el más frecuente, y ocupa un 27% del área, principalmente

hacia el sur del río Gallegos y un sector hacia el norte del estuario del mismo río. El IV (9%) se dispone en forma de manchones dispersos en la matriz del Estado III. Los Estados V y VI también son abundantes, 16% y 20% respectivamente. El Estado VI generalmente se encuentra en bloques más definidos y limita con el Estado V, ambos ubicados en centro-norte del área estudiada y entre ellos se notan claros contrastes de alambrado.

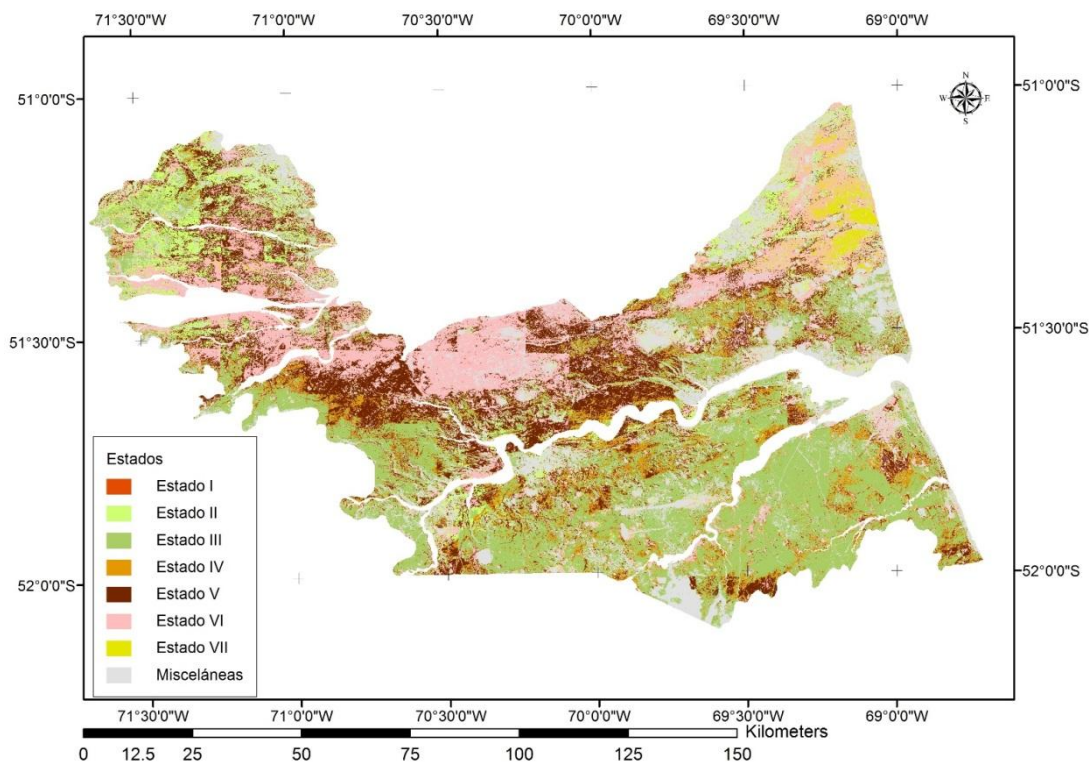


Figura 2. Mapa de Estados de la vegetación en la Estepa Magallánica Seca.

Pappostipa sp. está presente en la mayor parte de la Estepa Magallánica Seca (Figura 3), aunque en los pastizales del sur, de mejor conservación, su frecuencia es baja (<2%). Hacia el centro-norte, y los extremos noroeste y noreste se incrementa y puede llegar a una dominancia del 50%. En el sur, existen áreas pequeñas con elevados porcentajes de *Pappostipa* sp. (+50%) asociadas al contorno de plumas de erosión y zonas de sobreutilización como corrales de encierre o vértices oeste de los campos, formando claros contrastes de alambrado. En estas áreas existe acumulación de arena que cubre los coironales y favorece probablemente el establecimiento y propagación de la especie.

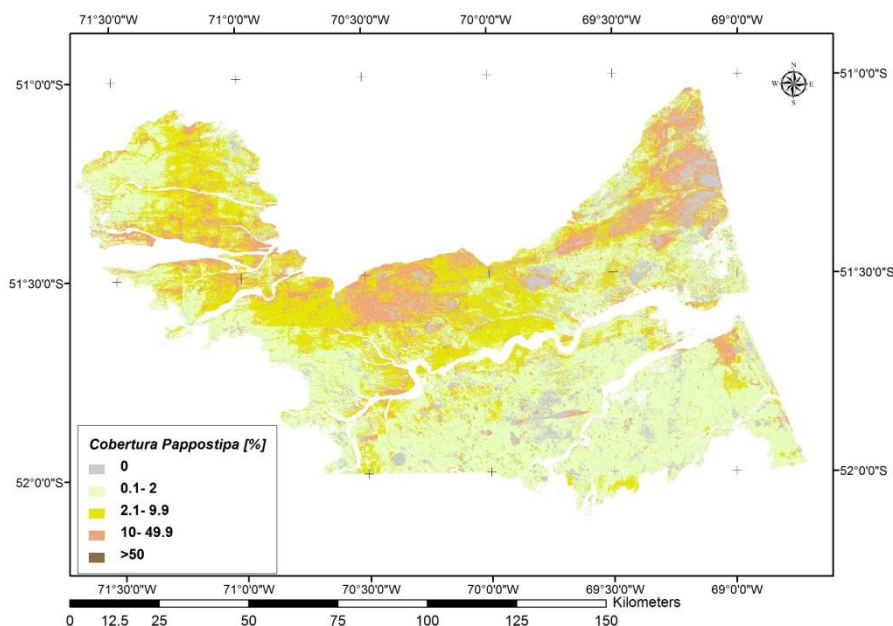


Figura 3. Mapa de cobertura de *Pappostipa sp.* en la Estepa Magallánica Seca.

La distribución de *Nardophyllum bryoides* es inversa a la de *Pappostipa sp.* (Figura 4). En el sur, en su gran mayoría, los porcentajes de este subarbutos son intermedios (10-20%). Dentro de esta área se observan de manera puntual sitios con porcentajes superiores a los 20%, probablemente asociados a un uso intensivo. En el centro, hay sectores sin *Nardophyllum bryoides* en porcentajes relativamente bajos. En cambio, hacia el centro-oeste hay un sector con elevadas coberturas de esta especie (20-25%), que coincidiría con áreas que se han utilizado como invernadas. Tanto en el noreste como noroeste, la distribución de *Nardophyllum bryoides* es más compleja, formando un mosaico con comunidades de *Pappostipa sp.* y *Festuca gracillima*, y los porcentajes de cobertura varían ampliamente.

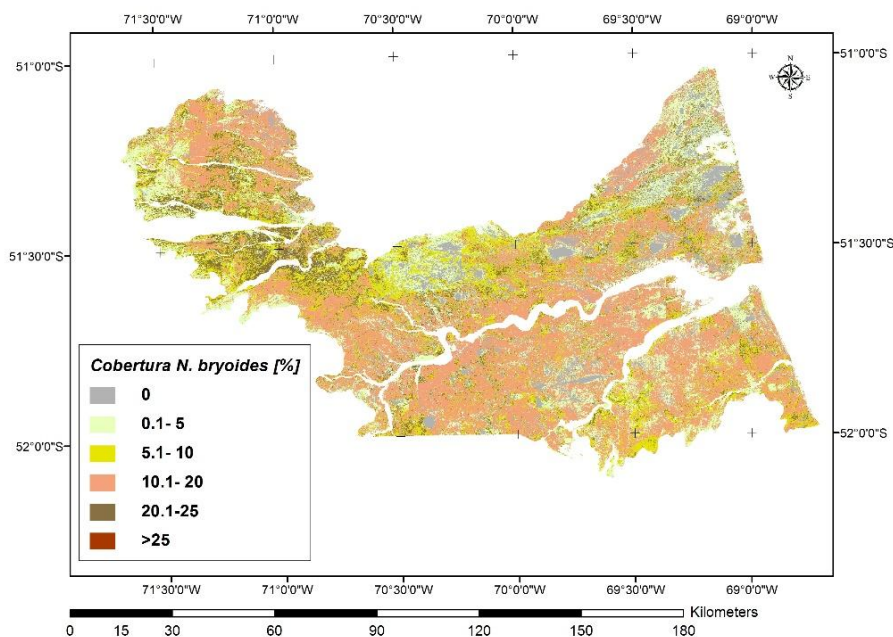


Figura 4. Mapa de cobertura de *Nardophyllum bryoides* en la Estepa Magallánica Seca.

DISCUSIÓN

Se registraron muy pocos censos en Estado I y VII. Los correspondientes al Estado I, Coironales Cerrados de *Festuca gracillima* serían áreas de muy escasa utilización que no parecen existir en el paisaje actual después de un siglo de pastoreo con altas cargas. Las estepas de *Nassauvia ulicina*, *Pappostipa* sp. y pastos cortos descriptas en el catálogo como Estado VII, son escasas, y esto podría deberse a que están limitadas a posiciones topográficas especiales: las laderas norte preferidas por los ovinos en el invierno y primavera temprana, ya que la exposición determina que se descongelen antes.

La mayor parte de la superficie clasifica dentro del Estado III (Coironales abiertos con abundantes pastos cortos) fue el más frecuente. Estos pastizales están en buen estado de conservación y son dominantes hacia el sur del río Gallegos. Tienen porcentajes bajos de *Pappostipa* sp. (<2%) y elevados de *Nardophyllum bryoides* (20%). Las precipitaciones son aquí levemente superiores, en el rango de 200- 260 mm, lo que favorece a *Festuca gracillima*. Los suelos en estas áreas tienen poca evolución, son sueltos y con evidencias de erosión eólica que deja al descubierto horizontes argílicos a los que se asocia *Nardophyllum bryoides*. Los coirones amargos de *Pappostipa* sp., que son psammófilos y resistentes a la sequía, son menos frecuentes y están reducidos a áreas pequeñas en la matriz de la comunidad dominante de Coirón fueguino.

Pappostipa sp. es dominante en el norte de la EMS donde las precipitaciones son menores a los 200 mm. En el noreste del área estudiada, existen grandes extensiones dominadas por *Pappostipa* en áreas relativamente húmedas por influencia marina. Es posible que esto sea un efecto edáfico ya que la zona presenta suelos nátricos de posible origen marino cubiertos por un horizonte superficial de origen eólico. *Festuca gracillima*, que en general ocupa suelos neutros o ácidos y bien drenados, no se adapta a estos suelos salino-sódicos.

Los efectos de manejo son evidenciados en los “contrastes de alambrados” evidentes en las Figuras 2, 3 y 4. Estas líneas geométricas claramente definidas responden a las divisiones de campos que partiendo de la misma comunidad han recibido diferentes manejos del pastoreo. Estos contrastes son numerosos y están distribuidos en toda la Estepa Magallánica Seca. Se observa una tendencia en los contrastes de Estados VI y V: El V, que sería característico de áreas de erosión intensa, se ubica en la parte oeste de los campos, mientras que el estado VI, que se genera por deposición de materiales gruesos, está ubicado en la porción oriental. Esto podría deberse al comportamiento de la hacienda, que tiende a concentrarse en la parte oeste por los vientos predominantes, generando un efecto de remoción del horizonte superficial favoreciendo a *Nardophyllum bryoides* (Estado V). El viento predominante del oeste acumularía materiales gruesos en la porción oriental de los campos que generan condiciones adecuadas para el establecimiento de *Pappostipa* sp. (Estado VI). Existen también evidencias de unidades de manejo completamente degradadas a Estado VI en el norte de la EMS, asociadas a un manejo histórico de grandes establecimientos que después fueron subdivididos. Estas áreas funcionaban como refugio de invernada y recibían altas concentraciones de ovinos provenientes de las mesetas en el otoño-invierno.

CONCLUSIÓN

La interacción entre clima, manejo y suelo determina la distribución y estado de los pastizales en EMS. El mapa resultante indica que los dos Estados extremos, menos y más degradados, son poco frecuentes; mientras que los coironales de conservación intermedia fueron dominantes, aunque hay grandes áreas de elevada degradación que corresponden a antiguas invernadas. La *Pappostipa sp.* es dominante en los márgenes más xéricos de la Estepa Magallánica, pero estuvo presente en porcentajes variables en la mayoría de los censos e invade sitios de alta concentración de animales. Los estados dominados por *Nardophyllum bryoides* fueron más frecuentes en las áreas más húmedas hacia el sur, pero también aparecen en claros contrastes de alambrado que evidencian un pastoreo intenso en la historia de manejo. El catálogo existente de EyT podría requerir una modificación. Por un lado, ciertos Estados como el II (Coironales abiertos sin pastos cortos) fueron de menor ocurrencia que lo esperado y descripto y siempre estuvieron asociados al estado III (Coironales abiertos con pastos cortos). Estos dos Estados podrían combinarse como fases del Coironal Abierto en una nueva clasificación. Por otro lado en el presente catálogo solamente se contemplan transiciones hacia *Pappostipa sp.* en comunidades subarborescentes muy degradadas que se convierten en médanos o bien en “islas”, y deberían incluirse transiciones por procesos de deposición de material eólico sobre cualquier Estado, incluso los de buena cobertura de gramíneas dominantes.

BIBLIOGRAFÍA

- Bran, D; G Oliva; P Rial; J Escobar; C López; F Umaña; J Ayesa & N Elissalde. 2005. Regiones Ecológicas Homogéneas de la Patagonia Argentina., INTA, Bariloche.
- Braun Blanquet, JJ. 1932. Plant sociology, the study of plant communities. Hafner Pub co, New York.
- Di Rienzo, J; F Casanoves; M Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & C Robledo. 2011. InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Oliva, G; D Ferrante; P Paredes; G Humano & A Cesa. 2016. A conceptual model for changes in floristic diversity under grazing in semi-arid Patagonia using the State and Transition framework. *Journal of Arid Environments* 127:120-127.
- Oliva, G; J Gaitan; D Bran; V Nakamatsu; J Salomone; G Buono; J Escobar; D Ferrante; G Humano; G Ciari; D Suarez; W Opazo; E Adema & D Celdrán. 2011. Manual para la instalación y lectura de monitores MARAS. PNUD, Buenos Aires.
- Oliva, G; L González; P Rial & E Livraghi. 2001. El ambiente en la Patagonia Austral. *in* P. Borrelli and G. Oliva, editors. Ganadería ovina sustentable en la Patagonia Austral.
- Westoby, M; B Walker & I Noy-Meir. 1989. Opportunistic management of rangelands not at equilibrium. *Journal of Range Management* 42:266-274.

VARIACIONES DEL PH EN DOS LOTES AGRÍCOLAS DEL PARTIDO DE CORONEL DORREGO

Gericó E.¹, M.M. Ron², R.J. Kiessling², J.M. Martínez^{2,3}

¹ Comisión de Investigaciones Científicas (CIC)- Dpto. Agronomía, UNS

emanuelgerico@gmail.com

² Dpto. Agronomía, UNS.

³ Centro Recursos Naturales Renovables de la Región Semiárida (CERZOS)-CONICET.

RESUMEN La actividad antrópica puede alterar significativamente el pH del suelo. El objetivo de este trabajo fue verificar diferencias de pH de acuerdo a la profundidad de muestreo en dos lotes del partido de Coronel Dorrego, y evaluar en uno de ellos, el efecto de la incorporación de un cultivo de cobertura (CC) sobre dicho parámetro. El estudio se desarrolló entre diciembre de 2015 y diciembre de 2016 en dos lotes contiguos netamente agrícolas bajo siembra directa (SD). Los lotes presentaron diferencias texturales y de materia orgánica (MO). El cultivo antecesor fue arveja (*Pisum sativum* L.) en el lote A y trigo (*Triticum aestivum* L.) en el B. En el lote A se implantó mijo (*Panicum miliaceum* L.) como CC estival con dos tratamientos (con y sin cultivo de cobertura) y diseño de bloques completos al azar. En ambos lotes se extrajeron muestras de suelo en cinco fechas a las profundidades de 0-5 cm, 0-12 cm y 0-20 cm. Las muestras se procesaron y se determinó el pH por el método potenciométrico en agua (suspensión suelo: agua 1:2,5). A través de una prueba t se encontraron diferencias significativas entre profundidades y entre lotes. El pH fue significativamente mayor en 0-20 cm con respecto a 0-5 cm, en el 75 a 80% de las fechas de muestreo. A su vez, el pH tendió a ser mayor en el lote B que en el A (promedio 6,1 vs. 5,8 en 0-12 cm). En las parcelas donde se sembró el CC el pH no difirió significativamente del tratamiento control, excepto en una fecha y profundidad. Se pudo comprobar que existió una variación significativa del pH dentro de los primeros 20 cm del suelo, como también una diferencia entre ambos lotes. Sin embargo, no se detectaron efectos consistentes del CC estival sobre el pH.

PALABRAS CLAVE: región semiárida, cultivo de cobertura, variabilidad espacial

INTRODUCCION

El pH es una propiedad química fundamental del suelo ya que afecta la movilidad de los iones, precipitación y disolución de minerales, las reacciones redox, el intercambio iónico, la actividad microbiana, y está estrechamente relacionada con la disponibilidad de los nutrientes (Piccone, 2015). En la región pampeana se ha estudiado la variación del pH con la profundidad del perfil en distintos suelos (Steinbach & Álvarez, 2012). En suelos bajo SD la estratificación en las variables edáficas puede ocurrir aún dentro del espesor habitualmente muestreado para diagnóstico y monitoreo de la fertilidad (Orden *et al.*, 2011). El pH cercano a la neutralidad es una de las fortalezas en el panorama general de fertilidad de los suelos en el sector semiárido del SO bonaerense (Ron *et al.*, 2013). Sin embargo, el uso netamente agrícola implica el riesgo de acidificación. Una causa de este proceso degradativo es el uso de fertilizantes nitrogenados que producen amonio en el suelo. En el suelo las bacterias oxidan el amonio en nitrato, proceso que libera protones.

Actualmente, se incluyen cultivos de cobertura (CC) en las secuencias agrícolas bajo SD para disminuir la erosión, la presión de malezas y uso de herbicidas. Además, son numerosos los efectos benéficos sobre el suelo, asignados a los CC (Duval *et al.*, 2015). En este contexto, la hipótesis propuesta fue que el pH varía según la profundidad de muestreo

dentro de los primeros 20 cm y que la implantación de un CC, durante el período de barbecho del cultivo principal, generaría variaciones en esta variable edáfica.

El objetivo de este trabajo fue verificar diferencias en el pH de acuerdo a la profundidad de muestreo en dos lotes del partido de Coronel Dorrego, y evaluar, en uno de ellos, el efecto de la incorporación de un CC sobre dicho parámetro.

MATERIALES Y MÉTODOS

En 2015 se inició un estudio en dos lotes adyacentes de producción netamente agrícola con 20 años bajo SD, en el establecimiento “Cumelén”, situado en el partido de Coronel Dorrego (38°48'32.6"S, 61°37'57.5"O), Pcia. de Buenos Aires.

De acuerdo con los datos registrados, la precipitación anual media fue de 629 mm en el período 1970-2016. Las lluvias se concentran en los meses de otoño, y en menor medida durante los meses de primavera, y su registro disminuye marcadamente durante el invierno. En enero y febrero se observa un balance hídrico negativo por la elevada evapotranspiración, afectando principalmente los cultivos de verano (Bohn *et al.*, 2011).

El suelo se clasificó como Paleustol petrocálcico (Soil Survey Staff, 2010). Se verificó una diferencia textural en el horizonte superior de los sectores experimentales contiguos. En el lote designado como A, la textura es franco-arenosa liviana, mientras que en el lote B es franco-arcillo-arenosa. La diferencia textural en 0-12 cm se reflejó en el contenido de MO que fue de 19 y 22 g kg⁻¹ para los lotes A y B, respectivamente.

El uso previo de los suelos se caracterizó por un historial agrícola mayor a 30 años (los últimos 20 en SD) con predominio del cultivo de trigo (66% de la secuencia), fertilizado con nitrógeno entre emergencia y macollaje, en todos los casos. Dicho manejo fue homogéneo en todos los lotes del establecimiento. Durante la campaña 2015 se cultivó arveja en el lote A y trigo en el B. Luego de la cosecha de estos cultivos se iniciaron los muestreos de suelo. En ambos lotes se ubicaron tres estaciones de muestreo (Figura 1) y se recolectaron muestras compuestas (10-15 muestras simples) a tres profundidades: 0-5; 0-12 y 0-20 cm. Los dos sectores en estudio se hallaban a un distanciamiento de 50 m entre ellos.

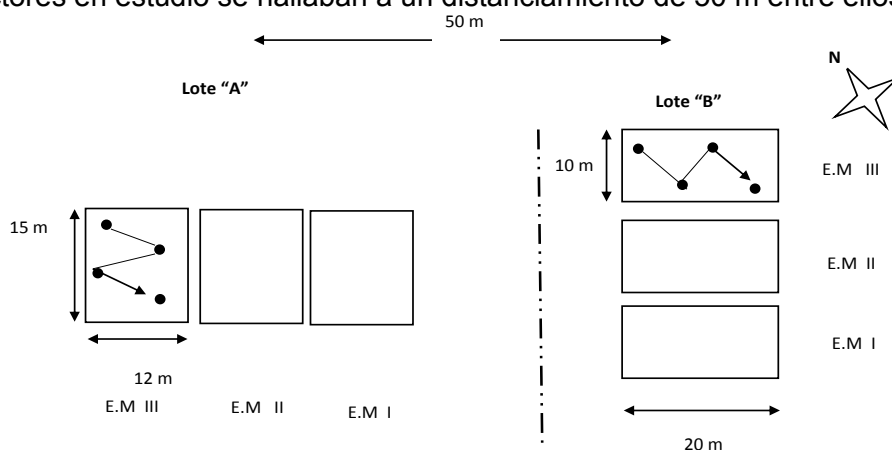


Figura 1. Esquema de la ubicación, dimensiones de estaciones de muestreo de ambos lotes y ejemplo del diseño de muestreo.

En el lote A se sembró mijo como CC, el 18 de diciembre de 2015. El día 20 de enero del 2016 se instaló un ensayo utilizando un diseño experimental de cuatro bloques completos aleatorizados, con unidades experimentales de 60 m² (5m x 12m). Los tratamientos se iniciaron mediante la aplicación del herbicida glifosato sobre el mijo para constituir un tratamiento de barbecho sin cultivo de cobertura (SC), en contraste con el CC. Cada bloque se dividió en tres parcelas de igual superficie, los dos tratamientos se aplicaron al azar en las unidades experimentales situadas en los extremos, reservando la parcela central como

zona de amortiguación frente a posibles derivas del herbicida (Figura 2). El experimento con CC finalizó a fines de abril.

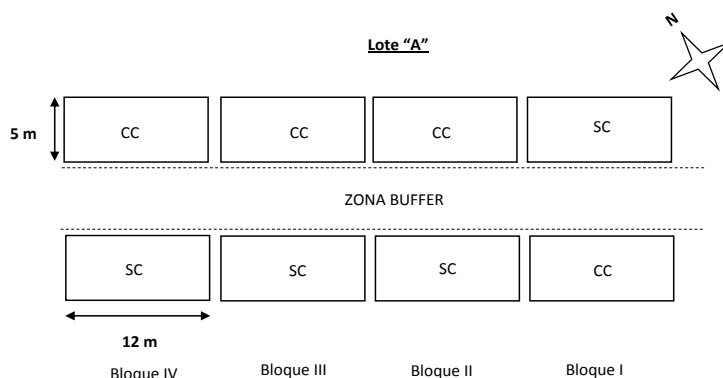


Figura 2. Esquema y dimensiones de bloques en lote "A". (CC: Cultivo de cobertura, SC: Sin cultivo de cobertura)

El 16 de febrero y el 20 de abril se repitieron los muestreos de suelo en las mismas profundidades que en diciembre del 2015. En el lote A se recolectaron muestras compuestas en cada una de las 8 unidades experimentales. En el lote B se georreferenciaron 4 estaciones en el mismo sector que en diciembre de 2015.

El 11 de mayo se efectuó la siembra del trigo posterior en ambos lotes con una sembradora de grano fino a un distanciamiento entre hileras de 19,1cm. Se aplicaron 50 kg ha⁻¹ de superfosfato simple (0-20-0) en la línea de siembra y en julio 230 kg ha⁻¹ de urea (46-0-0) de forma superficial. Los muestreos de suelo se repitieron el 12 de julio y el 6 de diciembre con el trigo en los estadios Z20, macollaje y Z90, madurez fisiológica, (Zadoks *et al.*, 1974).

En el laboratorio las muestras de suelo se secaron al aire y se tamizaron con una malla de 2mm. En cada muestra se determinó pH, mediante el método potenciométrico en una suspensión suelo-agua con relación 1:2,5.

Análisis estadístico

En cada fecha, se comparó el pH entre lotes para una misma profundidad de muestreo y entre profundidades de muestreo para cada lote mediante una prueba t (inferencia basada en dos muestras). En el lote A se utilizaron los valores correspondientes al tratamiento SC. Para el análisis continuo de la variabilidad vertical y las diferencias entre lotes se ajustó, en cada fecha, la siguiente ecuación:

$$pH = a + b \text{ prof} + c \text{ lote B} + d \text{ lote B} * \text{prof.} \quad (\text{Ecuación 1})$$

donde prof. corresponde a la profundidad del punto medio de los espesores muestreados (2,5, 6 y 10 cm); lote B: variable categórica para discriminar entre lotes, con valores 0 (no corresponde) y 1 (corresponde), lote B*prof. variable auxiliar para establecer si la pendiente de la recta para el lote B es igual o distinta a la correspondiente al lote A.

Se empleó el método de selección paso a paso (stepwise) para reducir el número de variables regresoras, con un p-máximo = 0,10 para retener o eliminar las variables.

En el lote A se estudió el efecto del CC sobre el pH mediante el análisis de varianza, extendiendo las evaluaciones en el cultivo de trigo siguiente. Para los análisis estadísticos se empleó el programa Infostat (Di Rienzo *et al.* 2008).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las comparaciones entre profundidades y lotes se detallan en la Tabla 1. Dentro de cada lote se registraron diferencias entre las distintas profundidades de muestreo. El pH fue significativamente mayor en 0-20 cm con respecto a 0-5 cm, en 75 a 80% de las fechas de muestreo (casi 0,4 unidades en promedio). Este efecto puede ser atribuido a los procesos

de nitrificación, como consecuencia de la fertilización nitrogenada realizada a lo largo de más 30 años de uso agrícola en estos lotes. Sumado a esto, existe una mayor extracción de bases por parte de los cultivos en los primeros cm del suelo y una mayor actividad microbiológica en el estrato más superficial, verificándose en 0-10 cm vínculos circulares entre fertilidad, biodiversidad y productividad edáfica. (Delgado Baquerizo *et al.*, 2017).

A su vez, el pH tendió a ser mayor en el lote B en 0,1 a 0,4 unidades en 0-20 cm. Estas diferencias fueron mayores y significativas en todos los espesores muestreados en la primera fecha, disminuyendo para las fechas posteriores. La leve superioridad del pH en el lote B se relaciona con el hecho de que la textura es ligeramente más fina en el horizonte superior y que tiene mayor contenido de MO, que amortiguaría los cambios de pH producidos por la nitrificación (McCauley *et al.*, 2017). Por otra parte, el antecesor arveja podría contribuir a una mayor acidez en el lote A, debido a que las leguminosas absorben más cationes que aniones, extruyendo protones.

Tabla 1. Comparación del pH entre lotes y espesores muestreados según una prueba t a dos colas.

Fechas de muestreo													
Profundidad (cm)	15-dic			16-feb		20-abr		12-jul			6-dic		
	A	B	p-valor	A	A	B	p-valor	A	B	p-valor	A	B	p-valor
0-5	5,7	6,3	*	5,4	5,5	5,7	ns	5,8	5,9	Ns	5,8	5,7	ns
0-12	5,9	6,3	**	5,7	5,7	6,0	*	6,1	6,1	Ns	5,8	6,0	ns
0-20	6,1	6,5	**	5,8	6,0	6,1	ns	6,0	6,2	*	6,1	6,2	ns
p-valor 0-5 y 0-12 cm	ns	ns		*	ns	ns		ns	ns		ns	**	
p-valor 0-12 y 0-20 cm	*	*		ns	*	ns		ns	*		ns	**	
p-valor 0-5 y 0-20 cm	*	ns		*	**	ns		ns	**		*	**	

*, **, *** Diferencias significativas a $p < 0,05$; 0,01; 0,001, respectivamente. ns: no significativo.

Con el ajuste de la ecuación 1 se obtuvieron para cada fecha regresiones altamente significativas que explicaron entre el 56 y el 82% de la variación entre las observaciones (Tabla 2). La diferencia entre lotes reportada en la Tabla 1, se reflejó en el coeficiente de la variable categórica que fue de 0,23 en diciembre de 2015 y de 0,47 en abril de 2016. En las tres primeras fechas, el pH se incrementó con la profundidad a razón de 0,04 a 0,06 unidades por cm. En las últimas dos fechas, se registró una diferencia en la tendencia con la profundidad entre lotes, verificándose un aumento ligeramente mayor (pero significativo) del pH con la profundidad en el lote B. Esta discrepancia puede atribuirse a la menor aireación en el suelo de textura más fina en la profundidad de 12-20 cm que disminuiría la velocidad de nitrificación.

Con el ajuste de la ecuación 1 se obtuvieron para cada fecha regresiones altamente significativas que explicaron entre el 56 y el 82% de la variación entre las observaciones. La diferencia entre lotes reportada en la Tabla 1, se reflejó en el coeficiente de la variable categórica que fue de 0,23 en diciembre de 2015 y de 0,47 en abril de 2016. En las tres primeras fechas, el pH se incrementó con la profundidad a razón de 0,04 a 0,06 unidades por cm. En las últimas dos fechas, se registró una diferencia en la tendencia con la profundidad entre lotes, verificándose un aumento ligeramente mayor (pero significativo) del pH con la profundidad en el lote B. Esta discrepancia puede atribuirse a la menor aireación en el suelo de textura más fina en la profundidad de 12-20 cm que disminuiría la velocidad de nitrificación (McCauley *et al.*, 2017).

Tabla 2. Ecuaciones de regresión utilizando variables seleccionadas por el modelo stepwise.

Fecha de muestreo	Ecuación	R ²	p-valor
15-dic	pH=5,63+0,4*prof.+0,47*lote B	0,82	<0,0001
16-feb	pH=5,29+0,06*prof.	0,56	0,0052
20-abr	pH=5,35+0,06*prof. +0,23*lote B	0,75	<0,0001
12-jul	pH=5,78+0,02*prof.+0,03*lote B*prof.	0,59	0,0050
6-dic	pH=5,59+0,04*prof.+0,02*lote B*prof	0,61	0,0001

prof. corresponde a la profundidad del punto medio de los espesores muestreados (2,5, 6 y 10 cm); lote B: variable categórica para discriminar entre lotes, con valores 0 (no corresponde) y 1 (corresponde), lote B*prof. variable auxiliar para establecer si la pendiente de la recta para el lote B es igual o distinta a la correspondiente al lote A.

Del análisis de la varianza (Tabla 3), surge que solo en el muestreo del 16-feb se verificó un leve incremento significativo del pH en las parcelas con CC en 0-5 cm. La ausencia de un efecto consistente del CC sugiere que esto podría deberse a una configuración casual de los datos, sumado al hecho que sería más factible detectar la influencia del CC sobre el final de su ciclo de crecimiento.

Tabla 3. Análisis de varianza sobre el efecto de los tratamientos en las distintas fechas CC: Parcela con cultivo de cobertura; SC: Parcela sin cultivo de cobertura.

Fecha	prof. (cm)	Estado del lote		Media CC	Media SC	R ²	p-valor
		CC	SC				
16-feb	0-5			5,55	5,38	0,90	0,035
	0-12	Mijo	Barbecho	5,80	5,73	0,70	0,319
	0-20			5,88	5,80	0,31	0,638
20-abr	0-5			5,70	5,50	0,82	0,201
	0-12	Mijo	Barbecho	6,03	5,68	0,82	0,069
	0-20			6,15	5,98	0,84	0,133
12-jul	0-5			5,68	5,80	0,72	0,239
	0-12	Trigo	Trigo	5,85	6,05	0,67	0,219
	0-20			6,10	5,95	0,71	0,182
6-dic	0-5			5,68	5,80	0,71	0,312
	0-12	Trigo	Trigo	5,83	5,78	0,10	0,839
	0-20			6,05	6,05	0,72	>0,999

Los resultados hallados en este estudio podrían indicar que aún en sectores bastante próximos de lotes contiguos pueden encontrarse diferencias texturales atribuibles a procesos de denudación y deposición de materiales ocurridos antiguamente (Schmidt, 2015). Por este motivo, las diferencias encontradas entre los lotes, con historia agrícola muy similar, no pueden adjudicarse exclusivamente al cultivo antecesor porque este efecto se encuentra confundido con el de la textura. El pH de los suelos estudiados se encuentra por debajo de lo habitualmente reportado en Haplustoles del sudoeste bonaerense (Krüger *et al.*, 2006).

CONCLUSIONES

Se puede concluir que dentro de los primeros 20 cm del suelo existió un aumento del pH con la profundidad. Dicho aumento pudo cuantificarse a través de los modelos matemáticos. Por otra parte, la incorporación de un CC no tuvo efectos sobre el pH. La acidificación registrada, particularmente en los espesores más superficiales, indica que para monitorear la calidad del suelo en lotes agrícolas bajo SD y con alta frecuencia de fertilización nitrogenada, es esencial usar una profundidad de muestreo adecuada.

AGRADECIMIENTOS

Al Técnico Superior Agrario en Suelos y Aguas, Carlos Martín Sarti, por su colaboración en los trabajos de laboratorio y aportes técnicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bohn, VY; MC Piccolo & GME Perillo. 2011. Análisis de los periodos secos y húmedos en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). *Rev. Climat.* 11:31-43.
- Delgado-Baquerizo, M; JR PowellR; K Hamonts; F Reith; P Mele; VM Brown; PG Dennis; B. Ferrari; A Fitzgerald; A Young; BK Singh & A Bissett. Circular linkages between soil biodiversity, fertility and plant productivity are limited to topsoil at the continental scale. *New Phytol.* 215(3): 1186-1196.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2008. InfoStat, versión 2008, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- Duval, ME; JE Capurro; JA Galantini & JM Andriani. 2015. Utilización de cultivos de cobertura en monocultivo de soja: efectos sobre el balance hídrico y orgánico. *Ci. Suelo* 33(2): 247-261.
- Piccone, L. 2015. El ambiente físico-químico del suelo relacionado con la fertilidad. En: HE Echeverría & FO García (eds). *Fertilidad de Suelos y Fertilización de Cultivos*. Vol. 1. 2da ed. Ediciones INTA. Buenos Aires, Argentina. 31-50 pp.
- Krüger, H; MF Vergara; S Venanzi & F Marini. 2006. Variación espacial y temporal de propiedades químicas en suelos del sudoeste bonaerense. *Actas XX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo*. Salta. Septiembre 2006.
- McCauley, A; C Jones & K Olson-Rutz. 2017. Soil pH and Organic Matter. *Nutrient Management. Module 8*. Montana State University Extension. Tomado de: <http://landresources.montana.edu/nm/documents/NM8.pdf>. Accedido el 16/08/17.
- Orden, L; ME Mandolesi; RJ Kiessling & MM Ron. 2011. Variabilidad espacial de fertilidad química del suelo en un diseño de bloques. *Span. J. Soil Sci.* 1(1): 54-69.
- Ron, MM; RJ Kiessling & JM Martínez. 2013. Fertilidad de suelos en el sudoeste semiárido y escalas de evaluación. *Revista de la Asociación de Ganaderos y Agricultores de Bahía Blanca (AGA)* N° 80. Septiembre 2013 pp 67-70.
- Schmidt, ES. 2015. Modificaciones estructurales y funcionales de epipedones mólicos en suelos de la región pampeana semiárida bajo siembra directa continua. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur [Bahía Blanca, Argentina]. 113 pp.
- Steinbach, HS & R Álvarez. 2012. Análisis de la variabilidad de la fertilidad del suelo. En: R Álvarez; P Prystula; MB Rodríguez & CR Álvarez (eds). *Fertilización de cultivos y pasturas: diagnóstico y recomendaciones en la región pampeana*. Editorial: Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires. 27-48 pp.
- Soil Survey Staff. 2010. *Keys to Soil Taxonomy*, 12th ed. USDA-Natural Resources Conservation Service, Washington, DC
- Zadoks, JC; TT Chang & CF Konzak. 1974. A decimal code for de growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.

EROSIÓN EÓLICA EN TRIGO LUEGO UN CULTIVO DE MANÍ EN EL SUR DE CÓRDOBA

Montesano A.M.¹, J.C. Colazo², C. Álvarez³, J.M. Cisneros⁴

¹ INTA. AER Río Cuarto – montesano.alberto@inta.gob.ar. Río Cuarto, Córdoba.

² INTA. EEA San Luis. FICA – UNSL. Villa Mercedes, San Luis

³ INTA. AER General Pico. General Pico, La Pampa.

⁴ SECyOT- FAV- UNRC. Río Cuarto, Córdoba.

RESUMEN: En el S de Córdoba la migración del cultivo de maní incrementó la susceptibilidad de los suelos y la frecuencia de ocurrencia de procesos de erosión eólica (EE). Es por ello que el objetivo del trabajo fue evaluar el control de EE de un cultivo de cobertura luego de maní en un suelo del S de Córdoba. El ensayo se realizó en las cercanías de Carnerillo. Comparamos un suelo sin cobertura (T) y un cultivo de cobertura (trigo) sembrado después de la cosecha de maní (CC). Tomamos muestras para caracterizar la fracción erosionable (FE) mediante un tamiz rotativo. El porcentaje de cobertura del cultivo de trigo fue estimado por análisis digital. Para comparar las tasas de EE se instalaron parcelas de medición con colectores BSNE y se realizó la recolección de sedimento cada 15 - 30 días. Los valores de erosión fueron estimados mediante el cálculo de la erosión relativa (ER), como el cociente de sedimentos entre CC y T, y como pérdida de suelos. Los valores de FE fueron de 36% en CC y 42% en T, indicando una susceptibilidad media a EE. El cultivo de cobertura fue eficiente para controlar EE desde el primer período de muestreo. Esto se debió a que el cultivo de cobertura logró superar el 30% de cobertura. Luego del segundo período la eficiencia de control disminuyó. Si bien el nivel de cobertura aumentó durante el ciclo del cultivo, los mayores valores de ER se debieron al control producido por las malezas en T. Las mayores pérdidas de suelo ocurrieron durante el mes octubre, con valores en T de 1,5 Mg ha⁻¹. Concluimos que en las condiciones del ensayo el cultivo de cobertura fue eficiente para el control de EE.

PALABRAS CLAVE: cultivos de cobertura, erodabilidad, conservación de suelos.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Córdoba ocupa una superficie de 16,5 Mha, caracterizada por una amplia diversidad de ambientes producto de su ubicación transicional entre marcados gradientes climáticos, topográficos, materiales originarios de suelos y tipos de vegetación. En estos ambientes, la erosión eólica afecta a una superficie del orden de las 3,3 Mha, principalmente en los departamentos General Roca, Río Cuarto, Juárez Célman y Tercero Arriba (Cisneros *et al.*, 2015).

El incremento de la superficie de maní en estos departamentos aumentó la susceptibilidad de los suelos y la frecuencia de ocurrencia del fenómeno de erosión eólica, en especial en la etapa invernal luego del arrancado y particularmente en años secos. Una alternativa tecnológica para atenuar la erosión eólica y recuperar áreas afectadas es el empleo de cultivos de cobertura (Álvarez *et al.*, 2013). Además, los cultivos de cobertura presentan mayor eficiencia en el control de la erosión eólica que los residuos en superficie debido a un aumento en la capa límite (Mendez, 2010). Sin embargo se carece de información respecto a la respuesta de implantación de cultivos de cobertura luego del cultivo de maní y la eficiencia de dicha cobertura para controlar erosión eólica. Es por ello que los objetivos del siguiente estudio fueron evaluar la implantación de un cultivo de cobertura luego un cultivo de maní y evaluar la eficiencia de control de la erosión eólica.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las cercanías de la localidad Carnerillo ($32^{\circ} 51' 59,9''\text{S}$ y $64^{\circ} 05' 27''\text{W}$). Se efectuaron los siguientes tratamientos: Testigo (T): 1 ha (100 x 100) de suelo sin cobertura y Cultivo de cobertura (CC): Trigo, sembrado en línea, inmediatamente luego de la cosecha del cultivo de maní. Al momento de la siembra se determinó la erodabilidad potencial por medio de la fracción erosionable por el viento (FE). Para comparar las tasas de erosión eólica se instalaron parcelas de medición de 1 ha cada una en el tratamiento testigo y en el de cultivo de cobertura. Las mismas están compuestas por cuatro mástiles con tres colectores BSNE ubicados a 0,135; 0,5 y 1,5m de altura desde el nivel del suelo. Las tasas de erosión se expresan de manera relativa como el cociente del total del material erosionado entre tratamientos y de manera absoluta. Para esto último se calcularon las pérdidas de suelo (Panebianco *et al.*, 2010). Durante el ciclo del cultivo la cobertura fue evaluada mediante métodos digitales utilizando el programa CobCal 2.1. Las variables climáticas medidas fueron: intensidad y velocidad del viento, obtenidas de la estación meteorológica del IPM 226 de Alcira Gigena.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Erodabilidad potencial

La fracción erosionable por el viento fue 36% en CC y 42% en T, lo que significa valores intermedios de erodabilidad potencial. Los valores de fracción erosionable por el viento son menores a los reportados en ensayos similares, en Huinca Renancó (Vicondo *et al.*, 2016). Estos valores indican que en estos suelos la estructura aún sería eficiente para controlar procesos erosivos, siendo importante el rol de materia orgánica y la agregación (Colazo & Buschiazzi, 2010).

Erosión relativa y pérdidas absolutas en la parcela testigo

La Figura 1a muestra la ER durante los periodos de observación. Se observa que el cultivo de cobertura fue eficiente para controlar la erosión desde el primer periodo de muestreo. Esto se debería a que en todos los periodos de medición, los valores de cobertura superan el 30% (Figura 1b), valor umbral considerado para el control de la erosión eólica (Mendez, 2010). Se observa que luego del segundo periodo la eficiencia de control disminuyó ($ER_4 > ER_3 > ER_2$). Si bien el nivel de cobertura aumentó progresivamente durante el ciclo del cultivo, estas mayores eficiencias relativas se debieron al control producido por las malezas, las cuales se establecieron en la parcela testigo.

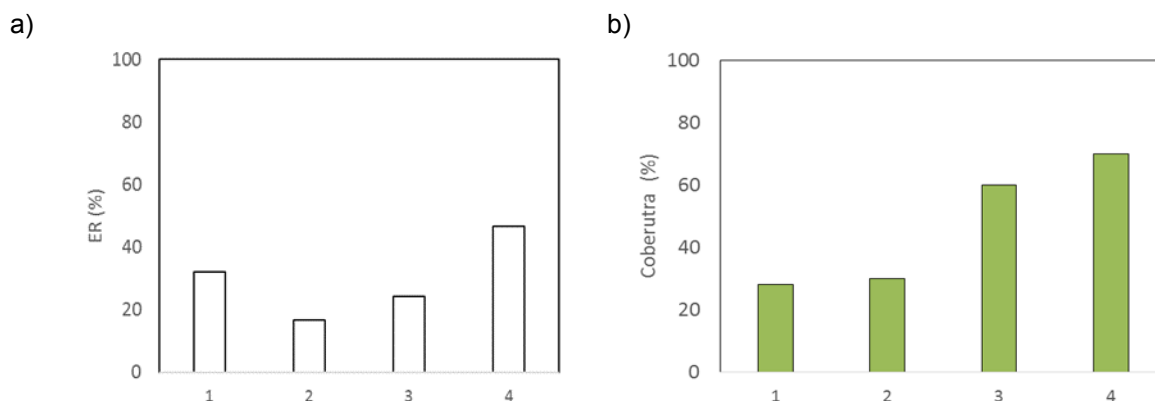


Figura 1. a) Erosión eólica relativa y b) Porcentaje de cobertura del cultivo de trigo en cuatro periodos de medición, 1: 30/08 – 15/09, 2: 15/09- 28/09, 3: 28/09-28/10 y 4: 28/10 – 01/12.

La Figura 2 muestra la pérdida de suelo en T durante los periodos evaluados. Se puede observar que los niveles de erosión fueron bajos, con la excepción de las mediciones de octubre ($1,5 \text{ Mg ha}^{-1}$). Estos valores algunos valores considerados por encima de los valores tolerables de erosión (Verheijen *et al.*, 2009).

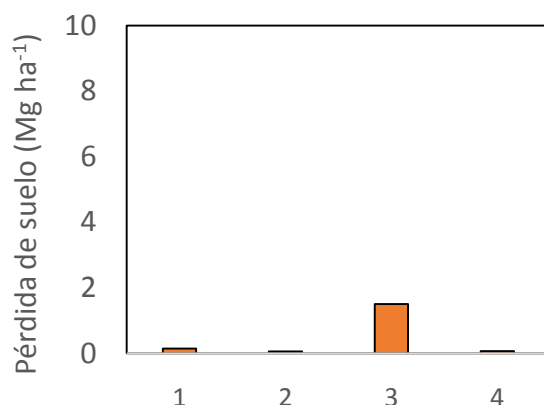


Figura 2. Pérdida de suelos en la parcela testigo en cuatro periodos de medición, 1: 30/08 – 15/09, 2: 15/09- 28/09, 3: 28/09-28/10 y 4: 28/10 – 01/12.

CONCLUSIONES

Concluimos que en las condiciones del ensayo, el cultivo de trigo sembrado en línea luego de la cosecha de maní fue eficiente para el control de erosión eólica.

AGRADECIMIENTOS

A la fundación Maní Argentino por la financiación de los ensayos.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez, C; A Quiroga; D Santos & M Bodrero. 2013. Contribución de los cultivos de cobertura a la sustentabilidad de los sistemas de producción. CABA, Argentina: Editorial INTA.
- Cisneros, JM; A Degioanni; J González; C Cholaky; J Cantero; A Cantero Gutiérrez & J Tassile. 2015. Provincia de Córdoba. Pp 87-100. En Casas R & M Albarracin (Eds.), El deterioro del suelo y del ambiente en Argentina. FECIC.
- Colazo, JC & DE Buschiazzo. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma* 159: 228-236.
- Jarsun, B; JA Gorgas; E Zamora; E Bosnero; E Lovera; A Ravelo & JL Tassile. 2003. Los Suelos. Pp 23-114. Córdoba. Agencia Córdoba Ambiente D.A.C. Y T.S.E.M, INTA.
- Mendez, MJ. 2010. Medición y predicción de la erosión eólica en la región semiárida argentina. Tesis para optar al grado de doctor en agronomía. UNS, Bahía Blanca. 138 pp.
- Panebianco, JE; DE Buschiazzo & TM Zobeck. 2010. Comparison of different mass transport calculation methods for wind erosion quantification purposes. *Earth Surf. Process. Landforms* 35: 1548-1555.
- Verheijen, F; R Jones; R Rickson & C Smith. 2009. Tolerable versus actual soil erosion rates in Europe. *Earth-Science Reviews* 94: 23-38
- Vicondo, ME; MI Genero; R. Haro & JC Colazo. 2016. Cultivo de cobertura post maní para controlar la erosión eólica en el S de Córdoba. En: Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Río Cuarto.

**EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN TRIGO CONTINUO SOBRE
VARIABLES EDÁFICAS BAJO SIEMBRA DIRECTA**

Martínez J.M.¹, M.M. Ron², R.J. Kiessling²

¹Centro Recursos Renovables Naturales de la Región Semiárida (CERZOS)-CONICET, Depto. Agronomía-UNS.

²Depto. Agronomía-UNS.

RESUMEN: La fertilización y las prácticas de manejo como la siembra directa (SD), afectan a las variables edáficas asociadas con la calidad del suelo (CS). El objetivo de este trabajo fue cuantificar los efectos en el mediano plazo de la fertilización nitrogenada continua sobre un monocultivo de trigo (*Triticum aestivum* L.) bajo SD sobre variables edáficas asociadas a la CS en un sitio del Partido de Bahía Blanca. En 2016, se tomaron muestras de suelo en un ensayo de larga duración (comenzado en 2009) de fertilización nitrogenada sobre monocultivo de trigo en las profundidades de 0-6, 0-12 y 0-20 cm. Los tratamientos muestreados fueron las parcelas sin aplicación de nitrógeno (N) en 2009 y 2016, y con diferentes dosis de N aplicado a la emergencia (40 y 80 kg N ha⁻¹) en 2016. Se determinó en las muestras de suelos los siguientes parámetros: carbono orgánico total (COT), N total y pH en todas las profundidades evaluadas. El efecto de mediano plazo del monocultivo de trigo sólo produjo un incremento en el COT para la capa más superficial, debido posiblemente a la acumulación de los residuos en superficie. La fertilización nitrogenada no afectó significativamente a las variables edáficas COT y Nt para ninguna de las capas de suelo. Sin embargo, se hallaron diferencias significativas para pH según dosis aplicadas, con menores valores de pH con la dosis de N más elevada. Se demostró una disminución del pH con la fertilización nitrogenada a profundidades de muestreo de hasta 12 cm. Esto indica que la CS se vio afectada por la aplicación de N, reiterada anualmente entre 2009 y 2016. El frecuente aumento de la MO a expensas de una disminución en el pH no se verificó en los plazos y profundidades de muestreo evaluadas.

PALABRAS CLAVE: pH, Región semiárida, *Triticum aestivum* L.

INTRODUCCIÓN

Los experimentos de larga duración (ELD) son esenciales para proveer la base científica del uso racional de los suelos (Sharifi *et al.*, 2008). En la Región Pampeana se han llevado a cabo ELD para comparar el efecto de rotaciones o secuencias de cultivos sobre propiedades edáficas (Studdert & Echeverría, 2000; Minoldo, 2010; Kiessling, 2012; Duval *et al.*, 2013; Ron *et al.*, 2013). En las experiencias nombradas el trigo continuo es uno de los tratamientos y recibe una fertilización estándar.

En las últimas tres décadas, la preocupación por la sostenibilidad de los sistemas agropecuarios ha incentivado el desarrollo de índices a fin de evaluar y monitorear la calidad de los suelos (Doran & Parkin, 1994). Debido a la amplia difusión del análisis de suelos para la evaluación de la fertilidad se ha considerado el valor potencial de las determinaciones tradicionales para construir indicadores. Entre estas se destacan, tanto a nivel internacional como nacional, la materia orgánica (MO), estimada directamente o a través del carbono o nitrógeno, y el pH (Karlen *et al.*, 2001; Casas *et al.*, 2008).

La SD es una de las prácticas de manejo recomendadas para aumentar la MO en los ecosistemas agrícolas (Lal *et al.*, 1998). La fertilización nitrogenada debería contribuir a incrementar los contenidos de MO. Sin embargo, este efecto es dependiente de muchos factores, entre ellos la profundidad considerada (Stewart *et al.*, 2017).

En los ambientes frágiles de la Región Semiárida es aún más crucial sostener la MO. Migliarina *et al.* (2000) y Galantini & Rosell (2006) reportaron efectos positivos de la fertilización nitrogenada sobre algunas propiedades químicas, más precisamente sobre la MO del suelo en un monocultivo de trigo bajo labranza convencional. Con respecto a este punto, cobra importancia el riesgo de acidificación antrópica dada la difusión de fertilizantes con N amídico o amoniacal, que se suma a una mayor extracción de bases cuando hay respuesta física a la aplicación. El proceso de acidificación depende de varios factores, tales como las características del suelo, el sistema de producción y el ambiente considerado (Bouman *et al.*, 1995).

En el sudoeste bonaerense los estudios que evalúan los efectos a largo plazo del monocultivo de trigo bajo SD y de la tecnología de fertilización nitrogenada son aun incipientes. El objetivo de este trabajo fue cuantificar los efectos en el mediano plazo de la fertilización nitrogenada continua sobre un monocultivo de trigo bajo SD sobre variables edáficas asociadas a la CS en un sitio del Partido de Bahía Blanca.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se llevó a cabo en un establecimiento ubicado en Colonia Napostá, a 35 km de la ciudad de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires), cabecera del partido homónimo. El paisaje del área es plano y constituye mayormente el resultado de episodios eólicos, procesos de erosión/deposición y eventos de origen marino. Se clasificó el suelo como un Paleustol Petrocálcico, franco grueso térmico (Soil Survey Staff, 2014). El edafoclima es ústico-térmico (Amiotti *et al.*, 2010). La precipitación promedio anual en la zona es de 560 mm (media 1860-2006), concentrándose dos terceras partes en otoño y primavera. Se registran una estación seca a fines del invierno y una semiseca a mediados de verano (enero y febrero). En esos meses la evapotranspiración potencial más que duplica las precipitaciones (Scian, 2010), lo que constituye una limitación difícil de franquear para la producción de cultivos de verano. En 2009 se instaló un ensayo de fertilización nitrogenada en trigo bajo SD, con un diseño de bloques completos al azar (unidad experimental de 60 m²) y seis tratamientos. Estos consistieron en dosis y épocas de aplicación de N: testigo, 40 y 80 kg N ha⁻¹, en siembra-emergencia o macollaje, y la dosis mayor repartida entre las dos épocas, en dos fracciones iguales. El N se aplicó como urea granulada (46-0-0) al voleo en forma manual. El análisis en muestras de la capa arable (0-12 cm) al comienzo del ensayo (año 2009) arrojó valores de 17 g de carbono orgánico kg⁻¹ (Walkley & Black, 1938), 9 mg fósforo extraíble kg⁻¹ (Bray & Kurtz, 1945) y 7,6 de pH (relación suelo: agua 1:2,5). Una caracterización minuciosa del estado inicial del sitio de ensayo en cuanto a parámetros de fertilidad química y su variabilidad espacial en un diseño de bloques se informa en un trabajo anterior (Orden *et al.*, 2011). A los siete años del inicio del estudio se colectaron muestras compuestas (10-15 muestras simples) en las profundidades de 0-6, 0-12 y 0-20 cm en las unidades experimentales que durante siete campañas consecutivas habían recibido anualmente 0, 40 y 80 kg N ha⁻¹ aplicados al momento de emergencia (0, 40E, 80E). En dichas muestras y en las extraídas inicialmente se analizaron MO estimada a partir del método de calcinación a 550° durante 4 h (Martínez *et al.*, 2017a), N total de los suelos (Nt) por el método Kjeldahl (Bremner, 1996) y pH en suspensión suelo-agua 1:2,5 por el método potenciométrico. Se estimó el carbono orgánico total (COT) a partir de la MO utilizando un factor de conversión de 0,5 g COT g⁻¹ MO (Martínez *et al.*, 2017a). Para evaluar el efecto a mediano plazo del monocultivo de trigo se compararon en cada profundidad las determinaciones realizadas en las parcelas testigo (2016) con las iniciales (2009) empleando una prueba t a dos colas. Además, se realizó el análisis de la varianza (ANOVA) y comparación de medias mediante el test de diferencias mínimas significativas (DMS) de Fisher ($p < 0,05$) para estudiar la influencia de la fertilización sobre las variables edáficas. Se empleó el paquete estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Efecto del monocultivo del trigo en el mediano plazo

El monocultivo de trigo aumentó significativamente el COT en la capa más superficial de las parcelas sin fertilización (Figura 1). Este incremento no se tradujo proporcionalmente en el Nt sugiriendo una tasa de acumulación de carbono superior a la de N, más allá de la variabilidad inherente a las mediciones (Schipper & Sparling, 2011). Esto es debido al aporte de residuos de cultivos generada por la SD, que favorecen una mayor acumulación superficial del COT (Buschiazzo *et al.*, 1998; Martínez *et al.*, 2017b). Este resultado contrasta a lo hallado por Duval *et al.* (2013) para un ensayo de largo plazo en la región semiárida, quienes encontraron incrementos en el COT superficial bajo SD con un monocultivo de trigo solo cuando se fertilizó con N. El pH se mantuvo estable probablemente porque la extracción de bases por el cultivo no fue demasiado importante y por reposición de estratos inferiores al estudiado (Ron *et al.*, 2011). El incremento registrado en la MO no ocurrió a expensas de una disminución en el pH en la profundidad estudiada como la reportada por Buschiazzo & Panigatti (1996).

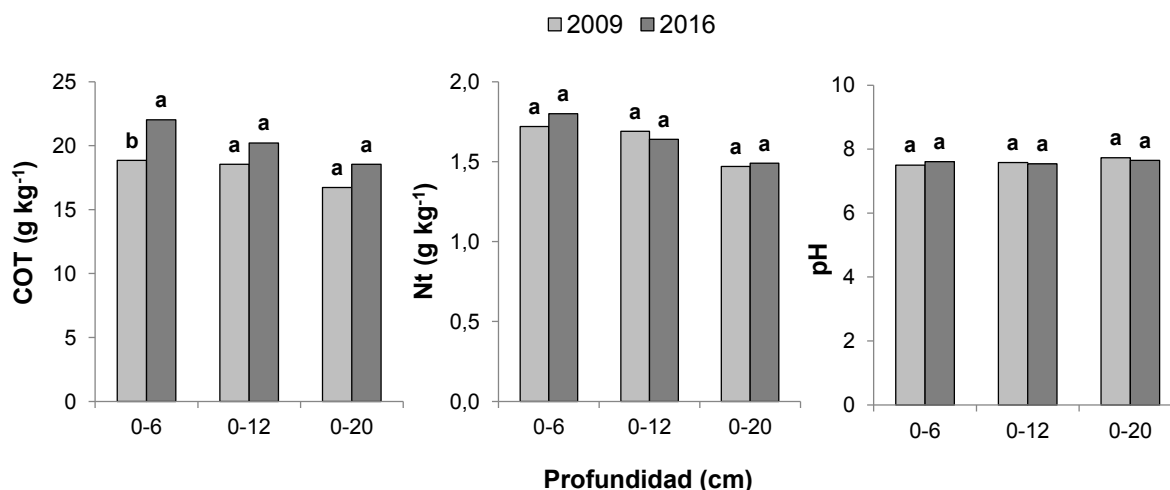


Figura 1. Efectos de mediano plazo (2009-2016) del monocultivo de trigo sobre el COT, Nt y pH en 0-6, 0-12 y 0-20 cm. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para una misma profundidad.

Efectos de la fertilización nitrogenada sobre trigo continuo

El ANOVA no detectó diferencias significativas en COT y Nt por aplicación de N para ninguna de las capas de suelo evaluadas (Figura 2). Sin embargo, se observó una tendencia a mayores valores de estas variables con la fertilización, como era esperable por la respuesta física en biomasa observada en el ensayo (Ron *et al.*, 2016). Se mantuvo la estratificación observada en las parcelas sin fertilizar. Por otra parte, se registró una disminución significativa del pH con la dosis de N en 0-6 cm y 0-12 cm (Figura 2). En general, el pH desciende en sistemas agrícolas bajo SD como resultado de la aplicación de fertilizantes nitrogenados (Blevins *et al.*, 1983). Este resultado es coincidente con lo hallado por Minoldo (2010), en un suelo bajo labranza convencional hasta la capa de 0-10 cm en un Haplustol Éntico del partido de Púan (Provincia Buenos Aires). En este estudio el proceso degradativo trascendió el espesor más superficial cuando se aplicaron anualmente 80 kg N ha⁻¹, dosis que excede los requerimientos habituales del cultivo de trigo en el área de estudio.

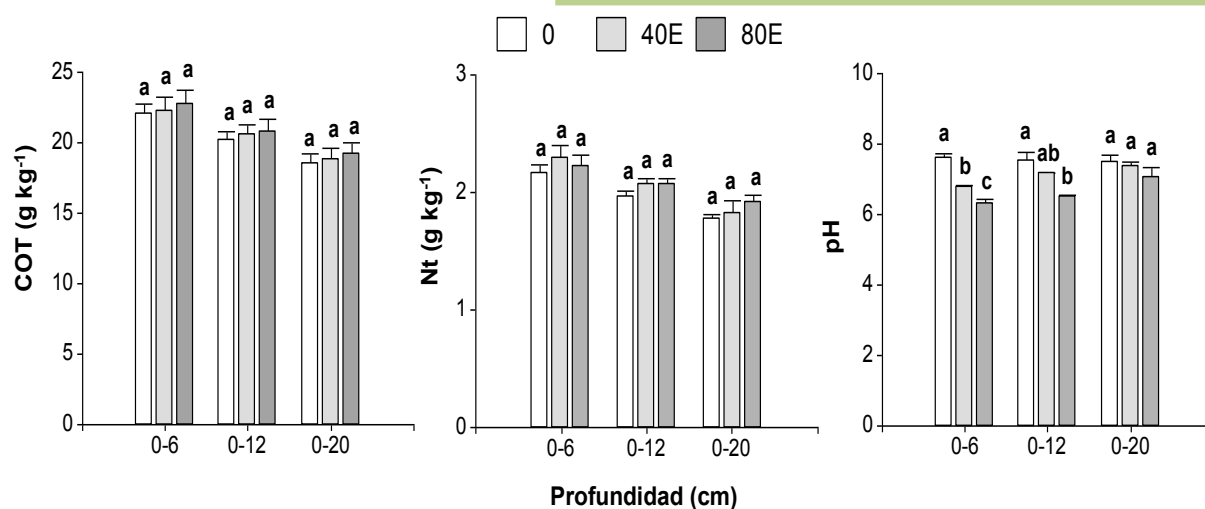


Figura 1. Efectos de mediano plazo de la fertilización nitrogenada sobre el COT, Nt y pH en 0-6, 0-12 y 0-20 cm. Letras diferentes indican diferencias significativas ($p < 0,05$) para una misma profundidad.

CONCLUSIONES

Se demostró una disminución del pH con la fertilización nitrogenada a profundidades de muestreo de hasta 12 cm. Esto indica que la CS se vio afectada por la aplicación de N, reiterada anualmente entre 2009 y 2016. En las parcelas sin fertilización la MO del suelo aumentó en superficie por los aportes de biomasa del cultivo anual en el periodo considerado. Este efecto del monocultivo de trigo sólo se comprobó en la capa más superficial. El frecuente *trade-off* del aumento de la MO a expensas de una disminución en el pH no se verificó en los plazos y profundidades de muestreo evaluadas.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo fue parcialmente financiado por el Departamento de Agronomía de la Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina PGI 24/A206. El ensayo surgió de un convenio de cooperación de Investigación y Desarrollo entre la Fundación de la Universidad Nacional del Sur y PROFERTIL S.A.

BIBLIOGRAFÍA

- Amiotti, NM; MC Blanco; E Schmidt; & S Díaz. 2010. Variabilidad espacial de los suelos y su relación con el paisaje. En: Paoloni JD (ed). Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Pp. 129-173. EdiUNS. Bahía Blanca, Buenos Aires.
- Blevins, RL; MS Smith; GW Thomas & WW Frye. 1983. Influence of conservation tillage on soil properties. J. Soil Water Conserv. 38:301-305.
- Bouman, OT; D Curtin; CA Campbell; VO Biederbeck & H Ukrainetz. 1995 Soil acidification from long-term use of anhydrous ammonia and urea. Soil Sci. Soc. Am. J. 59:1488-1494.
- Bray, R & L Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. Soil Science, 59:39-45.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen total. In: Methods of soil analysis. Part 3: Chemical Methods; Sparks, DL (ed). Pp. 1085-1123. SSSA. Madison, WI.
- Buschiazzo, D & J Panigatti. 1996. Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Consideraciones finales. En: Buschiazzo, D; J Panigatti & F Babinec (eds). Labranzas en la Región Semiárida Argentina. Pp. 147-156. Centro Regional La Pampa-San Luis. Santa Rosa, La Pampa.

- Buschiazzo, D; J Panigatti & P Unger. 1998. Tillage effects on soil properties and crop production in the subhumid and semiarid Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 49:105–116.
- Casas, R; D Ligier; AM Lupi; NA Mórtola & A da Veiga. 2008. Primer Documento Base de Trabajo para El Taller: Indicadores de la Calidad Ambiental para el Manejo Sustentable de los Agroecosistemas. Instituto de Suelos. Programa Nacional Ecorregiones. Publicación especial INTA. Buenos Aires. Argentina.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat, versión 2013, Grupo InfoStat, FCA. Universidad Nacional de Córdoba (Argentina).
- Doran, JW & BT Parkin. 1994. Defining and assessing soil quality. In: *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*, Doran, JW et al. (Eds.). Pp. 3-21. Soil Science Society of America. Madison, WI.
- Duval, M; JA Galantini; JO Iglesias & H Krüger. 2013. El cultivo de trigo en la región semiárida bonaerense: impacto sobre algunas propiedades químicas del suelo. *Rev. Invest. Agropec.* 39(2):178-184.
- Galantini, JA; ME Duval; JO Iglesias & H Krüger. 2014. Continuous wheat in semiarid regions: Long-term effects on stock and quality of soil organic carbon. *Soil Sci.* 179: 284-292.
- Galantini, JA & R Rosell. 2006. Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils. *Soil Till. Res.* 87: 72-79.
- Karlen, DL; SS Andrews & JW Doran. 2001. Soil Quality: current concepts and applications. *Adv. Agron.* 75: 1-40.
- Kiessling, RJ. 2012. Cambios en algunas propiedades químicas y físicas del suelo en sistemas productivos del sudoeste bonaerense: efecto del sistema de labranza, nivel de fertilización nitrogenada y pastoreo directo. . Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 131 págs.
- Lal, R; JM Kimble; RF Follett & CV Cole. 1998. The Potential for US Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect. *Ann Arbor Science*, Chelsea MI.
- Martínez JM; ME Duval; FM López; JO Iglesias & JA Galantini. 2017a. Ajustes en la estimación de carbono orgánico por el método de calcinación en Molisoles del sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 35: 183-189.
- Martínez JM; JA Galantini; ME Duval & FM López. 2017b. Tillage effects on labile pools of soil organic nitrogen and relationships with wheat crop in a semi-humid climate: A long-term field study. *Soil Till. Res.* 169:71-80.
- Miglierina, AM; JO Iglesias; MR Landriscini; JA Galantini & RA Rosell. 2000. The effects of crop rotations and fertilization on wheat productivity in the pampean semiarid region of Argentina. 1. Soil physical and chemical properties. *Soil Till. Res.* 53: 129-135.
- Minoldo, G. 2010. Impacto de largo plazo de diferentes secuencias de cultivos del sudoeste bonaerense sobre algunas propiedades químicas del suelo y la productividad del trigo. Tesis de Magister en Ciencias Agrarias, Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur, 153 págs.
- Orden, L, ME Mandolesi, RJ Kiessling & MM Ron. 2011. Variabilidad espacial de fertilidad química del suelo en un diseño de bloques. *Spanish J. Soil Sci.* 1 (1): 54-69.
- Ron M. M., M. E. Mandolesi, C. Facchinetti & R.J Kiessling. 2011. Efecto antrópico sobre la fertilidad química de un suelo en el sudoeste bonaerense. *Ciencia del Suelo* 29 (2): 223-231
- Ron, MM; ME Mandolesi; R Storniolo; ML Manso & H Forján. 2013. Variabilidad temporal y espacial del carbono orgánico total en un ensayo de rotaciones en siembra directa del centro sur bonaerense. *Jornada Nacional: Impacto de los sistemas actuales de*

- cultivo sobre las propiedades químicas del suelo: efectos sobre los balances de C”
Comité Química de Suelos de la AACCS. 8 de Abril de 2013. 5 páginas
- Ron, MM; JM Martínez, & RJ Kiessling. 2016. Comportamiento del trigo continuo, bajo fertilización nitrogenada en el partido de Bahía Blanca. XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo Río Cuarto, Córdoba, Argentina. 27 de Junio - 01 de Julio de 2016
- Scian, B. 2010. Clima - Bahía Blanca y sudoeste bonaerense. En: J.D. Paoloni, (editor). Ambiente y recursos naturales del partido de Bahía Blanca. Bahía Blanca (Argentina): EdiUNS. p. 29-97.
- Schipper, LA & GP Sparling. 2011. Accumulation of soil organic C and change in C:N ratio after establishment of pastures on reverted scrubland in New Zealand. *Biogeochem.* 104:49–58.
- Sharifi, M; BJ Zebarth; DL Burton; CA Grant; S Bittman; CF Drury; BG McConkey & N Ziadi. 2008. Response of potentially mineralizable soil nitrogen and indices of nitrogen availability to tillage system. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 72:1124-1131.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Washington, DC: USDA-Natural Resources Conservation Service.
- Stewart, CE; AD Halvorson & JA Delgado. 2017. Long-term N fertilization and conservation tillage practices conserve surface but not profile SOC stocks under semi-arid irrigated corn. *Soil Till. Res.* 171:9-18.
- Studdert, GA & HE Echeverria. 2000. Crop rotations and nitrogen fertilization to manage soil organic carbon dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64(4):1496-1503.
- Walkley A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.* 37: 29-38.

SUFUSIÓN EN SUELOS HOLOCENOS (SAN LUIS, ARGENTINA)

Tognelli G.C.¹, A.C. Basaez^{1,2}

¹Dpto. Geología, Universidad Nacional de San Luis, Ejército de los Andes 950 (5700) San Luis. - tognelli.tognelli@gmail.com

²CCT-UNSL, Almirante Brown 907 (5700) San Luis. - acbasaez@gmail.com

RESUMEN: Los procesos de erosión en túnel (piping) o sufusión, tienen gran importancia en el modelado de las cuencas sedimentarias semiáridas. Sus formas resultantes no son muy comunes y/o no se encuentran muy estudiados en la Argentina, sin embargo, tienen una gran importancia en los procesos erosivos formadores de cárcavas. En el presente trabajo, se presentan sitios puntales con desarrollo de sufusión, los cuales han generado numerosos problemas a los vecinos de la localidad de “El Durazno Alto”, San Luis, Argentina, el impacto causado por la evolución del proceso en la infraestructura existente y las medidas ingenieriles que se han llevado a cabo para palear dicho problema.

PALABRAS CLAVE: sufusión, piping, conductos naturales.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio se encuentra entre los paralelos 33° 07' y 33° 11' de latitud Sur y los meridianos 66° 04' y 66° 08' de longitud Oeste, en la localidad de El Durazno Alto, en el piedemonte sur de la Sierra de San Luis, provincia de San Luis, Argentina (Figura 1).

La mayoría de los depósitos que cubren el área, pertenecen al Cuaternario (más del 85%), y corresponden a sedimentos de origen eólico de tipo loess y loessoide (loess retrabajados) (Ramonell *et al.*, 1993).

El loess fue depositado principalmente en las planicies pedemontanas oriental y occidental de las Sierras de San Luis y Comechingones respectivamente, cubriendo además las pampas de altura y las depresiones intermontanas de ambas elevaciones.

Diversas unidades estratigráficas portadoras de loess han sido definidas en la provincia, la de mayor relevancia para este trabajo es la formación Barranquita definida por Latrubesse & Ramonell (1990a). En la ladera oriental de las sierras de San Luis es factible reconocer sobre esta formación, procesos erosivos de importante manifestación a los cuales Tognelli *et al.* (2016), describieron como el avance hacia las cabeceras de una cárcava, la cual obstruyó y cortó rutas y caminos vecinales, cañerías de agua y energía eléctrica.

La manifestación de este proceso erosivo, sin embargo, “No” es el conocido comúnmente como erosión retrocedente de las cabeceras, sino que se debe a una erosión de tipo vertical o hacia lo profundo del perfil del suelo, denominado *sufusión o piping*.

Los procesos y las formas de modelado por sufusión, piping o sifonamiento, tienen un gran significado en el contexto de los sistemas morfogénicos, hidrológicos y en definitiva, de los fenómenos de erosión. La terminología conceptual relativa al piping es muy amplia, así como los diferentes sistemas de clasificación, con lo que, con frecuencia, confunden la variedad de modelados y procesos que se intenta describir.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se llevó a cabo la identificación del área de trabajo en base a imágenes satelitales obtenidas desde Google Earth. Se realizó un mapeo del cárcavamiento producido de los sitios puntales donde pudieron identificarse procesos de sufusión. Luego de analizar las imágenes satelitales, se definió un lugar específico para el relevamiento de un perfil de suelo (Figura 2) que pudiera caracterizar el sustrato del lugar.

En el perfil se identificaron un total de 6 (seis) horizontes, de cada uno de ellos se tomaron muestras representativas para su análisis en el laboratorio. Se realizó un análisis textural de todas las muestras a través del método del densímetro de Boyoucos, se obtuvo el porcentaje de Materia Orgánica por vía húmeda, siguiendo la metodología de Walkley & Black (1934), se calculó el porcentaje de carbonatos utilizando un calcímetro de Schibler y se determinó el Ph de cada muestra. Se estimó la densidad aparente de dos muestras extraídas. Todo ello con el fin de poder establecer los parámetros de suelos que se relacionan directamente con las condiciones de formación del proceso de piping.

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Se identificaron en el área 2 cárcavas de reciente formación, cuya dirección y sentido es NNO a SSE (Figura 1), siguiendo una de las estructuras mayores del basamento cristalino, el que se ubica en el área entre los 0,50 a 15 m de profundidad por debajo de los sedimentos loésicos y loessoides, cuya evolución ha formado los suelos desarrollados en el área.

La cárcava ubicada al norte del área de estudio (Figura 1) ha sido la más estudiada, ya que su formación afectó a los pobladores del lugar cortando el camino que une sus viviendas con la ruta provincial N° 9, en ella se levantó un perfil geológico (Figura 2), tomando muestras en los diferentes horizontes identificados, las cuales, luego de analizarlas texturalmente, pudieron clasificarse como "limos arenosos", de acuerdo a la clasificación de Folk (1974) (Figura 3).

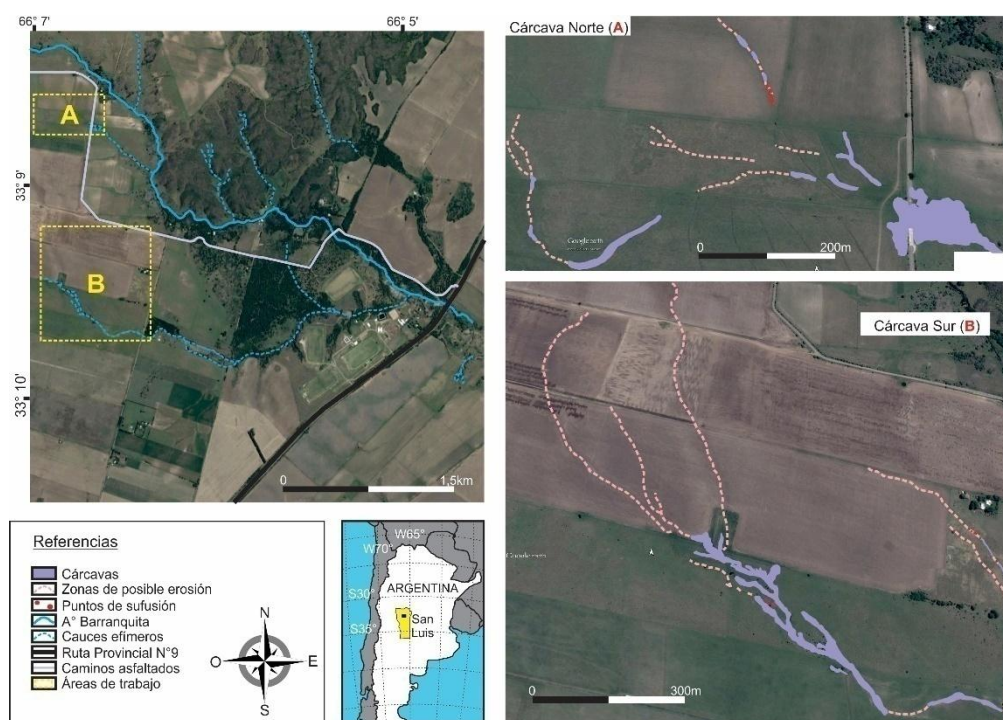


Figura 1. Área de estudio, cárcavas Norte y Sur con desarrollo de sufusión.

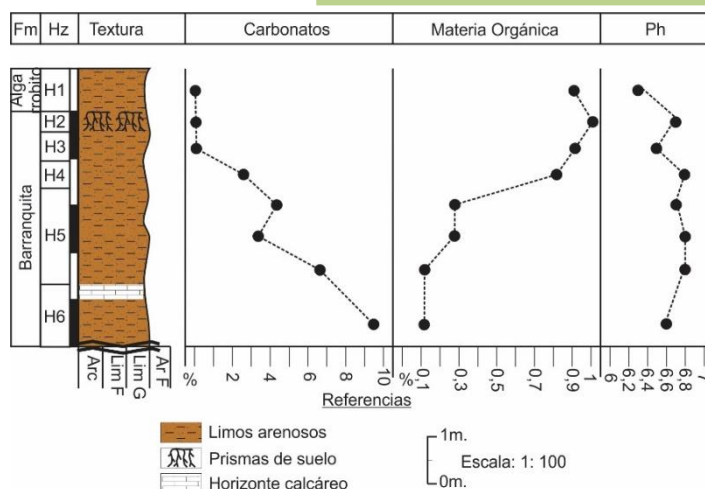


Figura 2. Perfil estratigráfico relevado en la cárcava Norte.

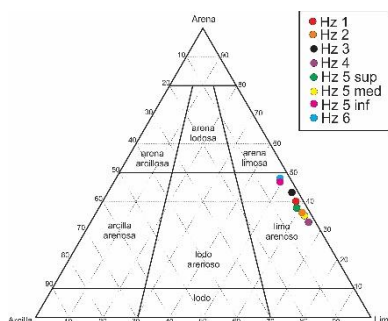


Figura 3. Composición textural de los diferentes horizontes de acuerdo a la clasificación de Folk 1994.

Esta composición textural presenta poca resistencia a la erosión hídrica, debido a la escasez de arcillas, lo cual genera poca cohesividad y escaso aglutinamiento de los materiales del suelo.

Los porcentajes de Materia Orgánica (aglutinante natural junto a las arcillas que presentan los suelos) obtenidos por vía húmeda, según la metodología de Walkley & Black (1934), arrojaron buenas proporciones en superficie, pero disminuyen paulatinamente en profundidad, lo que genera, un perfil de suelos poco estructurado por lo tanto presentan una alta susceptibilidad a la “erosión” hacia la base.

Tabla 1. Parámetros obtenidos de los horizontes.

Muestra	pH	CaCO ₃ (%)	MO (%)
HZN°1	6,3	0,026	0,98
HZN°2	6,7	0,03	1,01
HZN°3	6,5	0,031	0,93
HZN°4	6,8	2,67	0,83
HZN°5 sup	6,7	4,18	0,29
HZN°5 med	6,8	3,58	0,29
HZN°5 inf	6,8	6,85	0,11
HZN°6	6,6	9,67	0,11

Los porcentajes de carbonatos, tampoco colaboran con la estructura del suelo, ya que si bien existen en diversas proporciones a lo largo del perfil, específicamente más concentrados por debajo de los 1,5 metros, a los 5,5 metros aproximadamente, la abundancia de los mismos forma una capa impermeable, que actúa como superficie de escurrimiento, generando que el agua percole a través del sustrato hasta la misma, y que en lugar de infiltrarse, migre por encima de ella, generando pequeños conductos o canales por los que circula el agua, transportando material, y generando cuevas o cavernas en el sustrato, que al ir acrecentándose, provocan finalmente el colapso del mismo.

Finalmente, se analizó el régimen de precipitaciones para un periodo de 10 años de registro (Red de Estaciones Meteorológicas de la provincia de San Luis), la que arrojó una media anual de entre 600 mm y 900 mm, según su proximidad al frente serrano, del mismo se desprende que, la precipitación acumulada entre octubre de 2015 y abril de 2017 es de 1678 mm. Esto, más las intensas lluvias de los meses de enero y febrero de 2016, donde se midieron intensidades de 65mm/h, aceleraron notablemente el proceso de sufusión en la zona, provocando la removilización del material medido por Tognelli *et al.* (2016).

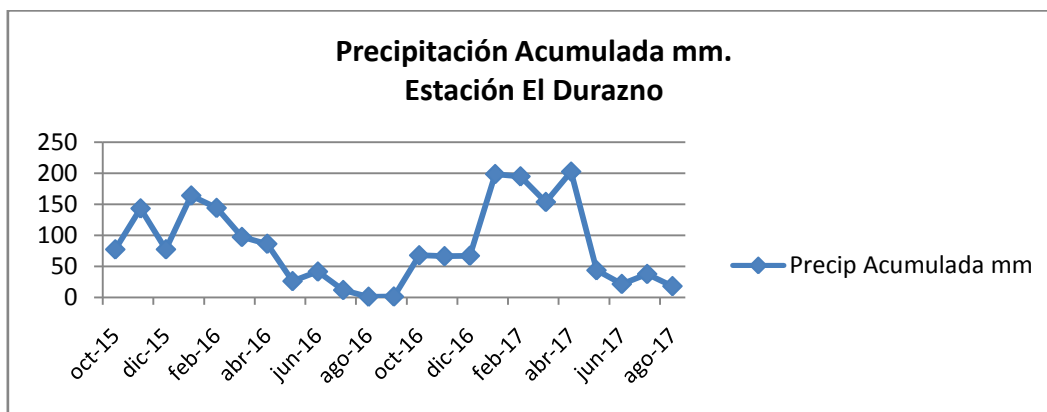


Figura 4. Precipitación acumulada para el período octubre 2015-agosto 2017. Estación el Durazno. Datos suministrados por la Red de Estaciones Meteorológicas San Luis

Vialidad Provincial en conjunto con el Municipio de Estancia Grande, realizaron un puente en la cárcava norte, intentando solucionar el problema de comunicación ocasionado por el corte de un camino vecinal arrasado por sufusión en el área (Figuras 5 y 6). Se ha podido advertir que no se habría realizado el correcto anclaje del mismo, y que se habría ignorado el proceso que generó el problema. Sumado a esto, se realizaron tareas de deforestación en el área circundante, para la construcción de una explanada para el obrador, lo cual actúa como un área totalmente expuesta a los agentes erosivos, y en la cual ya se han empezado a formar tubos verticales por sufusión y micro-carcavamientos (Figuras 7 y 8) asociados al mismo proceso, que podrían desencadenar a futuro, movilizaciones mayores de material.



Figura 5. Camino vecinal arrasado por procesos sufusión.



Figura 6. Construcción de puente realizada por Validad Provincial.



Figuras 7 y 8. Formación de tubos verticales y micro-carcavamientos.

CONCLUSIONES

El proceso que afecta la zona de estudio, se genera con la infiltración puntual del agua, y la migración de la misma en profundidad buscando zonas donde pueda descargarla. El proceso geomorfológico antrópico observado, comienza con la extracción de la cubierta vegetal para el cambio de uso del suelo, primero para cultivos y luego para pastoreo. El flujo o carga de animales vacunos y equinos, ha ocasionado la formación de senderos creados por los animales en zonas bajas y a favor de la pendiente, los que se constituyeron en agentes morfológicos extrínsecos, generando una compactación de los primeros centímetros de los suelos existentes, lugar por donde se encauzan las aguas de las precipitaciones formando canales que presentan depresiones, es en esta zona donde comienza a percolar el agua, produciendo una oquedad que es ensanchada progresivamente por la entrada de nuevos flujos hídricos arrastrando consigo los agregados finos, creando un drenaje interno o “tubificación” en el suelo. Para que esto suceda, debe haber una superficie impermeable, que actúe como barrera para que el agua no siga

infiltrándose, que en este caso, esa superficie es de tipo carbonático ubicada entre los 4,7 y 5 m de profundidad.

Estos factores, sumados a la elevada intensidad de las precipitaciones y a la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión tanto superficial como subsuperficial, han sido los responsables de los procesos erosivos de piping que desencadenaron la formación instantánea de las cárcavas produciendo altas tasas de sedimentación en la cuenca baja.

Si en la construcción de la obra de arte llevada a cabo, (Figura 7) no se hizo un anclaje por debajo de la capa de carbonatos (superficie que se comporta como impermeable por donde escurren los flujos infiltrados), este costoso puente realizado para remediar los problemas generados por los procesos morfológicos descriptos precedentemente, no tendrán la vida útil estimada frente al avance del piping.

BIBLIOGRAFÍA

- Folk, R. 1974. The petrology of sedimentary rocks. Hemphill Publishing Co. 182 p., Austin, Texas, USA.
- Latrubesse, E & C Ramonell. 1990a. Unidades litoestratigráficas del Cuaternario en la provincia de San Luis, Argentina. 11° Congreso Geológico Argentino: 109-112, San Juan.
- Ramonell, C; M Iriondo; R García & R Kromer. 1993. Paleovientos del Holoceno superior en San Luis: Modelo de circulación e interacción anticiclónica en Argentina. Simposio Internacional de Cuaternario de Amazonas. Universidade do Amazonas. Manaus, Brasil.
- Red de Estaciones Meteorológicas de la provincia de San Luis, Gobierno de San Luis.
- Tognelli, G; A Basaez & C Gardini. 2016. Fenómenos de Carcavamiento en El Durazno Alto, San Luis, Argentina. 7° Congreso Latinoamericano de Sedimentología y 15° Reunión Argentina de Sedimentología: 167, La Pampa.
- Walkley, A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29- 38.

CULTIVOS DE COBERTURA EN LA REGIÓN CENTRAL DE CÓRDOBA

Esmoriz G.F., L.I. Molina Ordoñez, C.I. Vettorello, F. Ramos

Cátedra de Manejo de Suelos, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. gesmoriz@agro.unc.edu.ar

RESUMEN: El uso de cultivos de cobertura puede ser una alternativa para incrementar la infiltración del agua, disminuir escorrentía y prevenir la erosión. El objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad de los cultivos de cobertura en la región central de Córdoba en relación al agua del suelo. El ensayo se realizó durante dos años en un establecimiento ubicado a 22 km al sur oeste de la ciudad de Córdoba. Se realizaron mediciones sobre un tratamiento testigo (T) con barbecho químico, y otro en el que se utilizó centeno como cultivo de cobertura (CC). Se determinó agua del suelo cada 20 cm hasta los 2 m de profundidad, eficiencia de uso del agua, producción de materia seca del cultivo de cobertura, y rendimiento del cultivo de soja. CC se diferenció del contenido hídrico respecto a T a medida que avanzó el ciclo de crecimiento del cultivo de cobertura hasta el secado, sin embargo en el primer año, con siembra temprana del cultivo de cobertura, no mostró diferencias significativas en el agua útil a la siembra del cultivo estival debido una mayor eficiencia en la captación y conservación de agua del suelo en ese período. En el segundo año, con siembra tardía del cultivo de cobertura y precipitaciones que no lograron la recarga de los perfiles en igual período, a la siembra del cultivo estival el tratamiento CC tuvo 85 mm menos de agua útil. Durante el desarrollo del cultivo de soja esa diferencia que disminuyó a 40 mm en el estado de R6, mostrando una mejor dinámica del agua del suelo. El rendimiento del cultivo de soja no marcó diferencias el primer año. En el segundo fue menor en el tratamiento con cultivo de cobertura como antecesor, sin llegar a ser esta diferencia significativa. La siembra temprana del cultivo de cobertura mejoró la producción de materia seca y eficiencia de uso del agua al momento de secado permitiendo una mejor recarga del perfil a la siembra del cultivo estival. Estos resultados preliminares indican que la incorporación de cultivos de cobertura en el sistema no afectan la oferta hídrica del cultivo sucesor en años con precipitaciones medias de la zona.

PALABRAS CLAVE: cultivo de cobertura, agua útil, semiárido.

INTRODUCCION

En la provincia de Córdoba, Argentina, la escasa participación de las gramíneas en los sistemas de producción agrícolas han generado suelos con poca cobertura, baja estabilidad estructural, compactación superficial, reducción de la infiltración, disminución de materia orgánica en superficie y de la capacidad de retención de agua en el perfil hasta los 20 cm (Rollán *et al.*, 2004). En estas condiciones, el suelo se convierte en el escenario ideal para incrementar la escorrentía superficial y erosión hídrica (Horn & Fleige 2000). Una alternativa planteada por varios autores para atenuar el deterioro de los suelos es la incorporación de cultivos de cobertura (Rubio *et al.*, 2012). Entre los beneficios que ella presenta, está la disminución de la pérdida de carbono de los suelos, captura de nutrientes, prevención de la erosión, incremento de la infiltración, reducción de pérdidas de agua por lixiviación y mayor simplicidad en el control de malezas. (Ruffo, 2003; Teasdale & Mohler, 1993; Daliparthi *et al.*, 1994; Unger & Vigil, 1998). Hoyt *et al.* (2004), agregan que en planteos de siembra directa, los efectos mencionados se ven reflejados en un mayor rendimiento en años secos. Sin embargo, estos beneficios pueden ser limitados por el consumo de agua durante el invierno, que podría interferir en la normal oferta hídrica para el cultivo estival (Munawar *et al.* 1990; Duarte, 2002; Scianca *et al.*, 2008;). Según Ruffo (2003), el momento de

terminación del crecimiento de estos cultivos de cobertura debe adecuarse siguiendo dos criterios: primero, lograr una producción de biomasa que garantice una importante cobertura y aporte carbono, y segundo, ajustarse zonalmente a las precipitaciones para asegurar la recarga del perfil con las lluvias de primavera.

Unger & Vigil (1998), encontraron que los cultivos de cobertura disminuyen el agua en el suelo durante el período de crecimiento y conservan agua una vez finalizado su ciclo. Por su parte, Lardone *et al.* (2012), obtuvieron respuestas similares usando como cultivo de cobertura al centeno, donde los lotes en barbecho tenían mejores condiciones hídricas durante el invierno. Los mismos autores mostraron que al inicio del cultivo estival, los valores de agua útil, fueron mayores en los tratamientos con cobertura, lo cual atribuyeron a la menor evaporación. Asimismo, indicaron que para fechas de secado tempranas, la biomasa total del cultivo de cobertura fue menor, mientras que el agua útil y los nutrientes fueron mayores, lo que se tradujo en mayor disponibilidad de nutrientes para los cultivos de verano. Los resultados obtenidos por la inclusión de los cultivos en la rotación son muy variables entre sitios (Unger & Vigil, 1998), dada la cantidad de factores involucrados (clima, suelo, manejo), y la fuerte interacción entre ellos (Galantini, 2008).

El objetivo de este trabajo fue determinar la factibilidad de los cultivos de cobertura, en relación al agua del suelo, para la región central de Córdoba.

MATERIALES Y MÉTODOS

El ensayo se realizó durante dos temporadas, en un establecimiento ubicado sobre la ruta provincial 5 a 22 km al sur oeste de la ciudad de Córdoba, Argentina. El área posee un clima semiárido con 820 mm de precipitación media anual y con inviernos secos. El suelo es un haplustol éntico de textura franco limosa con pendiente entre el 1 y 1,5 %.

Se hicieron dos tratamientos: un testigo (T), y otro con cultivo de cobertura (CC) (*Secale cereale* (L.) M. Bieb.) con tres repeticiones en cada tratamiento. El CC se secó en el estado Z 4,5 de la escala Zadoks (espiga embuchada). Se determinó agua del suelo por método gravimétrico, con muestras cada 20 cm hasta los 2 m de profundidad. Las mediciones se llevaron a cabo a la siembra y secado del cultivo de cobertura, siembra del cultivo estival (soja), llenado de grano (R6) y cosecha. Se determinó además producción de materia seca y eficiencia de uso del agua en CC al momento del secado, y en ambos tratamientos, rendimiento del cultivo estival.

El análisis estadístico se realizó mediante análisis de la varianza para un diseño en bloques, con test de comparación de medias DGC con un grado de significancia 0,05. Este procedimiento de comparación de medias (Di Rienzo, *et al.*, 2002) utiliza la técnica multivariada del análisis de conglomerados (encadenamiento promedio o UPGMA) sobre una matriz de obtenida a partir de las medias muestrales. Para ello se utilizó el programa InfoStat (2015).

RESULTADOS Y DISCUSION

En el primer año se produjeron precipitaciones (870 mm) muy semejantes a la media de la zona, registrándose 278 mm entre siembra del cultivo de cobertura y siembra del cultivo estival, de los cuales 61,5 mm ocurrieron entre la siembra y el secado del cultivo de cobertura, y los 216,5 mm restantes entre el secado de éste y siembra del cultivo estival (16/12/15). En dicho período la lluvia más importante fue de 52 mm entre el 31 de octubre y el 1 de noviembre. En la Figura 1 se representan las precipitaciones mensuales, junto al contenido de agua útil del suelo. Como puede observarse, CC parte con un contenido hídrico de suelo significativamente menor con respecto a T (41 mm), sobre todo en los primeros 60 cm de profundidad (Figura 2). Esta diferencia se amplió a 129 mm a la fecha de secado del centeno, mostrándose en todo el perfil. Sin embargo luego de las precipitaciones ocurridas en los meses de noviembre y diciembre, ambos tratamientos llegaron a la fecha de siembra del cultivo estival sin diferencias significativas en el agua útil. Esto indica una mayor

eficiencia en la captación y conservación del agua del suelo con respecto al testigo, que puede explicarse en parte en función de la menor amplitud térmica que otorga la cobertura en la superficie del suelo (Lardone *et al.*, 2012) y una mejor eficiencia en la dinámica del agua por disminución de la evaporación, entre otros efectos benéficos (Scianca, 2015; Rimski-Korsakov *et al.*, 2016). Posteriormente durante el ciclo del cultivo estival tanto en R6 como al momento de la cosecha, no se encontraron diferencias significativas en el contenido hídrico del suelo.

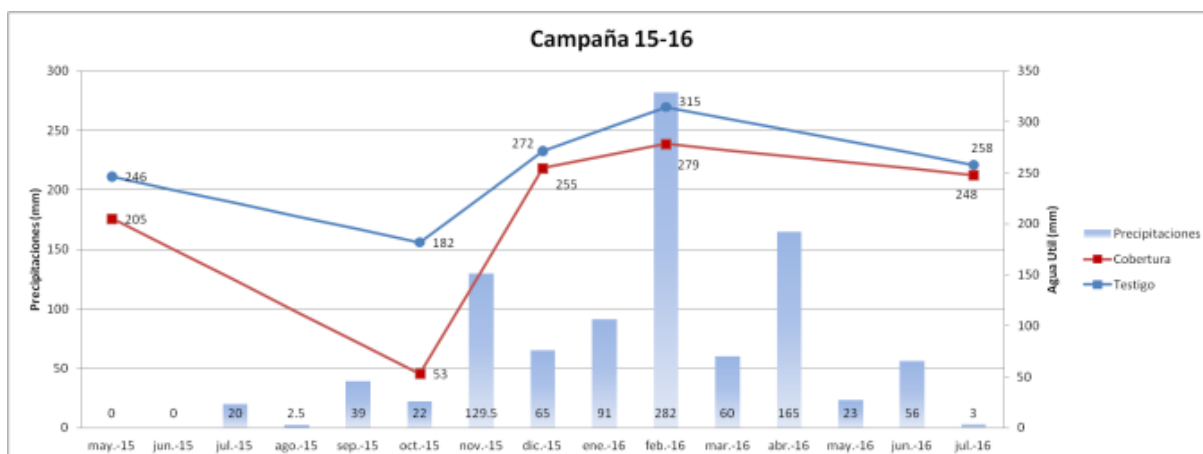


Figura 1. Precipitaciones mensuales y contenido de agua útil hasta los 2 m, para la campaña 2015-16.

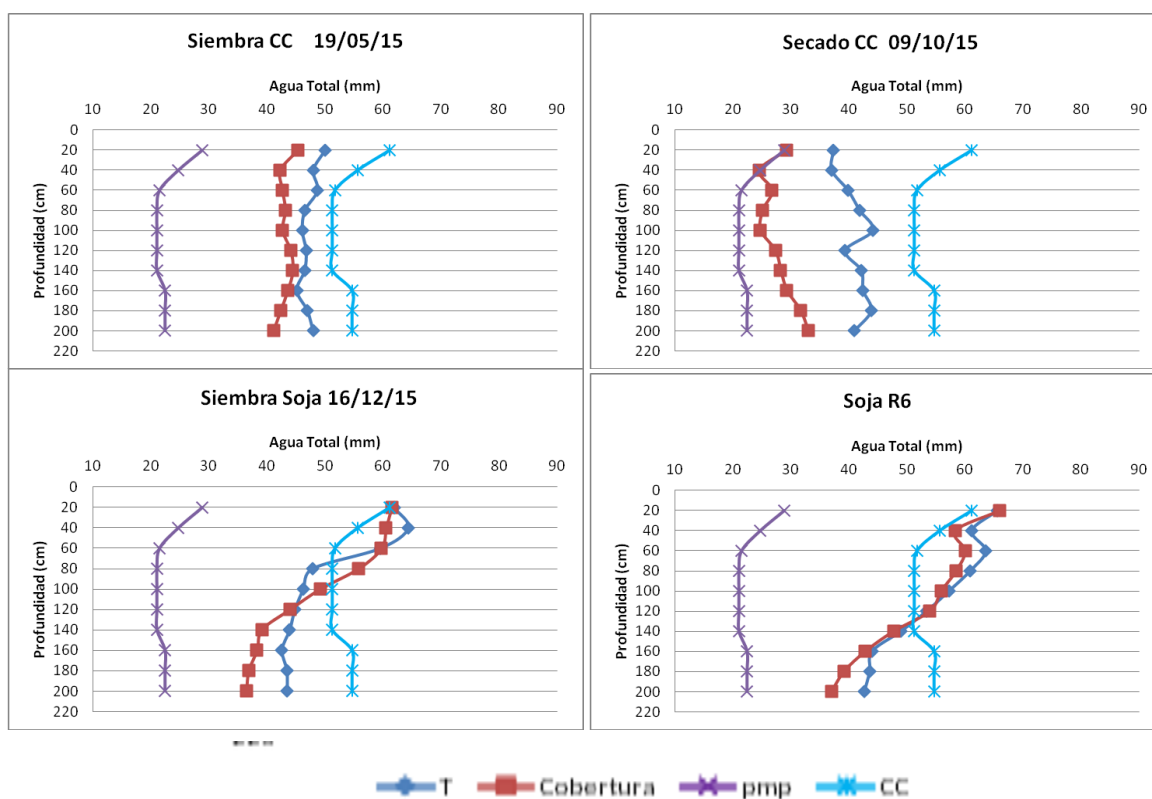


Figura 2. Contenido hídrico del suelo para cada tratamiento en la campaña 2015-16.

En el segundo año, los dos tratamientos comenzaron muy similar con contenido de agua útil en todo el perfil (Figura 3), pero debido las escasas precipitaciones de primavera, los suelos

en ambos casos no lograron la recarga a la siembra del cultivo estival (14/12), llegando incluso con valores menores de lo que tenían a la fecha de secado del cultivo de cobertura. En ese momento CC presentó 85 mm menos de agua útil con respecto a T, diferencia que se pudo deber en parte al retraso en la fecha de siembra y secado del cultivo de cobertura, lo cual implicó que las lluvias de octubre fueran consumidas por éste y no quedaran disponibles para el cultivo estival (Figura 3). Rimski-Korsakov *et al.* (2016) observaron a partir de experiencias locales en la región semiárida pampeana, valores extremos de 101 mm más y 40 mm menos de agua disponible a la siembra del cultivo estival, cuando período entre éste y el secado del cultivo de cobertura fue menor a dos meses. En cambio, cuando el lapso fue mayor, no encontraron diferencias en el contenido de agua del suelo, situación que se dio en la campaña anterior (Tabla 1).

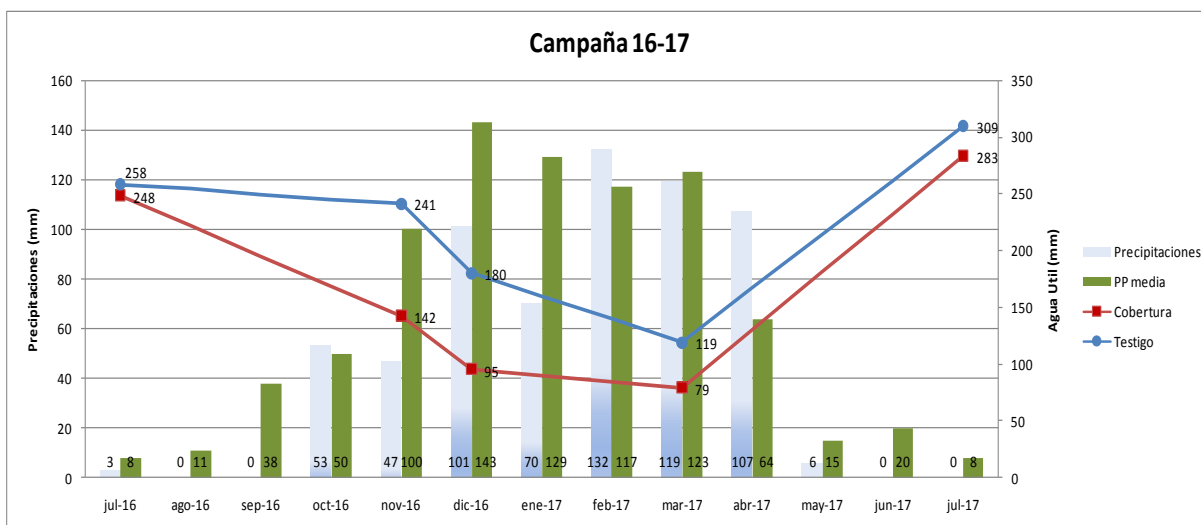
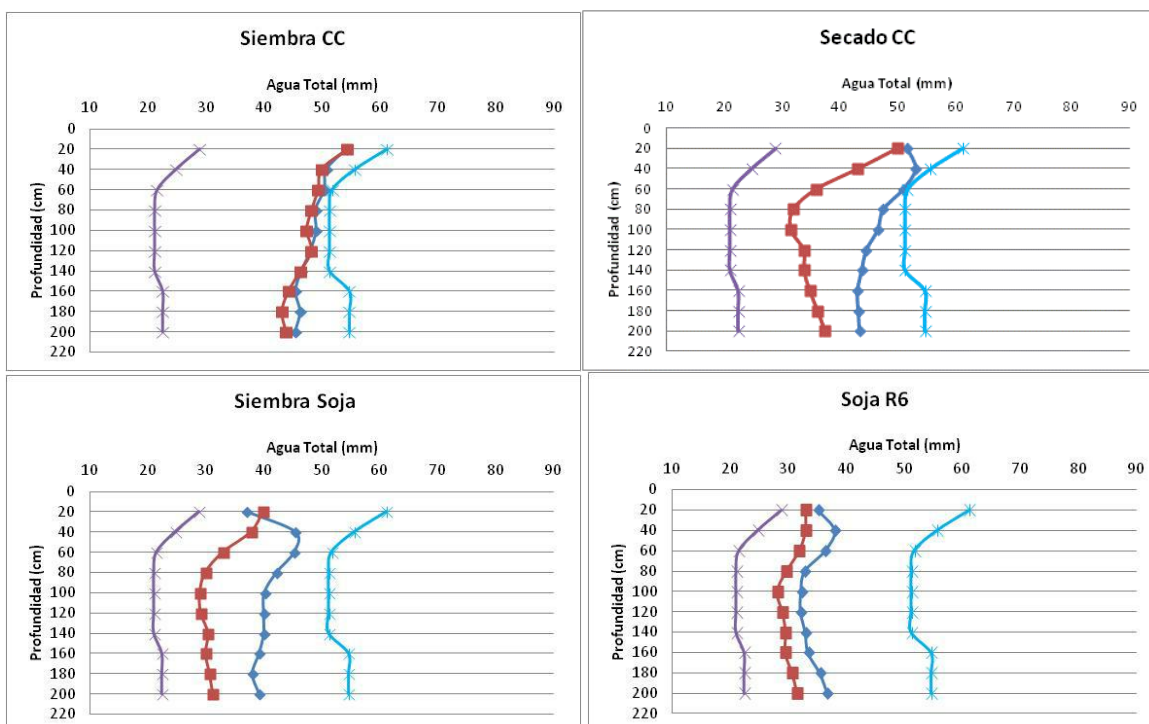


Figura 3. Precipitaciones mensuales, precipitaciones medias y contenido de agua útil en las hasta los 2 m campaña 2016-17



— T — Cobertura — pmp — CC

Figura 4. Contenido hídrico del suelo para cada tratamiento en la campaña 2016-17

Desde la siembra de soja hasta el estado fenológico de R6, solo cayeron 144 mm de lluvia no obstante ello, las diferencias entre tratamientos se redujeron de 95 mm a 40 mm. Las lluvias de marzo y abril lograron una recarga de agua en todo el perfil del suelo, llegando a cosecha sin diferencia entre tratamientos. Es decir, la disminución y retraso de las precipitaciones en esta campaña hizo que la mayor eficiencia de captación de agua en CC no compensara las diferencias de agua disponible entre tratamientos durante el ciclo del cultivo estival, presentando valores significativamente menores en todo el perfil.

Tabla 1. Fechas de siembra, secado del cultivo de cobertura y de siembra del cultivo de soja

	Siembra de CC	Secado de CC	Siembra de Soja
Campaña 2015/16	11/05/2015	15/09/2015	16/12
Campaña 2016/17	20/06/2016	21/10/2016	14/12

La biomasa (MS) y eficiencia de uso de agua (EUA) del cultivo de cobertura mostraron diferencias significativas entre campañas (Tabla 2). Con buena disponibilidad hídrica en el perfil del suelo a la siembra, y escasas precipitaciones hasta el secado (22,5 y 51 mm respectivamente en cada año), el centeno en el primer año, con fecha de siembra temprana, tuvo mayor producción de materia seca y mejor eficiencia de uso del agua. Ello permitió un secado antes, dando la posibilidad de almacenar en el perfil del suelo el agua de las lluvias de primavera para que sean aprovechadas por el cultivo estival.

Tabla 2. Producción de biomasa (MS) y eficiencia de uso del agua del cultivo de cobertura en las dos campañas.

	MS (kg ha ⁻¹)	EUA (kg mm ⁻¹)
Campaña 2015/16	4207	20
Campaña 2016/17	2823	14,9

Los rendimientos del cultivo de soja en la campaña 2015/16 fueron muy similares entre tratamientos (T 3670 kg ha⁻¹ CC 3720 kg ha⁻¹), ello se explica en función del contenido hídrico semejante que presentaron en los perfiles durante el ciclo del cultivo (Figura 2). Por el contrario, en el segundo año, CC presentó desde la siembra a R6 valores significativamente menores de agua útil en todo el perfil del suelo, y con porcentajes menores al 50% de agua útil en las fechas de control. Las precipitaciones de marzo y abril que recargaron el perfil ocurrieron ya cuando el cultivo había definido su rendimiento. Esto probablemente causó que la diferencia entre tratamientos, sin ser significativa (T 3010 kg ha⁻¹ y CC 2720 kg ha⁻¹), fuera mayor al año anterior y a favor de T. Esto coincide con Rimski-Korsakov *et al.* (2016) que, para la región semiárida pampeana, no encontraron diferencias de rendimiento de soja con o sin cultivo de cobertura como antecesor.

CONCLUSIONES

El tratamiento con cultivo de cobertura mostró con respecto al testigo una mayor eficiencia en la captación y conservación de agua del suelo. La siembra temprana del cultivo de cobertura mejoró la producción de materia seca y eficiencia de uso del agua al momento de secado. Los rendimientos de soja no mostraron diferencias significativas al incorporar como antecesor al del cultivo de cobertura. Los resultados indican que la incorporación de cultivos

de cobertura en el sistema no afectó la oferta hídrica del cultivo de soja en el año que se dieron precipitaciones medias de la zona.

BIBLIOGRAFIA

- Daliparthi, J; S Herbert & P Veneman. 1994. Dairy manure application to alfalfa: crop response, soil nitrate, and nitrate in soil water. *Agron. J.* 86: 927- 933.
- Duarte, G. 2002. Sistemas de Producción de girasol en la región húmeda argentina. En manual práctico para el cultivo de girasol. Editores Díaz-Zorita M. y Duarte G., 2002. 313 pp.
- Galantini, J. 2008. Cereales de invierno como cultivo de cobertura: su contribución al balance de carbono. VII Congreso Nacional Trigo y V Simposio Cereales Otoño Invernales, Santa Rosa, La Pampa.
- Horn, R & H Fleige, 2000. Prediction of the mechanical strength and ecological properties of subsoils for a sustainable landuse. In: Arvidsson, J., Van den Akker, J.J.H., Horn, R. (Eds.), Proc. 3rd Workshop of the Concerted Action "Experiences with the Impact of Subsoil Compaction on Soil, Crop Growth and Environment and Ways to Prevent Subsoil Compaction," 14 – 16 June 2000, Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, pp. 109 – 121.
- Hoyt, G; M Waggoner; C Crozier & N Ranells. 2004. Soil Facts: Winter annual cover crops. North Carolina (EE. UU): NC.
- Di Rienzo JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2015. Infostat versión 2.0. Manual del usuario. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina
- Lardone, AV; MR Barraco; C Scianca; C Alvarez & M Diaz-Zorita. 2012. Cultivo de cobertura en sistemas con soja bajo siembra directa. Memorias del XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo 2012. Mar del Plata.
- Munawar, A; RL Blevins; WW Frye & MR Saul. 1990. Tillage and cover crop management for soil water conservation. *Agron. J.* 82:773-777.
- Unger, P & M Vigil. 1998. Cover crop effects on soil water relationships. *Soil and Water Cons.* 53: 200-207.
- Rimski-Korsakov, H; CR Álvarez & RS Lavado. 2016 Cultivos de cobertura invernales en la región pampeana argentina. *Informaciones Agronómicas de Hispanoamérica* 21 Pp 2-6
- Rollán, AAC; MS Karlin & OA Bachmeier. 2004. Siembra directa y densificación superficial en molisoles del centro norte de Córdoba. XIX Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. Paraná, Entre Ríos, Argentina.
- Rubio, G; C Mosca; MF Varela; C Scianca & MA Taboada. 2012. Estructura de suelos arenosos bajo cultivos de cobertura. XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata.
- Ruffo, ML. 2003. Factibilidad de inclusión de cultivos de cobertura en la Argentina. En: XI Congreso Nacional de AAPRESID. Actas Tomo I, p. 171-176.
- Scianca, C; C Álvarez; M Barraco & A Quiroga. 2008. Centeno utilizado como cultivo de cobertura en diferentes ambientes de la región pampeana. Memoria Técnica 2008-2009, EEA INTA Gral Villegas, p 106-123.
- Scianca, CM. 2015. Cultivos de cobertura en molisoles de la Región Pampeana: producción de materia seca, eficiencia en el suelo del agua y del nitrógeno e incidencia sobre el cultivo de soja.
- Teasdale, JR & CL Mohler. 1993. Light transmittance, soil temperature, and soil moisture under residue of hairy vetch and rye. *Agron. J.* 85: 673-680.

CONSERVACIÓN DE SUELOS EN EL MARCO DE LA EMERGENCIA AMBIENTAL EN LA CUENCA EL MORRO (SAN LUIS)

Colazo E.R.¹, J.C. Colazo^{2,3}, M. Galván², J.M. de Dios Herrero².

¹ Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción. Gobierno de San Luis. San Luis – emiliano.ricardo@gmail.com.

² INTA. EEA San Luis. Villa Mercedes, San Luis.

³ FICA, Universidad Nacional de San Luis. Villa Mercedes, San Luis.

RESUMEN: La aparición de nuevos cursos de agua en la cuenca de El Morro está generando una serie de impactos negativos en la región y presenta serias amenazas a futuro. Los primeros antecedentes que describen los procesos de degradación de suelos y proponen medidas para su control en el territorio de la cuenca se remontan a 1985. Ante el avance del fenómeno el consejo provincial de ciencia, técnica, desarrollo e innovación solicitó en año 2015 la conformación de una comisión de trabajo sobre la Cuenca El Morro. Esta comisión inter-institucional realizó una síntesis de la información existente sobre la descripción del fenómeno y sus pautas de gestión. Entre las conclusiones más destacadas se encuentran que este es un fenómeno que no muestra señales de estabilización y que es necesario reducir los excesos hídricos a partir de un ordenamiento del territorio. Ante este escenario, en el año 2016, el Senado y la Cámara de Diputados de la Provincia de San Luis declararon la emergencia pública ambiental en la cuenca El Morro por 5 años. En este marco se trabajó en la propuesta para la elaboración de un decreto reglamentario de regule el manejo de suelo en la cuenca. Entre octubre de 2016 y agosto de año 2017 se presentaron 250 planes de manejo de suelo y forestación. Los mismos han generado por un lado una base de datos de los campos que componen la cuenca, la superficie promedio de los mismos, los cultivos predominantes, la cuantificación de la superficie con problemas de erosión en los establecimientos. Por el otro, plantearon la aplicación de prácticas de conservación como el uso de cultivo de cobertura, realizar rotaciones, la forestación de zonas susceptibles o degradadas, entre otras.

PALABRAS CLAVE: legislación, ordenamiento territorial, buenas prácticas.

INTRODUCCION

La aparición de nuevos cursos de agua en la cuenca de El Morro (Figura 1) está generando una serie de impactos negativos en la región y presenta serias amenazas a futuro. Este proceso involucra una serie de cambios en el transporte de agua, suelos, sedimentos y sales. La causa principal de este proceso es un cambio en el balance hídrico, en el cual los nuevos excesos hídricos serían producto de un aumento en las precipitaciones y una disminución de las pérdidas evapotranspirativas. Es importante tener en cuenta también que la configuración geológica y geomorfológica de la cuenca favorece los ascensos freáticos y la erosión (Jobbágy *et al.*, 2015).

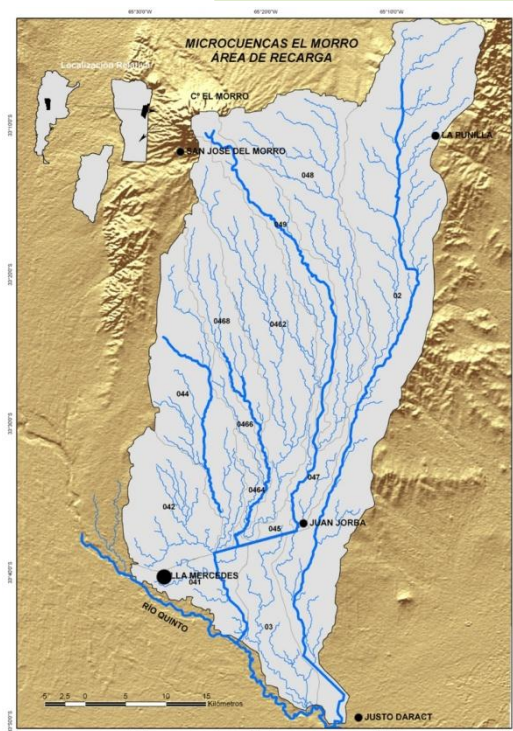


Figura 1. Ubicación geográfica de la cuenca El Morro y sus principales cursos de agua. Tomado de Galván & Collado (2010).

Los primeros antecedentes que describen los procesos de degradación de suelos y proponen medidas para su control en el territorio de la cuenca se remontan a 1985. En estos se describen problemas de anegamiento, erosión y sedimentación en la sub-cuenca del Zajón del Cerro Negro (Juan Jorba), asociados a las altas precipitaciones invernales y el mal manejo de los suelos. Además, también es la primera vez que se propone la conformación de una comisión multidisciplinaria para abordar la problemática (Kall, 1985).

En el año 2004 se declara la ley de protección y conservación de suelos N° IX-0315, reglamentada en el año 2007 (DR 2615). La misma declara de interés general la acción tendiente a la conservación y recuperación de los suelos (Larrusse *et al.*, 2016). La misma reconoce la gravedad de los procesos de erosión hídrica en la provincia, la que implica la necesidad del desarrollo y la difusión de prácticas para la conservación del suelo en las cuencas más afectadas. En este sentido se desarrollan estudios de caracterización de la cuenca El Morro mediante la utilización de sistemas de información geográfica y recorridos de campo (INTA, 2007). También se desarrollan convenios para el fomento de prácticas de conservación de suelo, la determinación de la erodabilidad a campo y el ajuste de factores de modelos de predicción de la erosión hídrica (Larrusse *et al.*, 2016).

Entre los años 2007 y 2008 se produce la aparición abrupta de nuevos cursos de agua, siendo el más conocido el denominado río Nuevo. Este fenómeno afecta a más de 200000 ha, produciendo el corte de las rutas nacionales 7 y 8 en las cercanías de Villa Mercedes (Galván, 2008; Santori, 2012). En función de los mismos se realizan estudios de diferentes alcances que describen aspectos ambientales, impactos y sus posibles causas (Barbeito *et al.*, 2008; Galván & Collado, 2010; Contreras *et al.*, 2013).

Ante el avance del fenómeno el consejo provincial de ciencia, técnica, desarrollo e innovación solicita la conformación de una comisión de trabajo sobre la Cuenca El Morro. Esta comisión inter-institucional realiza una síntesis de información existente sobre la descripción del fenómeno y sus pautas de gestión. Entre las conclusiones más destacadas se encuentran que este es un fenómeno que no muestra señales de estabilización y que es

necesario reducir los excesos hídricos a partir de un ordenamiento del territorio (Jobbágy *et al.*, 2015).

Ante este escenario, en el año 2016, el Senado y la Cámara de Diputados de la Provincia de San Luis declararon la emergencia pública ambiental en la cuenca El Morro por 5 años (Ley N° IX-0939). El objetivo de la misma es mitigar y detener los procesos de erosión, agotamiento, degradación y desbalances hídricos del suelo de la Cuenca El Morro y sus áreas de Influencia, en el marco del derecho a un ambiente sano, equilibrado y apto para el desarrollo humano (Galván & Hurtado, 2017). En el marco de dicha ley y la ley de conservación de suelos, se trabajó en la propuesta para la elaboración de un decreto reglamentario de regule el manejo de suelo en la cuenca.

CONSEJO ASESOR DE SUELOS DE LA PROVINCIA

En febrero de 2016 se formalizó la comisión asesora provincial de suelos formada por representantes de asociaciones de productores (Sociedad Rural y Consorcios), el colegio de Ingenieros Agrónomos y afines de la provincia de San Luis, la Universidad Nacional de San Luis y el INTA, convocada por el Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción. Si bien el alcance de la comisión, es más amplio, el principal objetivo de la misma fue estudiar soluciones en el marco de la ley provincial de suelos a los problemas generados en la cuenca El Morro. Entre los temas principales que se debatieron estuvieron las propuestas para elevar el consumo de agua mediante prácticas como los cultivos de cobertura, la elaboración de un plan de capacitación y el fortalecimiento de los consorcios de conservación de suelos.

PRINCIPALES ASPECTOS DEL DECRETO REGLAMENTARIO

El Decreto Reglamentario 3089 establece que cada productor, usufructuario, poseedor, tenedor, productor y/o quien resulte jurídicamente responsable de los terrenos ubicados en la Cuenca de El Morro y zonas adyacentes deberá declarar la actividad de cultivos agrícolas estivales de cosecha y realizarlo bajo un plan de Manejo de Suelo y Forestación, quedando prohibido el monocultivo de soja y otros con similares características.

En el plan de manejo de suelo y forestación se deberá considerar el balance hidrológico, rotación con especies que mejor regulen el consumo de agua, realizar cultivos invernales, forestación de cárcavas y sectores erosionados, incorporar técnicas según relieve.

A su vez se deberá realizar la forestación del 5 % de la superficie del establecimiento. En caso de existir bosque nativo, podrá proponerse una compensación para cumplir con la obligación de forestar según la Ley n°IX-0939-2016. La duración del Plan de manejo de suelo y forestación tendrá una duración de 3 años para el manejo de suelo y de 5 años para el manejo forestal.

RESULTADOS PRELIMINARES

Entre junio y septiembre de 2016 el Ministerio de Medio Ambiente, Campo y Producción de San Luis en conjunto con el INTA San Luis, el Colegio de Ingenieros Agrónomos de San Luis y la Facultad Ingeniería y Ciencias Agropecuarias de la UNSL organizó una serie de capacitaciones para los profesionales que quisieran estar habilitados para la elaboración de planes de manejo. Las temáticas abordadas incluyeron el manejo del suelo y agua en la cuenca, el uso de cultivos de cobertura, el control de la erosión, los sistemas silvopastoriles y la formulación de planes forestales (Colazo & Bernasconi, 2016).

Entre octubre de 2016 y agosto de año 2017 se presentaron 250 planes de manejo de suelo y forestación. Los planes de manejo contaron con una descripción del lote (superficie total, unidad cartográfica, pendiente, procesos de degradación si tuviese, profundidad de napa, MO%) y el esquema de rotación en el mismo. Además se incluye el cronograma de forestación, el cual consta el año de plantación, la especie, la superficie, el marco de plantación, sistema de plantación y tipo de plantación. Por último en caso de contener

bosque nativo se realiza la marcación de los parches, con su superficie, especies dominantes, fisonomía, potencial entre otros.

Con la presentación de los planes de manejo de suelo y forestación se estableció una gran base de datos de los campos que componen la cuenca, la superficie promedio de los mismos, los cultivos predominantes, la cuantificación de la superficie con problemas de erosión en los establecimientos. Por otro parte con la obligación de presentación de un plan de manejo acorde a la situación de la cuenca, se plantearon el uso de cultivo de cobertura, realizar rotaciones sin monocultivo de soja, medida de mitigación para los procesos de degradación, la forestación de zonas susceptibles o degradadas, la implementación de técnicas más conservacionistas entre otras.

CONCLUSIONES

El proceso de degradación de suelos en la cuenca El Morro es un fenómeno complejo que necesita un abordaje integral. La conformación de una comisión interdisciplinaria para la elaboración de un diagnóstico y pautas de gestión, y de un consejo asesor de suelos contribuyó a la elaboración de políticas públicas para la adaptación y mitigación de estos procesos.

BIBLIOGRAFIA

- Barbeito, O; C Betramone; S Ambrosino & P Contreras. 2008. Estudio geomorfológico de la cuenca del morro. Informe INA. 119 pp.
- Colazo J.C. & H. Bernasconi. 2016. Capacitaciones en la Cuenca El Morro. Horizonte Agropecuario 109
- Contreras, S; CS Santori & EG Jobbágy. 2012. Abrupt watercourse formation in a semiarid sedimentary landscape of central Argentina: the roles of forest clearing, rainfall variability and seismic activity. *Ecohydrology* 6: 794-805.
- Galván, M. 2008. Informe sub-cuenca El Morro. Inédito. 4 pp.
- Galván, M & D Collado. 2010. Esguimientos hídricos superficiales en la cuenca hidrográfica de "El Morro", provincia de San Luis. Información técnica 175. EEA San Luis. Ediciones INTA. 60 pp.
- Galván, M & P Hurtado. 2017. Emergencia pública en materia ambiental en el ambiente de la cuenca El Morro y su área de influencia. Aceptado en el XXVI Congreso Nacional del Agua.
- INTA. 2007. Determinación de sub-cuencas en las cuencas La Petra y El Morro, provincia de San Luis. Inédito. 14 pp.
- Jobbágy, EG; MD Noretto; HO Bernasconi; JC Colazo; MJ Galván; CA Saenz; ER Colazo; CE Larrusse; AA Marchi; OA Barbosa; A Giacardi; MM Hellmers & D Martínez Álvarez. 2015. Nuevos cursos de agua en la cuenca de El Morro. Descripción del fenómeno y pautas para su gestión. Informe presentado al Consejo Provincial de Ciencia, Técnica, Desarrollo e Innovación de San Luis. 21 pp.
- Kall, G. 1985. Informe preliminar del área de la sub-cuenca de Juan Jorba. Inédito. 4 pp.
- Larrusse, CE; OA Barbosa; FA Solari; E Colazo & A Marchi. 2016. Conservación de suelos en San Luis: Acciones, logros y dificultades de la ley. En Actas del XXV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo.
- Santori, CS. 2012. Circulación vertical del agua y su relación con la vegetación en zonas áridas y semiáridas. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias Agropecuarias. UBA. 201 pp.

**ESTIMACIÓN DEL FÓSFORO DISPONIBLE Y LA CALIDAD DE SUELOS DE USO
AGRÍCOLA EN EL ÁREA DE SECANO DEL PARTIDO DE VILLARINO**

Vanzolini J.¹, L. Dunel¹, L. Zubiaga¹, R. Storniolo¹, D. Ombrosi¹, C. Álvarez², A. Quiroga³.

¹ INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. Argentina. vanzolini.juan@inta.gob.ar

² INTA. Centro Regional La Pampa – San Luis. Agencia de Extensión Rural General Pico. Argentina.

³ INTA. Centro Regional La Pampa - San Luis. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Argentina.

RESUMEN: Las fracciones de P en el suelo conforman un continuum de formas muy insolubles a solubles y, por lo tanto, el análisis de P “disponible” no determina una fracción estrictamente disponible sino la concentración de P del suelo extraída utilizando un extractante determinado. La textura afecta los equilibrios y disponibilidad de P en el suelo, tanto por las características físicas y químicas de los minerales presentes, como por su influencia en la velocidad de difusión de los fosfatos, sobre la estabilización de la MO y sobre la actividad microbiana. Otro parámetro que ejerce un rol importante en la estabilidad del P disponible en el suelo es el pH. Los suelos del área de secano del Partido de Villarino se caracterizan por buenos niveles de P. Sin embargo, la degradación de las propiedades químicas y los procesos de erosión debidos al uso agrícola, provocaron la pérdida de MO y la disminución de la disponibilidad de P. Se tomaron 22 muestras superficiales compuestas de la Edafoteca del Laboratorio de Suelos de la EEA INTA Hilario Ascasubi, provenientes de distintos lotes de uso agrícola. Se realizaron determinaciones de P disponible de acuerdo a las metodologías de Bray & Kurtz I y Olsen, se determinó pH, las fracciones granulométricas y la concentración de MO. Se estimó el Índice IMO. La estimación de P disponible a través del método de P-Olsen, en suelos con pH>7,3, resultó mayor que P-Bray. Es posible encontrar una relación entre el P-Olsen y el P-Bray; sin embargo, será necesario compilar mayor cantidad de información. Los suelos de uso agrícola estudiados mostraron, de acuerdo a las propiedades analizadas, diferentes niveles de degradación.

PALABRAS CLAVE: fósforo, calidad de suelos, IMO

INTRODUCCIÓN

En el contexto de la evolución de los agroecosistemas frente al Cambio Climático, el manejo de los nutrientes del suelo y su reposición adquiere especial relevancia. Mientras que los países desarrollados centran su preocupación en la disminución de la contaminación generada por el exceso de uso de los fertilizantes, los países en vías de desarrollo focalizan su inquietud en el empobrecimiento y degradación de los suelos (Abbona & Sarandón, 2014).

La calidad de los suelos puede ser inferida a través de propiedades que sirvan como indicadores (Fernández *et al.*, 2016). La mayoría de los estudios coinciden en que la materia orgánica (MO) es el principal indicador de la calidad del suelo (Galantini & Rosell, 2006; Duval *et al.*, 2013). Sin embargo, el nivel de MO dentro de un área climáticamente homogénea puede ser variable y es esperable encontrar asociación entre esta variación, la textura y el manejo del suelo (Álvarez & Steinbach, 2006; Quiroga *et al.*, 2006). Suñer (2015) encontró relación directa entre el carbono orgánico del suelo y el fósforo (P) disponible.

Las fracciones de P en el suelo conforman un continuum de formas muy insolubles a solubles y, por lo tanto, el análisis de P “disponible” no determina una fracción estrictamente disponible sino la concentración de P del suelo extraída utilizando un extractante determinado (García *et al.*, 2015). La textura y el pH del suelo afectan los equilibrios y disponibilidad de P en el suelo (Darwich, 2005; Suñer, 2015).

Los suelos del área de secano del Partido de Villarino se caracterizan por buenos niveles de P. Sin embargo, la degradación de las propiedades químicas y los procesos de erosión debidos al uso agrícola, provocaron la pérdida de MO y la disminución de la disponibilidad de P (Sánchez, 1980). A la vez, en algunos suelos se puede detectar calcáreo acumulado debido a las escasas precipitaciones (Sánchez *et al.*, 1998). Esto promueve el aumento del pH del suelo por encima del umbral de 7,3 (USDA, 1998). Bajo estas condiciones, el método de determinación de P disponible para la recomendación agronómica adquiere particular importancia (Mallarino, 1995).

El objetivo de este trabajo fue analizar las características de suelos de uso agrícola relevados en el Partido de Villarino; comparar dos técnicas de determinación de P extraíble y establecer un método expeditivo de diagnóstico de la calidad de un suelo mediante cuadrantes que permita facilitar la toma de decisiones de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se tomaron 22 muestras superficiales (0,20m) compuestas de la Edafoteca del Laboratorio de Suelos de la EEA INTA Hilario Ascasubi, provenientes de distintos lotes de uso agrícola (Vanzolini *et al.*, 2015), correspondientes a tres grupos taxonómicos característicos del partido de Villarino, provincia de Buenos Aires: Haplustoles énticos, Haplustoles típicos y Calciustoles. Las muestras se procesaron de acuerdo a los métodos tradicionales: se secaron a temperatura ambiente, se realizó la molienda y se tamizaron por una malla de 2 mm. Los análisis se llevaron a cabo entre el Laboratorio de Suelos y Agua del INTA Hilario Ascasubi y el Laboratorio de Análisis Químicos (LANAQUI) CONICET-UNS, de Bahía Blanca. Las determinaciones de P disponible se realizaron por cuadruplicado, calculándose la media y el desvío estándar, de acuerdo a las siguientes metodologías: Bray & Kurtz I y Olsen (Kuo, 1996). Se determinó pH en una suspensión suelo/agua 1:2,5 (Jackson, 1958) mediante potenciómetro digital y por duplicado, para caracterizar las respectivas muestras según la actividad de los iones hidrógeno. Además, se determinaron las fracciones granulométricas (Bouyoucos, 1965) y la concentración de MO (Walkley & Black, 1934), y se calculó el Índice IMO (cociente entre la MO y la fracción Ar+Li).

Las variables estudiadas se analizaron a través de INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores máximos, mínimos y promedio de las variables analizadas para los suelos evaluados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1. Máximos, mínimos y promedios de los valores observados en los suelos incluidos en este estudio

	pH	MO (%)	P Bray (mg kg ⁻¹)	P Olsen (mg kg ⁻¹)	Granulometría			IMO
					Arcilla	Limo (%)	Arena	
Máximo	8,1	2,05	23,0	26,3	15	32	86	6,8
Mínimo	6,9	0,80	1,7	7,4	4	10	57	3,5
Promedio	7,7	1,35	9,4	13,5	9	19	72	4,9

Las variables analizadas mostraron valores muy heterogéneos, probablemente debido a diferencias en la acumulación de ciclos agrícolas y el grado de deterioro de las propiedades del suelo. El IMO promedio de los suelos se ubicó muy cercano al valor umbral indicado por Quiroga *et al.* (2006).

De los suelos estudiados, la mayoría (87%) sobrepasaron valores de pH 7,3; límite superior de neutralidad de un suelo (USDA, 1998). Para comparar los valores obtenidos con los dos métodos de determinación de Pe, se correlacionaron los datos de P-Olsen y P-Bray, y se encontró una relación significativa ($p < 0,001$) ($P\text{-Olsen} = 7,11 + 0,68 P\text{-Bray}$). El error estándar de la ordenada al origen de la ecuación ($ES=1,61$) indicó el grado de imprecisión que habría al utilizar la ecuación para realizar la conversión de P-Olsen a P-Bray, o viceversa. Esto coincide con lo encontrado por Bachmeier & Rollán (1994) en un trabajo con suelos de la región semiárida central en la provincia de Córdoba.

Echeverría *et al.* (1991) trabajaron con suelos de Ombucta (Pdo. de Villarino) y encontraron suelos con pH por encima de aquel límite. Los autores adjudicaron esta alcalinidad a la saturación del complejo de intercambio por el ion Ca^{++} y a la escasa evolución de los suelos debida a la semiaridez de la región. Fernández *et al.* (2016) atribuyeron el aumento de pH en suelos agrícolas respecto de suelos de vegetación nativa, a la acumulación de calcitas en sus horizontes superficiales debido a ciclos de secado y humedecimiento.

Aguilera & Sánchez (1983) en suelos del área de riego del Pdo. de Villarino, observaron que la técnica de P-Olsen detectó mayor cantidad de Pe cuando los contenidos de $CaCO_3$ en el suelo superaron el 40%. En el presente trabajo, no se determinó el contenido de $CaCO_3$ en las muestras analizadas; sin embargo, los valores establecidos con el método de P-Olsen en suelos con $pH > 7,3$ fueron superiores a los estimados por P-Bray, en el 86% de los casos (Figura 1). Esto coincide con Zalba *et al.* (2002) quienes hallaron una estimación de P disponible 24% mayor con P-Olsen respecto de P-Bray, cuando el pH del suelo fue mayor a 7,0.

La correlación de los valores de P extraíble con el pH, en muestras con $pH > 7,3$, fue significativa con ambos métodos. Sin embargo, con el procedimiento de P-Olsen se obtuvo una mayor significancia en la relación y los datos presentaron menor dispersión (Figura 1).

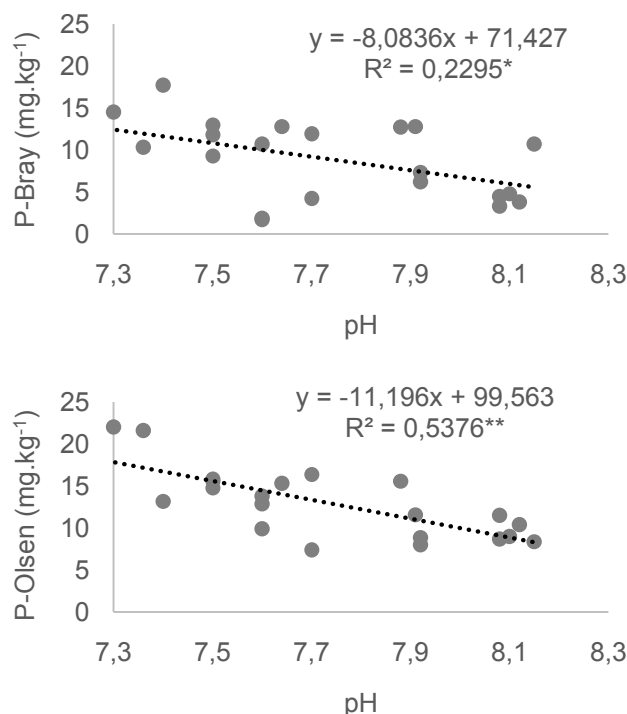


Figura 1. Relaciones entre el pH del suelo y los niveles de P detectados mediante los métodos de Bray & Kurtz y Olsen et al. (Kuo, 1996).

A fin de aportar al análisis de la calidad de los suelos estudiados, se relacionaron los valores de P-Olsen con las estimaciones del índice IMO evaluadas para los mismos suelos por Vanzolini *et al.* (2015). De esta forma, se pudieron establecer cuadrantes de calidad de suelo mediante límites entre las variables contempladas (Figura 2). En el caso del IMO, el límite propuesto fue de 5 (Quiroga *et al.*, 2006); respecto del P disponible se propuso 12 mg.kg⁻¹, según García *et al.* (2015).

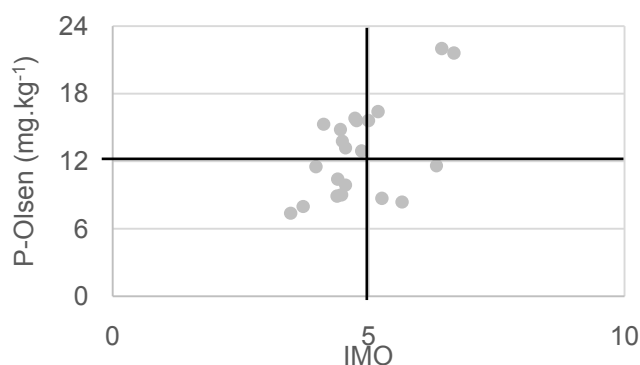


Figura 2. Relación entre el índice IMO y el P-Olsen para los suelos analizados.

El 50% de los suelos de uso agrícola analizados en este trabajo están por debajo del umbral de P disponible (Figura 2). Entre ellos, el 70% presenta una condición de riesgo respecto de una posible degradación por manejo.

CONCLUSIONES

Los suelos de uso agrícola estudiados mostraron, de acuerdo a las propiedades analizadas, diferentes niveles de degradación.

La estimación de P disponible a través del método de P-Olsen, en suelos con pH>7,3, resultó mayor que P-Bray. Es posible encontrar una relación entre el P-Olsen y el P-Bray; sin embargo, será necesario compilar mayor cantidad de información.

En el análisis expeditivo de los datos de relevamiento de campo, la manera de disponer la información contribuye a una visión práctica de la condición de los suelos y aporta a la simplificación en la toma de decisiones.

BIBLIOGRAFÍA

- Abbona, EA & S Sarandón. 2014. Manejo de nutrientes en los agroecosistemas. En "Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables." S. Sarandón y C Flores (Eds). Editorial de la Universidad de La Plata. 1era. Edición.
- Aguilera, JJ & RM Sánchez. 1983. Estudio comparativo de dos técnicas de determinación de fósforo para suelos de la zona semiárida.
- Álvarez, R & H Steinbach. 2006. Factores climáticos y edáficos reguladores del nivel de materia orgánica. En "Materia orgánica. Valor agronómico y dinámica en suelos pampeanos". Cap. 3. p. 31 - 40. Álvarez y Steinbach (Eds).
- Bachmeier, OA & AA Rollán. 1994. Fósforo extractable en un suelo Haplustol éntico del área semiárida central de Córdoba, Argentina. Comparación de dos métodos de evaluación. Agriscientia Vol XI: 23-28
- Bouyoucos, GJ. 1965. Hydrometer Method Improved for Making Particle Size Analyses of Soils. Agron. J. 54: 464-465.
- Darwich, N. 2005. Manual de Fertilidad de suelos y Uso de Fertilizantes (2º Edición). Gráfica Arnedinho. 182 pp.

- Di Rienzo, JA; Casanoves F; Balzarini MG; Gonzalez L; Tablada M & Robledo CW. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>.
- Duval, M; J Galantini; J Iglesias; S Canelo; J Martínez & L Wall. 2013. [Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems](#). Soil Till. Res. 131: 11-19.
- Echeverría, N; T Grossi & M Commegna. 1991. Comportamiento de dos técnicas de determinación del P-disponible en suelos del partido de Villarino (Provincia de Buenos Aires). Ci. Suelo 9(1-2):69-76.
- Fernández, R; A Quiroga; C Álvarez; JC Lobartini & E Noellemeyer. 2016. Valores umbrales de algunos indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. Ci. Suelo (Argentina) 34 (2): 279-292.
- Galantini, J & R Rosell. 2006. [Long-term fertilization effects on soil organic matter quality and dynamics under different production systems in semiarid Pampean soils](#). Soil Till. Res. 87: 72-79.
- García, FO; LI Picone & IA Ciampitti. 2015. Fósforo. Pp 229-264. En: Fertilidad de suelos y fertilización de cultivos. HE Echeverría & FO García (Eds). Editorial INTA. Buenos Aires. Argentina.
- Jackson, ML. 1958. Hydrogen activity determination for soils. En "Soil Chemical Analysis". Prentice Hall, Inc.
- Kuo, S. 1996. Chapter 32 Phosphorus. In: Sparks DL (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods USA: SSSA - ASA Madison WI pp 869-920.
- Mallarino, AP. 1995. Comparison of Mehlich-3, Olsen, and Bray-P1 procedures of phosphorus in calcareous soils. En "Proceedings of the twenty-fifth North Central Extension-Industry Soil Fertility Conference." IPNI.
- Quiroga, A; D Funaro; E Noellemeyer & N Peinemann. 2006. Barley yield response to soil organic matter and texture in the Pampas of Argentina. Soil Till. Res. 90: 63-68.
- Sánchez, R; A Pezzola & J Cepeda. 1998. Caracterización edafoclimática del área de influencia del INTA EEA Hilario Ascasubi. Boletín de divulgación N°18. EEA Hilario Ascasubi.
- Sánchez, R. 1980. Estudio de los niveles de fósforo en el área de influencia de la Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. Informe técnico N°19. EEA INTA H. Ascasubi.
- Suñer, L. 2015. Dinámica del fósforo en suelos agrícolas de la región semiárida pampeana. Tesis de Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur.
- USDA. 1998. Soil quality indicators: pH. USDA NRCS. Soil quality information sheets.
- Vanzolini, J; L Zubiaga; R Storniolo; L Dunel; D Ombrosi; S Cuello; C Álvarez & A Quiroga. 2015. Evaluación expeditiva del estado de la calidad de suelos con manejo agrícola en el área de secano del Partido de Villarino. En II Jornadas de Suelos de Ambientes Semiáridos. Santa Rosa, La Pampa.
- Walkley, A & IA Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37:29-38.
- Zalba P & JA Galantini. 2007. [Improved soil tests methods for available phosphorus in acid, neutral and alkaline soils](#). Communications in Soil Science and Plant Analysis 38: 1579-1587.

**EVALUACIÓN DE LA PRODUCTIVIDAD DE DOS CULTIVARES DE TRIGO PAN EN
DIFERENTES ESTRUCTURAS DE CULTIVO EN OMBUCTA (PDO. DE VILLARINO)**

Vanzolini, J.¹, P. Bondía², L. Matoso³, L. Zubiaga¹

¹ INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. Argentina - vanzolini.juan@inta.gob.ar

² UNS. Departamento de Agronomía. Cátedra de Mecánica y Maquinaria Agrícola.

³ INTA AUDEAS CONADEV

RESUMEN: La implementación de tecnologías de proceso que potencien la capacidad productiva de la agricultura en ambientes semiáridos, es un objetivo conocido en la extensa región del sudoeste bonaerense (SOB). Estrategias de manejo como la reducción de la densidad de siembra y el incremento del distanciamiento entre hileras en cereales de invierno, son prácticas que aumentan la eficiencia de uso del agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de dos cultivares de trigo pan, en dos densidades de siembra y dos distanciamientos entre hileras, en la localidad de Ombucta, Pdo. de Villarino. La experiencia se desarrolló en el Establecimiento La Susana (38°55'52" S; 62°31'57" O), ubicado en cercanías a la localidad de Ombucta, en el Partido de Villarino. En la misma se evaluaron dos cultivares de trigo (ProINTA Huenpan y ACA 223), dispuestos en dos densidades (D50: 50 plantas.m⁻² y D100: 100 plantas m⁻²) y dos distanciamientos entre hileras (20cm y 40cm). La variedad ACA223 superó en un 25% a Huenpan en la cantidad de MS acumulada a cosecha. La media del rendimiento de ACA223 superó a Huenpan en un 28%. Los resultados obtenidos indicaron un mejor comportamiento de ACA223 respecto de Huenpan, para las estructuras de cultivo planteadas, en lo que refiere a su rendimiento final, durante el año de ensayo.

PALABRAS CLAVE: trigo, distanciamiento entre hileras, densidad de siembra

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos, la elección de cultivares adaptados, el manejo eficiente de la fertilidad y del agua de suelo son factores primordiales para la sostenibilidad de la actividad agrícola. La implementación de tecnologías de proceso que potencien la capacidad productiva de la agricultura en ambientes semiáridos, es un objetivo conocido en la extensa región del sudoeste bonaerense (SOB).

Estrategias de manejo como la reducción de la densidad de siembra y el incremento del distanciamiento entre hileras en cereales de invierno, son prácticas que aumentan la eficiencia de uso del agua (Bondía *et al.*, 2016). Según Passioura (1977) para obtener elevados índices de cosecha es necesario que el cultivo tenga disponible más del 30% del agua requerida en el ciclo, durante el período entre antesis y madurez fisiológica.

Xie *et al.* (1997) no encontraron diferencias de rendimientos en el cultivo de trigo sembrado en forma distanciada, hasta 38 cm entre líneas. GDRC (2011) determinaron que un incremento del espaciamiento hasta 50 cm, genera un efecto mínimo en el rendimiento, cuando éste es menor a 2 Mg ha⁻¹. Un aumento mayor en la distancia entre líneas genera aumento en la evaporación de agua del suelo (GRDC 2011).

La densidad de siembra influye notablemente en el uso del agua. La reducción del número de plantas por metro cuadrado, puede dar lugar a un mejor racionamiento del recurso. Sin embargo, Gallez (2001) obtuvo resultados variables en función de las precipitaciones y su distribución en el ciclo del cultivo.

Por último, es importante la búsqueda de cultivares aptos para estos ambientes, que posean cierta estabilidad de rendimientos frente a condiciones climáticas irregulares y que mejoren el perfil de calidad del grano (Cantamutto *et al.*, 2016).

El objetivo de este trabajo fue evaluar la productividad de dos cultivares de trigo pan, en dos densidades de siembra y dos distanciamientos entre hileras, en la localidad de Ombucta, Partido de Villarino.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en el Establecimiento La Susana (38°55'52" S; 62°31'57" O), ubicado en cercanías a la localidad de Ombucta, en el Partido de Villarino. En la misma se evaluaron dos cultivares de trigo (ProlNTA Huenpan y ACA 223), dispuestos en dos densidades (D50: 50 plantas m⁻² y D100: 100 plantas m⁻²) y dos distanciamientos entre hileras (20 cm y 40 cm). EL diseño experimental fue de bloques divididos.

La siembra del cultivo se realizó el 15 de junio de 2016, con una sembradora de labranza cero. La fertilización a la siembra fue de 30 kg ha⁻¹ de PDA y 60 kg ha⁻¹ de urea.

En momentos previos al inicio de macollaje, se realizó un censo de plantas logradas.

Las malezas fueron tratadas mediante aplicaciones de 2,4-D sal amina (60,2%) (0,7 L ha⁻¹) para control de latifoliadas y pinoxaden (500 cc ha⁻¹) para el control raigrás.

Previo a la cosecha, se extrajeron muestras de plantas desde la base de los tallos. En las mismas se determinó la cantidad de MS producida y se contó el número de espigas. Se trillaron todas las espigas para determinar rendimiento y el peso de mil granos. Con estos datos, además, se estimó el índice de cosecha de los diferentes tratamientos.

Los resultados se analizaron mediante ANOVA triple (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las precipitaciones del otoño e invierno de 2016 fueron suficientes para mantener la humedad en el perfil hasta inicios de encañazón, a pesar de los escasos milimetrajes de agosto y septiembre (Figura 1). Posteriormente, la primavera tuvo buen aporte de lluvias en octubre. Las mismas fueron ligeramente menores a las esperadas durante la etapa de llenado de grano.

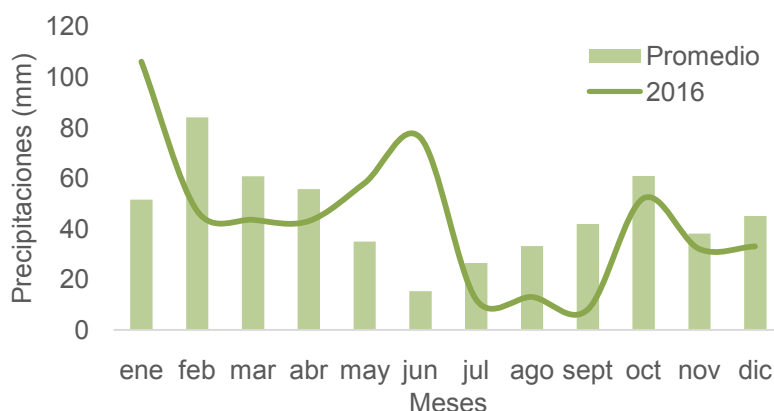


Figura 1. Distribución mensual de las precipitaciones de 2016, comparadas con el promedio registrado para la localidad de Ombucta (2000-16).

En el análisis de los datos, no se encontraron interacciones significativas entre ninguna de las categorías evaluadas, por lo que se analizaron los resultados a través de sus medias (Tabla 1).

Respecto de la MS acumulada total a cosecha, se hallaron diferencias significativas entre las medias de los cultivares (Tabla 1). La variedad ACA223 superó en un 25% a Huenpan en la cantidad de MS. No se hallaron diferencias significativas entre las densidades de

siembra, en ambas variedades. Tampoco se encontraron diferencias significativas entre los distanciamientos, lo que concuerda con Xie *et al.* (1997).

Se encontraron diferencias significativas entre los rendimientos medios de los cultivares. Similarmente a lo hallado en la MS, la media del rendimiento de ACA223 superó a Huenpan en un 28% (Tabla 1).

Respecto del IC, y en contraste con lo esperado, no se detectaron diferencias significativas en las medias de los tratamientos, posiblemente por la homogenización de la humedad de suelo mediante las lluvias de octubre y noviembre. El valor promedio de IC que mostraron los cultivares fue bajo, en comparación con lo esperado según resultados obtenidos por Passioura (1977). Probablemente esta disminución se relacionó con el alto volumen de materia seca producida, consecuencia de la elevada proporción de lluvias ocurrida antes de anthesis.

El peso de mil granos no fue significativamente diferente entre las medias de los tratamientos.

Tabla 1. Producción de materia seca (MS) y rendimiento en grano, índice de cosecha (IC) y peso de mil granos (P1000) de los cultivares estudiados, en las diferentes estructuras de cultivo planteadas.

Cultivar [†]	Distancia (cm)	Densidad (plantas m ⁻²)	MS (kg ha ⁻¹)	Rendimiento (kg ha ⁻¹)	IC	P1000 (gr)
HP	20	50	4353	1383	32	35
		100	4349	1367	31	36
	40	50	4380	1343	31	35
		100	4051	1257	31	34
ACA	20	50	6247	1900	32	40
		100	5577	1888	32	33
	40	50	4282	1374	30	32
		100	5357	1726	34	34
Medias						
HP			4283 b	1338 b	31	35
ACA			5366 a	1722 a	32	35
	20		5131	1635	32	36
	40		4517	1425	31	34
	50		1816	1500	31	36
	100		4834	1560	32	34

Letras distintas en cada par de datos indican diferencias significativas (p<0,05)

[†]HP, Huenpan; ACA, ACA223.

CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos indican que ACA223 presento un mejor comportamiento que Huenpan, para las estructuras de cultivo planteadas, en lo que refiere a su rendimiento final, durante el año de ensayo

La ausencia de diferencias en los rendimientos de las distintas densidades de siembra, confirma la posibilidad de reducir la cantidad de semilla utilizada en los cultivos de trigo del SOB, ajustando las condiciones a la variabilidad del ambiente,

Los resultados de estos ensayos, en general, son influenciados por las condiciones meteorológicas en el ciclo agrícola, por lo que sería recomendable repetir esta experiencia en años sucesivos.

BIBLIOGRAFÍA

- Bondía, P; J Giacomozzi; A Vallejos & J Vanzolini. 2016. Distanciamiento entre hileras y densidad de siembra sobre el rendimiento de trigo en el partido de Villarino.
- Cantamutto, M; C Bertucci & D Huarte. 2016. El trigo en el sudoeste bonaerense. Centro Regional Buenos Aires Sur. http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_trigo-sudoeste.bonaerense.2016.pdf
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- Gallez, L. 2001. Efecto de la estructura del cultivo de trigo sobre el rendimiento y el uso del agua en la región semiárida pampeana. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur.
- GRDC, 2011. A systems approach to row spacing. Crop Placement And Row Spacing fact sheet. January 2011 Disponible en: https://grdc.com.au/data/assets/pdf_file/0015/210264/crop-placement-and-row-spacing-southern-fact-sheet.pdf
- Lafond, GP. 1994. Effects of row spacing, seeding rate and nitrogen on yield of barley and wheat under zero tillage. Can. J. Plant Sci. 74: 703711.
- Passioura, JB. 1977. Grain yield, harvest index, and water use of wheat. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 43, 117–120.
- Xie, HS; DRS Rourke & AP Hargrave. 1998. Effect of row spacing and seed/fertilizer placement on agronomic performance of wheat and canola in no-till systems. Can. J. Plant Sci. 78: 389394.

EVALUACIÓN DE LA HABILIDAD COMPETITIVA DE DOS CULTIVARES DE TRIGO PAN CON DISTINTA ESTRUCTURA DE CULTIVO EN OMBUCTA (PDO. DE VILLARINO)

Bondía P.¹, J. Vanzolini², L. Matoso³, L. Zubiaga²

¹ Dpto. Agronomía, UNS pedrobondia83@hotmail.com

² INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi.

³ Becario INTA AUDEAS CONADEV

RESUMEN: Las modificaciones en el arreglo espacial y la densidad de siembra, así como el uso de variedades de alta habilidad competitiva, para que los cultivos puedan anticipar la captura y aumentar el uso eficiente de los recursos, maximizar el crecimiento y minimizar la competencia intraespecífica, son estrategias para el manejo de las malezas. El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad productiva de dos cultivares de trigo, con dos densidades de siembra y dos distanciamientos entre hileras, a través de índices de competitividad, frente a la competencia de *Lolium multiflorum* desde emergencia hasta la cosecha. La experiencia se desarrolló en el Establecimiento La Susana (38°55'52" S; 62°31'57" O), ubicado en cercanías a la localidad de Ombucta, en el Partido de Villarino. En la misma se evaluaron dos cultivares de trigo (ProINTA Huenpan y ACA 223), dispuestos en dos densidades (D50: 50 plantas m⁻² y D100: 100 plantas m⁻²) y dos distanciamientos entre hileras (20cm y 40cm). Además, se evaluaron dos subtratamientos, en los que se estimó la habilidad competitiva con malezas. En general, los cultivares se comportaron de manera similar. Con distancia entre hileras de 40cm, ACA223 mostró mejor comportamiento frente al raigrás que Huenpan.

PALABRAS CLAVE: trigo, densidad de siembra, distancia entre hileras, malezas

INTRODUCCIÓN

La implementación de tecnologías de proceso que potencien la capacidad productiva de la agricultura en ambientes semiáridos, es un objetivo difundido en la extensa región del sudoeste bonaerense (SOB). La reducción en los costos de producción, el incremento en la eficiencia de uso de los recursos y la disminución del impacto ambiental, son factores claves para la sostenibilidad de la actividad agrícola.

Las modificaciones en el arreglo espacial y la densidad de siembra, así como el uso de variedades de alta habilidad competitiva, para que los cultivos puedan anticipar la captura y aumentar el uso eficiente de los recursos, maximizar el crecimiento y minimizar la competencia intraespecífica, son estrategias para el manejo de las malezas (Sánchez Vallduvi & Sarandón, 2014).

La competencia depende del caudal de agresividad que presente la maleza frente al cultivo, que se manifiesta a través de la capacidad de fotosíntesis, captación hídrica y asimilación de nutrientes (Acciaresi *et al.*, 2014).

Con la intensificación agrícola y la disminución de las rotaciones, el raigrás anual (*Lolium multiflorum* Lam.) cobró especial relevancia en el SOB (Vigna *et al.*, 2012). El efecto de la competencia de esta especie con el cultivo de trigo fue estudiado

En lotes de producción agrícola del secano semiárido de Villarino, frecuentemente se observan escapes severos de raigrás que compiten fuertemente con los cultivos hasta fin de ciclo (RIAN, datos no publicados). Comúnmente, las estrategias de control se basan en la aplicación de graminicidas selectivos que incrementan los costos de producción y reducen los márgenes económicos.

López *et al.* (2011) encontraron que la habilidad competitiva del cultivo se relaciona con las condiciones climáticas del año. Asimismo, Acciaresi *et al.* (2001) mencionaron que la

densidad de malezas presentes en estadios iniciales del cultivo, condiciona la capacidad de respuesta del mismo.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la capacidad productiva de dos cultivares de trigo, con dos densidades de siembra y dos distanciamientos entre hileras, a través de índices de competitividad, frente a la competencia de *Lolium multiflorum* desde emergencia hasta la cosecha.

MATERIALES Y MÉTODOS

La experiencia se desarrolló en el Establecimiento La Susana (38°55'52" S; 62°31'57" O), ubicado en cercanías a la localidad de Ombucta, en el Partido de Villarino. En la misma se evaluaron dos cultivares de trigo (ProINTA Huenpan y ACA 223), dispuestos en dos densidades (D50: 50 plantas m⁻² y D100: 100 plantas m⁻²) y dos distanciamientos entre hileras (20cm y 40cm). Además, se evaluaron dos subtratamientos, en los que se estimó la habilidad competitiva con malezas.

La siembra del cultivo se realizó el 15 de junio de 2016, con una sembradora de directa. La fertilización a la siembra fue de 30 kg ha⁻¹ de PDA y 60 kg ha⁻¹ de urea.

En momentos previos al inicio de macollaje, se realizó un censo de plantas logradas.

Las malezas fueron tratadas mediante aplicaciones de 2,4-D sal amina (60,2%) (0,7 L ha⁻¹, sal amina) para control de latifoliadas, al inicio de macollaje. Se realizó una aplicación de pinoxaden (0,5 L ha⁻¹) para el control de raigrás, a excepción de las parcelas no controladas. Previo a la cosecha, se extrajeron muestras de plantas desde la base de los tallos. En las mismas se determinó la cantidad de MS producida y se contó el número de espigas. Luego se trillaron todas las espigas para determinar rendimiento y el peso de mil granos. Con estos datos, además, se estimó el índice de cosecha de los diferentes tratamientos.

Se realizó un censo de plantas a emergencia en los dos cultivares, así como un censo de plántulas de raigrás en los sectores enmalezados. En madurez fisiológica se extrajeron muestras desde la base para determinar cantidad de MS producida, componentes de rendimiento, rendimiento final e índice de cosecha. Además, se extrajeron muestras de materia seca de raigrás en el cultivo y en sectores testigo, al momento de cosecha, para determinar el índice de agresividad de los cultivares en distintas estructuras.

En base a estos datos se calculó el índice de agresividad (IA) (López *et al.*, 2011) de la siguiente manera:

$$\text{Agresividad} = \text{RRC} - \text{RRM} / \text{RRC} + \text{RRM}$$

Donde RRC es el cociente del rendimiento por unidad de área de la materia seca total aérea del cultivo en mezclas y su rendimiento en monocultura, y RRM: rendimiento en materia seca total de la maleza en mezcla con el cultivo en relación a su rendimiento sin la competencia del mismo.

También se estimó la relación entre el rendimiento de trigo con malezas durante el ciclo respecto del rinde de trigo sin malezas (Rc/Ri) (López *et al.*, 2011).

Los resultados se analizaron mediante ANOVA triple (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Densidad de plantas

La densidad de plantas se determinó en el momento previo al inicio del macollaje (Figura 1).

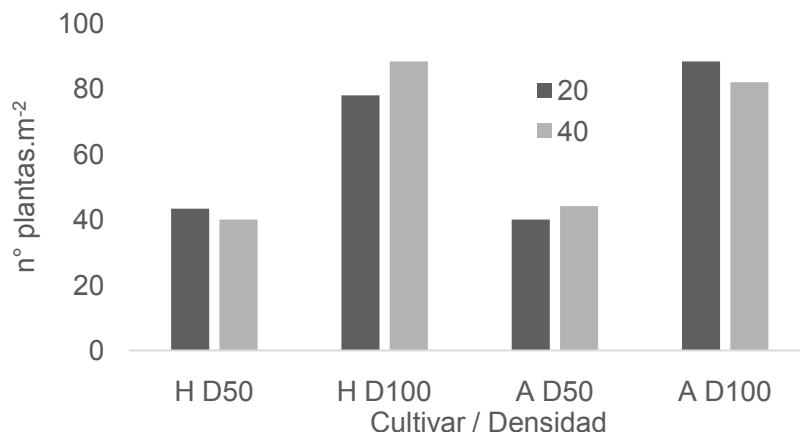


Figura 1. Plantas de trigo logradas en los distintos distanciamientos para los diferentes cultivares y densidades de siembra (H: Huenpan, A: ACA223; D50 Densidad baja; D100: Densidad alta).

La densidad promedio de plántulas de raigrás que se censaron en el mismo momento fue de 317 ± 155 plantas m^{-2} . En un ensayo experimental, Acciaresi *et al.* (2001) encontraron que cuando la cantidad de plantas de raigrás superó las 150 plantas m^{-2} , aquel se volvió un fuerte competidor para el trigo, especialmente en etapas posteriores al macollaje.

Habilidad competitiva

La producción de MS de raigrás en sectores sin cultivo fue de 2670 ± 407 kg MS ha^{-1} . Esta cantidad de MS acumulada durante el período emergencia-madurez del cultivo, se consideró excesiva respecto de la cantidad de MS esperable en una maleza.

En el caso de la acumulación de MS de raigrás, se detectó interacción Cv*Den ($p < 0,001$), por lo que se comparó el comportamiento de los cultivares en las diferentes densidades de siembra. De esta forma, se detectó una mayor acumulación de MS de raigrás en el caso de ACA223 respecto de Huenpan, con densidad alta. Sin embargo, el rendimiento en grano de esta variedad en las condiciones mencionadas (datos no presentados) fue mayor que el de Huenpan, lo que indicaría una mayor competencia frente a raigrás, ejercida por ACA223 en cultivos de 100 plantas m^{-2} .

Entre los valores de los indicadores de competencia, se encontró interacción Cv*Den ($p < 0,03$). En general, los cultivares se comportaron de manera similar. López *et al.* (2011), sugirió la posibilidad de cierta influencia climática sobre los valores del IA, por lo que debería repetirse la experiencia en el tiempo para poseer un mayor ajuste del índice.

Respecto de los valores de Rc/Rl, se observaron significativas pérdidas de rendimiento en todos los tratamientos. Sin embargo, con distancia entre hileras de 40cm, ACA223 tuvo un mejor comportamiento que Huenpan.

CONCLUSIONES

El efecto de la competencia de raigrás, cuando la densidad de plantas supera un valor umbral, produce una fuerte disminución de los rendimientos, aun en cultivos con diferentes estructuras.

Los cultivares evaluados mostraron un comportamiento similar frente a la competencia de raigrás. Se debería repetir la experiencia, sumando cultivares y profundizando en la medición de algunas características de los mismos.

Tabla 2. Materia seca acumulada de raigrás en los diferentes tratamientos, índice de agresividad y relación entre el rendimiento del cultivo con raigrás respecto del rinde limpio, de los cultivares según la estructura de cultivo adoptada.

Cultivar†	Distancia (cm)	Densidad (plantas m ⁻²)	MS (kg ha ⁻¹)	IA	Rc/Rl
HP	20	50	2799	-0,17	0,70
		100	2036	-0,09	0,61
	40	50	2463	-0,33	0,32
		100	1500	0,08	0,58
ACA	20	50	1737	-0,03	0,51
		100	2613	-0,20	0,52
	40	50	1871	0,01	0,62
		100	2338	-0,01	0,74
Medias					
HP			2200	-0,13	0,55
ACA			2140	-0,06	0,60
20			2296	-0,12	0,58
40			2043	-0,06	0,56
50			2122	-0,05	0,61
100			2218	-0,13	0,54

[†]HP, Huenpan; ACA, ACA223.

BIBLIOGRAFÍA

- Acciaresi, H; HO Chidichimo & S Sarandón. 2001. Traits related to competitive ability of wheat (*Triticum aestivum*) varieties against Italian Ryegrass (*Lolium multiflorum*). *Biological Agriculture and Horticulture* Vol 19, pp 275-286.
- Acciaresi, H; MT Sobrero & ES Leguizamón. 2014. Interacción maleza-cultivo I: Competencia, teorías, recursos y factores; estrategias competitivas. En "Malezas invasoras de la Argentina. Tomo I: Ecología y Manejo." OA Fernández, ES Leguizamón & HA Acciaresi (Eds).
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. URL <http://www.infostat.com.ar>
- López, RL; MR Vigna & R Gigón. 2011. Habilidad competitiva de cultivares de trigo pan de ciclo largo e intermedio. *Actas del XX Congreso de la Asociación Latinoamericana de Malezas*. Viña del Mar, Chile.
- Sánchez Vallduví, GE & S Sarandón. 2014. Principios de manejo ecológico de malezas. En "Agroecología: bases teóricas para el diseño y manejo de agroecosistemas sustentables." S. Sarandón y C Flores (Eds). Editorial de la Universidad de La Plata. 1era. Edición.
- Vigna, MR; RL López & R Gigón. 2012. Situación de la problemática y propuesta de manejo para *lolium* y *avena fatua* resistentes a herbicidas en el sur de buenos aires. En: <http://inta.gob.ar/documentos/situacion-de-la-problematica-y-propuesta-de-manejo-para-lolium-y-avena-fatua-resistentes-a-herbicidas-en-el-sur-de-buenos-aires>.

ESTIMACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN DE VARIABLES QUÍMICAS EN SUELOS DE CORONEL SUÁREZ MEDIANTE SIG

Zajac C.C.¹, E. de Sá Pereira², J.A. Galatini³, E.E. Zajac⁴

¹Ing. Agr. cczajac@hotmail.com

²Agencia de Extensión Coronel Suárez, EEA INTA Bordenave,
desapereira.eduardo@inta.gob.ar

³Comisión Investigaciones Científicas (CIC), CERZOS-UNS

⁴Dpto. Agronomía, UNS

RESUMEN: El muestreo de suelos con GPS y la utilización de sistemas de Información Geográficos (SIG) constituyen una herramienta tecnológica que permite estudiar y diagnosticar los mismos a escala partidaria en el Sudoeste Bonaerense (SOB). Los objetivos fueron realizar el muestreo de suelos mediante GPS en Coronel Suarez y confeccionar una base de datos SIG con los valores de pH, fósforo extractable (P) y materia orgánica del suelo (MO), estimar su contenido, distribución, porcentaje y dosis teórica de fósforo (PT) para cereales de invierno y confeccionar las cartografías correspondientes. El área de estudio comprendió el partido de Coronel Suarez, se realizaron muestreos de suelos con la ayuda de un GPS y barreno en capa 0 - 20 cm, con los análisis químicos se confecciona una base de datos SIG e interpolaron los datos. Siguiendo la metodología propuesta por Loewy (2002) para cereales de invierno se calcularon las dosis de PT. Se observaron valores medios de pH de 6,68 y situaciones tendientes a la neutralidad o ligeramente ácidas. Las medias partidarias de P fueron de 18,05 mg kg⁻¹ en el centro este y en el oeste valores medios a altos, en ambientes prístinos 99,03 mg kg⁻¹. Las dosis de PT medias fueron de 15 kg ha⁻¹ totalizando 648,76 Mg para cereales de invierno. El valor medio de MO fue 4,04%, mientras que los mayores alcanzaron 6,91%, determinados en ambientes prístinos o de uso ganadero. En la mayoría de los suelos los valores estimados de pH no fueron limitantes para cultivos o pasturas, salvo extremos puntuales. El 53,2% y el 30,9% del área presento valores de P medios y altos encontrándose máximos en sitios prístinos del partido. Las dosis de PT calculadas permitieron cuantificar la demanda teórica de PDA (3243,8 Mg) equivalentes a 1.216.425 U\$S para cereales invernales. El 99,6% del área presento valores medios a altos de MO. La cartografía realizada permitió una primera distribución de ambientes edáficos, base para profundizar el estudio de variables químicas en realizar futuras investigaciones sobre variabilidad espacial y temporal, así como rediseñar técnicas agronómicas que permitan un adecuado muestreo, determinación, estimación y reposición de nutrientes en el SOB.

PALABRAS CLAVE: fósforo, materia orgánica, pH.

INTRODUCCIÓN

El muestreo de suelos con GPS y la utilización de sistemas de Información Geográficos (SIG) combinado con agricultura de precisión (AP) y sensores remotos (SR) constituyen una herramienta tecnológica innovadora para el estudio de los suelos a nivel regional. Permiten representar objetos geográficos, sus atributos, relaciones espaciales, comportamiento y almacenar datos vectoriales y raster en capas de información que se superponen (Occhiuzzi *et al.*, 2011).

Kruger *et al.* (2005) mencionan que las condiciones edafoclimáticas en el Sudoeste Bonaerense (SOB) determinan que los sistemas de producción sean predominantemente mixtos, y que los cereales de invierno sean la alternativa casi excluyente para gran parte de

la agricultura regional; tal vez por este motivo la AP y los SIG no han tenido mucha difusión en la región.

Según Quiroga & Bono (2008) en la Región Semiárida Pampeana existen valores de pH que oscilan entre 6,2 y 7,5 en los cuales no existiría ningún tipo de restricción en cultivos y pasturas. García (2001) y Vásquez (2002) mencionan que hacia el sudeste de Buenos Aires los suelos presentan niveles de P bajos ($<10 \text{ mg P kg}^{-1}$), en el oeste y noroeste de la provincia niveles medios ($10\text{-}20 \text{ mg P kg}^{-1}$) a adecuados ($> 20 \text{ mg P kg}^{-1}$).

El contenido de MO es el resultado del balance entre las tasas de humificación y mineralización (Campbell, 1978). La mayoría de los estudios coinciden en que la MO es el principal indicador y posee una influencia significativa sobre la calidad del suelo y su productividad (Quiroga & Funaro, 2004; Galantini & Suñer, 2008; Duval *et al.*, 2016) y sus fracciones son importantes atributos de la calidad del mismo (Gregorich *et al.* 1994).

En el sur Bonaerense en ensayos de larga duración Galantini (2007) menciona que bajo Arguidoles Típicos el contenido de MO fue de alrededor de 3% bajo siembra directa y en labranza convencional de 2,5% aunque su dinámica dependió de la cantidad de lluvias.

Dada la baja adopción de tecnología entre productores el estudio exhaustivo de las variables químicas nos posibilita la ambientación a escala partidaria y el adecuado ordenamiento territorial de los suelos con el propósito de optimizar los sistemas productivos.

Tal situación nos invita a rediseñar futuras investigaciones sobre la variabilidad a largo plazo, distribución espacial, anomalías y manejos agronómicos que permitan una adecuada reposición de nutrientes en el tiempo.

Los objetivos fueron: Realizar el muestreo de suelos mediante GPS a escala partidaria, recopilar información química edáfica para la confección de una base de datos SIG, explorar el contenido de pH, P, MO) mediante análisis químico realizado en laboratorio, estimar el contenido de variables (pH, P, MO) su distribución, porcentaje, dosis de P teórica para cereales de invierno y confeccionar las cartografías correspondientes para Coronel Suarez.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio (Figura 1) comprendió el partido de Coronel Suarez, en el cual se realizaron muestreos no aleatorizados de suelos georreferenciados con GPS y barreno recto (Santos *et al.*, 2012) en la capa arable (0-20 cm), totalizando 297 muestras a partir de muestras compuestas obtenidas a escala de lote durante la campaña de trigo 2011.

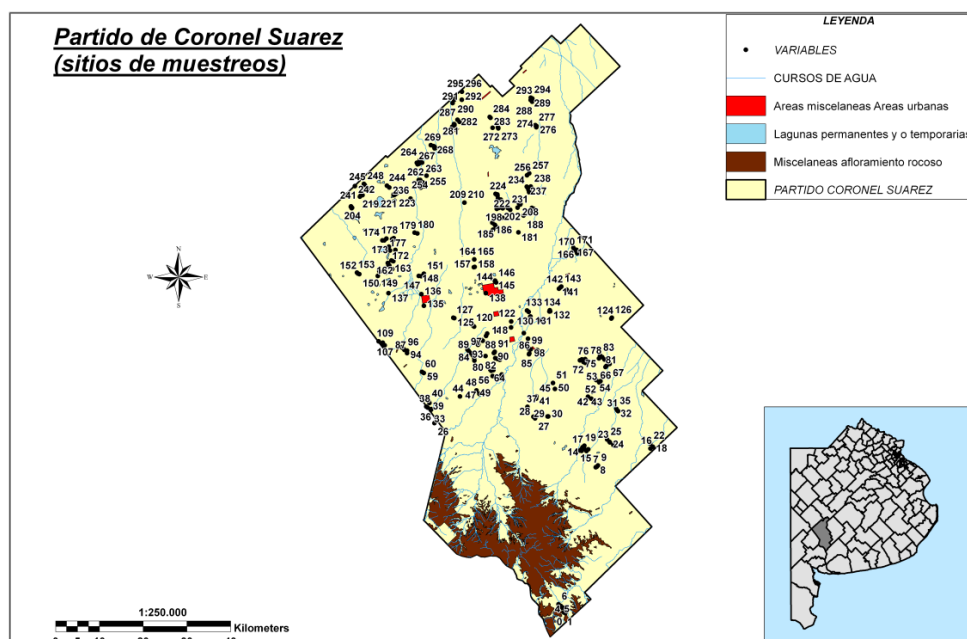


Figura 1. Mapa partidario del área de estudio, zona descartada y puntos de muestreos.

Posteriormente se exploraron los análisis químicos de muestras realizadas en el laboratorio del EEA Bordenave (LABOR), pH en pasta de saturación (Vázquez, 2005), fósforo extractable (Bray & Kurtz 1945) y materia orgánica (Walkley & Black, 1934). Con la ayuda de un SIG se confecciona una base de datos tabular con resultados analíticos de laboratorio e información complementaria de los sitios como rotación de cultivos, sistema de labranza y manejo agronómico. Seguidamente se realizaron las cartografías partidarias y se estimó el área de estudio descartándose (misceláneos) afloramientos rocosos, lagunas permanentes o temporarias y ejidos urbanos (Tabla 1).

Tabla 1. Superficie partidaria total, misceláneos y área de estudio (ha).

Superficies	ha
Partidaria total	598.500
Afloramientos rocosos	48.977
Lagunas permanentes y temporarias	2.374
Ejidos Urbanos	1.622
Descartado	52.973
Área en estudio	545.527

Se interpolaron los datos de pH, P y MO mediante Distancia Inversa Ponderada, agrupándose en cuartiles y generándose 6 rangos en para su visualización (Mueller *et al.*, 2004) representándose la distribución espacial partidaria de las variables químicas y su porcentaje con respecto al área de estudio. Posteriormente siguiendo la metodología propuesta por Loewy (2002) para cereales de invierno se calcularon las dosis de P teóricas (kg ha^{-1}) en función de los niveles de P obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos para las 3 variables analizadas posteriores a la interpolación.

Tabla 2: Estadística simple realizada: pH, P, MO.

Estadística	pH	P	MO
unidades		mg kg^{-1}	%
Nº de datos	43.796	43.796	43.796
Máximo	8,63	99,03	6,91
Mínimo	4,88	3,92	2,35
Media	6,68	18,05	4,04
S	0,25	6,56	0,36
CV (%)	3,74	36,34	8,91

En las Figuras (2,3,5) se observan los resultados obtenidos y la cartografía respectiva para cada variable química analizada.

Los valores registrados de pH (Figura 2 y Tabla 2) presentaron diferencias debido a historial de uso, rotación y manejo, observándose suelos ácidos a ligeramente ácidos en una línea longitudinal norte/sur. Suelos ligeramente alcalinos fueron encontrados en sectores centro este y suroeste del partido. Aunque la media arroja situación tendientes a la neutralidad o ligeramente ácidas (6,68) coincidentes con los mencionados por Quiroga & Bono (2008) salvo sitios en los que habría que profundizar los estudios.

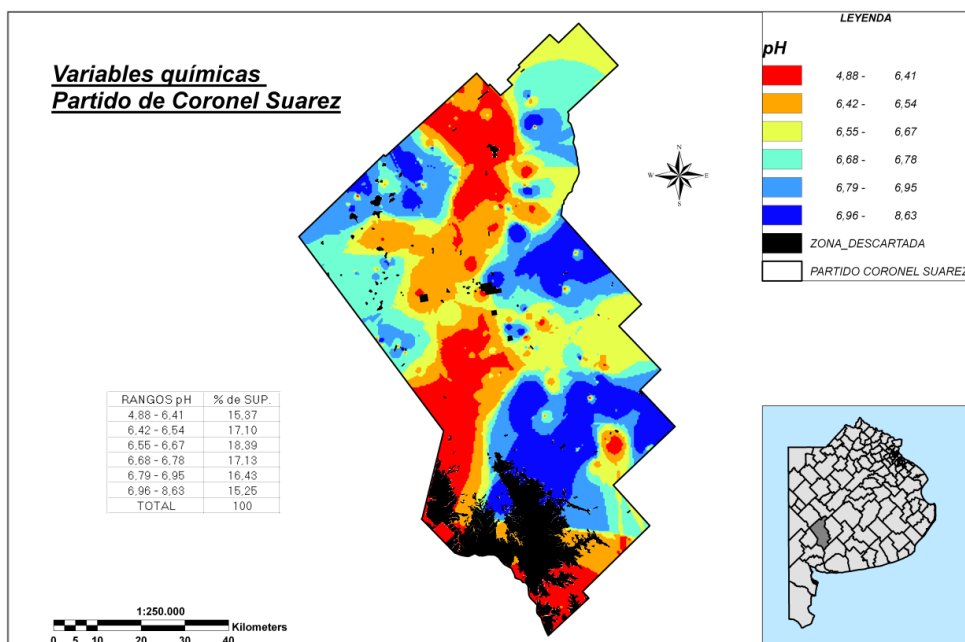


Figura 2. Mapa partidario de pH, distribución y % con respecto al área de estudio.

En sectores centro/este del partido se observan valores medios de P y en el oeste valores medios a altos. Los registrados en ambientes prístinos puntuales ($99,03 \text{ mg kg}^{-1}$) coinciden con los mencionados por (Morrás, 1996) cercanos a 114 mg kg^{-1} , observándose en la porción centro norte y sur del partido. (Figura 3 y Tabla 2).

Considerando las texturas superficiales del suelo franca, franca arcillosa, franco limosa (INTA, 1989) y medias partidarias de $18,05 \text{ mg kg}^{-1}$ de P estaríamos en situaciones en que para realizar cultivos de cereales de invierno habría que realizar dosis de enriquecimiento y reposición dependientes de su ubicación geográfica partidaria.

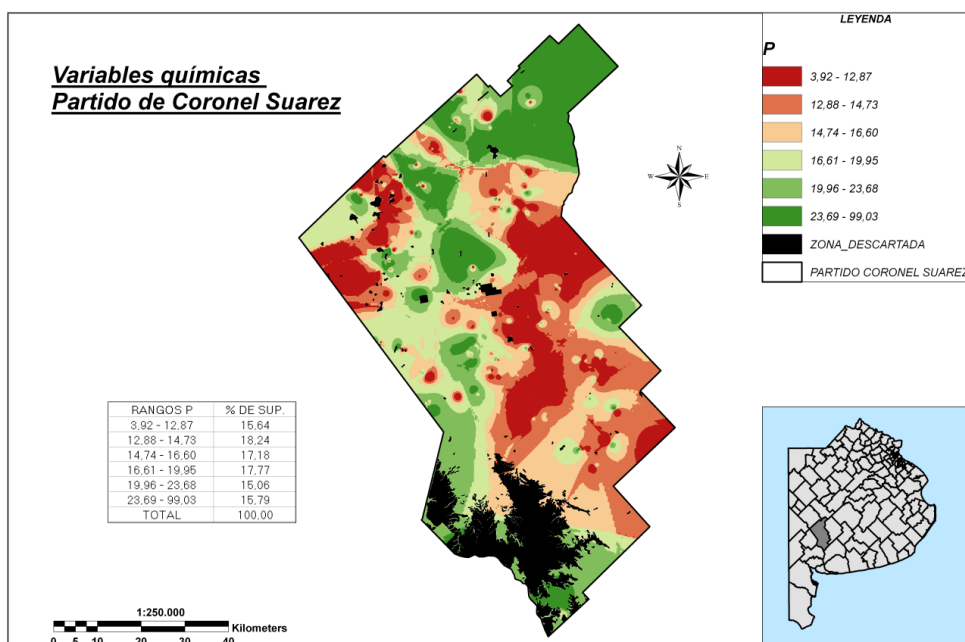


Figura 3. Mapa partidario de P (mg kg^{-1}), distribución y % con respecto al área de estudio.

Se observan las dosis de P (kg ha^{-1}) teóricas (Figura 4) en función de los niveles obtenidos de P (Figura 3) para el partido de Coronel Suarez con medias de 15 kg ha^{-1} totalizando 648,76 ton para el área de estudio. Si bien es un cálculo teórico haciendo la suposición de que toda el área de estudio se podría llegar a destinar a cereales de invierno, son cultivos predominantes en las rotaciones partidarias.

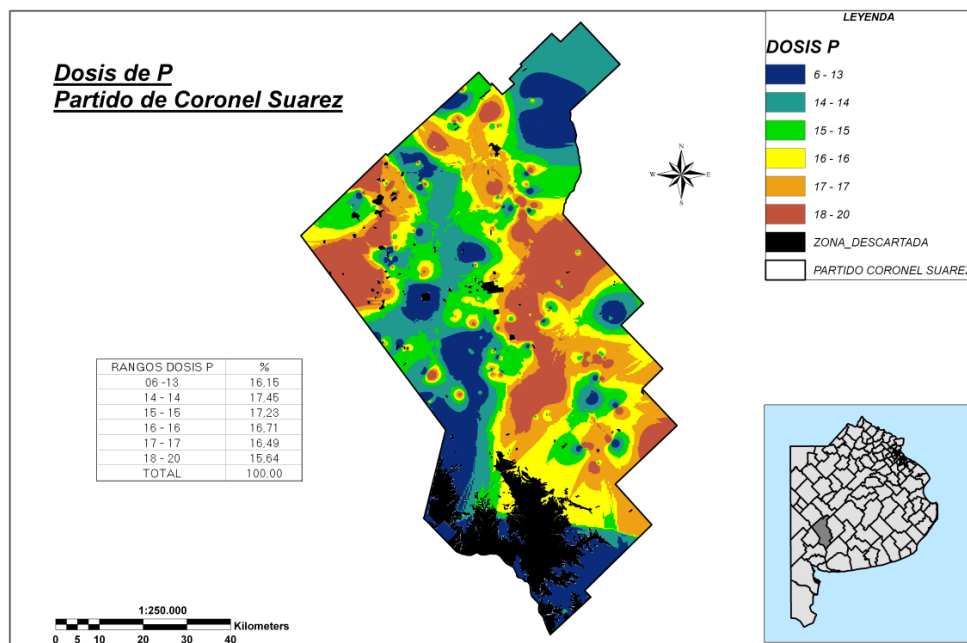


Figura 4. Mapa partidario de dosis P (kg ha^{-1}), distribución y % con respecto al área de estudio.

Los valores medios registrados de MO para el partido fueron de 4,04% (Tabla 2). Se presentaron diferencias debido a historial de uso, rotación y manejo observándose los menores valores en el centro y noreste del partido.

Mayores valores (6,91 %) fueron encontrados en el norte y sur partidario correspondiente a ambientes prístinos o de uso ganadero en inmediaciones de sectores de lagunas y serranías. Sá Pereira *et al.* 2015 menciona valores en Coronel Suarez (3,71 %) con escaso nivel de disturbio antropico, son coincidentes con los registrados en 7 sitios prístinos analizados siendo su media de 3,69 %.

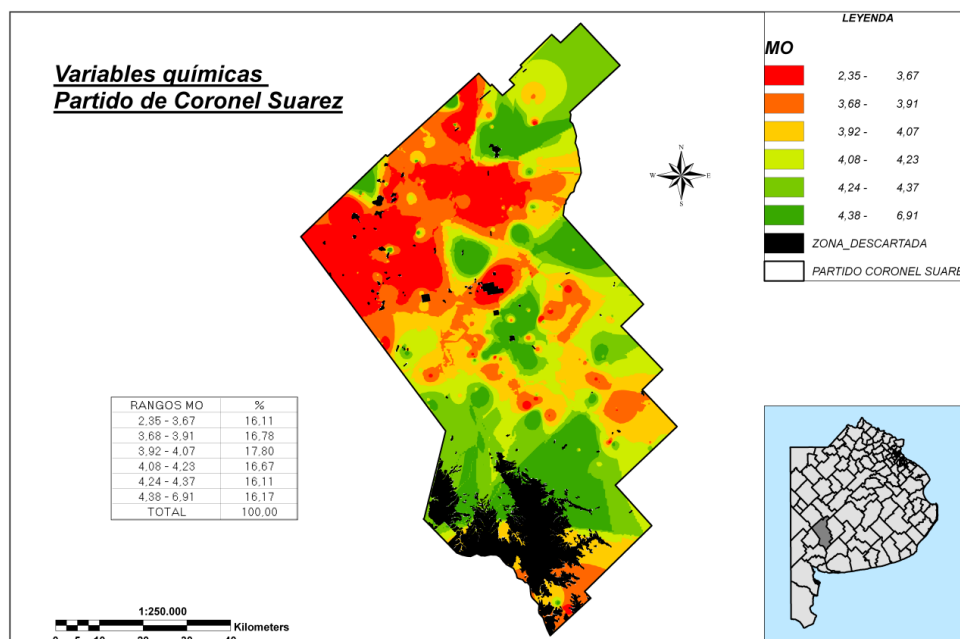


Figura 5. Mapa partidario de MO (%), distribución y % con respecto al área de estudio.

CONCLUSIÓN

Los valores estimados de pH no fueron limitantes para los cultivos o pasturas evidenciándose condiciones ligeramente acidas a neutras, salvo extremos puntuales que justificarían mayor detalle de muestreos.

El 53,2 y 30,9% del área estudiada presento valores medios y altos de P, encontrándose máximos en sitios prístinos del partido.

Las dosis de PT calculadas para el área de estudio nos permitieron cuantificar la demanda teórica de fertilizantes para cereales invernales que fueron de 3.243,8 ton de PDA equivalentes a 1.216.425 U\$\$ considerando un precio 375 u\$/ton para Mayo 2017(Word Bank, 2017).

El 50,7 y el 48,9% del área estudiada presento valores medios y altos de MO respectivamente a escala partidaria totalizando 99,6%.

Sería interesante continuar con el estudio de variables químicas en superficie y en subsuperficie (no evaluada) en este trabajo.

La cartografía partidaria nos permitió realizar la ambientación edáfica y profundizar el estudio de las variables químicas con el objetivo de realizar futuras investigaciones sobre variabilidad espacial, temporal y rediseñar técnicas agronómicas que permitan un adecuado muestreo, determinación, estimación de las mismas y reposición de nutrientes en el SOB.

AGRADECIMIENTOS

A.E.R. Coronel Suarez (INTA) y a la Municipalidad de Coronel Suarez que bajo COPRODESU permitieron el muestreo de suelos y LABOR (EEA Bordenave) en donde se realizaron los análisis químicos de Laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bray RH & LT Kurtz. 1945. Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soil. SoilSci. 59: 39-45.
- Campbell CA. 1978. Soil organic carbon, nitrogen and fertility. In: Schnitzer. M. & S.U Khan (ed.). Soil organic matter. Developments in Soil Science 8. Elsevier Scientific, Amsterdam, Netherlands. pp. 173-271.
- Duval ME, JA Galantini, JM Martínez & JO Iglesias. 2016. [Comparación de índices de calidad de suelos agrícolas y naturales basados en el carbono orgánico](#). Ciencia del Suelo 34(2) 197-209.
- Galantini JA. 2007. Sistemas Productivos del Sur y Sudoeste Bonaerense. Revista Técnica Especial en SD, Octubre 2007, AAPRESID. Rosario. pp 11-15.
- Galantini JA & L Suñer. 2008. [Las fracciones orgánicas del suelo: Análisis en los suelos de la Argentina](#). Revisión. AgriScientia XXV(1): 41-55.
- García FO. 2001. Balance de fósforo en los suelos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 9:1-3.
- Gregorich EG, MR Carter, DA Angers, CM Monreal & BH Ellert. 1994. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soil. Can J. Soil Sci. 367-385.
- Kruger H, R Agamennoni & M Ripoll. 2005. Siembra directa de trigo en el sur de la región Semiárida Pampeana. Boletín Técnico N° 14. INTA E.E.A. Hilario Ascasubi. Ed. Unidad de Comunicaciones INTA, Bahía Blanca, Argentina.
- Loewy T. 2002. Enfoque sistémico de la fertilización fosfórica. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 16:16-18.
- Morrás H. 1996. Diferenciación de sedimentos superficiales en la región pampeana en base a contenidos de fosforo y potasio. Acta VI. Reunión Argentina de Sedimentología, P.34-42. Bahía Blanca, Buenos Aires, 16-27 de mayo.
- Mueller TG, NB Pusuluri, KK Mathias, PL Cornelius, RI Barnhisel & SA Shearer. 2004. Map Quality for Ordinary Kriging and Inverse Distance Weighted Interpolation. Soil Science Society of American Journal 68: 2042-2047.
- Occhiuzzi SE, P Mercuri & C Pascale. 2011. Herramientas para la evaluación y gestión del riesgo climático en el sector agropecuario. Argentina; - 1ª ed. - Buenos Aires : Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 130 pag.
- Santos DJ, MG Wilson & M Ostinelli. 2012. Metodología de muestreo de suelo y ensayos de campo: protocolos básicos comunes, INTA, 1ªed, Paraná, 70 p.
- Sá Pereira de E., JA Galantini & G Minoldo. 2015. El impacto de los sistemas actuales de cultivos sobre las propiedades químicas del suelo y sus efectos sobre los balances de carbono. Editores. Coronel Suarez, Buenos Aires. INTA. pp145-148.
- INTA. 1989. Mapa de suelos de la Provincia de Buenos Aires. 525 p. Instituto de Suelos – INTA, Buenos Aires, Argentina.
- Vázquez ME. 2005. Acidez del suelo. En: Tecnologías en análisis de suelos. Liliana Marbán y Silvia Ratto. Buenos Aires: AACs. pp: 69-88.
- Vázquez ME. 2002. Balance y fertilidad fosforada en suelos productivos de la región pampeana. Informaciones Agronómicas del Cono Sur 16:3-7.
- Walkley A & I Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
- World Bank Group. 2017. Commodity Markets Outlook, April. World Bank, Washington, DC. License: Creative Commons Attribution CC BY 3.0 IGO.

APORTE DE CARBONO EN LA SECUENCIA CULTIVO DE COBERTURA – MAÍZ SOBRE UN ENTISOL EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA PAMPEANA

**Uhaldegaray M.G.¹, J.A. Oderiz¹, E.D. Scherger¹, I. Frasier¹, R. Fernández¹, P. Zalba³,
A.R. Quiroga^{1,2}.**

¹ EEA INTA Anguil, Ruta 5 km 580, CP 6326, CC 11. Anguil, La Pampa.

[-uhaldegaray.mauricio@inta.gob.ar](mailto:uhaldegaray.mauricio@inta.gob.ar).

² Facultad de Agronomía - UNLPam, Ruta 35, CP 6300, CC 30. Santa Rosa, La Pampa.

³ Departamento de Agronomía – UNS. 8000 Bahía Blanca, Buenos Aires.

RESUMEN: Se planteó como objetivos evaluar la eficiencia en el uso del agua para la captura de carbono por cultivos de cobertura (CC) incluidos en secuencias continuas de maíz, en un Entisol de la región semiárida pampeana. La experiencia se desarrolló sobre un Ustipsament típico durante la campaña 2015/16 en ensayos de larga duración que consisten en rotaciones de CC y maíz como cultivo de verano. Los tratamientos fueron un testigo sin CC (T), centeno (C), centeno fertilizado con 60 kg N ha⁻¹ (C+N) y la consociación de vicia con centeno dispuestos en un diseño en bloques completamente aleatorizado con cuatro réplicas. Al secado de los CC se determinó productividad y contenido de carbono en la biomasa aérea, y sobre el cultivo de verano se determinó acumulación de biomasa aérea total y el contenido de carbono de sus residuos descontando las espigas, simulando la cosecha. Los resultados mostraron que el maíz establecido sobre el centeno fertilizado y el consociado fueron más eficientes en el uso del agua (39,5 y 39 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, respectivamente) y en capturar carbono (19 kg C ha⁻¹ mm⁻¹) respecto al testigo. Además, la secuencia cultivos de cobertura-maíz aportó en promedio 7837 kg de carbono al sistema, lo que representa un 57% más que el maíz establecido sobre un barbecho largo.

PALABRAS CLAVE: ustipsament, biomasa aérea, centeno, vicia.

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años se ha evidenciado un aumento de la superficie destinada a la agricultura junto con la adopción generalizada de la siembra directa ocupando suelos con diferentes capacidades de uso, donde los cultivos o pasturas de gramíneas (maíz, sorgo, mijo, moha, pasto llorón, mijo perenne) que resultan claves en el balance de materia orgánica (MO) fueron reemplazados por cultivos anuales especialmente de oleaginosas (girasol, soja, maní) con bajo aporte de residuos.

En Entisoles de las Planicies Medanosas del Este de La Pampa el bajo aporte de residuos ha conducido a la aparición de procesos erosivos del suelo (Colazo & Buschiazzi, 2010; Aymar *et al.*, 2012) impactando negativamente sobre las propiedades físicas del suelo (Quiroga *et al.*, 2009). Este deterioro de la condición física de los suelos presenta una estrecha relación con la pérdida de carbono, principalmente de las fracciones más lábiles de la MO, con la consecuente pérdida de estructura edáfica (Cambardella & Elliot, 1992; Quiroga *et al.*, 2009) afectando el flujo del agua, la difusión de los gases y la actividad biológica (Hakansson & Reeder, 1994).

Bajo estas condiciones, la captura de carbono a partir de la inclusión de cultivos de cobertura (CC) podría mitigar alguno de los efectos mencionados contribuyendo a la sustentabilidad del sistema de producción. Los CC aparecen como una herramienta estratégica para capturar recursos, promover el ciclado de nutrientes, mantener y/o mejorar el balance de carbono del suelo y aumentar la eficiencia de uso del agua al incidir positivamente sobre la captación, almacenaje y conservación del agua en el suelo al reducir las pérdidas por evaporación durante el largo periodo de barbecho.

En base a lo expuesto, se estableció como objetivos evaluar la eficiencia en el uso del agua para la captura de carbono por cultivos de cobertura incluidos en secuencias continuas de maíz, en un Entisol de la región semiárida pampeana.

MATERIALES Y MÉTODOS

El sitio experimental se localizó en la Estación Experimental Agropecuaria INTA Anguil “Ing. Guillermo Covas”, que corresponde a un ensayo de larga duración (5 años), donde se establecieron secuencias con CC y maíz bajo siembra directa sobre un Ustipsament típico, arenoso franco, con presencia de napa freática por debajo de los 2 m de profundidad. Los tratamientos fueron T1: Centeno (*Secale cereale* var. Quehue), T2: Centeno fertilizado con 60 kg N ha⁻¹, T3: Centeno consociado con vicia (*Vicia villosa*) y T4: Control (sin CC). El diseño experimental fue en bloques al azar con 4 repeticiones. La densidad de siembra de los CC fue de 200 pl m⁻², la misma fue regulada en una proporción 40/60 de centeno y vicia para la consociación (VC) y su ciclo estuvo acotado al período de abril a octubre. Como cultivo de verano se sembró maíz DK 7210 a mediados de diciembre con una densidad de 55000 pl ha⁻¹ a cosecha. Se fertilizaron todos los tratamientos con fósforo antes de la siembra (20 kg ha⁻¹) para cubrir posibles deficiencias de este elemento.

Determinaciones:

En la campaña 2015-2016 se cuantificó la productividad aérea de los CC y del maíz. Para ello, al momento del secado del cultivo de cobertura (20/10/15) se tomó una muestra compuesta de la biomasa aérea (4 submuestras de 0,25 m² por parcela); para evaluar la biomasa aérea del cultivo de verano, se realizó un corte sobre el maíz al momento de madurez fisiológica tomando las plantas de 2 hileras de 3 m lineales por cada tratamiento a las cuales se les extrajo las espigas. Las muestras se llevaron a estufa de 60°C por 72 hs o hasta lograr su peso constante para determinar materia seca y luego fueron molidas para la determinación del contenido de carbono por combustión seca (LECO – TrueSpec® CN). Además, se determinó el contenido de humedad del suelo a la siembra y al finalizar cada uno de los cultivos basado en el método gravimétrico (%), muestreando el perfil en estratos de 20 cm hasta 1 metro de profundidad en el CC y hasta 1,6 metros en el maíz.

Los resultados se analizaron estadísticamente mediante el software InfoStat (Di Rienzo *et al.*, 2016) y la comparación de medias se realizó mediante el Test de Fisher (p=0,05).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el desarrollo del estudio las precipitaciones fueron mayores (48%) respecto a la media histórica, principalmente en la época primavera-estival (Figura 1). Los CC recibieron a lo largo de su ciclo 151 mm (desde la siembra al secado), mientras que durante el ciclo del maíz las precipitaciones fueron de 565 mm.

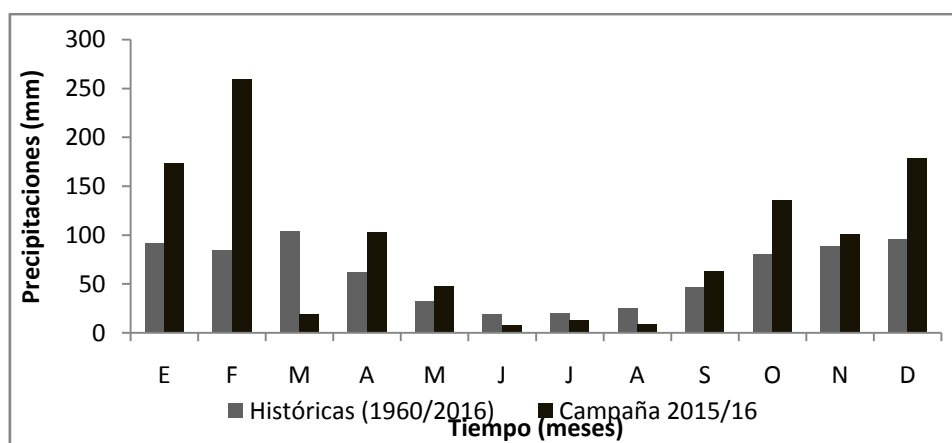


Figura 1. Precipitaciones mensuales históricas (1960/2016) y durante la Campaña 2015/16.

En la Figura 2 se muestra el uso consuntivo (UC) de los CC y el maíz, teniendo en cuenta el agua útil a la siembra y al finalizar el ciclo de cada cultivo, más las precipitaciones en cada periodo. El tratamiento consociado de vicia con centeno presentó un mayor UC (149 mm) que el centeno fertilizado (132 mm), pero no se diferenciaron significativamente del centeno sólo. A pesar de este mayor consumo por parte de la vicia con centeno, los tratamientos no se diferenciaron en cuanto a la eficiencia para producir biomasa, cuyos valores se encontraron entre 54 y 63,5 kg MS por milímetro de agua consumida. Al respecto, Scianca (2010) en centeno sobre Argiudol Típico, halló valores de EUA entre 37 y 54 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹, mientras que en un Hapludol Thapto árgico las EUA oscilaron entre 9 y 30 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹.

En cuanto al cultivo de maíz, los tratamientos no se vieron afectados por el consumo de agua de los CC, y el UC fue similar para todos los tratamientos con valores que variaron entre 532 y 545 mm. Sin embargo, la EUA del maíz establecido sobre vicia con centeno (39 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹) y centeno fertilizado (39,5 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹) resultaron mayores que la correspondiente a maíz establecido sobre barbecho largo (33 kg MS ha⁻¹ mm⁻¹). Estas diferencias pueden estar relacionadas a los mayores contenidos de nitrógeno provenientes del CC antecesor, ya sea por la aplicación del fertilizante o por la fijación biológica por parte de la vicia en la consociación. Al respecto, Fernández *et al.* (2007) encontraron en la región semiárida pampeana resultados similares, en los cuales los mayores rendimientos del cultivo de maíz se obtuvieron cuando el mismo fue establecido sobre CC fertilizados.

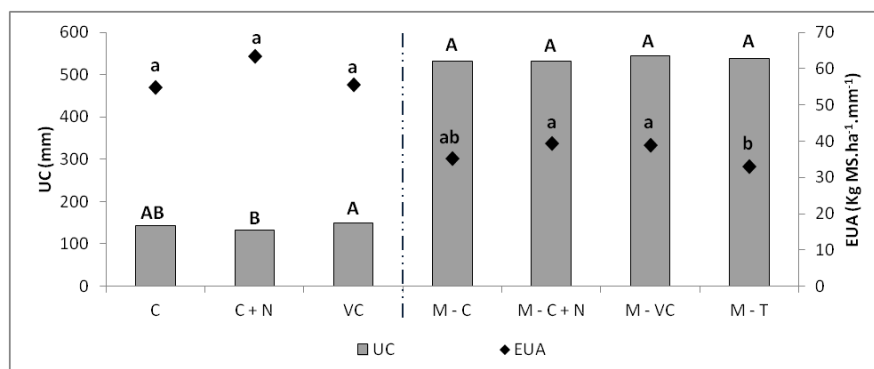


Figura 2. Uso consuntivo (UC) y eficiencia de uso de agua (EUA) de los CC y el maíz sucesor. C: centeno; C+N: centeno fertilizado; VC: vicia con centeno; M-C: maíz sobre centeno; M-C+N: maíz sobre centeno fertilizado; M-VC: maíz sobre vicia con centeno; M-T: maíz sobre testigo (sin CC). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para los CC y para el maíz ($p < 0,05$).

Tabla 1. Biomasa aérea (BA, kg MS ha⁻¹), eficiencia en la captura de carbono (ECC, kg C ha⁻¹ mm⁻¹) y aporte de carbono (kg C ha⁻¹), en los CC y maíz.

Tratamiento	BA		ECC		Aporte de C	
C	7796	A	24,8	A	3516	A
C + N	8322	A	28,5	A	3728	A
VC	8338	A	25,2	A	3752	A
M - C	18612	bc	15,8	b	4001	a
M - C + N	20839	ab	19,0	a	4330	a
M - VC	21358	a	19,0	a	4185	a
M - T	17758	c	15,5	b	3353	b

C: centeno; C+N: centeno fertilizado; VC: vicia con centeno; M-C: maíz sobre centeno; M-C+N: maíz sobre centeno fertilizado; M-VC: maíz sobre vicia con centeno; M-T: maíz sobre testigo (sin CC). Letras diferentes indican diferencias significativas entre tratamientos para los CC y para el maíz ($p < 0,05$).

Los CC no se diferenciaron entre sí, ya que acumularon hasta el momento de secado (162 días) 8152 kg MS ha⁻¹ en promedio, con un contenido de carbono de 3665 kg ha⁻¹ y una eficiencia en la captura de 26,2 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

El maíz establecido sobre el tratamiento de vicia con centeno fue el que mayor biomasa acumuló con 21358 kg MS ha⁻¹ diferenciándose del tratamiento sobre centeno (18612 kg MS ha⁻¹) y del control (17758 kg MS ha⁻¹), pero similar al tratamiento de centeno fertilizado que acumuló 20839 kg MS ha⁻¹.

En cuanto al aporte de carbono que realiza el maíz, teniendo en cuenta la biomasa que queda en el suelo luego de cosechar sus espigas, los tratamientos que se establecieron sobre CC no se diferenciaron entre sí (4172 kg C ha⁻¹). Por su parte, en el maíz proveniente de barbecho largo el aporte resultó menor (3353 kg ha⁻¹). Sin embargo, los maíces que se establecieron sobre vicia con centeno y el centeno fertilizado fueron más eficientes en la captura de carbono (19 kg ha⁻¹ mm⁻¹) que los tratamientos establecidos sobre centeno sólo y barbecho largo (15,8 y 15,5 kg C.ha⁻¹.mm⁻¹, respectivamente).

La secuencia cultivos de cobertura-maíz aportó en promedio 7837 kg C ha⁻¹ al sistema, lo que representa un 57% más que el maíz establecido sobre un barbecho largo sin cultivos de cobertura.

CONCLUSIONES

La utilización de cultivos de cobertura mejoró el aporte de carbono al sistema aumentando además la productividad del cultivo de maíz sucesor. El maíz establecido sobre la consociación de vicia con centeno o centeno fertilizado fue más eficiente en capturar carbono que sobre el centeno sin aporte de nitrógeno y el barbecho largo.

La inclusión de CC en la rotación aparecen como una práctica interesante para mejorar el balance de carbono en Entisoles de ambientes semiáridos.

BIBLIOGRAFÍA

- Aimar, SB, MJ Mendez, R Funk & DE Buschiazso. 2012. Soil properties related to potential particulate matter emissions (PM10) of sandy soils. *Aeolian Research*, 3(4), 437-443.
- Cambardella, CA & ET Elliot. 1992. Particulate soil organic matter changes across a grassland cultivation sequence. *Soil. Sci. Soc. Am. J.* 56: 777-783.
- Colazo, JC & DE Buschiazso. 2010. Soil dry aggregate stability and wind erodible fraction in a semiarid environment of Argentina. *Geoderma*, 159(1), 228-236.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar>.
- Fernández, R; A Quiroga; F Arenas; C Antonini & M Saks. 2007. Contribución de los cultivos de cobertura y las napas freáticas a la conservación del agua, uso consuntivo y nutrición de los cultivos. *Manual de fertilidad y evaluación de suelos*. Publicación Técnica N°71. EEA INTA Anguil. Capítulo V.
- Håkansson, I & RC Reeder. 1994. Subsoil compaction by vehicles with high axle load—extent, persistence and crop response. *Soil and Tillage Research*, 29(2), 277-304.
- Quiroga, A; R Fernández & E Noellemeyer. 2009. Grazing effect on soil properties in conventional and no-till systems. 2009. *Soil & Till. Res* 105: 164-170.
- Scianca, C. 2010. Cultivo de cobertura en Molisoles de la región pampeana: Aporte de carbono e influencia sobre propiedades edáficas y dinámica de malezas. Tesis Magíster en Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca. 80 pág.

VARIACIÓN DE LAS FRACCIONES ORGÁNICAS RESISTENTES EN SUELOS DE LA REGIÓN PAMPEANA

Landriscini M.R.¹, J. A. Galantini², M.E. Duval¹, J.O. Iglesias³

¹ CERZOS, UNS-CONICET - mlandris@criba.edu.ar

² CIC, CERZOS, UNS-CONICET

³ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur. 8000 Bahía Blanca

RESUMEN: El uso del suelo y la intensidad del manejo influyen en la estabilidad del carbono. En un suelo con labranza continua de la región semiárida pampeana y en otros cuatro con prácticas contrastantes de la región semiárida y subhúmeda pampeana, los objetivos fueron: evaluar los cambios de las fracciones orgánicas con distinto grado de recalcitrancia (carbono orgánico asociado a la fracción mineral, COM y recalcitrante, COR) y medir el Índice de Recalcitrancia (IR). En el primer caso se usó un suelo con 23 años de labranza y uno de referencia, en la EEA Bordenave-INTA. En el segundo los suelos se ubicaron en Bengolea, Monte Buey, Pergamino y Viale, con diferente manejo agrícola (Buenas Prácticas y Malas Prácticas) y un Ambiente Natural. La hidrólisis ácida separó las fracciones lábiles y recalcitrantes (COM y COR) y se calculó el IR. En el primer caso, el monocultivo de trigo produjo pérdida de materiales orgánicos y aumento de las fracciones resistentes. La labranza no alteró las fracciones recalcitrantes, a diferencia de la fertilización. El IR cambió entre años. El carbono orgánico total no fue el mejor indicador de los cambios del uso del suelo y las labranzas contribuyeron al descenso del COM. En el segundo caso, las prácticas agrícolas disminuyeron el carbono respecto al ambiente natural. El carbono total fue más elevado en Viale que en Bengolea. Las mayores pérdidas se produjeron en Monte Buey y Pergamino, con menores diferencias entre Buenas y Malas Prácticas. En los 4 sitios, el carbono total y el COM, difirieron entre manejos, pero el COR no se alteró. El IR mostró los menores valores para el suelo natural y los mayores para las rotaciones con mayor proporción de soja. La fracción obtenida por hidrólisis ácida fue lo suficientemente recalcitrante como para no cambiar frente a la mayoría de los manejos contrastantes estudiados.

PALABRAS CLAVE: hidrólisis ácida, carbono recalcitrante, índice de recalcitrancia

INTRODUCCIÓN

El ciclado de la reserva de carbono orgánico del suelo (COS) está ligado a las características edáficas, las condiciones ambientales y el manejo agronómico. En el COS se pueden diferenciar dos fracciones: una fracción lábil y una fracción estable o resistente. La fracción lábil es fácilmente mineralizable, con rápido tiempo de renovación de meses a años (Krull *et al.*, 2003), y la estable sería la persistente en el suelo en escala de decenas de años (Baisden & Amundson, 2003; Bruun *et al.*, 2007). Esta fracción se pierde lentamente luego del cultivo y aumenta proporcionalmente a medida que el CO total disminuye. Pandey *et al.* (2014) se refieren a la recalcitrancia química como la resistencia del suelo a las pérdidas bajo tratamientos químicos específicos. Uno de ellos, la hidrólisis ácida con HCl (Plante *et al.*, 2006), es un procedimiento común para obtener las fracciones lábiles y recalcitrantes del suelo. El reflujo de las muestras remueve químicamente los materiales lábiles como proteínas, ác. nucleicos y polisacáridos, dejando compuestos más resistentes como compuestos aromáticos, humificados o alifáticos de cadenas largas. La fracción no hidrolizable representa la fracción recalcitrante y su tamaño respecto al C total del suelo se denomina "Índice de Recalcitrancia" (IR) (Rovira & Vallejo, 2002).

Los métodos de fraccionamiento físico separan fracciones orgánicas con diferente labilidad: muy lábiles como el carbono orgánico particulado (COP) y el más resistente, que es el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) (Galantini & Suñer, 2008). Esta última fracción puede tener compuestos lábiles aún sin descomponer. Por este motivo se planteó como hipótesis que los cambios del COM con el paso del tiempo y con diferentes prácticas de manejo, no van a ser iguales que los ocurridos con la fracción recalcitrante (COR). El objetivo fue evaluar los cambios en el contenido de las fracciones orgánicas con distinto grado de recalcitrancia (COM y COR) y la variación del Índice de Recalcitrancia en suelos con manejos contrastantes a lo largo del tiempo en la región semiárida y subhúmeda bonaerense.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio abarcó dos ensayos experimentales:

El primero ubicado en la Estación Experimental Bordenave del INTA (33-41° S; 61 a 66° W), es representativo de la región pampeana semiárida de Argentina (Galantini *et al.*, 2014). El diseño experimental fue de 3 bloques completos aleatorizados con trigo continuo (*T. aestivum* L.) (TT). El ensayo se inició en 1983 sobre una pastura de 20 años de antigüedad con labranza convencional y el suelo fue identificado como suelo de referencia (REF). El sistema de producción incluyó un tratamiento no fertilizado (nf) y uno fertilizado anualmente (f) con 16 kg P ha⁻¹ en forma de fosfato diamónico y 64 kg N ha⁻¹ como urea aplicada a la siembra del trigo. En cada bloque se recogieron tres muestras compuestas a una profundidad de 0-20 cm durante la siembra en 1992 y 2006. El suelo REF se obtuvo en el año 1983 en tres parcelas con vegetación natural a las mismas profundidades.

En el segundo ensayo se seleccionaron cuatro lugares con historia documentada de siembra directa, los cuales formaron parte del proyecto BIOSPAS (Biología del Suelo y Producción Agropecuaria Sostenible, www.biospas.org). Los sitios de estudio se ubicaron en Bengolea (Pcia. De Córdoba; latitud 33°10' 32,9" S, longitud 63° 37' 36,4" W), Monte Buey (Córdoba; latitud 32° 58' 17" S, longitud 62° 27' 2,4" W), Pergamino (Pcia. de Buenos Aires; latitud 33° 56' 42,6" S, longitud 60° 33' 35,6" W) y Viale (Pcia. de Entre Ríos; latitud 31° 52' 42,2" S longitud 59° 41' 16,2" W) (Duval *et al.*, 2013). El suelo de Bengolea es un Haplustol Éntico de textura franco arenosa donde la principal limitante es climática con baja capacidad de retención de agua debido a la textura gruesa. El de Monte Buey es un Argiudol Típico de textura franco limosa y moderadamente desarrollado. En Pergamino el suelo es Argiudol Típico con textura franco limosa en los horizontes superficiales y relieve suavemente ondulado. Por último en Viale el suelo es Hapludert Vértico, de textura franco arcilloso limosa y es el sitio con mayores precipitaciones y con un sistema de drenaje bien desarrollado. Los tratamientos estudiados fueron diferentes situaciones en cada lugar de muestreo: "Buenas Prácticas Agrícolas" (BP): manejo agrícola sostenible bajo siembra directa, con rotación intensiva de cultivos de invierno (trigo y cebada) y de verano (soja, maíz o sorgo), incluyendo cultivos de cobertura. El reemplazo de nutrientes se realiza en base a las necesidades del cultivo minimizando el uso de agroquímicos (herbicidas, insecticidas y fungicidas). "Malas Prácticas Agrícolas" (MP): manejo agrícola no sostenible bajo siembra directa, con mínima rotación o monocultivo de soja, baja reposición de nutrientes y alto uso de agroquímicos (insecticidas, herbicidas y fungicidas). "Ambiente Natural" (AN): situación sin uso antrópico, suelo sin cultivo como situación de referencia cerca de las parcelas cultivadas. Las muestras edáficas fueron extraídas en febrero de 2010 (verano). En cada situación se seleccionaron 3 submuestras que se localizaron mediante GPS para los muestreos posteriores. Posteriormente se secaron al aire y se tamizaron por tamiz de 2 mm. A partir de éstas se realizó el fraccionamiento por tamaño de partícula (Duval *et al.*, 2013). En cada fracción de suelo y en el suelo entero, se determinó el CO total (COT), el COP y el COM, por el método de combustión seca (1500°C, con analizador automático LECO C Analyser).

El suelo de la fracción fina (FF) se sometió a hidrólisis ácida de acuerdo al método descripto por Paul *et al.* (1997). Se sometieron a reflujo 2 g de muestra de fracción fina de suelo a 118°C durante 18 horas, con 20 mL de HCl 6 M (relación 1:10). Después del reflujo, la suspensión se lavó y centrifugó tres veces con agua destilada. El residuo se secó en estufa a 60°C y se pesó. Se asumió que esta fracción contiene solamente la porción recalcitrante del suelo. La fracción que quedó en suspensión se filtró y constituyó la fracción no hidrolizada.

El grado de recalcitrancia se expresó como Índice de Recalcitrancia,

$$IR (\%) = C \text{ no hidrolizado (COR)}/COT * 100$$

El contenido de C de cada fracción se determinó por combustión seca por el método antes descripto. Las diferentes fracciones de C obtenidas se denominaron: carbono orgánico recalcitrante (COR) y carbono orgánico hidrolizado (COHi). En el mismo residuo no hidrolizado, se determinó el nitrógeno total recalcitrante (NR) por el método semimicro Kjeldahl (Bremner, 1996).

El efecto de las variables año, sitio y tratamiento y sus interacciones, se evaluaron mediante ANOVA. Cuando existieron diferencias entre tratamientos, se calculó la diferencia mínima significativa (DMS) con un nivel de probabilidad de $p < 0,05$. Los análisis se realizaron utilizando el software estadístico INFOSTAT (Di Rienzo *et al.*, 2013).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el ensayo de Bordenave, tomando como dato de partida el suelo REF, se observaron cambios en el COT, COR y COHi, debidos a los 23 años de trigo con laboreo (Tabla 1).

Para todas las variables analizadas, a excepción del COT, la interacción entre año y tratamiento, no mostró efecto significativo, por lo que el análisis estadístico en el tiempo, se realizó para todos los datos en conjunto. Para el caso del COT, el efecto del análisis en el tiempo se realizó para cada manejo por separado. La concentración de COT en los tratamientos con agricultura fue inferior a la observada en el suelo REF, mientras que no se detectaron diferencias significativas entre los tratamientos ni en los años. Factores que provocan disturbios en la protección física del suelo, tales como la labranza serían responsables de la ruptura de los agregados del suelo exponiendo las moléculas orgánicas al ataque biológico, produciendo el descenso del COT. En trabajos previos se observó que el COT puede variar a lo largo de los años, dependiendo de la disponibilidad de agua durante el barbecho (por la descomposición del COT) y durante el ciclo del cultivo (por la producción de materia seca y aporte de C al suelo) (Galantini *et al.*, 2002).

Si bien se observó una tendencia a mayores valores de COT en el suelo fertilizado, ésta no alcanzó a ser significativamente diferente, mientras que la semejanza entre los valores observados luego de 14 años puso en evidencia que el sistema llegó a cierta estabilidad. Este resultado concuerda con aquellos que concluyen que el COT no es el mejor indicador de los cambios que ocurren como consecuencia del uso del suelo y que es conveniente analizar las fracciones orgánicas.

A diferencia del COT, el COM mostró diferencias entre los años (*) y entre los manejos (***), tal lo expresado sobre la mayor sensibilidad de las fracciones orgánicas con los manejos de corto o largo plazo. La fracción más resistente del COM, el COR, mostró un comportamiento distinto, se observó un ligero cambio debido al manejo (*) pero no cambios en el tiempo. Esto confirma que esta fracción estaría formada por moléculas orgánicas más resistentes a la degradación, las que resultan estables en el tiempo y pueden ser consideradas como la mínima cantidad de carbono que puede almacenar el suelo. Los cambios en el COHi, siguieron una tendencia diferente al COR, ya que representan la fracción más fácil de degradar dentro del COM. En este sentido, se encontraron diferencias significativas por el manejo y el paso de los años. El IR aumentó respecto al suelo sin laborear y con el paso del

tiempo. Este índice pondría en evidencia que durante la degradación de los materiales orgánicos debido al manejo, se acumulan materiales cada vez más resistentes. Es decir, el monocultivo de trigo produciría una pérdida de materiales orgánicos y un aumento relativo de las fracciones resistentes.

Tabla 1. Fracciones de Carbono y Nitrógeno en un suelo de referencia y con trigo con y sin fertilizar en la región semiárida pampeana.

AÑO	COT %	COM %	COR%	COHi %	IR	NR %	C:N
Suelo Referencia							
1983	1,50	1,03	0,68	0,35	45,3	0,037	18,5
Trigo Continuo fertilizado							
1992	1,06	0,90	0,61	0,29	57,5	0,034	17,8
2006	1,03	0,80	0,59	0,21	57,3	0,031	19,3
Trigo Continuo sin fertilizar							
1992	0,84	0,70	0,50	0,21	59,5	0,029	17,3
2006	0,89	0,67	0,58	0,08	65,2	0,032	18,3
ANOVA p<0,05							
Año	ns	*	ns	*	*	ns	ns
Tratam.	ns	***	*	*	ns	ns	ns
AñoxTratam.	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Esto es especialmente importante cuando se asocia el contenido de COT con la fertilidad potencial de un suelo. Para valores semejantes de COT el aporte va a ser menor cuanto mayor sea el IR. Los suelos sin fertilizar (TTnf) serían menos resistentes a la degradación o sea más susceptibles a las pérdidas de C comparado con el suelo de referencia. La mayor biomasa producida por la fertilización continua y la incorporación de residuos sería responsable de la protección de las pérdidas de C del suelo. El NR no presentó cambios estadísticos igual que la relación C:N.

En el segundo caso, todas las variables analizadas mostraron diferencias estadísticamente diferentes, tanto entre los sitios de muestreo, como entre las situaciones de manejo, a excepción del COR, el cual no varió entre sitios y tratamientos. La interacción entre variables no fue significativa, lo que indicó que en cada lugar estudiado y para cada situación de manejo, el comportamiento de las mismas fue similar.

En los ambientes no cultivados, el nivel del COT fue más elevado en Viale que en Bengolea, siguiendo el gradiente de lluvias (Este-Oeste). Las prácticas agrícolas continuas produjeron un descenso en los valores del COT, respecto al ambiente natural (Tabla 2). Pergamino (alrededor del 40%), con menores diferencias entre BP y MP. La bibliografía muestra tendencias similares en suelos de la Pampa Ondulada (Andriulo & Cordone, 1998).

Los contenidos de limo más arcilla, mostraron asociación con las fracciones orgánicas del suelo, siendo más estrecha en la fracción más recalcitrante que en las lábiles. Nuevamente Viale presentó mayores valores de COM y COR, y Bengolea los menores. En todos los sitios el AN mostró valores de COM superiores y estadísticamente diferentes entre prácticas de manejo. Para el caso de la fracción orgánica más recalcitrante, COR, las prácticas agrícolas no mostraron diferencias estadísticas, siendo Viale el sitio con mayor acumulación. Estos resultados estarían indicando que los cambios en el COM no son iguales a los ocurridos con el COR. De acuerdo a esta hipótesis, las prácticas de manejo con diferentes secuencias agrícolas no estarían alterando el equilibrio en las fracciones orgánicas más estables. El NR también mostró diferencias entre sitios y entre manejos.

El IR fue mayor en MP, indicando que la mayor proporción de soja, respecto a maíz (4:1) en este manejo, podría estar afectando la estabilidad de los materiales recalcitrantes, mostrando que las menores acumulaciones de COR, podrían asociarse a una mayor susceptibilidad a la degradación química.

Tabla 2. Fracciones de Carbono y Nitrógeno en suelos de la región pampeana húmeda y subhúmeda con distintas prácticas de manejo.

SITIO	COT %	COM %	COR%	COHi %	IR	NR %	C:N
Ambiente Natural							
Bengolea	1,33	0,93	0,61	0,31	45,8	0,034	17,7
Monte Buey	2,42	2,13	1,45	0,68	59,9	0,090	16,1
Pergamino	2,18	1,75	1,01	0,74	46,3	0,063	16,0
Viale	2,73	2,44	1,73	0,71	63,4	0,073	24,1
Buenas Prácticas Agrícolas							
Bengolea	1,21	1,08	0,82	0,26	67,8	0,039	20,9
Monte Buey	1,54	1,59	1,39	0,14	90,2	0,064	21,8
Pergamino	1,39	1,33	0,97	0,33	69,8	0,060	35,7
Viale	2,90	2,86	2,10	0,76	72,4	0,047	20,3
Malas Prácticas Agrícolas							
Bengolea	0,99	0,17	0,55	0,16	55,5	0,024	22,7
Monte Buey	1,40	1,29	1,33	0,02	95,0	0,061	21,8
Pergamino	1,31	1,04	0,72	0,32	55,0	0,038	19,1
Viale	2,00	2,19	1,61	0,58	80,5	0,074	22,1
ANOVA p<0,05							
Sitio	***	***	***	*	***	***	*
Tratam.	***	***	ns	*	***	***	*
Año×Tratam.	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns

CONCLUSIONES

En Bordenave, la labranza continua no alteró las fracciones recalcitrantes del C y del N, pero el manejo con fertilizantes sí produjo cambios estadísticos. El IR mostró diferencias entre los años independientemente del manejo, siguiendo el comportamiento del C de la fracción fina del suelo. El menor grado de recalcitrancia, en términos de descenso del IR, se encontró en el suelo REF. En los 4 sitios incluidos en el proyecto BIOSPAS, tanto el COT, como el COM, mostraron diferencias entre manejos y sitios, pero el COR no se alteró con las prácticas de manejo agrícolas. El IR mostró los menores valores para el suelo no alterado (AN) con mayores valores para el caso de manejos con mayor proporción de soja en las rotaciones. La fracción obtenida por hidrólisis ácida fue lo suficientemente recalcitrante como para no cambiar para el caso de la mayoría de los manejos contrastantes estudiados.

BIBLIOGRAFÍA

- Andriulo, AE & G Cordone. 1998. Impacto de labranzas y rotaciones sobre la materia orgánica del suelo en la Región Pampeana Húmeda. En: Panigatti, JL; H Marelli; D Buschiazzo & R Gil (Eds.). Siembra directa. Hemisferio Sur, Bs. As., Arg., pp. 65-96.
- Baisden, WT & R Amundson. 2003. An analytical approach to ecosystem biogeochemistry modeling. *Ecol. Applic.* 13: 649-663.
- Bremner, JM. 1996. Nitrogen Total. In: DL Sparks (ed.). *Methods of Soil Analysis. Chemical Methods. Part 3.* American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin, USA. Pp. 1085-1123.
- Bruun, S; IK Thomsen; BT Christensen & LS Jensen. 2007. In search of stable soil organic carbon fractions: a comparison of methods applied to soils labeled with ^{14}C for 40 days or 40 years. *Eur. J. Soil Sci.* 59: 247-256.
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L González; M Tablada & CW Robledo. 2013. InfoStat versión 2013. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba. Argentina.
- Duval, ME; JA Galantini; JO Iglesias; S Canelo; JM Martínez & L Wall. 2013. [Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems](#). *Soil Till. Res.* 131: 11-19.
- Galantini, JA; RA Rosell; G Brunetti & N Senesi. 2002. [Dinámica y calidad de las fracciones orgánicas de un Haplustol durante la rotación trigo-leguminosa](#). *Ci. Suelo* 20: 17-26.
- Galantini, JA & LG Suñer. 2008. [Las fracciones orgánicas del suelo: análisis de los suelos de Argentina](#). *Agriscientia* 25: 41-55.
- Galantini, JA; ME Duval; JO Iglesias & H Krüger. 2014. [Continuous wheat in semiarid regions. Long-term Effects on Stock and Quality of Soil Organic Carbon](#). *Soil Sci* 179: 284-292.
- Krull, ES; JA Baldock & JO Skjemstad. 2003. Importance of the analyses for modelling carbon turnover. *Funct. Plant Biol.* 30: 207-222.
- Pandey, D; M Agrawal; JS Bohra; TK Adhya & P Bhattacharyya. 2014. Recalcitrant and labile carbon pools in a sub-humid tropical soil under different tillage combinations: A case study of rice-wheat system. *Soil Tillage Res* 143: 116-122.
- Paul, EA; RF Follett; SW Leavitt; A Halvorson; GA Peterson & DJ Lyon. 1997. Radiocarbon dating for determination of soil organic matter pool sizes and dynamics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61: 1058-1067.
- Plante, AF; RT Conant; EA Paul; K Paustian & J Six. 2006. Acid hydrolysis of easily dispersed and microaggregate- derived silt- and clay-sized fractions to isolate resistant soil organic matter. *Eur. J. Soil Sci.* 57: 456-467.
- Rovira, P & VR Vallejo. 2002. Labile and recalcitrant pools of carbon and nitrogen in organic matter decomposing at different depths in soil: an acid hydrolysis approach. *Geoderma* 107: 109-141.

USO DE INDICES BASADOS EN FRACCIONES DEL CARBONO ORGÁNICO DEL SUELO BAJO DIFERENTES SISTEMAS CON TRIGO DE LARGO PLAZO

Duval M.E.^{1,2}, J.M. Martinez^{1,2}, H.R. Krüger³, J.A. Galantini⁴.

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Andrés 800, Bahía Blanca (Bs. As.) – mduval@criba.edu.ar

² Centro Recursos Renovables Naturales de la Región Semiárida (CERZOS)-CONICET.

³ INTA, Centro Regional Buenos Aires Sur, EEA Bordenave.

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As.

RESUMEN: La literatura exhibe un gran número de índices de calidad del suelo, muchos de ellos basados en el carbono orgánico total (COS) y sus fracciones, para una gran variedad de suelos. El objetivo de este estudio fue determinar los cambios en las diferentes fracciones del COS y, evaluar la utilidad de diferentes índices como herramienta para diferenciar sistemas de manejo. La experiencia se realizó sobre un ensayo de larga duración de sistemas de producción en la EEA del INTA Bordenave y consistieron en: TT-LC, monocultivo de trigo con labranza convencional (LC), 1983-2006; TT-SD, monocultivo de trigo con LC, 1983-1999, y con SD, 1999-2006 y TP, un año trigo – un año pastoreo de los residuos. En el año 2006 se tomaron muestras de suelo en las profundidades de 0-5 y 0-20 cm. Se determinó COS, N total (Nt) y carbono en las diferentes fracciones separadas por tamaño de partícula. Además, se calcularon diversos índices: índice de labilidad (IL), de reserva de carbono (IRC), de manejo de carbono (IMC), de carbono orgánico (COS/limo+arcilla). Se observaron concentraciones significativamente mayores de COS en TTSD-f, mientras que cuando no se aplicó fertilizante, se hallaron las menores concentraciones en TT-SD y TT-LC. Las mayores concentraciones de carbono orgánico particulado (105-2000 μm) también se hallaron en TTSD-f superando en un 73 y 89% los observados en TTLC-f y TP-f, respectivamente. Los tratamientos bajo LC presentaron los menores valores de IL, mientras que la conversión a SD los aumentó (0,74-1,28). La calidad de los suelos agrícolas, a través del IRC, fue inferior al suelo natural (IMC=100) presentando el siguiente orden SD=TP<LC. El análisis multivariado reflejó que los índices IL, IMC y COS/limo+arcilla fueron más sensibles para diferenciar sistemas de labranza, mientras que IRC y C/N fueron más sensibles para diferenciar los tratamientos testigos de los fertilizados.

PALABRAS CLAVE: monocultivo, siembra directa, carbono orgánico particulado.

INTRODUCCION

En el sudoeste bonaerense, el clima es el principal obstáculo para la producción agrícola. A su vez, los sistemas de labranza más utilizados, similares a los introducidos en la región pampeana húmeda, causaron disminuciones del contenido de carbono orgánico del suelo (COS) debido a la mineralización acelerada de los residuos, alteración de los agregados del suelo y aumento de la aireación (Sainju *et al.*, 2006). Frente a este escenario, se han propuesto prácticas de labranza de conservación, como la siembra directa (SD), para evitar pérdidas de COS como resultado de cambios en su descomposición, el ingreso de residuos o ambos (Chan *et al.*, 2002). En general, se considera que el COS aumenta bajo SD en comparación con los sistemas de labranza intensiva (Kahlon *et al.*, 2013). En algunos estudios, sin embargo, los efectos de la labranza sobre el COS han sido limitados o ausentes (Cookson *et al.*, 2008). Como resultado, la medición del COS por sí solo no refleja adecuadamente los cambios en la calidad del suelo debido a las prácticas de manejo (Leifeld & Kögel-Knabner, 2005).

La materia orgánica particulada (MOP) es la fracción orgánica determinada entre 53 y 2000 μm luego de la separación por tamaño de partícula del suelo (Elliott & Cambardella, 1991) cuyo contenido de carbono se denomina carbono orgánico en partículas (COP). Varios estudios han corroborado que esta fracción es más sensible en la detección de cambios a corto plazo que el COS (Needelman *et al.*, 1999). Por lo tanto, esta fracción lábil podría reflejar mejor los cambios en la calidad del suelo debido a cambios inducidos por las prácticas de manejo (Galantini *et al.*, 2014, Duval *et al.*, 2016). También, se han propuesto varios índices y relaciones asociados con el COS para evaluar la calidad del suelo (Blair *et al.*, 1995; Vezzani & Mielniczuk, 2009). Estos índices son indicadores tempranos y eficientes de los cambios en la calidad del suelo causados por el sistema de producción (Bayer *et al.*, 2009), incluso antes de que se observe el cambio en el contenido de COS.

El conocimiento sobre los cambios en el COS y sus fracciones bajo diferentes sistemas de labranza y fertilización, son necesarios para evaluar la viabilidad de la adopción de prácticas de conservación para mantener la productividad y proteger el medio ambiente. Los objetivos de este estudio fueron (i) determinar los cambios en las diferentes fracciones del COS y, (ii) evaluar la utilidad de diferentes índices como herramienta para detectar cambios tempranos del COS bajo diferentes sistemas de manejo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en un lote demostrativo de sistemas de producción en la EEA del INTA Bordenave (37° 45' 47,9" S y 63° 05' 56,8" O). Los sistemas de producción estudiados comenzaron en 1983 sobre una pastura (REF) y consistieron en: TT-LC, monocultivo de trigo con labranza conservacionista (LC), 1983-2006; TT-SD, monocultivo de trigo con LC, 1983- 1999, y con SD, 1999-2006 y TP, un año trigo – un año alternativamente pastoreo de los rastrojos con bovinos. A su vez, los tratamientos se dividieron en no fertilizado (nf) y fertilizado (f) a la siembra, aplicado al azar todos los años en cantidad: 64 kg de N y 16 kg de P en forma de urea (46-0-0) y fosfato de amonio (18-20-0). En TP se utilizó laboreo convencional (barbecho muy corto, arado, rastra de discos y sistema de siembra plano), mientras que en TT el laboreo fue conservacionista (barbecho largo, con cobertura de residuos, labranza vertical y sistema de siembra en surco profundo). También se evaluó el suelo manteniendo la pastura inicial como referencia adyacente a los tratamientos. Se utilizó un diseño de bloques al azar, en un arreglo de parcelas divididas, donde las parcelas principales fueron los sistemas de labranza (tres) y las subparcelas la fertilización (dos).

En enero de 2006 se realizó un muestreo de suelos a las profundidades: 0-5 y 0-20 cm. En las muestras secas al aire y tamizadas por 2 mm se determinó nitrógeno total (Nt) mediante semimicro Kjeldhal, (Bremner, 1996). Se realizó un fraccionamiento del suelo por tamaño de partícula (Duval *et al.*, 2013) obteniendo tres fracciones: fracción gruesa (FG, 105-2000 μm) en la que se encuentra el carbono orgánico particulado grueso (COP_g) y las arenas medias y gruesas; fracción media (FM, 53-105 μm) constituida por el carbono orgánico particulado fino (COP_f) y las arenas muy finas y, la fracción fina (FF, <53 μm) la cual contiene el carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) más limo y arcilla. El carbono orgánico total del suelo (COS) y el de las fracciones (FG y FM) fueron determinadas por combustión seca (LECO, St. Joseph, MI). El COM se obtuvo mediante el cálculo de la diferencia entre el COS y el C de la fracción gruesa y media.

Se calcularon diversos índices: COS/COP_g y COS/limo+arcilla (COS/L+a) para la profundidad de 0-20 cm.

Se calculó el IMC para cada tratamiento basado en el método de Blair *et al.* (1995):

$$\text{IMC} = \text{IRC} \cdot \text{IL} \cdot 100$$

El IRC e IL se calculan de la siguiente manera:

$$\text{IRC} = \text{COS}_{\text{tratamiento}} / \text{COS}_{\text{referencia}}$$

$$\text{IL} = \text{L}_{\text{tratamiento}} / \text{L}_{\text{referencia}}$$

donde L se refiere a la labilidad del C calculado como:

$$\text{L} = \text{C}_{\text{lábil}} / \text{C}_{\text{no lábil}}$$

Se utilizó REF como suelo de referencia, con un IMC de 100. El C lábil se considera como la porción de CO del suelo en la fracción gruesa COP_g (105-2000 μm) (Vieira *et al.*, 2007). El contenido de C no lábil fue estimado a partir de la diferencia entre el COS y el C lábil.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los sistemas de labranza y la fertilización modificaron los niveles de COS y sus fracciones tanto en 0-5 como en 0-20 cm (Tabla 1). Se observaron concentraciones significativamente mayores de COS en TTSD-f en relación con los demás tratamientos en ambas profundidades ($p < 0,05$), mientras que cuando no se aplicó fertilizante, se hallaron las menores concentraciones en TT-SD y TT-LC. Varios estudios han reportado mayores concentraciones de COS en SD que en LC debido a la ruptura de los agregados del suelo y al aumento de la respiración del suelo como resultado de la liberación de COS protegido en este último (Sainju *et al.*, 2008, Lewis *et al.*, 2011, Kahlon *et al.*, 2013). La fertilización modificó los niveles de COS tanto en TT-SD (0-5 y 0-20 cm) como en TT-LC (0-20 cm). Si bien existen trabajos donde la adopción de SD sin fertilización adecuada puede aumentar el COS en sistemas de agricultura continua (Lemke *et al.*, 2010, 2012), los resultados obtenidos no reflejan lo informado por estos autores. Es decir, las prácticas de manejo que favorecen la acumulación de COS interactúan positivamente entre ellas, de forma tal que la ganancia de COS será mayor cuando se aplican en forma combinada (Grant *et al.*, 2001).

Tabla 1. Concentración de carbono orgánico total (COS), carbono orgánico particulado grueso y fino (COP_g y COP_f, respectivamente) y carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) en el 2006.

Frac. de C (g kg ⁻¹)	Prof (cm)	TT-SD		TT-LC		TP	
		f	nf	f	nf	f	nf
COS	0-5	15,1 a	10,6 b	11,3 b	10,1 b	11,3 b	12,5 b
	0-20	11,3 a	8,2 c	10,3 b	8,9 c	10,2 b	10,7 ab
COP _g	0-5	3,71 a	2,66 ab	2,14 ab	1,90 b	1,96 b	2,10 ab
	0-20	1,67 a	1,40 ab	1,04 b	1,02 b	1,36 ab	1,39 ab
COP _f	0-5	1,28 a	1,09 a	0,98 a	0,82 a	1,07 a	1,30 a
	0-20	0,83 a	0,78 a	0,71 a	0,66 a	0,89 a	1,02 a
COM	0-5	10,1 a	6,88 d	9,35 b	7,37 d	8,23 c	8,51 c
	0-20	8,82 a	6,05 e	8,52 ab	7,26 d	7,99 c	8,27 bc

Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Dentro de las fracciones lábiles se encontraron diferencias significativas entre tratamientos únicamente en el COP_g donde, al igual que el COS, TTSD-f presentó los mayores niveles superando en un 73 y 89% a los observados para TTLC-f y TP-f, respectivamente en 0-5 cm. Generalmente, se observaron mayores concentraciones de COP_g bajo SD (3,71-1,40 g kg⁻¹) que en los tratamientos bajo LC (2,14-1,04 g kg⁻¹). Las diferencias observadas en COP_g afirma lo reportado por otros autores que comparan el efecto de sistemas de labranza con mínimos disturbios del suelo (SD) con sistemas de mayor intensidad de labranza (LC) (Chen *et al.*, 2009; Awale *et al.*, 2013). Al analizar ambas profundidades el efecto de la fertilización no se encontraron diferencias significativas. Esto puede deberse a que las variaciones en el COP_g estén más influenciadas por el estado físico del suelo y la disponibilidad de agua, factores que modifican la actividad microbiana (descomposición) y la productividad del cultivo (aportes).

El carbono orgánico asociado a la fracción mineral (COM) tuvo un comportamiento similar al COS. En el monocultivo sin fertilizar se observó la menor concentración de COM independientemente del sistema de labranza utilizado. La aplicación de fertilizante en monocultivo produjo un aumento en el nivel de COM, debido a que: en SD hay una mayor humificación en todas las profundidades (aporte de materia seca superficial en 0-5 cm y

mayor aporte de raíces en 5-20). En cambio, en LC el aporte de materia seca se distribuye principalmente en los 10 a 15 cm superficiales (profundidad de las labores). Posiblemente, por esa razón ese aporte compensa la mayor actividad descomponedora de las labranzas encontrándose diferencias significativas respecto de SD sólo en 0-5 cm (Tabla 1).

El IMC proporciona una medida integrada de la cantidad y calidad del COS, el cual es útil para evaluar la capacidad de las prácticas de manejo en promover la calidad del suelo (Blair *et al.*, 1995). Un sistema de manejo se considera sostenible si el valor de IMC es mayor que 100. En este estudio, al igual que el COS, el IMC presentó diferencias estadísticamente significativas entre TT-SD y TT-LC en los tratamientos fertilizados (Tabla 2). Los sistemas de labranza también provocaron cambios en las proporciones de las fracciones orgánicas (Tabla 2). En SD, aumentó significativamente los contenidos de las fracciones más lábiles (COP_g) reflejándose en los mayores valores de L (0,17-0,21). Además, la pérdida de COS por el uso agrícola de los suelos repercutió principalmente sobre las fracciones lábiles donde el IL presentó diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos bajo LC presentaron los menores valores de IL, mientras que la conversión a SD aumentó significativamente dichos valores (Tabla 2).

Tabla 2. Índices relacionados al COS y sus fracciones.

Índices	Prof (cm)	TT-SD		TT-LC		TP	
		f	nf	f	nf	f	nf
L	0-5	0,33 a	0,34 a	0,21 a	0,23 a	0,21 a	0,21 a
	0-20	0,17 ab	0,21 a	0,11 c	0,13 c	0,15 bc	0,15 bc
IL	0-5	1,28 a	1,32 a	0,80 a	0,89 a	0,81 a	0,83 a
	0-20	0,74 ab	0,88 a	0,48 c	0,55 bc	0,65 bc	0,63 bc
IRC	0-5	0,40 a	0,28 bc	0,33 b	0,27 c	0,30 bc	0,32 bc
	0-20	0,75 a	0,55 c	0,68 b	0,60 c	0,68 b	0,71 ab
IMC	0-5	51 a	37 ab	27 ab	24 b	25 b	26 ab
	0-20	56 a	48 ab	33 b	33 b	45 ab	45 ab
COS/ COP_g	0-5	25 a	25 a	17 a	19 a	17 a	18 a
	0-20	15 ab	17 a	10 c	11 bc	13 bc	13 bc
COS/L+a	0-5	4,7 a	4,6 ab	3,9 bc	3,2 c	3,9 bc	3,7 c
	0-20	3,4 ab	3,3 ab	3,1 b	2,8 c	3,5 a	3,2 ab

L: Labilidad; IL: Índice de labilidad; IRC: Índice de reserva de carbono; IMC: Índice de manejo de carbono. Para cada profundidad letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

El estado y la tasa de cambio del carbono en los tratamientos, mediante el IMC, presentó efectos significativos únicamente del sistema de labranza ($p < 0,05$). Los suelos agrícolas presentaron una calidad inferior al suelo REF (IMC=100) presentando el siguiente orden REF>SD=TP>LC. El COS/L+a presentó diferencias entre sistemas de labranza y fertilización ($p < 0,05$) hallándose los mayores valores en TTSD-f (Tabla 2).

Para comparar los resultados y ayudar a comprender los efectos de diferentes tratamientos, se realizó un análisis de componentes principales (ACP) de las variables edáficas e índices en 0-20 cm (Figura 1). Los dos primeros ejes (CP1 y CP2) del ACP representaron más del 80% de variabilidad total aportada por los parámetros estudiados tanto para las variables como para los índices. En el caso de las variables, el CP1 explicó 66% de la varianza donde las fracciones más estables (COS, COM y Nt) presentaron una asociación positiva (Tabla 3). Esta primer CP separó, principalmente, los tratamientos f y nf en TT-SD, sin una tendencia clara en el resto de los tratamientos (Figura 1a). La segunda CP explicó el 25% de la varianza, donde las fracciones orgánicas más lábiles (COP_g y COP_f) presentaron asociaciones positivas en dicha componente, mientras que COM se asoció negativamente

(Tabla 3). Esta segunda componente permitió diferenciar principalmente entre TT-SD y TT-LC en los tratamientos nf.

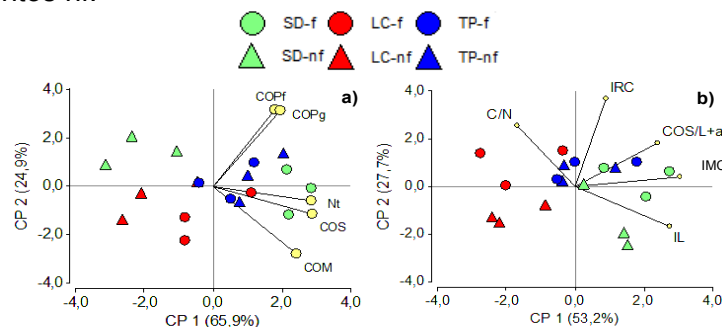


Figura 1. Biplot de componentes principales de los atributos del suelo (a) y de los índices asociados (b) para los diferentes tratamientos en 0-20 cm.

En el caso de los índices, el ACP permitió diferenciar más claramente los tratamientos (Figura 1b). El CP1 explicó 53% de la varianza donde IL, IMC y COS/L+a presentaron una asociación positiva y significativa separando, principalmente, los sistemas de labranza (LC y SD) tanto en f como en nf (Figura 1b). La segunda CP explicó el 28% de la varianza, donde IRC y C/N fueron los índices que presentaron asociaciones positivas y significativas en dicha componente (Tabla 3). Esta segunda componente permitió diferenciar principalmente entre f y nf en SD y LC (Figura 1b). Por lo tanto, mediante ACP, se puede afirmar que IL, IMC y COS/L+a fueron los índices más sensibles para diferenciar sistemas de labranza, mientras que IRC y C/N fueron más sensibles para diferenciar los tratamientos testigos de los fertilizados.

Tabla 3. Autovectores de las componentes principales CP1 y CP2. La significancia corresponde a la correlación de Pearson entre cada componente principal con las variables e índices.

	Variables	
	CP1	CP2
COS	0,53 ***	-0,21
COP _f	0,33 **	0,59 **
COP _g	0,36 **	0,58 **
COM	0,44 ***	-0,52 **
Nt	0,53 ***	-0,11
	Índices	
	CP1	CP2
IL	0,54 ***	-0,33
IRC	0,18	0,72 ***
IMC	0,59 ***	0,08
COS/L+a	0,47 ***	0,36
C/N	-0,33 *	0,50 *

(*), (**) y (***) indican asociaciones significativas al 0,05, 0,01 y 0,001, respectivamente.

CONCLUSIONES

La SD complementada con el uso de fertilizantes demostró ser efectiva para mejorar los niveles de COS en 0-20 cm, considerándose un sistema de manejo apropiado para las condiciones semiáridas del área de estudio. Los índices IL, IMC y COS/L+a podrían considerarse sensibles a los sistemas de labranza, mientras que IRC y C/N, lo fueron para las prácticas de fertilización.

BIBLIOGRAFIA

- Awale, R; A Chatterjee & D Franzen. 2013. Tillage and N-fertilizer influences on selected organic carbon fractions in a North Dakota silty clay soil. *Soil Till. Res.* 134, 213-222.
- Bayer, C; J Diekow; TJC Amado; FLF Eltz & FCB Vieira. 2009. Cover Crop Effects Increasing carbon storage in a subtropical no-till sandy Acrisol. *Commun. Soil Sci. Plant* 40, 1499-1511.
- Blair, GJ; RDB Lefory & L Lise. 1995. Soil carbon fractions based on their degree of oxidation and the development of a carbon management index for agricultural system. *Aust. J. Agric. Res.* 46, 1459-1466.
- Bremner, J. 1996. Nitrogen - Total. En: *Methods of Soil Analysis, Part 3. Ed. Sparks, D.L., Chemical Methods, SSSA-ASA, Madison, WI, USA.* p.:1085-1123.
- Chan, KY; DP Heenan & A Oates. 2002. Soil carbon fractions and relationship to soil quality under different tillage and stubble management. *Soil & Till. Res.* 63, 133-139.
- Chen, H; R Hou; Y Gong; H Li; M Fan & Y Kuzyakov. 2009. Effects of 11 years of conservation tillage on soil organic matter fractions in wheat monoculture in Loess Plateau of China. *Soil Till. Res.* 106, 85-94.
- Cookson, WR; DV Murphy & MM Roper. 2008. Characterizing the relationships between soil properties and microbial function and composition along a tillage disturbance gradient. *Soil Biol. Biochem.* 40, 763-777.
- Duval ME; JA Galantini; JO Iglesias; S Canelo; JM Martinez & L Wall. 2013. [Analysis of organic fractions as indicators of soil quality under natural and cultivated systems](#). *Soil Till. Res.* 131, 11-19.
- Duval, ME; JA Galantini; JM Martínez; FM López & LG Wall. 2016. [Sensitivity of different soil quality indicators to assess sustainable land management: Influence of site features and seasonality](#). *Soil Till. Res.* 159, 9-22.
- Elliott, ET & CA Cambardella. 1991. Physical separation of soil organic matter. *Agric. Ecosyst. Environ.* 34(1-4), 407-419.
- Galantini, JA; M Duval; JO Iglesias & H Krüger. 2014. [Continuous wheat in semiarid regions: long-term effects on stock and quality of soil organic carbon](#). *Soil Sci.* 179, 284-292.
- Grant, F; N Juma; J Robertson; R Izaurralde & W McGill. 2001. Long-term changes in soil carbon under different fertilizer, manure, and rotation: Testing the mathematical model ecosys with data from the Breton plots. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 65, 205-214.
- Kahlon, MS; R Lal & MA Varughese. 2013. Twenty years of tillage and mulching impacts on soil physical characteristics and carbon sequestration in Central Ohio. *Soil Till. Res.* 126, 151-158.
- Leifeld, J & I Kögel-Knabner. 2005. Soil organic matter fractions as early indicators for carbon stock changes under different landuse? *Geoderma* 124, 143-155.
- Lemke, RL; AJ VandenBygaart; CA Campbell; GP Lafond; BG McConkey & B Grant. 2012. Long-term effects of crop rotations and fertilization on soil C and N in a thin Black Chernozem in southeastern Saskatchewan. *Can. J. Soil Sci.*, 92(3), 449-461.
- Lemke, RL; AJ VandenBygaart; CA Campbell; GP Lafond & B Grant. 2010. Crop residue removal and fertilizer N: Effects on soil organic carbon in a long-term crop rotation experiment on a Udic Boroll. *Agric. Ecosys. Environ.* 135, 42-51.
- Lewis, DB; JP Kaye; R Jabbour & ME Barbercheck. 2011. Labile carbon and other soil quality indicators in two tillage systems during transition to organic agriculture. *Renewable Agriculture and Food Systems* 26, 342-353.
- Needelman, BA; MM Wander; GA Bollero; CW Boast; GK Sims & DG Bullock. 1999. Interaction of tillage and soil texture: biologically active soil organic matter in Illinois. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 63, 1326-1334.
- Sainju, UM; A Lenssen; T Caesar-Tonthat & J Waddell. 2006. Tillage and crop rotation effects on dryland soil and residue carbon and nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 668-678.

- Sainju, UM; ZN Senwo; EZ Nyakatawa; IA Tazisong & KC Reddy. 2008. Tillage, cropping systems, and nitrogen fertilizer source effects on soil carbon sequestration and fractions. *Journal of Environmental Quality* 37, 880–888.
- Vezzani, FM & J Mielniczuk. 2009. An overview of soil quality. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo* 33, 743–755.
- Vieira, FCB; C Bayer; JA Zanatta; J Dieckow; J Mielniczuk & ZL He. 2007. Carbon management index based on physical fractionation of soil organic matter in an Acrisol under long-term no-till cropping systems. *Soil Till Res.* 96, 195–204.

**EFFECTOS DE SIEMBRA DIRECTA Y ROTACIÓN DE CULTIVOS SOBRE PROPIEDADES
FÍSICAS DE SUELO EN LA REGIÓN SEMIÁRIDA CENTRAL DE CÓRDOBA**

Aoki A.M.¹, J.P. Clemente², F. Ramos³.

¹ Dpto. Mecanización Rural, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba, Ing. Agr. Felix Aldo Marrone 746, Córdoba, aaoki@agro.unc.edu.ar

² Dpto. Recursos Naturales, Facultad de Ciencias Agropecuarias-UNC

³ Dpto. Ing. y Mecanización Rural, Fac. de Cs. Agropecuarias-UNC.

RESUMEN: La siembra directa es uno de los sistemas de labranza más difundidos en la agricultura extensiva de Argentina por sus ventajas respecto a sistemas convencionales. Ambos sistemas de labranza se realizan tanto en monocultivo de soja (*Glycine max* L. Merrill) como en rotación de cultivos. El objetivo de este trabajo es comparar el efecto combinado de secuencias de cultivos y manejo de cultivos sobre propiedades físicas del suelo. Se midieron densidad aparente (DA), resistencia a la penetración (RP), humedad de suelo (HS), infiltración (Ib) y Estabilidad Estructural (EE). Se usó un diseño experimental bifactorial: un factor secuencia de cultivos con dos niveles (monocultivo de soja -SS- y rotación soja-maíz (*Zea mays* L.) -SM-) y otro factor manejo de cultivos con tres niveles (siembra directa -SD- siembra directa con cultivo de cobertura -SDcc- y labranza convencional -LC-). La densidad aumentó con la profundidad, mostrando diferencias entre SS y SM a 0-5 cm. La RP mostró diferencias estadísticas solo entre sistemas de labranzas. La resistencia aumentó con la profundidad, pero en LC se invierte este comportamiento debido posiblemente al piso de arado. Se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos cuando se comparó HS. El tratamiento SS-LC fue el que menos humedad acumuló. Mientras SM-SD fue el que más agua acumuló (>6,35 %). Se registraron diferencias estadísticas entre tratamientos cuando se comparó Ib. Se distinguieron dos grupos de tratamientos: los de mayor Ib, que correspondieron a las LC y los de menor Ib, que correspondieron a los tratamientos con siembra directa (SD y SDcc). Para la EE se observó que los mayores valores corresponden a SM-SD y los menores a SS-LC. Los sistemas agrícolas que utilizan SM y SD mejoraron la HS, evitaron la formación de piso de arado en la profundidad 20-30 cm y mejoraron la EE y la DA de 0-5 cm.

PALABRAS CLAVE: densidad aparente, agua del suelo, penetrometría.

INTRODUCCION

En la región semiárida central de Córdoba se han adoptado a través del tiempo distintas secuencias y manejos de cultivos. La agriculturización y el uso de labranzas agresivas han tenido un fuerte impacto sobre el suelo, disminuyendo su calidad física (Álvarez *et al.*, 2008). Hay un creciente predominio de monocultivo de soja en reemplazo de otros cultivos como sorgo, maíz, trigo, girasol y maní. Al mismo tiempo, los sistemas de labranza evolucionaron hacia los llamados conservacionistas, dentro de los cuales el sistema de siembra directa, caracterizado por el no laboreo, es actualmente el de mayor adopción (Salas *et al.*, 2005). Un esquema productivo podría ser considerado sustentable solamente si permite mantener los rendimientos de grano a lo largo del tiempo. Es necesario que los sistemas estén diseñados sobre la base de tres pilares: la siembra directa, la fertilización y la rotación de cultivos (Ferrari, 2010). A nivel nacional, la rotación de cultivos es una práctica cada vez más limitada durante los últimos años. El acentuado déficit en el empleo de las mismas implica, a su vez, el no aprovechamiento de una serie de ventajas que producen las rotaciones: diversificación de riesgos productivos y económicos, mejoramiento de las

condiciones del suelo (propiedades físicas, químicas y biológicas). Por otra parte, existe una deficiencia de agua, acentuada por el impacto de un uso y manejo del suelo inapropiado, repercute sobre sus propiedades hidráulicas (Campitelli *et al.*, 2010).

Es indispensable la buena calidad física de los suelos para lograr un buen rendimiento de los cultivos con el menor impacto sobre el ambiente (Topp *et al.*, 1997). Interpretar y predecir las consecuencias del manejo sobre la calidad del suelo a través de indicadores confiables y sensibles constituye una de las principales finalidades de la ciencia del suelo moderna (Quiroga & Peinemann, 2002).

El objetivo de este trabajo es comparar el efecto combinado de secuencias de cultivos y manejo de cultivos sobre propiedades físicas del suelo.

MATERIALES Y MÉTODOS

Característica del ensayo

El ensayo se llevó a cabo en la EEA INTA Manfredi (Lat. 31,5° S, Long. 63,5° O, Alt. 292 msnm), sobre un suelo Haplustol éntico (Serie Oncativo) profundo, bien drenado, de textura franco limosa, reacción ligeramente ácida y un contenido de materia orgánica del 2 % en el horizonte superficial al iniciar el experimento. El clima es semiárido con lluvias medias anuales de 750 mm y temperaturas medias de 16,6 °C (INTA, 1987).

Se empleó un diseño completamente aleatorizado, con arreglo factorial 2 × 3, sobre parcelas de 35 × 110 m. El factor secuencia de cultivos tiene dos niveles: 1. Monocultivo de soja (SS) y 2. Rotación soja-maíz (SM). El factor manejo de cultivos tiene tres niveles: 1. Siembra directa con barbecho químico (SD); 2. Siembra directa con cultivo de cobertura (SDcc) y 3. Labranza convencional para la zona con rastras de discos y cincel (LC). Tratamientos con la secuencia SS tienen tres repeticiones y con la secuencia SM dos repeticiones (Figura 1).

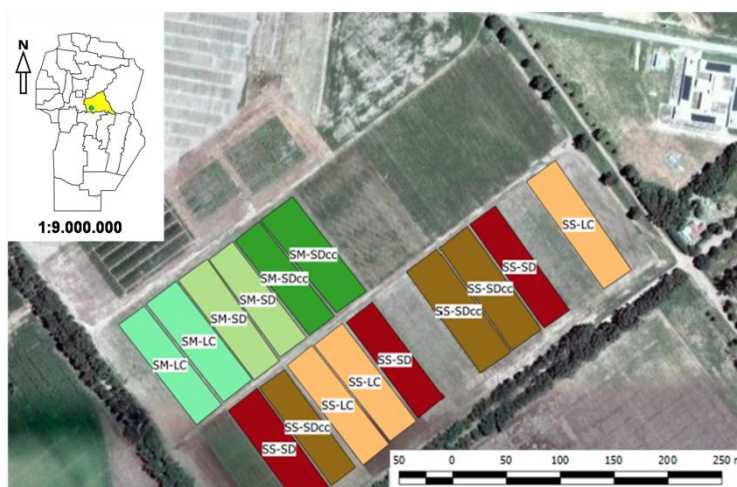


Figura 1. Ubicación del ensayo y distribución de los tratamientos.

El cultivo de cobertura (cc) se realiza siempre después del cultivo de soja; de esta forma se siembra cc en SS todos los años y en SM cada dos años. Como cc se utilizan distintas gramíneas invernales: avena (*Avena sativa* L.), trigo (*Triticum aestivum* L.) o triticale (x *Triticosecale* Wittmack). El secado del cc se realiza en forma química en inicio de encañazón.

En todos los tratamientos se realiza control de plagas y enfermedades. Las malezas se controlan química o mecánicamente según el sistema de manejo.

Muestreo de suelo

El muestreo de suelo se realizó en el año 2016. En cada parcela experimental se efectuaron 6 mediciones de Densidad Aparente (DA) y Humedad de Suelo (HS) a las profundidades de

0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm. Las muestras se extrajeron mediante un muestreador de suelos de 4,5 cm de diámetro y 45 cm de largo, se fraccionó la muestra sin disturbar en los 4 espesores antes mencionados. Se evitó muestrear sobre huellas visibles de rodados y siempre se tomaron las muestras en los espacios entre líneas de siembra.

Se midió la resistencia a la penetración (RP) cada un centímetro, en 30 sitios de cada parcela experimental, utilizándose un penetrómetro (Penetrologger Eijkelkamp; Giesbeek, Netherlands). Se promediaron los valores de RP en las profundidades de 0-5, 5-10, 10-20 y 20-30 cm.

La Ib se determinó efectuando 3 repeticiones en cada tratamiento mediante infiltrómetro de disco a tensión, que permite aplicar agua con presiones menores o iguales a la presión atmosférica (Perroux & White, 1988). De esta manera se puede estimar diámetros de poros equivalentes, que corresponden a los capilares que succionan agua a presiones iguales o mayores a las fijadas en el infiltrómetro de disco. En el ensayo se fijó una succión de -20 mm porque: permite excluir del proceso de transporte de agua a poros > 1,5 mm de diámetros correspondientes a macroporos y grietas; es una succión adecuada para diferenciar el arreglo estructural de los poros activos en distintas situaciones de manejo (Aoki & Sereno, 2005) y, operativamente, el volumen de agua utilizado en cada medición es sensiblemente menor a que si se efectuaran a saturación (tensión de 0 mm).

La EE se midió de 0 a 10 cm por el método de De Boodt & De Leenheer (1967) efectuándose tres repeticiones en cada parcela.

Procedimiento estadístico

Cada variable se analizó por separado utilizando modelos lineales generales y mixtos, con el software estadístico Infostat (Di Rienzo *et al.*, 2016), donde los efectos fijos fueron las secuencias de cultivos (con dos niveles), manejos de cultivos (con tres niveles) y la profundidad (con cuatro niveles), la interacción entre estos factores y los efectos aleatorios.

De esta manera se controla la interdependencia de los valores observados dentro de cada parcela y de los observados en las cuatro profundidades dentro de cada punto de muestreo. Se efectuaron comparaciones de medias a posteriori con el test DGC ($\alpha = 0,05$).

RESULTADOS Y DISCUSION

En la Figura 2 se observa que los valores de DA más bajos se encuentran a nivel superficial. Solo se determinaron diferencias estadísticas entre SM y SS en la profundidad de 0-5. En esta profundidad los mayores valores de densidad correspondieron al monocultivo de soja (media= $1,17 \text{ g cm}^{-3}$). En el caso de SS el menor aporte de residuos (Basanta & Alvarez, 2015) y una menor variedad en cuanto al sistema exploratorio radicular serían las causas de esta condición.

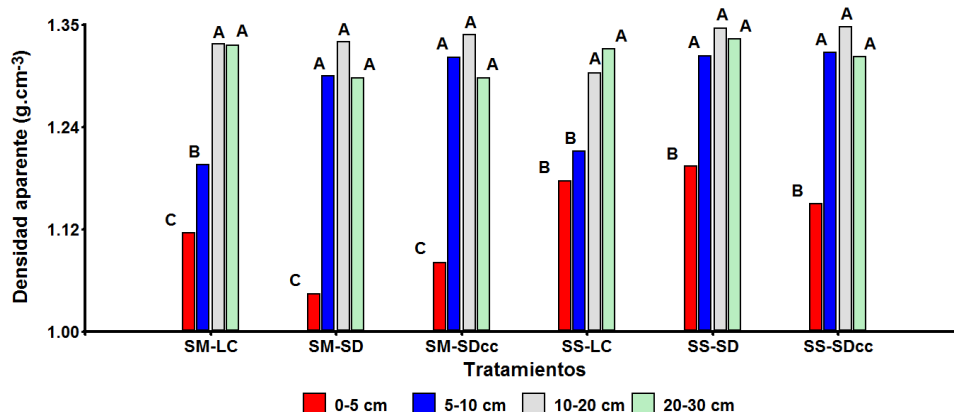


Figura 2. Densidad aparente en dos secuencias de cultivos combinados con tres manejos de cultivos en cuatro profundidades. Letras distintas indican diferencias estadísticas.

Hay una mayor compactación subsuperficial en SD y SDcc posiblemente debido al tráfico de maquinaria sin remoción del suelo. Díaz-Zorita (1999) encontró valores más altos de DA en SD que LC para suelos Hapludoles del noroeste de Buenos Aires, para profundidades de 3 a 15 cm. También, Apezteguía & Sereno (2002) determinaron para un suelo Haplustol con rotación de soja-maíz, que la DA de 0 a 20 cm de profundidad es estadísticamente mayor en SD que en LC.

En la Figura 3 para la profundidad 0-5 cm, se presentan las RP más bajas para todos los tratamientos; estos resultados guardan estrecha relación con lo mostrado en densidad aparente para la misma profundidad. La LC, dentro de cada secuencia de cultivo, presenta los valores más bajos de RP, estos muestran diferencias estadísticas cuando se compara con SD y SDcc. Esta condición se debería a que la remoción mecánica en LC produce el desagregado de la estructura del suelo y la ruptura de posibles compactaciones superficial.

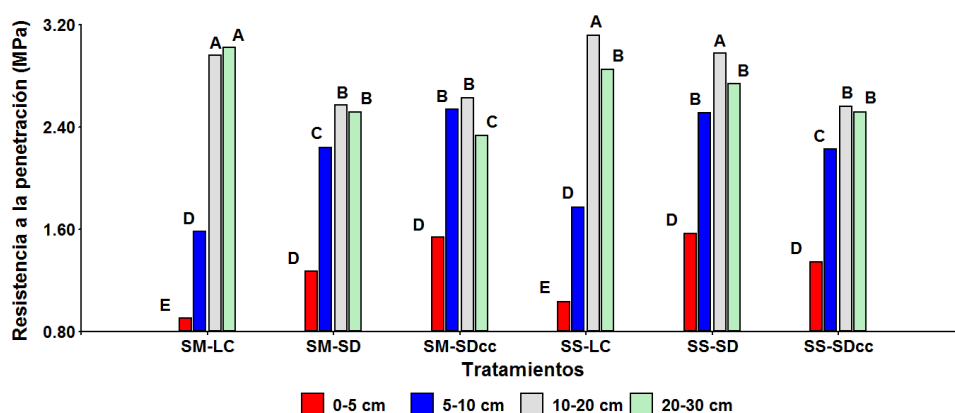


Figura 3. Resistencia a la penetración en dos secuencias de cultivos combinados con tres manejos de cultivos en cuatro profundidades. Letras distintas indican diferencias estadísticas.

A partir de los 10 cm de profundidad, se produce un aumento brusco de la RP en LC comparado con SD y SDcc en ambas secuencias de cultivo, debido posiblemente a la formación de un piso de arado. Iglesias *et al.* (1998) encontraron, en un Hapludol típico, mayores valores de resistencia mecánica de 10 a 25 cm en LC en comparación con SD y observaron que la LC remueve en superficie pero compacta en profundidad (piso de arado). Los sistemas que rotaron cultivos, acumularon más HS en todo el perfil del suelo muestreado. En el mismo sentido, los sistemas de SD y SDcc acumularon mayores porcentajes de HS que LC dentro de una misma secuencia de cultivo para la profundidad de 0-5 cm (Figura 4).

La HS se ordena de la siguiente manera: rotaciones con siembra directa > monocultivo de soja con siembra directa > labranza convencional con y sin rotación. Este mejor desempeño de acumulación de agua en los sistemas con siembra directa, se debería a la cobertura de rastrojos y a una mejor condición de estructura, como reportan Iglesias *et al.* (1998) y Dardanelli (1998).

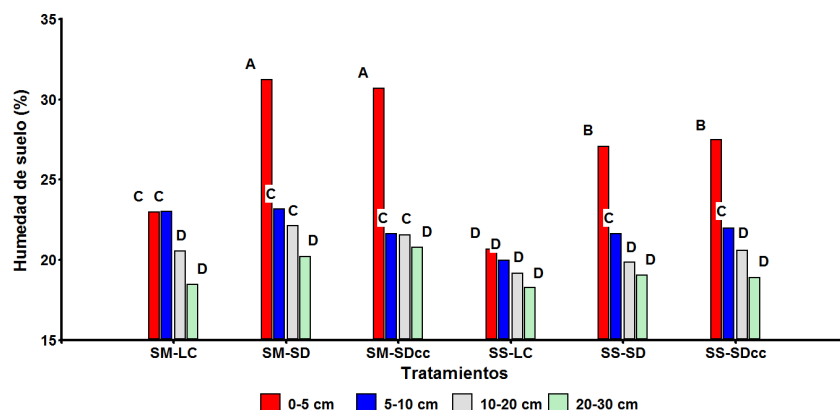


Figura 4. Humedad de suelo en dos secuencias de cultivos combinados con tres manejos de cultivos en cuatro profundidades. Letras distintas indican diferencias estadísticas.

Se distinguieron dos grupos de tratamientos, por un lado los de mayor Ib, que correspondieron a las LC y por otro lado los de menor Ib, que correspondieron a los tratamientos con siembra directa (SD y SDcc). Para cada manejo de cultivo, los tratamientos que poseen SS infiltraron más lámina de agua en el tiempo que de los SM (Figura 5). El promedio de máxima Ib fue de $29,34 \text{ mm h}^{-1}$ en SS-LC, mientras que el promedio de mínima fue de $11,24 \text{ mm h}^{-1}$ en SM-SDcc.

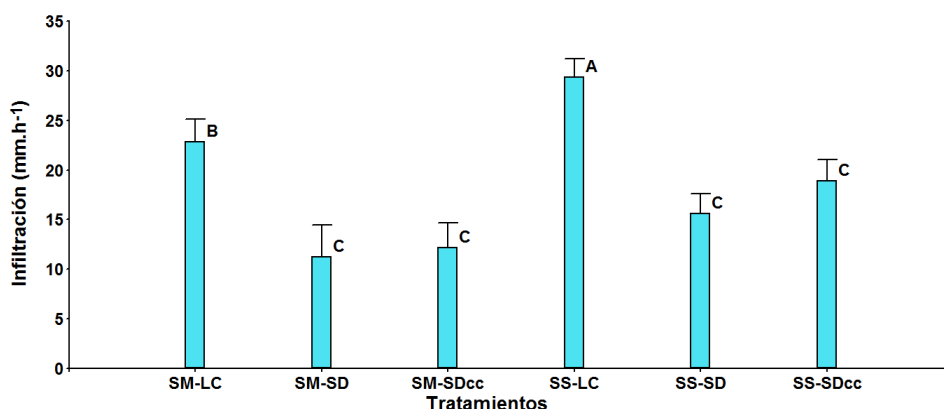


Figura 5. Infiltración en dos secuencias de cultivos combinados con tres manejos de cultivos en cuatro profundidades. Letras distintas indican diferencias estadísticas.

En la Figura 6 se presentan los valores correspondientes a la EE. Los manejos de cultivos con siembra directa (SD y SDcc) poseen mayor EE respecto a los conducidos bajo LC en ambas secuencias de cultivos. A su vez los tratamientos SM-SD y SM-SDcc poseen diferencias estadísticas con SS-SD y SS-SDcc. El valor promedio máximo de EE fue de 64,35 % en SM-SDcc y el promedio mínimo fue de 29,04 % en SS-LC.

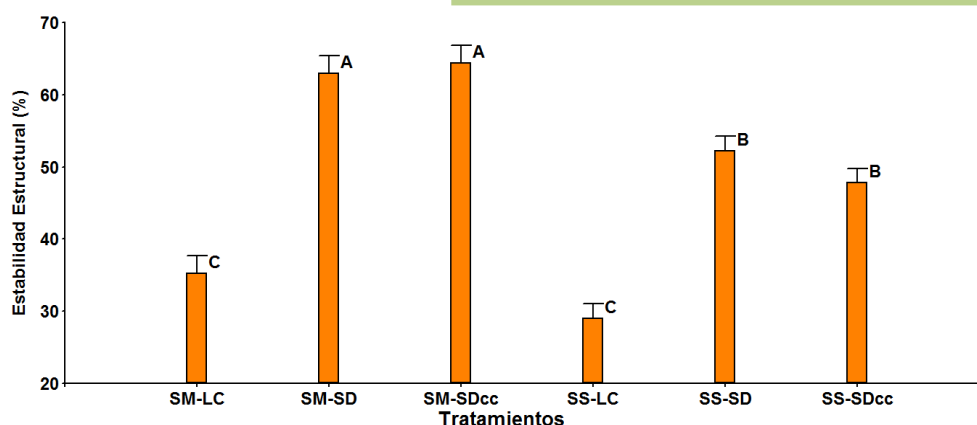


Figura 6. Estabilidad Estructural en dos secuencias de cultivos combinados con tres manejos de cultivos en cuatro profundidades. Letras distintas indican diferencias estadísticas.

CONCLUSIONES

El efecto combinado de secuencias de cultivos y manejo de cultivos presentan contrastes en los valores de densidad aparente, resistencia a la penetración y humedad del suelo.

La siembra directa, bajo cualquiera de los dos sistemas de cultivos, posee una mayor DA de 5-10 cm cuando se lo compara con labranza convencional, lo que indica la tendencia de este sistema de manejo a compactar el suelo en superficie.

La labranza convencional produce el desagregado de la estructura del suelo y la ruptura de posibles compactaciones superficial (0-5 cm) lo que origina una disminución en los valores de RP, por el contrario, independientemente de la secuencia de cultivos, produce un considerable aumento de la RP a partir de 10 cm.

Los sistemas agrícolas que utilizan rotación soja-maíz y siembra directa mejoran la acumulación de agua edáfica, evitan la formación de piso de arado en la profundidad 20-30 cm y mejoran la estabilidad estructural y la densidad aparente de 0-5 cm.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a SeCyT-UNC y al apoyo recibido por los Ings. Agrs. Carolina Álvarez y Juan P. Giubergia de la EEA INTA Manfredi. También a los Ings. Agrs. D. Faraoni y L. Molina y a los estudiantes F. Nardi, S. Rigalt, F. Sequeira y F. Unterholzner de la FCA-UNC.

BIBLIOGRAFIA

- Aoki AM & R Sereno. 2005. Modificaciones de la conductividad hidráulica y porosidad del suelo estimadas mediante infiltrómetro de disco a tensión. *Agricultura Técnica* (Chile), 65(3):295-305.
- Álvarez, MF; ML Osterrieth; A Becker; B Parra; JL del Río & MP Cantú. 2008. Estudio comparativo de la morfología de agregados, su rol como indicador en la calidad de molisoles de la región pampeana. XXI Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, S. Luis, Argentina.
- Apezteguía, H & R Sereno. 2002. Influencia de los sistemas de labranza sobre la cantidad y calidad del carbono orgánico del suelo. *Agricultura técnica*, 62(3):418-426.
- Basanta, M & C Alvarez. 2015. Manejo sustentable de sistemas agrícolas en la región central de Córdoba: una experiencia de largo plazo en INTA EEA Manfredi. *RIA. Revista de investigaciones agropecuarias*, 41(2):215-222.
- Campitelli, P; A Aoki; O Gudelj; A Rubenacker & R Sereno. 2010. Selección de indicadores de calidad de suelo para determinar los efectos del uso y prácticas agrícolas en un área piloto de la región central de Córdoba. *Ciencia del suelo*, 28(2):223-231.
- Dardanelli, J. 1998. Eficiencia en el uso del agua según sistemas de labranzas. En: JL Panigatti; H Marelli; D Buzchiazzi; R Gil (Eds). *Siembra Directa*. INTA. Ed. Hemisferio Sur, 107- 115.
- De Boodt, M & L De Leenheer. 1967. Determination of aggregate stability by the change in mean weight diameter. *West-European Methods for Soil Structure Determinations*. State Faculty Agricultural Sciences, Ghent, Belgium. 60-62
- Di Rienzo, JA; F Casanoves; MG Balzarini; L Gonzalez; M Tablada & CW Robledo. 2016. InfoStat versión 2016. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina. <http://www.infostat.com.ar> 15/2/2017.
- Díaz-Zorita, M. 1999. Efectos de seis años de labranzas en un Hapludol del noroeste de Buenos Aires, Argentina. *Ciencia del Suelo*, 17(1):31-36.
- Ferrari, M. 2010. ¿Nuestros actuales sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables? *Informaciones Agronómicas del Cono Sur*, 48, 6-10.
- Iglesias, J; JA Galantini; AM Miglierina & MR Landriscini. 1998. Cambios en la distribución del espacio poroso debidos al sistema de labranza y al tránsito en un Hapludol típico de la Región Subhúmeda Argentina. *Rev. Facultad de Agronomía*, 18(1-2):19-26.
- INTA. 1987. Carta de Suelos de la República Argentina. Hoja 3163-32 Oncativo.
- Mendoza-Reinoso, RI & RF Porcel de Peralta. 1997. Caracterización de los suelos. En: R Sereno (ed.). *Manual de control de la erosión hídrica*. Facultad de Ciencias Agropecuarias - Secretaría de Ciencia y Tecnología-Universidad Nacional de Córdoba. Argentina. Pp. 1-12.
- Perroux, KM & I White. 1988. Designs for disc permeameters. *Soil Science Society of America Journal*, 52(5):1205-1215.
- Quiroga, AR & N Peinemann. 2002. Indicadores de calidad de suelos en molisoles de la región semiárida pampeana. Relación con el manejo y productividad de cultivos. Tesis Doctoral. Universidad Nacional del Sur [Bahía Blanca, Argentina].
- Salas, HP; EF Lovera; M del V Basanta; JP Giubergia; EE Martellotto & AI Salinas. 2005. Producción de Soja y Maíz en función de la rotación y del sistema de manejo en un Haplustol típico de la región central de Córdoba: Disponibilidad de agua y rendimiento. Proyecto regional Gestión Agroambiental. EEA Manfredi. Pp. 12.
- Topp, GC; WD Reynolds; FJ Cook; JM Kirby & MR Carter. 1997. Physical attributes of soil quality. *Developments in Soil Science*, 25:21-58.

**PLASTICIDAD ADAPTATIVA EN ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMILLA Y
PLÁNTULA EN *BUGLOSSOIDES ARVENSIS* L. EN EL SUDOESTE BONAERENSE: I.
DISPONIBILIDAD HÍDRICA**

Longás M.M., G.R. Chantre, M.R. Sabbatini

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur y CERZOS-UNS
mmlongas@criba.edu.ar

RESUMEN: La región del sudoeste bonaerense es un área impredecible de variables precipitaciones y suelos de texturas gruesas con baja retención hídrica. Las especies maleza presentan diferentes estrategias, principalmente vinculadas con la plasticidad fenotípica. El efecto materno radica en las consecuencias sobre características de la progenie, debido a las condiciones ambientales vivenciadas por la planta madre. Las mismas actúan a modo de indicios prediciendo el ambiente venidero y moldeando a la descendencia para la supervivencia en el mismo. *Buglossoides arvense*, comúnmente conocida como “yuyo moro”, es una maleza anual invernal de creciente expansión en la zona semiárida bonaerense. El objetivo del presente trabajo radicó en describir los posibles efectos de ambientes maternos contrastantes en cuanto a su disponibilidad hídrica sobre características tempranas de la progenie y relacionarlos con su propagación en la zona. Con tal fin se cultivaron plantas dos años consecutivos bajo dos situaciones diferenciales de riego y luego se analizaron características morfo-fisiológicas de las semillas y plántulas resultantes. Situaciones hídricas limitantes dan lugar a plantas de menor tamaño que generan, en menor cantidad, semillas más livianas. El banco en el suelo debe reponerse principalmente en años húmedos, asegurando la perpetuación de la especie en el tiempo. La sensibilidad a la humedad para lograr el establecimiento a campo podría justificar su expansión con la siembra directa.

PALABRAS CLAVE: efecto materno, disponibilidad hídrica, *Lithospermum arvense*.

INTRODUCCIÓN

La región del sudoeste bonaerense posee un clima continental templado caracterizado por una gran variabilidad climática, principalmente en las precipitaciones. Las mismas pueden llegar a valores extremos característicos tanto de ambientes áridos o semiáridos como similares a los de regiones extremadamente húmedas (Glave, 2006). Las isohietas de 500 y 700 mm que atraviesan el área en dirección sudoeste-noreste determinan, junto con los tipos de suelos, las aptitudes agrícolas de las diferentes zonas. Los suelos predominantes son de textura mediana a gruesa, de buena permeabilidad dominando los suelos Haplustoles/Hapludoles, cuya profundidad oscila entre 80 y 100 cm limitados por un horizonte petrocálcico (tosca) (Gómez *et al.*, 1981; Galantini *et al.*, 1992). Dadas las características climáticas y edáficas propias de la región semiárida, el uso o manejo de los sistemas agrícolas ha provocado, y provoca, cambios marcados en los suelos (Galantini *et al.*, 1992) y por ende en la vegetación espontánea.

Para prosperar en ambientes inestables, las malezas cuentan con numerosas estrategias para ir adaptándose, como ser el efecto materno: plasticidad fenotípica trans-generacional. El ambiente que experimenta una planta, especialmente en el periodo de formación de sus semillas, no solo condiciona su fenotipo sino también el de su progenie cuyos efectos se manifiestan principalmente en los primeros estadios del ciclo de vida (Guterman, 2000).

Con el fin de reducir el uso de pesticidas, y de esta manera su impacto ambiental, el sistema agropecuario se ve obligado a desarrollar nuevos sistemas de cultivos recobrando fuerzas el

sistema integrado de plagas (Lammoglia *et al.*, 2017). El estudio científico de las interacciones que regulan la distribución y abundancia de los principales organismos problemas, es decir, su ecología, es de vital importancia para el óptimo planeamiento de las estrategias de control.

Buglossoides arvensis L. (Boraginaceae) o “yuyo moro”, es una especie anual facultativa de invierno cuya presencia se incrementa año a año en cultivos y verdeos invernales en la zona de estudio, principalmente cuando se ejercen prácticas conservacionistas.

El objetivo del presente trabajo radica en el estudio de las variaciones morfo-fisiológicas en los primeros estadios de vida de *B. arvensis* L. debido a condiciones de disponibilidad hídrica en el suelo diferenciales experimentadas por las plantas madres.

MATERIALES Y MÉTODOS

Cultivo de las plantas madres y generación del material de estudio

Semillas de *B. arvensis* fueron colectadas en diciembre del 2011 de un lote experimental del INTA-Bordenave (37°50'55"S, 63°01'20"W) al momento de su dispersión natural. Luego de ser trilladas manualmente se almacenaron bajo condiciones de laboratorio hasta el momento en que se realizó la siembra para generar las plantas madres, al año siguiente.

En el predio experimental del CCT-Bahía Blanca (38°39'54"S, 62°13'58"W) se cultivaron plantas madres durante dos generaciones (sembradas en julio del 2012 y 2013 respectivamente) para analizar sus descendencias (F_1 y F_2). El suelo presenta textura arenosa (Haplustol típico), con un 2% de materia orgánica, 4,6 mg kg⁻¹ de N-NO₃ y reacción alcalina (pH= 7,5).

Siguiendo un modelo completamente aleatorizado se montó un ensayo con dos niveles hídricos y 4 repeticiones. Las unidades experimentales de 1 m² constaron de armazones de hierro forradas en nylon y enterradas 30 cm. La parte basal poseía perforaciones para permitir la percolación del agua, las laterales aberturas con el fin de la libre circulación del aire y el techo era a dos aguas pudiendo ser abierto mediante un enganche. De esta manera se disminuyó la temperatura los días muy calurosos evitando un posible efecto invernadero. Estas estructuras permitieron independizar el ensayo de las precipitaciones. Los dos niveles hídricos (H^+ : alto y H^0 : bajo) se manejaron con dos ramales de riego por goteo proporcionando dos cantidades de agua diferenciales: una mínima equivalente a la que se espera durante el segundo semestre en un año seco y una abundante análoga a la de un año húmedo. La siembra en cada UE se realizó manualmente y al voleo, esparciendo 250 g de semilla sobre la cual se tamizó tierra hasta cubrirla a 1,5 cm. La cantidad de plantas promedio logradas por unidad experimental no varió en función del sistema de riego ($p>0,05$) siendo de 73 para el 2012 y de 174 para el 2013. La diferencia en el número de plantas logradas entre años puede deberse a la dificultad que hubo para alcanzar la implantación en el primer año de ensayo. La misma no fue lograda, sino hasta que se colocó rastrojo a modo de cobertura el cual colaboró con la retención de la humedad del suelo.

Todas las mediciones detalladas a continuación se realizaron en ambas generaciones, obteniendo de esta manera los resultados para la F_1 y la subsiguiente F_2 .

Mediciones morfológicas

El tamaño seminal suele relacionarse negativamente con la cantidad de semillas producidas (teoría del “trade-off”) y a su vez ambos parámetros con el tamaño de la planta madre (a mayor biomasa aérea, más recursos disponibles para destinar a la reproducción). Con el fin de correlacionar el fenotipo materno con atributos seminales en cada escenario hídrico, se tomaron azarosamente 4 plantas de cada unidad experimental y se les midió el largo del tallo y sus ramificaciones, lo que luego fue pesado.

Las semillas de cada una de las plantas anteriores fueron contabilizadas y fotografiadas en posición tal que quede expuesta la unión carpelar. Mediante el software ImageJ se registró el ancho y largo de cada una para luego calcular el perímetro y el índice de forma ($IF= A/L$)

el cual toma valores cercanos a 1 para las semillas esféricas y a 0 para las más alargadas. La forma de la semilla de *B. arvensis* es de un triángulo isósceles sobre un trapecio isósceles (Figura 1.A). Estas figuras se mantienen en todas las semillas de manera muy similar (observación personal). La base menor del trapecio posee aproximadamente $\frac{3}{4}$ del valor de la base mayor. Además, $\frac{2}{3}$ del total del largo seminal se le atribuye a la altura del triángulo isósceles y $\frac{1}{3}$ a la del trapecio. Se asume que la parte más ancha de la semilla es la base del triángulo y la base mayor del trapecio.

La variación en tamaño seminal entre tratamientos se determinó restando el menor valor de perímetro al mayor en cada año.

El perímetro seminal se calculó en base a la siguiente fórmula:

$$P_{sem} = \left[\sqrt{\left(\frac{1}{2} A\right)^2 + \left(\frac{2}{3} L\right)^2} \right] * 2 + \frac{3}{4} A + \left[\sqrt{\left(\frac{1/4 A}{2}\right)^2 + \left(\frac{1}{3} L\right)^2} \right] * 2 \quad [1]$$

Donde P_{sem} es el perímetro seminal, A el ancho y L el largo.

Independientemente, dentro del grupo de semillas fotografiado de cada planta, se tomaron 4 semillas procedentes de la parte basal, de manera de asegurar que se desarrollaron simultáneamente en el tiempo. Al poseer *B. arvensis* crecimiento indeterminado, este hecho no podría asegurarse al tomar semillas apicales. Estas semillas fueron individualmente pesadas en balanza analítica ($\pm 0,0001$ g), rotuladas y puestas a germinar (ver Ensayo de emergencia).

Al momento de contabilizar emergencia se tomaron las dimensiones de la plántula previo a desecharla. Con micrómetro analítico se midió el largo y ancho del cotiledón y el largo del hipocótilo. Asumiendo que la forma del cotiledón es oval (Figura 1.B), su perímetro fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$P_{cot} \cong \pi \left\{ 3(a + l) - \sqrt{[(3a + l)(a + 3l)]} \right\} \quad [2]$$

Donde P_{cot} es el perímetro del cotiledón y, a y l el ancho y largo respectivamente.

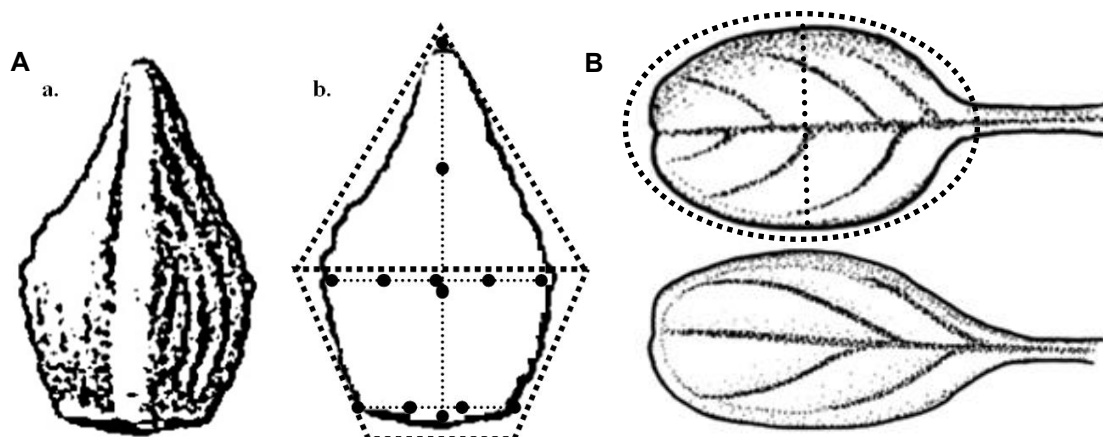


Figura 1 A. Semilla de *Buglossoides arvensis*. a. Superficie rugosa con la unión carpelar. b. Perímetro seminal (Triángulo isósceles sobre un trapecio isósceles) y la relación ancho/largo. B. Cotiledón oval de *B. arvensis*, con las dimensiones de ancho y largo que fueron medidas manualmente en las plantas emergidas.

Ensayo de emergencia

Para poder determinar si los atributos medidos en las plántulas provenían exclusivamente del contenido seminal y no eran generados *in situ* por fotosíntesis o tomados del medio, el

ensayo de emergencia se realizó a oscuras y las contabilizaciones bajo luz verde. Las 128 semillas (2 tratamientos * 4 repeticiones * 4 plantas * 4 semillas) individualmente identificadas fueron sembradas a 1,5 cm de profundidad en plantineras con perlita. Las mismas se colocaron en bandejas efectuándose el riego con agua desmineralizada. La incubación se realizó en una cámara de crecimiento a oscuras bajo un régimen constante de temperatura de 15 °C. La emergencia se contabilizó diariamente durante 30 días. Se consideró una plántula como emergida ni bien salieron los cotiledones sobre el ras del sustrato.

Análisis estadístico

Todos los análisis estadísticos se realizaron individualmente para cada año, con el fin de observar si se repetían las mismas tendencias del F_1 en el F_2 . Análisis de la varianza (ANAVA) anidados se realizaron a fin de evaluar una posible influencia de la EU y/o de la planta seleccionada en cada UE. Las posibles diferencias entre tratamientos en cada parámetro se evaluó mediante ANAVA seguido por la prueba de Tukey en el caso que haya significancia estadística.

La relación entre la producción seminal y la biomasa aérea se analizó con regresión lineal. Para cumplir con los supuestos de homocedasticidad y normalidad los datos de producción de semillas, largo y peso de las plantas madres; peso e IF seminal, sufrieron una transformación logarítmica y los porcentajes de emergencia y de semillas viables con arco-seno raíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

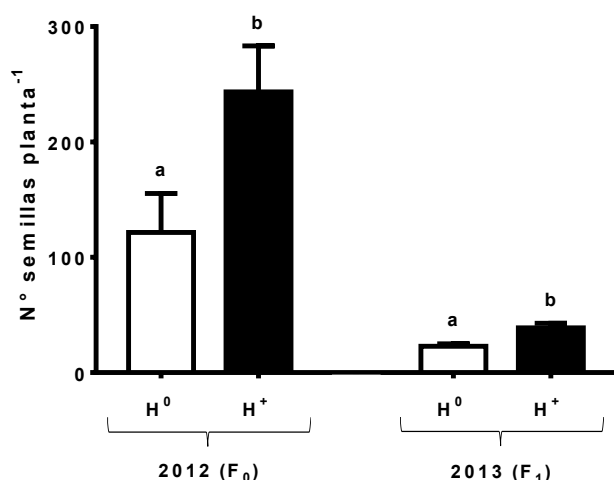


Figura 2. Medias ($\pm$ ES), por planta, re-transformadas del logaritmo del número de semillas, según el tratamiento materno ambiental de disponibilidad hídrica (H^0 : baja, H^+ : alta) para el 2012 y la siguiente generación en el 2013. Letras distintas indican diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($\alpha=5\%$).

Las plantas generadas en el 2013 presentaron un menor desarrollo aéreo que sus progenitoras ($p<0,05$) lo cual estaría explicado por la competencia intra-específica generada en el segundo año consecuencia de la mayor densidad de plantas madres logradas.

Como es de esperar, según lo observado en otras especies (Pigliucci *et al.*, 1995), la performance de *B. arvensis* fue afectada bajo diferentes disponibilidades hídricas. La disminución en biomasa aérea y *output* reproductivo (Figura 2) en condición de estrés hídrico ($p<0,01$) puede ser consecuencia del ciclo de vida más corto que presentaron las plantas en H^0 (observación personal). Los aumentos de temperatura consecuentes de la salida de la primavera e inicio del verano, no deben haber sido tolerados con baja disponibilidad hídrica acelerando la senescencia respecto de las plantas con abundante agua (Galloway, 1995; Wright *et al.*, 1999).

Generalmente, el tamaño de la planta madre se correlaciona con la cantidad y/o peso de su descendencia (Hendrix, 1984). En este caso, la producción de semillas mostró una relación

lineal con la de biomasa aérea produciéndose una menor cantidad de simientes por unidad de largo cuando se dispone de alta disponibilidad hídrica. Este hecho justifica la menor producción en el 2013. Dicho resultado coincide con el publicado el año pasado por Lang *et al.* (2016) donde describen el efecto denso-dependiente de la disminución en la producción de semillas en *B. arvensis*.

Tabla 1. Regresiones lineales de la producción de semillas de *Buglossoides arvensis* según el largo del tallo bajo los diferentes tratamientos maternos ambientales de disponibilidad hídrica (H⁰: baja y H⁺: alta). Las regresiones fueron calculadas en promedio para los dos años.

Nivel hídrico	X = Largo aéreo de la planta (cm)	R ²	F
H ⁰	N° semillas= 2,48X + 2,58	0,94	387,7***
H ⁺	N° semillas= 1,98X + 17,66	0,92	312,1***

Resultados según el ANOVA:

* significativo ($p < 0,05$)

** altamente significativo ($p < 0,01$)

*** muy altamente significativo ($p < 0,001$)

ns no significativo ($p > 0,05$)

En el 2012 las semillas mostraron, en promedio, menores dimensiones que en 2013, tanto en peso (N=128 para cada año) como en perímetro (N=2708 y N=866 para F₁ y F₂ respectivamente) ($p < 0,05$). Esta situación sugeriría un *trade-off* de recursos entre cantidad y peso seminal (Wolf *et al.*, 1986; Vaughton & Ramsey, 1998) dado que en el 2012 la producción seminal fue mucho mayor. Las semillas provenientes de plantas con menor disponibilidad hídrica fueron estadísticamente más livianas en ambos años, revelando diferencias el perímetro en el segundo año ($p < 0,05$). El IF no evidenció significancia alguna sugiriendo una estabilidad en la forma seminal.

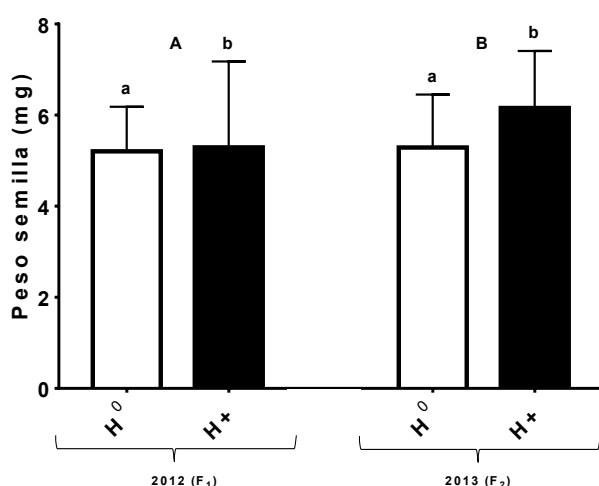


Figura 3. Peso seminal de *Buglossoides arvensis* según los tratamientos maternos de disponibilidad hídrica en el suelo (H⁰: bajo y H⁺: alto) para los dos años de estudio. Letras mayúsculas hacen referencia a diferencias entre años y minúsculas a tratamientos dentro de cada año. Letras iguales no manifiestan desigualdades estadísticamente significativas según el test de Tukey ($\alpha = 5\%$).

Las variaciones en tamaño dentro de cada tratamiento no evidencio grandes diferencias respecto al factor hídrico (Tabla 2). Sería conveniente evaluarlo en función al peso seminal para poder dilucidar algún posible efecto.

Tabla 2. Variaciones en los tamaños seminales evaluadas mediante el perímetro en semillas de *Buglossoides arvensis* provenientes de diferentes tratamientos maternos (H^0 : baja y H^+ : alta disponibilidad hídrica). La F_1 corresponde a la progenie generada de las plantas producidas en el 2012 y la F_2 en el 2013). Para el análisis se descartaron las semillas no viables.

TMA	Perímetro (mm)
F_1	
H^-	2,75
H^+	3,14
F_2	
H^-	3,42
H^+	3,41

La emergencia, en ninguno de los dos años, mostró resultados diferenciales según la procedencia seminal. La especie es facultativa de invierno y posiblemente se encontraba despierta dado que no emergieron más las provenientes de H^0 como era lo esperado (Longás *et al.*, 2015). El porcentaje de no viables fue mayor para H^0 ($p=0,0003$).

Los atributos morfológicos de la planta no evidenciaron respuestas fuertes al régimen hídrico maternal.

CONCLUSIONES

La baja retención hídrica del suelo genera una alta dependencia en las precipitaciones por parte del sistema en su conjunto. Las especies maleza que logran establecerse y perpetuar desarrollan mecanismos de adaptación. *B. arvensis* produce una mayor cantidad de semillas en años húmedos alimentando el banco de semillas y de esta manera generar una reserva para los años donde el *output* reproductivo es menor. El aumento de *B. arvensis* en la zona semiárida bonaerense con la implementación de la siembra directa podría ser explicado por el hecho de no poder germinar en condiciones de labranza convencional, dada la ausencia de rastrojo y por ende la baja humedad del suelo.

BIBLIOGRAFÍA

- Galantini, JA, JO Iglesias, AM Miglierina, RA Rosell & A Glave. 1992. [Rotación y fertilización en sistemas de producción de la Región Semiárida Bonaerense. I. Productividad \(calidad y rendimiento\) del trigo](#). Revista Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina 13:67-75.
- Galloway, LF. 1995. Response to natural environmental heterogeneity: maternal effects and selection on life-history characters and plasticities in *Mimulus guttatus*. *Evolution* 49(6):1095-1107.
- Glave, A. 2006. Influencia climática en el Sudoeste Bonaerense y Sudeste de la Pampa. *Acaecer* 31(360):18-23.
- Gómez, L, V Nakama & C Puricelli. 1981. Carta detallada de suelos Estación Experimental Agropecuaria de INTA Bordenave escala 1:10000. Informe Interno INTA.
- Guterman, Y. 2000. Maternal Effects on Seeds During Development. En *Seeds: the ecology of regeneration in plant communities* (Ed. FENNER M), 59-84. CABI Publishing, 10 E 40th Street, Suite 3230, New York, United States.
- Hendrix, SD. 1984. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). *American Journal of Botany* 71(6):795-802.
- Lammoglia, SK, MC Kennedy, E Barriuso, L Alletto, E Justes, N Munier-Jolain & L Mamy. 2017. Assessing human health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the BROWSE model. *Environment International* 105:66-78.
- Lang, M, J Prestele, C Fischer, J Kollmann & H Albrecht. 2016. Reintroduction of rare arable plants by seed transfer. What are the optimal sowing rates? *Ecology and Evolution* 6(15):5506-5516.
- Longás, MM, GR Chantre & MR Sabbatini. 2015. Maternal effects on *Lithospermum arvense* L. seed dormancy I. Soil water regime. En Actas XXII Congreso de la ALAM y I congreso de la ASACIM, Mar del Plata, Argentina.
- Pigliucci, M, J Whitton & CD Schlichting. 1995. Reaction norms of *Arabidopsis*. I. Plasticity of characters and correlations across water, nutrient and light gradients. *Journal of Evolutionary Biology* 8(4):421-438.
- Vaughton, G & M Ramsey. 1998. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). *Journal of Ecology* 86(4):563-573.
- Wolf, LL, FR Hainsworth, T Mercier & R Benjamin. 1986. Seed size variation and pollinator uncertainty in *Ipomopsis aggregata* (Polemoniaceae). *The Journal of Ecology* 74:361-371.
- Wright KJ, GP Seavers, NCB Peters & MA Marshall. 1999. Influence of soil moisture on the competitive ability and seed dormancy of *Sinapis arvensis* in spring wheat. *Weed Research* 39(4):309-317.

**PLASTICIDAD ADAPTATIVA EN ATRIBUTOS MORFOLÓGICOS DE SEMILLA Y
PLÁNTULA EN *BUGLOSSOIDES ARVENSIS* L. EN EL SUDOESTE BONAERENSE: II.
FERTILIZACIÓN NITROGENADA**

Longás M.M., G.R. Chantre, M.R. Sabbatini.

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur y CERZOS. mmlongas@criba.edu.ar

RESUMEN: La región semiárida bonaerense presenta en su mayoría suelos de textura gruesa y pobres en nutrientes, dependiendo la disponibilidad de nitrógeno, principalmente de la fertilización efectuada por los productores. Las malezas poseen estrategias adaptativas que les permiten ir habituándose a cambios ambientales sin perjudicar su *fitness*, perpetuando en el sistema. La terminología efecto materno hace referencia a las consecuencias morfo-fisiológicas, sobre la progenie, que son causadas por las condiciones ambientales imperantes durante el desarrollo de su progenitora. El entendimiento de la bioecología de las principales especies problema permite el planeamiento para optimizar su control logrando disminuir el uso de agroquímicos. *Buglossoides arvensis*, maleza de trigo, es una especie anual facultativa de creciente expansión en el área de estudio. A fin de evaluar su performance bajo diferentes escenarios nitrogenados y la posibilidad de perpetuar en cada uno de ellos, se realizó un ensayo de gradiente nitrogenado. Plantas madres fueron cultivadas bajo 3 niveles de disponibilidad nitrogenada contabilizando su biomasa aérea y producción seminal. Se evaluaron atributos morfo-fisiológicos de su progenie y se repitió el ensayo a fin de obtener una F₂. Tanto la biomasa aérea, la producción seminal como el peso y la variabilidad de tamaños de las semillas producidas incrementaron con el nivel de nitrógeno. A mayor nivel de N la emergencia fue mayor y se redujo la cantidad de semillas no viables. Las plántulas resultantes generaron cotiledones de mayor tamaño. Sintetizando, ante situaciones de fertilización nitrogenada, las plantas de *B. arvensis* mejoraron su performance y posiblemente la capacidad de competir con los cereales de invierno.

PALABRAS CLAVE: efecto materno, nitrógeno, *Lithospermum arvense*.

INTRODUCCIÓN

El partido de Bahía Blanca se encuentra en una zona semiárida con precipitaciones altamente variables que promedian los 600 mm y suelos preponderantemente Haplustoles/Hapludoles cuya profundidad ronda entre los 80-100 cm (horizonte petrocálcico). Estos últimos, en su mayoría presentan textura franco-arenosa/arenosa fina, de buena permeabilidad con acentuadas deficiencias de fertilidad nitrogenada. Estas características definen a la zona principalmente como ganadera y, entre los cultivos producidos, el destacado es el trigo (Galantini *et al.*, 1992; Krüger, 2015).

Durante los últimos años, en este cultivo y otros verdes de invierno, se ha registrado la presencia en aumento de *Buglossoides arvensis* L. (Boraginaceae), también conocida como “Yuyo moro”. Se trata de una maleza anual facultativa de invierno nativa de Eurasia, pero naturalizada como maleza en muchas partes del mundo (Retief & Van Wyk, 2002).

Las malezas son plantas adaptadas a vivir en asociación con la actividad del hombre (Fernández, 1979) interfiriendo en su rentabilidad. Desde mediados del siglo pasado que su control se ha efectuado de manera creciente mediante el uso de herbicidas. Sin embargo, con el fin de reducir los riesgos e impactos tanto en la salud humana como en el ambiente, consecuentes del uso de pesticidas, numerosas entidades se encuentran promoviendo la introducción de sistemas innovadores de cultivos (Lammoglia *et al.*, 2017). El planeamiento

de estas técnicas requiere de tecnología creciente, elaboración de modelos matemáticos de predicción, pero fundamentalmente del conocimiento bioecológico de las especies problema. Cuanto más entendimiento se posea de las estrategias adaptativas de las malezas para mantener su *fitness*, más eficaz podrá ser su control.

Ante un cambio en el medio, los individuos deben adaptarse para poder sostener su *fitness* bajo dichas condiciones. Esta adaptación al ambiente contemporáneo posee el compromiso de sobrevivir en futuros ambientes, es decir que recaen consecuencias en la descendencia (Thoday, 1953). El efecto materno condiciona a la progenie a un cierto ambiente según las experiencias vividas por la planta madre dado que, atributos de la descendencia pueden ser influenciados directa o indirectamente al correlacionarse con características morfo-fisiológicas maternas (Donohue, 1999).

El presente trabajo se desarrolló con el fin de determinar variaciones en características morfo-fisiológicas de la progenie consecuentes del posible efecto debido a la disponibilidad nitrogenada a la que fue sometida la planta madre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Producción del material de estudio

El ensayo constó de dos generaciones de semillas, para lo cual en una primera instancia se generaron plantas, en un gradiente nitrogenado, cuyas semillas fueron en parte analizadas y en parte re-sembradas para generar una segunda generación de semillas con el fin de detectar efectos debido a la presión de selección.

Las semillas utilizadas para la producción de las plantas madres (F_0) fueron recolectadas de lotes de avena (*Avena sativa* L.) presentes en la Estación Experimental del INTA-Bordenave ($37^{\circ}50'55''S$, $63^{\circ}01'20''W$), Buenos Aires, Argentina. La cosecha se realizó manualmente en el mes de diciembre del 2010 almacenando las semillas en seco en bolsas de papel a temperatura ambiente ($20 \pm 5^{\circ}C$) durante 180 días, hasta que se iniciaron los ensayos a campo.

Los ensayos a campo se establecieron en la estación experimental del CERZOS-CONICET ($38^{\circ}39'54''S$, $62^{\circ}13'58''W$) en Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina. En todos los casos se colocó rastrojo luego de la siembra para evitar la evaporación del suelo. El tipo de suelo constaba de un arenoso-franco con un 2% de materia orgánica, $4,6 \text{ mg Kg}^{-1}$ de $N-NO_3$ y reacción alcalina ($pH=7,5$).

Los tratamientos maternos consistieron en tres niveles de disponibilidad nitrogenada generados mediante la fertilización con UREA granulada (46% N) (0 kg N ha^{-1} : N; 75 kg N ha^{-1} : N^+ y 150 kg N ha^{-1} : N^{++}). La misma se proporcionó manualmente de manera particionada cuando las plantas madres se encontraban en estado vegetativo (4-8 pares de hojas) y en floración. Cada unidad experimental abarcaba un área de 1 m^2 donde se sembraron las semillas de *B. arvensis* a 2 cm de profundidad. Se siguió un diseño completamente aleatorizado con 8 réplicas ($N=24$).

La cantidad de plantas promedio logradas por unidad experimental fue de 70 para el 2012 y de 174 para el 2013. No se encontraron diferencias significativas para el número de plantas UE^{-1} debido al ambiente materno ($p>0,05$). La diferencia en el número de plantas logradas entre años puede deberse a la dificultad que hubo para lograr la implantación en el primer año de ensayo. La misma no fue lograda, sino hasta que se colocó rastrojo a modo de cobertura el cual colaboró con la retención de la humedad del suelo.

Medición de la plasticidad fenotípica de las plantas madres y trans-generacional (semillas y plántulas)

Al finalizar el ciclo productivo, cada año y de cada unidad experimental, se cortaron al ras del suelo 4 plantas madres seleccionadas al azar obteniendo un total de 48 plantas por año ($4 \text{ plantas} \times 3 \text{ tratamientos} \times 4 \text{ repeticiones}$). De cada planta, se pesaron todas las partes aéreas remanentes y se midió el largo de los tallos principales y sus ramificaciones para

poder relacionarlo con la producción seminal. Finalmente, se contabilizó el número de semillas producido por planta y se las fotografió exponiendo la unión carpelar.

Mediante el software ImageJ se registró el ancho y largo de semilla una para luego calcular el perímetro (Fórmula 1) y el índice de forma ($IF = A/L$). A su vez, de cada planta antes mencionada se tomaron 4 semillas, las que fueron individualmente rotuladas, pesadas en balanza analítica ($\pm 0,0001$ g) y puestas a germinar. En el caso de que emergieran, a la plántula se le media con un micrómetro analítico el ancho y el largo cotiledonal a fin de calcular su perímetro (Fórmula 2) y el largo del hipocótilo. Para poder determinar si los atributos medidos en las plántulas provenían exclusivamente del contenido seminal y no eran generados *in situ* por fotosíntesis, todas estas mediciones se realizaron bajo luz verde.

El perímetro seminal y el cotiledonal fueron calculados mediante las siguientes fórmulas respectivamente:

$$P_{sem} = \left[\sqrt{\left(\frac{1}{2} A\right)^2 + \left(\frac{2}{3} L\right)^2} \right] * 2 + \frac{3}{4} A + \left[\sqrt{\left(\frac{1}{4} A\right)^2 + \left(\frac{1}{3} L\right)^2} \right] * 2 \quad \text{Fórmula [1]}$$

Donde P_{sem} es el perímetro seminal y, A el ancho y L el largo de la semilla.

$$P_{cot} \cong \pi \{ 3(a + l) - \sqrt{[(3a + l)(a + 3l)]} \} \quad \text{Fórmula [2]}$$

Donde P_{cot} es el perímetro del cotiledón y, a y l el ancho y largo del cotiledón respectivamente.

Ensayo de emergencia

Cada semilla rotulada fue sembrada a 1,5 cm en una celda rellena de perlita. Las plantineras estaban contenidas en bandejas que fueron colocadas a oscuras en una cámara de crecimiento a 15 °C por el lapso de un mes. Durante este periodo de tiempo, la humedad fue mantenida utilizando agua desmineralizada y se realizaban las contabilizaciones diariamente.

Análisis estadísticos

Todos los análisis estadísticos se realizaron individualmente para cada año, con el fin de observar si se repetían las mismas tendencias del F_1 en el F_2 . Análisis de la varianza (ANAVA) anidados se realizaron a fin de evaluar una posible influencia de la EU y/o de la planta seleccionada en cada UE. Las posibles diferencias entre tratamientos en cada parámetro se evaluó mediante ANAVA seguido por la prueba de Tukey en el caso que haya significancia estadística.

La relación entre la producción seminal y la biomasa aérea se analizó con regresión lineal. Para cumplir con los supuestos de homocedasticidad y normalidad los datos de producción de semillas, largo y peso de las plantas madres; peso e IF seminal, sufrieron una transformación logarítmica y los porcentajes de emergencia y de semillas viables con arco-seno raíz.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las plantas madres presentaron un mayor desarrollo aéreo en 2012 en comparación con 2013 ($p < 0,05$), independientemente del tratamiento nitrogenado, posiblemente debido al menor stand logrado. El efecto nitrogenado sobre la biomasa aérea de las plantas madres se manifestó recién a partir de la F_1 incrementándose al aumentar la disponibilidad nitrogenada ($p < 0,05$), como lo antecede la bibliografía en otras especies (Aarssen & Burton, 1990). Si bien la producción seminal no mostro significancia debido a la fertilización ($p > 0,05$), evidenció una relación lineal positiva con el peso de la biomasa aérea (Tabla 1) justificando la mayor producción obtenida en el 2012. Tanto la ordenada al origen negativa

como las ordenadas menores a la unidad, podrían sugerir un peso de planta mínimo para dar lugar a la producción de siminetes.

Tabla 1. Regresiones lineales de la producción de semillas de *Buglossoides arvensis* según el peso de la biomasa aérea remanente a cosecha, bajo los diferentes tratamientos maternos ambientales de fertilización nitrogenada (N0: 0, N+: 75 y N++: 150 kg N ha⁻¹). Las regresiones fueron calculadas en promedio para los dos años.

TMA	X = Peso aéreo de la planta madre (g)		
	Fórmula	R ²	F
N ⁰	N° semillas= 0,0239X – 0,2	0,95	537,5***
N ⁺	N° semillas= 0,0155X + 0,35	0,77	72,9***
N ⁺⁺	N° semillas= 0,0036X + 0,86	0,37	15,72***

Resultados según el ANOVA:

* significativo ($p < 0,05$)

** altamente significativo ($p < 0,01$)

*** muy altamente significativo ($p < 0,001$)

ns no significativo ($p > 0,05$)

El peso seminal, mostró significancia estadística en la F₂, al igual que las plantas que le dieron origen recalando el vínculo entre estos atributos. Esto pudo deberse a que en la segunda generación se haya manifestado la presión del factor “disponibilidad nitrogenada en el suelo”. Esto es válido dado que la respuesta a la selección es típicamente mayor cuando los individuos crecen en el mismo ambiente en el cual la selección es conducida (Galloway, 1995). Sin embargo, es de interés recalcar que una mayor disponibilidad de recursos trae aparejado, casi indefectiblemente, una mayor inversión de recursos en las estructuras reproductivas, expresando las plantas de mayor tamaño un mayor *fitness* (Hendrix, 1984; Donohue, 1999).

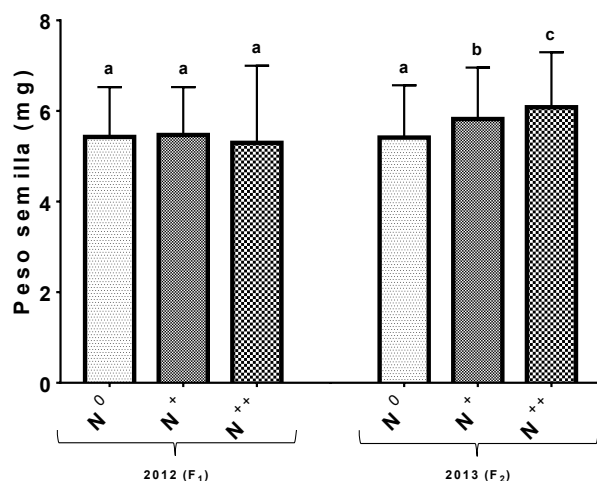


Figura 1. Peso seminal de *Buglossoides arvensis* según los tratamientos maternos ambientales de fertilización nitrogenada (N⁰: 0, N⁺: 75 y N⁺⁺: 150 kg N ha⁻¹) para las dos generaciones estudiadas: F₁ (2012) y F₂ (2013). Letras iguales no manifiestan diferencias estadísticamente significativas según el test de Tukey ($\alpha = 5\%$).

En la Tabla 2 puede observarse que al incrementar la cantidad de nitrógeno disponible mayor variación hay entre los perímetros seminales en cada sub-población (o dentro de cada tratamiento). Semillas de tamaños diferenciales traen aparejados diferentes atributos fisiológicos relacionados con los requerimientos para la salida de la dormición, el momento de emergencia o morfológicos de la plántula posterior. Al generarse más semillas y de

tamaños variables se le está brindando a la especie la oportunidad de perpetuar en el lugar y de expandirse, ya sea en tiempo o espacio, en ambientes con otras condiciones.

Nivel de N	Perímetro (mm)
F₁	
N ⁰	2,75
N ⁺	2,82
N ⁺⁺	4,10
F₂	
N ⁰	3,42
N ⁺	3,66
N ⁺⁺	4,00

Tabla 2. Variaciones en los tamaños seminales evaluadas mediante el perímetro para semillas de *Buglossoides arvensis* provenientes de diferentes tratamientos maternos ambientales (N⁰: 0, N⁺: 75 y N⁺⁺: 150 kg N ha⁻¹). La F₁ corresponde a la progenie generada de las plantas producidas en el 2012 y la F₂ en el 2013). Para el análisis se descartaron las semillas no viables.

Bischoff (1999) observó un efecto positivo en el crecimiento y la reproducción de *B. arvensis* ante la fertilización nitrogenada. Cuando se encontraba compitiendo con el cultivo, la adición de nitrógeno le permitió alcanzar una mayor altura y de este modo evitar la limitación lumínica, por lo que la especie se vio favorecida bajo este escenario.

Resumiendo, en el 2012 la producción de semillas fue mayor presentando menor peso y volumen que en 2013. Esto nos estaría sugiriendo, como ocurre en numerosas especies (Vaughton & Ramsey, 1998), que en *B. arvensis* existe un *trade-off* entre cantidad y tamaño de semillas. A su vez, tanto el número, el peso, como la variación en tamaño fueron afectados al variar el nivel de recursos, coincidiendo con lo observado en otras especies (Wulff, 1986; Aarssen & Burton, 1990; Vaughton & Ramsey, 1998).

Los porcentajes de emergencia variaron estadísticamente en las semillas provenientes de madres que recibieron fertilización nitrogenada respecto a las que no ($p=0,0117$), incrementándose con la disponibilidad creciente de nitrógeno. Esto pudo apreciarse solo el primer año dados los bajos porcentajes obtenidos en el segundo año. Este resultado coincide con obtenidos anteriormente donde se ha manifestado que la germinabilidad de la progenie es mayor, manifestándose a mayores temperaturas, cuando proceden de ambientes ricos en nitrógeno (Longás *et al.*, 2016). La viabilidad disminuyó conforme aumentaron los recursos nutricionales ($p=0,0384$) (Figura 2).

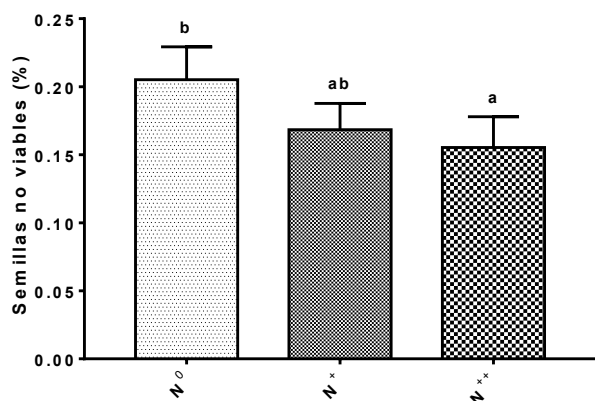


Figura 2. Valores re transformados de arco-seno raíz para las medias ($\pm$ ES) de ambos años de las proporciones de semillas no viables según los diferentes tratamientos maternos nitrogenados: evaluados: N⁰, N⁺ y N⁺⁺: 0, 75 y 150 kg N ha⁻¹ respectivamente. Letras diferentes presentan diferencias estadísticas ($\alpha=5\%$) según el test de Tukey.

El efecto de la fertilización nitrogenada influyó en ambos años en el perímetro del cotiledón, aunque en el 2012 no llegó a ser significativo estadísticamente ($p=0,0751$ y $p=0,0355$). Cuando se utilizó el tamaño de semilla como covariable, la cual fue altamente significativa en ambos años ($p=0,0013$ y $p=0,0035$) el efecto debido al TMA pasó a ser no significativo ($p=0,2139$ y $p=0,0637$). El largo del hipocótilo no mostró tendencias claras.

CONCLUSIONES

Dado el bajo contenido de nitrógeno en los suelos de la zona semiárida bonaerense, la disponibilidad de nitrógeno para las especies maleza estará muy condicionada por las prácticas agrícolas. Ante una fertilización nitrogenada, *B. arvensis* generará más semillas viables con mayor peso y variabilidad de tamaño, las que poseerán mayores porcentajes de emergencia. Estos datos podrán ser de utilidad al momento de planificar un control en la siguiente campaña.

BIBLIOGRAFÍA

- Aarssen, LW & Burton SM. 1990. Maternal effects at four levels in *Senecio vulgaris* (Asteraceae) grown on a soil nutrient gradient. *American Journal of Botany* 77(9):1231-1240.
- Bischoff, A. 1999. Zeitliche und räumliche Dynamik segetaler Populationen von *Lithospermum arvense* L. und ihre Beeinflussung durch Bewirtschaftungsfaktoren. *Flora* 194(1):127-136.
- Donohue, K. 1999. Seed dispersal as a maternally influenced character: mechanistic basis of maternal effects and selection on maternal characters in an annual plant. *The American Naturalist* 154(6): 674-689.
- Fernández, O. 1979. Las malezas y su evolución. *Ciencia e Investigación* 35:49-60.
- Galantini, JA, JO Iglesias, AM Miglierina, RA Rosell & A Glave. 1992. [Rotación y fertilización en sistemas de producción de la Región Semiárida Bonaerense. I. Productividad \(calidad y rendimiento\) del trigo](#). *Revista Facultad de Agronomía, Universidad de Buenos Aires, Argentina* 13:67-75.
- Galloway, LF. 1995. Response to natural environmental heterogeneity: maternal effects and selection on life-history characters and plasticities in *Mimulus guttatus*. *Evolution* 49(6):1095-1107.
- Hendrix, SD. 1984. Variation in seed weight and its effects on germination in *Pastinaca sativa* L. (Umbelliferae). *American Journal of Botany* 71(6):795-802.
- Krüger, H. 2015. Secuencias de cultivos con trigo para el ambiente semiárido bonaerense: rendimientos y efectos sobre el suelo. *Ediciones INTA*. Pp 52.
- Lammoglia, SK, MC Kennedy, E Barriuso, L Alletto, E Justes, N Munier-Jolain & L Mamy. 2017. Assessing human health risks from pesticide use in conventional and innovative cropping systems with the BROWSE model. *Environment International* 105:66-78.
- Longás, MM, GR Chantre & MR Sabbatini. 2016. Soil nitrogen fertilisation as a maternal effect on *Buglossoides arvensis* seed germinability. *Weed Research* 56(6):462-469.
- Retief, E & AE Van Wyk. 2002. The genus *Buglossoides* (Boraginaceae) in southern Africa. *Bothalia* 32(1):9-13.
- Thoday, JM. 1953. Components of fitness. In *Symposia of the Society for Experimental Biology* 7(9):95-113. Great Britain.
- Vaughton, G & M Ramsey. 1998. Sources and consequences of seed mass variation in *Banksia marginata* (Proteaceae). *Journal of Ecology* 86(4):563-573.
- Wulff, RD. 1986. Seed size variation in *Desmodium paniculatum*: I. Factors affecting seed size. *The Journal of Ecology* 74(1):87-97.

**SIEMBRA DIRECTA Y AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN EN EL SUDOESTE
BONAERENSE**

López F.M.¹, M. Duval^{1,2}, J.M. Martínez^{1,2}, J.A. Galantini³.

¹ Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur - fmlopez@criba.edu.ar

² CERZOS-CONICET - Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC).

RESUMEN: A pesar que con frecuencia los términos “agricultura de conservación” (AC) y “siembra directa” (sd) son utilizados como equivalentes, son conceptos que abarcan diferentes aspectos. La AC implica la aplicación de tres prácticas de manejo: siembra directa de los cultivos con el menor disturbio del suelo, cobertura permanente del suelo y rotaciones de cultivos, mientras que la sd es la práctica de cultivo en la que las semillas se colocan en el suelo sin labranza, mediante el mínimo movimiento del suelo. en el presente trabajo se presentan aspectos relacionados con ambos términos y algunos datos de la aplicación de la sd en el sudoeste de la provincia de buenos aires, argentina (SOB). además, se incluyeron algunas consideraciones a tener en cuenta en el futuro para la adecuada implementación de la sd en la región. en suelos bajo sd del sob existen grandes variaciones en la acumulación de residuos en superficie y cobertura del suelo. gran cantidad de lotes bajo sd en el sob no presentan una adecuada cobertura del suelo para protegerlo de la erosión. para estudios que evalúen la aplicación de la sd sería necesario detallar el estado de residuos en superficie y cobertura del suelo, dada su importancia en el funcionamiento del mismo y las importantes variaciones observadas. para la correcta implementación de la sd en el sob sería muy importante el aumento de la cobertura del suelo y el establecimiento de rotaciones de cultivos que permita avanzar hacia la agricultura de conservación.

PALABRAS CLAVE: cobertura, rotación de cultivos, no labranza.

AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN

La agricultura de conservación (AC), definida por la Organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO, 2012), es la aplicación de tres principios de manejo del suelo: 1) siembra directa (SD) de los cultivos con el menor disturbio del suelo, 2) cobertura permanente del suelo y 3) rotación de cultivos (Hobbs *et al.*, 2008; FAO, 2012). De esta forma, la AC no se refiere a una tecnología en particular sino que propone una serie de pautas para lograr los objetivos de conservación del recurso suelo (Dumanski *et al.*, 2006).

La AC enfatiza que el suelo es un organismo vivo, esencial para sostener la calidad de vida en el planeta (Dumanski *et al.*, 2006), resalta su importancia para la mantención de diversos servicios ecosistémicos, como la calidad del agua (Palm *et al.*, 2014) y busca un equilibrio entre los beneficios productivos, económicos y ambientales. Los principios de la AC son aplicables a cualquier producción agrícola, con las adaptaciones necesarias para cada región en particular (FAO, 2012). Al respecto, Friedrich *et al.* (2009) sostienen que la AC requiere un profundo entendimiento del agroecosistema por lo que es “intensiva en conocimiento” y no puede ser reducida a una tecnología simple y estandarizada. Esto es debido a que la agricultura se practica en muchos agroecosistemas diferentes y las tecnologías deben ser adaptadas con el conocimiento de las características edafoclimáticas de cada región en particular.

Actualmente la FAO considera el tráfico controlado como la cuarta componente de la agricultura de conservación, debido al hecho de los importantes problemas de pérdida de fertilidad física que se han reportado en diferentes manejos bajo SD (Hobbs *et al.*, 2008). Al respecto es importante resaltar la importancia de la fertilidad física del suelo como

reguladora de varios procesos que regulan el funcionamiento del agroecosistema, como la infiltración del agua en el suelo, el crecimiento de raíces y la disponibilidad de agua para las plantas, entre otras. Diversos autores resaltan la importancia de la fertilidad física del suelo ya que su disminución es un problema persistente, costoso, difícil de solucionar (Lipiec *et al.*, 2003; Jones *et al.*, 2003; Kirby, 2007) y al no manifestarse en superficie, se dificulta su localización y cuantificación (Hamza & Anderson, 2005). Otra complicación es que los efectos de la pérdida de fertilidad física se desarrollan gradualmente y por lo tanto los productores tardan en reconocer su importancia (McCormack, 1987). Esta dificultad para observar la degradación estructural del suelo conduce a problemas específicos, tales como bajos rendimientos de los cultivos o baja eficiencia de utilización del agua, que en muchos casos son atribuidos a otras causas (Hamza & Anderson, 2005). Como ejemplos locales de evaluación de fertilidad física de suelos bajo SD se pueden nombrar diferentes trabajos (Sasal *et al.*, 2006; Álvarez *et al.*, 2009; Schmidt & Amiotti, 2015; López *et al.*, 2016).

SIEMBRA DIRECTA

La SD es la práctica de cultivo en la que las semillas se colocan en el suelo sin labranza, mediante el mínimo movimiento del suelo, para garantizar un buen establecimiento del cultivo (Derpsch *et al.*, 2014). El requisito para poder considerar el sistema bajo SD es que más del 50% de la superficie del suelo debe permanecer sin disturbar (Linke, 1998; Sturny *et al.*, 2007; CTIC, 2011). El manejo bajo SD es el concepto original y central de la agricultura de conservación (Dumanski *et al.*, 2006; Dumanski & Peiretti, 2013; Pitterkow *et al.*, 2015).

Una característica diferencial de la SD frente a la labranza es que los residuos permanecen en superficie y regulan la interfase suelo-atmósfera. La misma se define como la capa superior del suelo, que incluye parte o la totalidad del horizonte A y los elementos que constituyen la cobertura superficial (Krüger & Quiroga, 2012). La importancia de esta delgada línea de contacto es que regula la pérdida de humedad, la temperatura edáfica, el riesgo de erosión y otros factores que revisten gran importancia para la actividad de microorganismos y conservación del suelo. Debido a la presencia de residuos en superficie, en zonas subhúmedas y semiáridas en particular, la SD tiene las ventajas de reducir el riesgo de erosión y mejorar propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos (Wilhem *et al.*, 1986; Lal, 2000; Quiroga *et al.*, 2005; Wilhelm *et al.*, 2007; Blanco-Canqui & Lal, 2009).

En ambientes como el SOB, en los últimos 20 años ha existido una adopción masiva de la SD debido a menores costos de producción, mayores rendimientos y la posibilidad de incorporar áreas con mayores limitaciones para la producción agrícola (Derpsch *et al.*, 2010). Sin embargo, la implementación de la SD no siempre significó agricultura de conservación. Esto se debe a que para que el manejo bajo SD cumpla con los requisitos de la AC debería contemplar la adecuada cobertura del suelo y la rotación de cultivos.

Respecto a la fertilidad física en suelos bajo SD, López *et al.* (2016) han reportado la existencia de limitaciones para el desarrollo radical de los cultivos en lotes con historia bajo SD del SOB. Las mayores limitaciones se observaron por la baja macroporosidad (poros >30 µm) en subsuperficie (10-20 cm), que causaría problemas para el desarrollo de las raíces y la aireación del suelo. Sin embargo, la baja macroporosidad en subsuperficie no es posible atribuirla al manejo bajo SD, ya que podría provenir del manejo anterior del suelo, bajo labranza o a la pérdida de estructura y materia orgánica del suelo. No obstante, la forma como se ha implementado la SD en los suelos estudiados no fue capaz de revertir la inadecuada fertilidad física en subsuperficie. Para el mejoramiento de la fertilidad física de estos suelos sería necesaria la recuperación de la macroporosidad. Dicho incremento se lograría a partir del aumento de la materia orgánica del suelo y la mejora de la estructura, por lo que cualquier práctica que aumente el aporte de raíces en subsuperficie o la actividad de microorganismos ayudaría a contrarrestar los efectos negativos de la baja

macroporosidad. Coincidiendo con Schmidt y Amioti (2015), es necesario ampliar las investigaciones sobre la SD, si se pretende optimizar el funcionamiento de esta herramienta tecnológica en la región

COBERTURA DEL SUELO

La cobertura del suelo puede estar dada por residuos superficiales de los cultivos o por plantas en crecimiento. Los residuos se definen como aquellos restos de cultivos que no han alcanzado ningún valor económico (Pedreño *et al.*, 2008). De esta manera como residuos superficiales se denomina a los materiales vegetales que permanecen en la superficie del suelo, incluyendo los rastrojos y los materiales remanentes de pasturas (Stockmann *et al.*, 2013). Su función es proteger el suelo de la radiación solar directa, de la erosión eólica e hídrica y servir como aporte de C. Suelos sin cobertura son propensos a la pérdida de estructura, desprendimiento de partículas, sellado de la superficie, formación de costras y compactación (Blanco-Canqui & Lal, 2009). Los beneficios de la SD y los residuos en superficie ya están bien documentados en la bibliografía, e.g., Palm *et al.* (2014).

En sistemas bajo SD, la cobertura del suelo posee un papel fundamental de igual forma que la ausencia de disturbio del suelo (Derpsch *et al.*, 2014). Varios autores han establecido que la efectividad y los beneficios de la SD dependen del tipo y cantidad de residuos que formarán el “*mulch*” o cobertura del suelo (Ségui *et al.*, 2006; Derpsch, 2007; Govaerts *et al.*, 2009; Derpsch *et al.*, 2014). El manejo bajo SD se asocia generalmente con altos niveles de residuos de cultivos en la superficie del suelo, lo que tiene efectos positivos sobre la fertilidad física y química y la biología del suelo (Abril *et al.*, 2005, Mulumba & Lal, 2008). Sin embargo, frecuentemente se utiliza la SD en suelos con escasa o nula cobertura del suelo (Figura 1). Según Govaerts *et al.* (2006) y Baudron *et al.* (2012) la SD sin cobertura puede tener un efecto más negativo en la calidad del suelo a largo plazo que la labranza convencional, debido a la compactación excesiva y la reducción de la infiltración. Asimismo, SD sin cobertura del suelo resulta en bajo desarrollo y rendimiento de los cultivos, erosión y baja actividad biológica (Sayre *et al.*, 2006; Derpsch *et al.*, 2014; Pittelkow *et al.*, 2015).

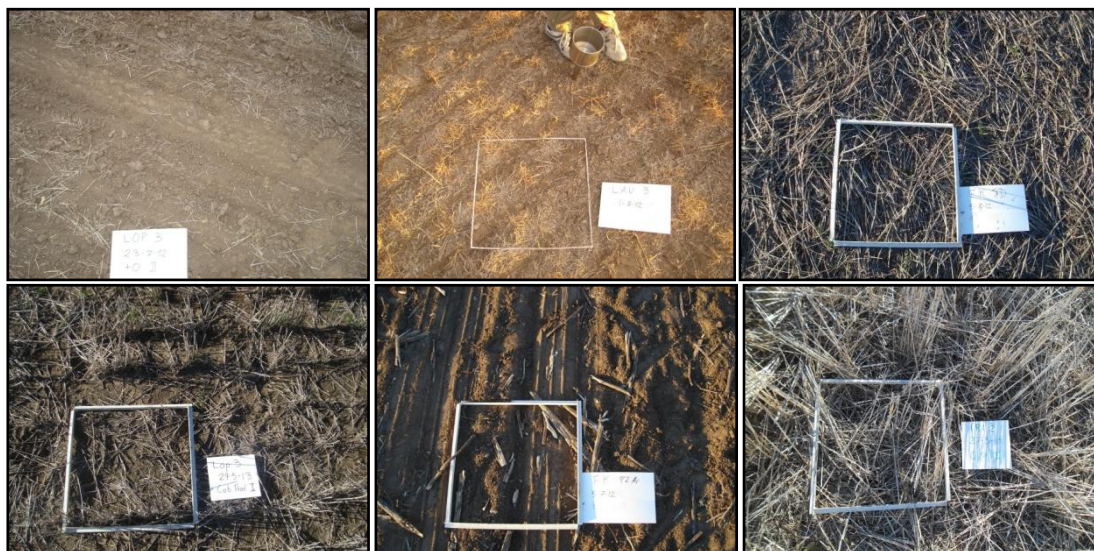




Figura 1. Residuos en superficie en diferentes sitios del sudoeste bonaerense bajo siembra directa.

Según Hobbs *et al.* (2008) y FAO (2012) la cobertura de suelo inferior a 30% no se considera como AC. Lal (2003) coincide con este valor y estableció que cualquier método de labranza que deje suficientes residuos de cultivos para cubrir al menos el 30% de la superficie del suelo después de la siembra, puede ser considerado AC. Asimismo, según Scopel *et al.* (1998) un 30% de cobertura del suelo sería el límite que permite una importante reducción de la pérdida de agua por escorrentía. Sin embargo, Duiker & Myers (2006) recomiendan una cobertura del suelo superior al 50% para la maximización de los beneficios de la SD. López *et al.* (2015) a partir del análisis de más de 120 lotes destinados a la siembra de cultivos invernales en el SOB observaron una gran variabilidad en la cantidad de residuos en superficie, con valores de 0 a 9614 kg ha⁻¹ de rastrojos y grandes variaciones en la cobertura del suelo (Tabla 1).

Tabla 1. Estadística descriptiva de cantidad de residuos en superficie y cobertura del suelo en lotes bajo SD del sudoeste bonaerense (Argentina): rastrojos de cultivos invernales (CI) y cultivos estivales (CE), durante los años 2011, 2012 y 2013 (tomado de López *et al.*, 2015).

Antecesor	Parámetro	<i>n</i>	Media	CV (%)	Mín	Máx	Mediana
Todos	Residuos (kg ha ⁻¹)	123	2413	66,2	0	9614	2383
	Cobertura (%)		34,9	74,5	0,0	95,9	27,5
CI	Residuos (kg ha ⁻¹)	96	2524	66,6	0	9614	2447
	Cobertura (%)		35,8	72,3	0,0	95,9	29,8
CE	Residuos (kg ha ⁻¹)	27	2005	57,8	190	4521	2210
	Cobertura (%)		31,5	82,7	4,3	90,5	19,6

CV: Coeficiente de variación.

Si bien el promedio de cobertura fue superior al límite establecido por la FAO para que sea considerado como AC, cabe destacar que el 53,6% de los lotes no llegaba al 30% de cobertura del suelo. El cultivo antecesor tuvo gran influencia tanto en la cantidad de residuos como en la cobertura del suelo. Los cultivos estivales (girasol y soja), aunque son de baja frecuencia en la región, no proporcionarían una adecuada cobertura del suelo. En estos

casos sería muy importante la cobertura del suelo por arvenses⁵, ya que la presencia de residuos en superficie luego de la cosecha es muy baja. Debido a la escasez de cobertura la mayor parte de los suelos bajo SD evaluados no podrían ser considerados como agricultura de conservación. Además, teniendo en cuenta la importancia de la rotación de cultivos en la dinámica de los residuos superficiales en sistemas bajo SD (Derpsch *et al.*, 2014), sería muy importante la adecuación de las rotaciones para lograr y mantener una adecuada cobertura del suelo. La inclusión de cultivos o variedades que aporten mayor cantidad de residuos también podría ser una herramienta para el mantenimiento de una cobertura del suelo adecuada.

Las variaciones en la cobertura del suelo y cantidad de residuos en superficie probablemente afecten varias propiedades edáficas, relacionadas con el ciclado de la MO y la disponibilidad de nutrientes para los cultivos. De esta forma, las importantes variaciones en la presencia de residuos en superficie podría provocar diferentes resultados frente a la implementación de la SD, ya que muchas veces los resultados contrastantes se deben a diferencias en la presencia de residuos en superficie y no solo a la ausencia de labranza (Franzluebbers, 2010). En investigaciones que evalúen el efecto del manejo bajo SD es necesario especificar el estado de la cobertura del suelo así como la cantidad de residuos en superficie. A partir de la metodología de muestreo de residuos superficiales y evaluación de la cobertura desarrollada por López *et al.* (2015), sería posible simplificar esta medición. La importancia de la determinación de la cobertura del suelo radica en que la mayoría de las ventajas de los residuos en superficie (inhibición de malezas, control de la erosión y disminución de la evaporación) dependen del grado de cobertura del suelo (Naudin *et al.*, 2011).

ROTACIÓN DE CULTIVOS

La rotación de cultivos⁶, el tercer componente de la AC, es una práctica de manejo de origen ancestral (Howard, 1943), para evitar problemas de plagas y enfermedades y para la conservación de la fertilidad de los suelos. Sin embargo, a partir del advenimiento de la SD se generalizó la agricultura continua, muchas veces asociada al monocultivo (Loewy, 2005; Cantamutto *et al.*, 2016). Por ejemplo, en los partidos del SOB con mayor aptitud agrícola, el aumento de la superficie bajo SD ha ocurrido en simultáneo con el avance de la agricultura y la disminución de la producción ganadera. En el trabajo realizado por López *et al.* (2015), de 123 lotes destinados a la producción de cereales invernales, el 78% poseía como antecesor un cultivo invernal. Derpsch *et al.* (2014) ya han establecido que rotaciones inadecuadas o el monocultivo bajo SD sería inconsistente con la agricultura de conservación. Según Duiker & Myers (2006) las razones para la rotación de cultivos en suelos bajo SD serían: proveer adecuada cobertura del suelo, estimular la actividad biológica del suelo, uso más eficiente de nutrientes (e. g. N en rotaciones leguminosa-gramínea) y cortar el ciclo de enfermedades y plagas.

Según Friedrich (2008), a partir de datos tomados de la FAO, el 66,8% de la superficie de la Argentina se corresponde con AC. Sin embargo, si se considera que durante los últimos cinco años se sembraron cerca 20 millones de has de soja anuales (Ybran & Lacelli, 2016) de un total de menos de 40 millones de has agrícolas, claramente no se ha cumplido uno de los pilares de la AC, que es la rotación de cultivos. Probablemente la FAO esté considerando toda la superficie bajo SD como AC, a pesar que no se cumplan los otros dos requisitos: rotación de cultivos y cobertura del suelo superior a 30%.

⁵ Se prefiere la utilización del término “arvenses” (que crece en los sembrados, Real Academia Española (RAE)) a diferencia de “malezas” (mala hierba, RAE) ya que este último término enfatiza solo el aspecto negativo de las plantas espontáneas, a pesar de la importancia de estas para la cobertura y protección del suelo.

⁶ Cuando se habla de rotación de cultivos desde el punto de vista agronómico se habla de la secuencia o alternancia de pasturas perennes con cultivos anuales (Loewy, 2005).

Para la adecuada aplicación de la SD en el SOB sería necesario el estudio de nuevas rotaciones, sucesiones y asociaciones de cultivos que permitan aumentar la cobertura del suelo. Para el desarrollo de verdaderas rotaciones es imprescindible la inclusión de pasturas perennes (Loewy, 2005), que actualmente representan una muy baja superficie en el SOB. Asimismo, la intensificación de las rotaciones, con el fin de acortar los períodos de barbecho y aumentar el aporte de residuos, también sería una alternativa válida para el aumento de la cobertura del suelo. Respecto a este punto, sería interesante el estudio de la inclusión de nuevos cultivos, así como nuevas sucesiones o sistemas de producción, que permitan una adecuada aplicación de la agricultura de conservación en el SOB.

CONSIDERACIONES FINALES

Si bien la SD ha significado un importante avance en las prácticas de conservación del recurso suelo en el SOB, actualmente existen gran cantidad de factores que sería necesario tener en cuenta para avanzar en la AC. El cambio de los sistemas actuales de cultivo a sistemas más complejos, que contemplen otros factores de conservación, requiere el entendimiento de los grandes beneficios económicos, sociales y ambientales que la AC brinda tanto a los productores como a la sociedad. Para la modificación de los sistemas actuales de cultivo son muy importantes las tecnologías de procesos y una dificultad asociada a estas tecnologías es que más que un costo económico tienen un costo intelectual, siendo su adopción más dificultosa (Resch, 2003). Al respecto, sería muy importante el rol del Estado y de diversos actores sociales como promotores de la aplicación de la AC, dado que sería un beneficio para la sociedad en su conjunto.

BIBLIOGRAFÍA

- Abril, A; P Salas; E Lovera, E; S Kopp & N Casado-Murillo. 2005. Efecto acumulativo de la siembra directa sobre algunas características del suelo en la región semiárida central de la Argentina. *Ci. Suelo* 23: 179-188.
- Álvarez, CR; MA Taboada; FH Gutiérrez Boem; A Bono; PL Fernández & P Prystupa. 2009. Topsoil Properties as Affected by Tillage Systems in the Rolling Pampa Region of Argentina. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 73: 1242-1250.
- Baudron, F; P Tittonell; M Corbeels; P Letourmy & KE Giller. 2012. Comparative performance of conservation agriculture and current small holder farming practices in semi-arid Zimbabwe. *Field Crops Res.* 132:117-128.
- Blanco-Canqui, H & R Lal. 2009. Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 28:139-163.
- Cantamutto, M; C Bertucci & D Huarte (compiladores). 2016. El trigo en el sudoeste bonaerense. Documento de trabajo encomendado por el Consejo del Plan de Desarrollo del Sudoeste Bonaerense. Ministerio de Agroindustria.
- CTIC (Conservation Technology Information Center). 2011. CTIC homepage: <http://www.ctic.purdue.edu/media/pdf/TillageDefinitions.pdf>.
- Derpsch, R. 2007. How to get no-tillage to the next level. In: Proc. No-Till on the Plains Winter Conference, AIM Symposium, 1 February 2007, Salina, Kansas.
- Derpsch, R; AJ Franzluebbers; SW Duiker; DC Reicosky; K Koeller; T Friedrich; WG Sturny; JCM Sa & K Weiss. 2014. Why do we need to standardize no-tillage research?. *Soil Till. Res.* 137:16-22.
- Derpsch, R; T Friedrich, T; A Kassam & HW Li. 2010. Current status of adoption of no till farming in the world and some of its main benefits. *Int. J. Agric. Biol. Eng.* 3: 1-25.
- Duiker, SW & JC Myers. 2006. Steps toward a successful transition to No Till. Disponible en : https://www.researchgate.net/publication/268354554_Steps_Toward_a_Successful_Transition_to_No-Till
- Dumanski, J & R Peiretti. 2013. Modern concepts of soil conservation. *Int. Soil Water Cons. Res.* 1: 19-23.

- Dumanski, J., R. Peiretti, J. Benetis, D. McGarry, and C. Pieri. 2006. The paradigm of conservation tillage. *Proc. World Assoc. Soil and Water Conserv.*, pp. 58-64.
- FAO. 2012. Basic Principles of Conservation Agriculture. <http://www.fao.org/ag/ca/1a.html> (Último acceso Agosto de 2017).
- Franzluebbers, AJ. 2010. Achieving soil organic carbon sequestration with conservation agricultural systems in the southeastern United States. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74: 347–357.
- Friedrich T; A Kassam & F Taher. 2009. Adoption of Conservation Agriculture and the Role of Policy and Institutional support. Invited paper for the International Consultation on “No-Till with Soil Cover and Crop Rotation: A Basis for Policy Support to Conservation Agriculture for Sustainable Production Intensification”, Astana & Shortandy, Kazakhstan, 8-10 July 2009.
- Friedrich, T. 2008. Investing in Sustainable Agricultural Intensification: The Role of Conservation Agriculture. Technical Workshop Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy, 10 August 2008
- Govaerts, B; KD Sayre & J Deckers. 2006. A minimum data set for soil quality assessment of wheat and maize cropping in the highlands of Mexico. *Soil Till. Res.* 87:163–174.
- Govaerts, B; N Verhulst; A Castellanos-Navarrete; KD Sayre; J Dixon A & L Dendooven. 2009. Conservation agriculture and soil carbon sequestration: between myth and farmer reality. *Crit. Rev. Plant Sci.* 8, 97–122.
- Hamza, MA & WK Anderson. 2005. Soil compaction in cropping systems: A review of the nature, causes and possible solutions. *Soil Till. Res.* 82, 121–145.
- Hobbs, PR; K Sayre & R Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philos. Trans R. Soc. Lond B. Biol. Sci.* 363, 543-555.
- Howard, A. 1943. *An Agricultural testament*. Oxford University Press
- INTA. 2016. Informe estadístico mercado de la Soja en Argentina. En: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_mercado_de_soja.pdf
- Jones, RJA; G Spoor & AJ Thomasson. 2003. Vulnerability of subsoils in Europe to compaction: a preliminary analysis. *Soil Till. Res.* 73, 131–143.
- Kirby, M. 2007. Whither soil compaction research? *Soil Till. Res.* 93, 472– 475.
- Lal, R. 2000. Physical management of soils of the tropics: priorities for the 21st century. *Soil Sci.* 165, 191–207.
- Lal, R. 2003. Global potential of soil carbon sequestration to mitigate the greenhouse effect. *Crit. Rev. Plant Sci.* 22 (2), 151–184.
- Lipiec, J; J Arvidsson & E Murer. 2003. Review of modelling crop growth, movement of water and chemicals in relation to topsoil and subsoil compaction. *Soil Till. Res.* 73, 15–29.
- Loewy, T. 2005. Rotación de cultivos en la región pampeana, volviendo a las fuentes. En: *Actas de las III Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste Bonaerense*, 2 al 4 de septiembre de 2004. Ed: Universidad Nacional del Sur.
- López, FM; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2015. Cobertura en el sudoeste bonaerense en suelos bajo siembra directa. *Ci. Suelo* 33 (2): 273-281.
- López, FM; ME Duval; JM Martínez & J Galantini. 2016. Porosidad de suelos bajo Siembra Directa en el sudoeste bonaerense. *Ci. Suelo* 34 (2): 173-184.
- McCormack, DE. 1987. Land evaluations that consider soil compaction. *Soil Till. Res.* 10: 21–27.
- Mulumba, LN & R Lal. 2008. Mulching effects on selected soil physical properties. *Soil Till Res.* 98:106–111.
- Naudin K; E Scopel; ALH Andriamandroso; M Rakotosolofo; NRS Andriamarosoa Ratsimbazafy; J N Rakotozandry; P Salgaado & KE Giller. 2012. Trade-offs between biomass use and soil cover. The case of rice-based cropping systems in the lake alaoatra region of Madagascar. *Exp. Agric.* 48: 194-209.

- Palm, C; H Blanco-Canqui; F DeClerk & L Gatere. 2014. Conservation agriculture and ecosystem services: an overview. *Agric. Ecosyst. Environ.* 187: 87–105.
- Pedreño, N; M Herrero; L Gómez; B Matayx. 2008. Residuos orgánicos y agricultura. Ed. Espagrac, 155 pp.
- Pittelkow, CM; X Liang; BA Linquist; KJ van Groenigen; J Lee; ME Lundy; N van Gestel; J Six; RT Venterea; C van Kessel. 2015. Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. *Nature* 517: 365-369.
- Quiroga, AR; DO Funaro; R Fernandez & EJ Noellemeier. 2005. Factores edáficos y de manejo que condicionan la eficiencia del barbecho en la región pampeana. *Ci. Suelo* 23 (1):79-86.
- Resch, G. 2003. La sustentabilidad como contexto productivo. Córdoba, Argentina. INTA - Oficina Técnica Canals. En: Sitio Argentino de Producción Animal.
- Sasal, MC; AE Andriulo & MA Taboada. 2006. Soil porosity characteristics and water movement under zero tillage in silty soils in Argentinean Pampas. *Soil Till. Res.* 87: 9-18.
- Sayre, K; B Govaerts; A Martinez; M Mezzalama & M Martinez. 2006. Comparison of alternative conservation agriculture technologies for rainfed production in the highlands of Central Mexico, 28 August–3 September 2006. In: *Proc. 17th ISTRO Conf.*, Kiel, Germany, pp. 1012–1018.
- Schmidt, ES & NM Amioti. 2015. Propiedades edáficas superficiales en sistemas de agricultura de conservación en la región pampeana semiárida sur. *Ci. Suelo* 33 (1): 79-88.
- Scopel, E; B Muller; JM Arreola-Tostado; E Chavez Guerra & F Maraux. 1998. Quantifying and modeling the effects of light crop residue mulch on the water balance: an application to rainfed maize in Western Mexico. In: *World Congress of Soil Science*, July 1998, Montpellier.
- Ségui, L; S Bouzinac & O Husson. 2006. Direct-seeded tropical soil systems with permanent soil cover: Learning from Brazilian experience. In: Uphoff, N., Ball, A.S., Fernandes, E. (Eds.), *Biological Approaches to Sustainable Soil Systems*. CRC Press, Taylor and Francis, Boca Raton, FL, pp. 323–342.
- Stockmann, U; MA Adams; JW Crawford; DJ Field; N Henakaarchchi; M Jenkins; B Minasny; AB McBratney; VR Courcelles; K Singh; I Wheeler L Abbott; DA Angers; J Baldock; M Bird; PC Brookes; C Chenu; JD Jastrow; R Lal; J Lehmann; AGO O'Donnell; WJ Parton; D Whitehead & M Zimmermann. 2013. The knowns, known unknowns and unknowns of sequestration of soil organic carbon. *Agric. Ecosyst. Environ.* 164: 80–99.
- Wilhelm, W; JW Doran & JF Power. 1986. Corn and Soybean Yield Response to Crop Residue Management Under No- Tillage Production Systems. *Publications from USDA-ARS / UNL Faculty*. 114.
- Wilhelm, WW; JMF Johnson; DL Karlen & DT Lightle. 2007. Corn stover to sustain soil organic carbon further constrains biomass supply. *Agron. J.* 99: 1665–1667.
- Ybran, RG & Lacelli GA. 2016. Informe estadístico mercado de la soja. Disponible en: http://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_informe_estadistico_del_mercado_de_soja.pdf (último acceso agosto de 2017).



III JORNADAS NACIONALES DE SUELOS DE AMBIENTES SEMIÁRIDOS Y

II TALLER NACIONAL DE CARTOGRAFÍA DIGITAL

RESUMENES PRESENTADOS EN POSTER

TENDENCIAS ACTUALES DE LA DESERTIFICACIÓN EN LA PROVINCIA DE CHUBUT

Behr S.¹, M. Sorondo¹, V. Massara Paletto¹, G. García Martínez², G. Ciari³, C. Caruso²,
W. Opazo²

¹ INTA EEA Chubut

² INTA EEA Esquel

³ Subsecretaría de Gestión Ambiental de Esquel

RESUMEN: La degradación de tierras es una de las principales problemáticas en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas. El sistema MARAS ("Monitores Ambientales para Regiones Áridas y Semiáridas") es una gran red que consta de 433 monitores ambientales de largo plazo distribuidos en toda Patagonia. En los mismos se evalúan cada 5 años indicadores fácilmente observables de los atributos de la vegetación y de la superficie del suelo, basados en el Análisis Funcional del Paisaje. Combinando estos indicadores con índices espectrales obtenidos mediante sensores remotos es posible generar información sobre el estado de la desertificación a escala regional. El objetivo de este trabajo fue evaluar las tendencias actuales de desertificación en la provincia de Chubut a partir de indicadores físicos y biológicos monitoreados a campo y datos satelitales del sensor MODIS. En 98 monitores distribuidos en toda la provincia, se registraron indicadores de pérdida de suelo por erosión y materiales depositados y la cobertura vegetal con la que se estimó su variación porcentual con respecto a la cobertura promedio de los sistemas fisiográficos de regiones áridas y semiáridas de Chubut. Se obtuvieron los índices espectrales correspondientes a cada monitor para la serie temporal 2000-2016. Se establecieron categorías para los valores obtenidos de cada indicador y en función de ellos se determinó para cada MARAS la tendencia de desertificación en: grave, moderada, leve y normal. Los monitores cubrieron el 51% de los sistemas fisiográficos. El 82% de los mismos presentaron tendencias negativas de desertificación. Los distritos Subandino y Monte Austral presentaron el 50% y el 84% de monitores con tendencias moderada y grave respectivamente. La información sobre las tendencias actuales de estos ambientes es una herramienta clave en la toma de decisiones para el manejo y conservación de los recursos naturales.

PALABRAS CLAVE: MARAS, desertificación, índices espectrales, sistemas fisiográficos.

**EVOLUCION ESPACIAL DEL MATERIAL MOVILIZADO POR SALTACION Y SU EFECTO
SOBRE LA EMISION DE MATERIAL PARTICULADO (PM₁₀) EN DOS SUELOS
AGRÍCOLAS**

Avecilla F.¹, J.E. Panebianco¹, D.E. Buschiazzo^{1,2}.

¹ Instituto de Ciencias de la Tierra y Ambientales de La Pampa - INCITAP (CONICET-UNLPam), Mendoza 109, 6300 Santa Rosa (LP) - ferave85@hotmail.com, panebianco@agro.unlpam.edu.ar

² Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), EEA Anguil, cc 11, 6320 Anguil (LP) buschiazzo.daniel@inta.gob.ar

RESUMEN: La emisión de PM₁₀ depende, en gran medida, de las características del proceso de saltación. Hay poca información disponible sobre como la composición del material movilizado por saltación afecta la emisión de PM₁₀ en diferentes suelos. Por ello, la variación de la cantidad de material por saltación (Q) y la proporción de agregados, y sus efectos sobre la emisión de PM₁₀, fueron analizados en función de la distancia recorrida a favor del viento, en dos suelos de texturas contrastantes. Se desarrolló un estudio a campo por dos años en parcelas de 80x200 m sobre dos suelos: Ustipsamment típico (UT) y Haplustol entico (HE). Los resultados muestran que en ambos suelos analizados, Q incrementa con la distancia, alcanzando el máximo Q a 200m en HE y entre 100 y 150m en UT. La distancia a la cual se alcanzó el máximo Q fue positivamente correlacionado ($p < 0,10$) con la velocidad media del viento al cubo (V_m^3) en HE, pero tal correlación no fue detectada en UT. La proporción de agregados en el material de saltación decreció más bruscamente con la distancia en HE que en UT, debido a la alta destrucción de los agregados durante el transporte por el viento en HE. El decrecimiento en la tasa de agregación del material en saltación con la distancia en HE fue debido a la fragmentación y destrucción progresiva de los agregados gruesos por abrasión. En UT, hubo un efecto de selección en los primeros 125m debido a que el viento transportó los agregados de tamaño fino que predominaron en éste suelo. Por consiguiente, las emisiones de PM₁₀ fueron más altas en HE que en UT. El suelo más fino comenzó a emitir PM₁₀ antes que el suelo arenoso ya que sus agregados tienden a romperse desde el inicio del comienzo del movimiento de saltación.

PALABRAS CLAVE: erosión eólica, movilización de agregados, emisión de PM₁₀.

**ANÁLISIS DE LOS USOS Y COBERTURAS DEL SUELO MEDIANTE EL DISEÑO DE UN
MODELO DE SIMULACIÓN ESPACIAL EN LA CUENCA DEL RÍO SAUCE GRANDE
(ARGENTINA)**

Brendel A.S.^{1,2,3}, F. Ferrelli¹, V.Y. Bohn^{3,4}, V. Gil^{3,4}, M.C. Piccolo^{1,3}, G.M.E. Perillo^{1,5}

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1. - andreabrendeluns@gmail.com

² Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina.

³ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 12 de Octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, 8000, Argentina.

⁴ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

⁵ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Av. Alem 1253, 2° piso, Bahía Blanca, 8000, Argentina.

RESUMEN: La cuenca hidrográfica del río Sauce Grande (4850 km²), localizada en el SO bonaerense, es exorreica y con orientación NNO-SE. El objetivo de trabajo fue desarrollar un modelo de simulación espacial, basado en el uso de un Sistema de Información Geográfica (SIG), para delimitar usos y coberturas del suelo. Su aplicación podría constituir una herramienta útil en la evaluación de la ocupación actual del espacio. Para desarrollarlo se utilizó información climática (precipitación y evapotranspiración), geomorfológica y topográfica (unidades geomorfológicas, pendiente, procesos de erosión), hidrológica (presencia de cursos y cuerpos de agua) y edáfica (textura y tipo de suelo, alcalinidad) (Escala 1:500.000). Dicha información fue obtenida de organismos oficiales (INTA, SMN, USGS). La metodología de trabajo incluyó la generación de condicionantes elaborados sobre la base de investigaciones previas, trabajo de campo y conceptos teóricos referidos, por ejemplo, a la influencia de la pendiente topográfica en el anegamiento. Como resultado de la aplicación del modelo se obtuvieron los mapas de usos y coberturas del suelo del área de estudio. En el primer caso, se definieron los usos agrícola y ganadero. En el segundo, se hallaron las categorías de cursos y cuerpos de agua, afloramiento rocoso, médano, zona anegable, cultivo y pastizal. De la relación entre usos y coberturas modeladas, surgió la superposición entre las coberturas cultivos y pastizal con el uso agrícola mientras que, las áreas correspondientes al uso ganadero, mostraron superposición con la cobertura de pastizal. Las categorías de uso y cobertura espacialmente más extensas fueron: agrícola (2179 km², 45 % del total del área de la cuenca) y pastizal (2812 km², 58 %), respectivamente. En cuanto a la distribución espacial de las mismas, se destaca el predominio de la cobertura afloramiento rocoso y cultivo en la cuenca superior, las coberturas pastizal y zona anegable en la cuenca media mientras que, la cuenca inferior, mostró predominio de zonas anegables, desarrollo de cuerpos de agua y cultivo.

PALABRAS CLAVE: SIG, modelo espacial, usos y coberturas del suelo.

FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE SORGO: UNA HERRAMIENTA CLAVE PARA MITIGAR LOS EFECTOS DE LA ALCALINIDAD

Ciacci M.¹, D. Bustos¹, E. Taleisnik^{1,2}

¹Instituto de Fisiología y Recursos Genéticos Vegetales, Centro de Investigaciones Agropecuarias (IFRGV-CIAP), INTA, Córdoba, Argentina. - ciacci.maria@inta.gob.ar

²CONICET, Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de la República Argentina.

RESUMEN: Los estreses de tipo abiótico hacen referencia a las condiciones ambientales climáticas o edáficas que afectan adversamente el crecimiento y rendimiento de las plantas. La salinidad y alcalinidad de suelos están entre las más perniciosas de tales condiciones. Los suelos salinos y alcalinos son considerados marginales para la agricultura. Por su elevado pH manifiestan restricciones nutricionales. Las principales limitaciones de los suelos sódicos incluyen toxicidad por Na y B, deficiencias de Zn, Fe, Cu y P, cuya solubilidad disminuye a pH alcalino. Las sales de nitrato y de amonio tienen efectos contrarios sobre el pH de la rizosfera y pueden contribuir a incrementar la disponibilidad de otros nutrientes. El objetivo de este trabajo fue evaluar distintos genotipos de sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench cultivados bajo dos condiciones de pH del suelo y los efectos de dos fuentes de fertilización nitrogenada. Se realizaron ensayos a campo en la localidad de Villa Fontana, Río Primero, Córdoba, en dos lotes con suelo neutro (pH 6,3) y alcalino (pH 8,3) fertilizados con urea (U) y sulfato de amonio (SA). Se midió el índice de verdor (IV) y peso seco total por planta (PST) a los 120 días de la siembra. A pH 8,3 las plantas alcanzaron menor PST que a pH 6,3 salvo en los híbridos azucarados. Se observó variabilidad entre los genotipos tanto en PST en condiciones de alcalinidad como en tolerancia relativa a esta condición. Todos los híbridos fertilizados con SA en condiciones de alcalinidad expresaron mayor IV, los valores oscilaron entre 10 y 20 y sus respectivos controles entre 7,9 y 3,6. De los cinco materiales, en condiciones de alcalinidad, tres respondieron positivamente en PST a la fertilización con SA y en menor grado, al tratamiento con urea.

PALABRAS CLAVE: fertilización, sorgo, alcalinidad

**ANÁLISIS DE TENDENCIA Y PERIODICIDAD DE EXTREMOS TERMO-
PLUVIOMÉTRICOS EN EL SUDOESTE BONAERENSE: APORTES PARA EL MANEJO
SUSTENTABLE DE LOS RECURSOS NATURALES**

Ferrelli, F.¹, A.S. Brendel^{1,2,3}, V.S. Aliaga^{1,3}, M.C. Piccolo^{1,3}, G.M.E. Perillo^{1,4}

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET, Bahía Blanca, Argentina. Florida 8000 (Camino La Carrindanga km 7,5) Complejo CCT CONICET Bahía Blanca, Edificio E1. - fferrelli@criba.edu.ar

² Universidad Nacional del Sur, Departamento de Agronomía, San Andrés 800, Bahía Blanca, Argentina.

³ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo, 12 de Octubre 1198, 4° piso, Bahía Blanca, 8000, Argentina.

⁴ Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geología, Avenida Alem 1253, 2° piso Bahía Blanca, 8000, Argentina.

RESUMEN: El funcionamiento de los sistemas naturales y su impacto sobre las actividades humanas depende primordialmente de la variabilidad climática. Las regiones semiáridas son más vulnerables a este fenómeno debido a que las fluctuaciones del clima afectan directamente las actividades agrícola-ganaderas. Para entender estos procesos, se analizaron las tendencias y la periodicidad de los eventos climáticos extremos durante el período 1970-2016 en el Sudoeste Bonaerense (Argentina) definido por la ley provincial 13647. Para ello, se calcularon los 27 índices climáticos propuestos el *Expert Team on Climate Detection and Indices* (ETCCDI). Los mismos estudian los cambios en la temperatura diaria y en la precipitación extrema. Para calcularlos, se obtuvo información de 12 estaciones meteorológicas pertenecientes al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria y al Servicio Meteorológico Nacional. El área de estudio se subdividió aplicando un análisis de clúster con el método de Ward. La periodicidad se estudió con la Transformada de Wavelet Continua considerando un filtro estacional para la temperatura. La tendencia fue analizada con el test de Mann Kendall. Se definieron cuatro clúster: Norte(N), Noroeste (NO), Centro (C) y Sur (S). La temperatura presentó una tendencia creciente y en general fue significativa en 9 de los 16 índices de temperatura calculados. Se observó un incremento en los días secos consecutivos y en la temperatura máxima y mínima (exceptuando el N). Los días húmedos aumentaron en el N y S y disminuyeron en el NO y C. En el N y el C se redujeron los días con lluvias leves, fuertes y torrenciales. La cantidad de días con heladas fue mayor en el N y disminuyó en el resto de la región. La periodicidad de estos cambios fue significativa en el ciclo anual, aunque también se destacó un ciclo de 4 años pero sólo para la temperatura. El análisis de estos índices en conjunto con la periodicidad y las tendencias de las series fue fundamental para conocer la distribución y magnitud de los eventos extremos y constituir una herramienta útil para el manejo sustentable de los recursos naturales.

PALABRAS CLAVE: Sudoeste Bonaerense, extremos de precipitación, temperatura, tendencia y periodicidad.

PROPIEDADES FISICO-QUIMICAS DE UN BIOCHAR DE EUCALYPTUS

Garay M.¹, E. Schmidt¹

¹ Dpto Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca – Argentina. - maximiliano.garay@uns.edu.ar

RESUMEN: El carbón vegetal, en su variante conocida como biochar, ha suscitado un renovado interés científico a partir de la difusión de su posible uso como enmienda edáfica para incrementar los contenidos de carbono orgánico y nutrientes, mejorando además las propiedades físicas del suelo. El mismo se elabora a partir de la pirolisis de distintas materias primas (derivados de madera, residuos lignocelulósicos de todo tipo y desechos animales), ampliando los usos del biochar a otras posibles aplicaciones como biocombustible, adsorbente de metales pesados y contaminantes, portador de nutrientes e incluso, como alternativa de gestión de residuos agro-industriales y secuestro de carbono (C) en forma estable. Ante perspectivas tan diversas, la utilización de residuos forestales para su producción implicaría la transformación del C a formas más estables y un agregado de valor de este subproducto. A pesar de este panorama alentador, es escasa la información disponible a nivel nacional sobre las propiedades de distintos tipos de biochar y los efectos de su aplicación. En este contexto, y como punto de partida de una nueva línea de investigación, se plantea como objetivo la caracterización físico-química de un biochar elaborado a partir de residuos de poda de *Eucalyptus*. En la pirolisis realizada se logró un rendimiento de carbón del 31,9 %, del cual un 15,9 % correspondió a cenizas. El biochar obtenido mostró una baja CE (2,3 dS m⁻¹), reacción alcalina (pH=9,8) y elevados contenidos de cationes, especialmente calcio. Los valores de C fácilmente oxidable, nitrógeno total, azufre total, fósforo soluble, fósforo extractable y fósforo total fueron de 89,5 g kg⁻¹; 10,2 g kg⁻¹; 1,1 g kg⁻¹; 163,0 mg kg⁻¹; 12,6 mg kg⁻¹ y 2.960 mg kg⁻¹ respectivamente. Los resultados obtenidos hasta el momento son relevantes y promueven a intensificar las investigaciones aplicadas acerca de su posible utilización como enmienda en los suelos.

PALABRAS CLAVE: carbón, pirolisis, forestación.

CARTOGRAFIA DE UN ECOSISTEMA DE MURTILLA EN LA ESTEPA DEL SUR DE SANTA CRUZ

Grima D.O., S.L. Billoni, M.M. Bregliani

Universidad Nacional de la Patagonia Austral - Unidad Académica Río Gallegos. Piloto Rivero y Av. Gregores. - danielgrimag@gmail.com

RESUMEN: En la región sur de la provincia de Santa Cruz, ciertas estepas gramíneas son afectadas por la especie subarborescente *Empetrum rubrum*, denominada comúnmente como murtilla. El avance de esta especie sobre el coirón es preocupante por originar comunidades con escasa abundancia y cobertura de gramíneas, determinando que las áreas afectadas presenten muy baja disponibilidad de pastos cortos ($0-100 \text{ kg.ha}^{-1}$). Es importante mencionar que la murtilla es una especie sin valor forrajero y en los murtillares se observan procesos de degradación de suelos como erosión, acidificación y podzolización. A fin de establecer pautas para el mejoramiento del pastizal afectado es indispensable contar con información básica que permita conocer el estado actual y las condiciones ambientales que determinan el avance de esta especie, siendo para ello esencial determinar la extensión y distribución de la murtilla en el ecosistema. El área de estudio seleccionada se encuentra en un establecimiento agropecuario, a 30 km al sur de la ciudad de Río Gallegos, con una superficie de 4277 ha. Mediante el procesamiento de imágenes satelitales Landsat 8 de mediana resolución e imágenes de alta resolución de la plataforma SasPlanet, pertenecientes al servidor BingMap, se analizó y cartografió la distribución de esta especie. Se efectuaron clasificaciones no supervisadas en las imágenes de alta resolución y posteriormente se corroboró en terreno. De este modo se pudo determinar que actualmente la murtilla cubre una superficie de 98,1 ha, es decir un 2,3% del total del área de estudio. Asimismo, se determinó que espacialmente se ubica en los sectores más bajos del terreno, siguiendo las líneas de drenaje. Empleando este mismo procedimiento se realizará el monitoreo del avance del murtillar sobre el pastizal, al tiempo que se determinará la evolución en el tiempo de los parámetros de suelo y vegetación que permitan conocer su dinámica.

PALABRAS CLAVE: monitoreo, *Empetrum rubrum*, Patagonia Sur, pastizal.

**RESERVAS DE CARBOHIDRATOS EN GRAMÍNEAS EXPUESTAS A UN FUEGO
CONTROLADO EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS DEL CENTRO DE ARGENTINA**

Ithurrart L.S.^{1, 2}, C.A. Busso^{1, 2}, Y.A. Torres^{1, 3}, M.L. Ambrosino⁴, H. Giorgetti⁵, G. Rodríguez⁵

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Andrés 800, Bahía Blanca (Bs. As.) – leticia.ithurrart@uns.edu.ar

² CERZOS-CONICET

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As.

⁴ Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa (LP)

⁵ Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Bs.

RESUMEN: Los carbohidratos no estructurales solubles (CNES) constituyen la principal fuente de energía para el rebrote luego de disturbios. La quema controlada es una herramienta empleada en pastizales semiáridos. Se evaluó el efecto del fuego sobre los CNES en bases de tallos (BT) y raíces (R) de *Poa ligularis* (PI; deseable) y *Amelichloa ambigua* (Aa; indeseable). La Chacra Experimental Patagones, sede del estudio, presenta clima semiárido y suelo Haplocalcid típico, con textura franco-arcillo-arenosa. Se identificaron 72 plantas (2 especies, 6 réplicas/especie, 2 tratamientos, 3 extracciones), 36 fueron control y 36 se quemaron (08/07/2011) individualmente de manera que la temperatura máxima, registrada con termocuplas K y un datalogger, alcanzara 300-500°C. Inmediatamente post-quema, al rebrote y al final del ciclo, se extrajeron 24 plantas con pan de tierra separando las secciones R y BT, que fueron secadas, pesadas, molidas y determinado el %CNES. Los datos fueron analizados con ANOVA en parcelas divididas y Tukey. En general, BT presentó mayor %CNES que R. Las plantas quemadas disminuyeron el %CNES en ambas secciones durante el rebrote y aumentaron significativamente hacia el final, alcanzando los valores iniciales. El control mantuvo las reservas todo el estudio. PI incrementó el %CNES en BT al final, duplicando los valores iniciales; mientras que Aa lo mantuvo constante. Al comienzo y fin del ciclo PI sobrepasó a Aa en ambas secciones. Sin embargo al rebrote, sólo en BT, PI superó a Aa y las plantas control, a las quemadas. Los resultados indican que si bien se movilizan reservas desde ambas secciones, BT aportaría más al rebrote que R. Además, las plantas quemadas utilizarían más CNES para rebrotar que el control. Esto, sumado a que PI acumula más reservas que Aa, sugeriría que el uso de quemas controladas conduciría al agotamiento progresivo de reservas en Aa, otorgándole una ventaja competitiva a PI.

PALABRAS CLAVE: Fuego, carbohidratos no estructurales solubles, pastizales naturales, gramíneas perennes.

EFICIENCIA EN EL USO DE LAS PRECIPITACIONES EN GRAMÍNEAS PERENNES
QUEMADAS Y NO QUEMADAS EN PASTIZALES SEMIÁRIDOS

Ithurrart L.S.^{1,2}, C.A. Busso^{1,2}, Y.A. Torres^{1,3}, M.L. Ambrosino⁴, H. Giorgetti⁵, G. Rodríguez⁵

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Andrés 800, Bahía Blanca (Bs. As.) – leticia.ithurrart@uns.edu.ar

² CERZOS-CONICET

³ Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As.

⁴ Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Palmpa (UNLPam), Santa Rosa (L.P.)

⁵ Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Bs.

RESUMEN: La quema controlada es una herramienta empleada en el mejoramiento de los pastizales naturales. En ecosistemas semiáridos, la producción de biomasa aérea está fuertemente limitada por la ocurrencia de precipitaciones. Por este motivo, la eficiencia en el uso de las precipitaciones (EUP: g de materia seca/mm de lluvia) constituye uno de los factores que contribuye a la capacidad competitiva de las especies. Se evaluó el efecto del fuego sobre la EUP de las gramíneas *Poa ligularis* (deseable) y *Amelichloa ambigua* (indeseable). El estudio se efectuó en la Chacra Experimental Patagones. El clima es templado semiárido, con gran irregularidad en la distribución de las precipitaciones, que durante el trabajo totalizaron 224,5mm; siendo la media histórica (1981-2010) de los meses estudiados: 174mm. El suelo (Haplocalcid típico), de textura franco-arcillo-arenosa y sin limitaciones de profundidad, presentó 5% de humedad al momento de la quema. Se marcaron 24 plantas (2 especies, 6 réplicas/especie, 2 tratamientos), 12 fueron quemadas y 12 permanecieron sin quemar (control). La quema de plantas individuales (08/07/2011) se realizó con un quemador portátil de propano, de forma tal que en el centro de la planta la temperatura máxima, registrada con termocuplas K y un datalogger, se mantuviera entre 300-500°C. Al finalizar el ciclo de crecimiento (06/01/2012) la biomasa aérea fue cosechada, secada, pesada y se calculó la EUP. Los datos fueron analizados con ANOVA bifactorial y Tukey. Se encontraron diferencias entre especies y entre tratamientos. Independientemente de los tratamientos, la especie indeseable fue un 55% menos eficiente en el uso de las precipitaciones que *P. ligularis*. Por otra parte, las plantas control presentaron una mayor EUP que las quemadas. Si bien la quema redujo la EUP en ambas especies, los mayores registros encontrados en *P. ligularis*, en presencia y ausencia de disturbios (quema), indicarían una mayor capacidad competitiva en esta especie.

PALABRAS CLAVE: EUP, quema, gramíneas, pastizales semiáridos.

**ESTUDIO PRELIMINAR DE SUSTANCIAS HUMICAS EN DOS SITIOS BAJO USO
CONTRASTANTE EN LA PAMPA**

Kloster N.¹, R. Fernández¹

¹ INTA, Estación Experimental Agropecuaria Anguil, Ruta Nac. N°5 km 580, 6326 Anguil, La Pampa – kloster.nanci@inta.gob.ar

RESUMEN: Es de especial importancia determinar la capacidad de los suelos de regiones semiáridas para actuar como reservorios de carbono. Las reservas de carbono del suelo están determinadas mayormente por las sustancias húmicas, las cuales se clasifican operacionalmente de acuerdo a su solubilidad en ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. El objetivo de este trabajo fue mostrar los resultados preliminares del estudio de las sustancias húmicas en sitios bajo uso contrastante en la región semiárida pampeana. Para ello se seleccionaron dos sitios bajo vegetación natural y uso agrícola de similar composición granulométrica. La vegetación natural fue monte de Caldén en el sitio 1 y pastura implantada de más de 50 años en el sitio 2. Se tomó una muestra compuesta (0-20 cm) y se extrajeron los ácidos húmicos y fúlvicos. Durante la extracción, la observación directa permitió identificar diferencias en la proporción de material orgánico en suspensión (materia orgánica no descompuesta), así como también en la proporción de ácidos fúlvicos y húmicos del sitio 1 bajo vegetación natural y agrícola, a diferencia del sitio 2 que no mostró diferencias por observación directa. La caracterización UV-Visible de los ácidos húmicos, empleando la relación E4/E6, indicó que los ácidos húmicos del sitio 1 bajo vegetación natural tienen menor contenido de grupos aromáticos respecto de la situación agrícola. En cambio la proporción de grupos aromáticos es similar en ambos usos para el sitio 2. Se concluye que el sitio 1 bajo condición natural tiene una mayor proporción de sustancias húmicas, aunque de menor aromaticidad, mientras que el uso agrícola provoca una disminución de ésta fracción, permaneciendo en el suelo las sustancias de mayor aromaticidad. Contrariamente, en el sitio 2 no hubo diferencias en la proporción y aromaticidad de las sustancias húmicas, lo cual podría ser explicado por la escasa historia agrícola en ese sitio.

PALABRAS CLAVE: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, grupos aromáticos.

ROLADO SELECTIVO Y SU EFECTO SOBRE PROPIEDADES QUÍMICAS Y FÍSICAS DE UN SUELO DEL CALDENAL PAMPEANO CON DIFERENTE VEGETACIÓN

Larroulet M.S.¹, E.N. Hepper¹, J.A. Galantini²

¹ Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 km 334, 6300 Santa Rosa (LP) - sofialarroulet@agro.unlpam.edu.ar.

² Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) - Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca (Bs. As).

RESUMEN: El rolado selectivo podría utilizarse en el caldenal para disminuir la arbustización mediante control de la densidad de leñosas. El objetivo fue determinar el efecto del rolado sobre algunas propiedades de un suelo del caldenal pampeano con diferente vegetación. Se tomaron seis muestras compuestas de los primeros 2,5 cm del perfil, luego de 18 meses del rolado. Los tratamientos fueron: testigo-graminoso-herbáceo (TGH), testigo-arbustiva (TA), rolado-graminoso-herbáceo (RGH) y rolado-arbustiva (RA). Se determinó: densidad aparente (Dap); humedad gravimétrica; pH en agua; nitrógeno total (Nt); fósforo extractable por Bray-Kurtz N°1 (Pe); carbono orgánico total (COT); cationes intercambiables (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} y Na^{+}) y capacidad de intercambio catiónico (CIC). La humedad y los contenidos de COT y Nt aumentaron por efecto del rolado independientemente de la vegetación presente. La acumulación de restos vegetales en la superficie generada por el paso del rolo explica la mayor humedad y el aumento de COT y de Nt debido a un mayor ingreso de materia orgánica al suelo en forma de restos de hojas, tallos y tejidos vegetales. La Dap, el pH y los contenidos de Pe, K^{+} y Na^{+} , presentaron interacción manejo×vegetación. La Dap fue mayor en RA respecto del TA, lo que puede deberse al paso de la maquinaria. El pH disminuyó y el Pe aumentó en el tratamiento RA respecto de TA. La disminución de pH puede explicarse por el aumento en COT y dicha disminución explica el aumento en Pe por mayor solubilidad de los fosfatos presentes en estos suelos. El contenido de Na^{+} fue menor en RA respecto de TA, mientras que el de K^{+} fue menor en R para ambas vegetaciones. El paso de maquinaria y la incorporación de residuos vegetales frescos afectaron algunas de las propiedades estudiadas. Deberá evaluarse la estabilidad de estos cambios en el tiempo.

PALABRAS CLAVE: rolo, propiedades edáficas, bosque de caldén

**DELIMITACIÓN DE AMBIENTES EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN CON PASTIZALES Y
“CAMPOS” NATURALES DEL SEMIARIDO BONAERENSE**

Pizarro M.J.¹, G.L Bonvissuto²

¹ INTA EEA Bordenave-AER Tornquist, Av. Ernesto Tornquist 136, Tornquist, (BA) – pizarro.maria@inta.gob.ar

² INTA EEA Bordenave-AE Bahía Blanca.

RESUMEN: La delimitación de unidades cartográficas que representen ambientes, a una escala local (1:50.000 a 1:25.000) no puede ser estricta, dada la compleja realidad biofísica de los terrenos. El estudio para la delimitación de estas unidades se desarrolló en campos con pastizales y “campos” naturales (post abandono de agricultura) en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires, específicamente en el Semiárido Bonaerense. Para la obtención de unidades ambientales, el trabajo se centró en una perspectiva analítica, teniendo en cuenta un enfoque de asociación paisajístico o morfológico de repetición de coberturas de suelo y relieves similares, en base a interrelaciones que los ligan y su funcionamiento armónico. El uso de la teledetección bajo un entorno SIG, apoyándose sobre información a campo, permitió desvelar fisionomías y estructuras reales que de otra manera serían difíciles de detectar. Como resultado se obtuvieron diferentes unidades ambientales características del Semiárido Bonaerense: valles de arroyos, cañadones y paleocauces, vías de drenaje en pendiente, lomadas entre valles, planicies altas, intermedias y bajas, depresiones y bajos hondos, observándose afloramientos de tosca en casi todos los ambientes de lomadas, planicies y pendientes. Esta delimitación permite constituir un criterio y lenguaje común a los casos bajo estudio, entendible y útil para la planificación del uso de la tierra y el manejo de los sistemas de producción con ganadería en pastizales y “campos” naturales.

PALABRAS CLAVE: ambientes, SIG, teledetección.

**HIDROFOBICIDAD E INFILTRACIÓN DE AGUA EN UN SUELO DEL CALDENAL:
RESPUESTA A DIFERENTES MANEJOS**

Dalmaso L.P.^{1,2}, E.N. Hepper¹, J.A. Galantini³

¹ Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional de La Pampa, Ruta 35 km 334, 6300 Santa Rosa (LP) - dalmassolucas@conicet.gov.ar

² Becario doctoral Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) – CERZOS y Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca.

RESUMEN: En suelos del Bosque de Caldén se ha detectado hidrofobicidad, la cual representa un problema potencial para la captación de agua. El objetivo de este trabajo es evaluar la hidrofobicidad y la infiltración de agua en parches de vegetación dominados por especies arbustivas en un suelo del caldenal pampeano afectados por tres tipos de manejos: rolado selectivo (R), quema controlada (QC) y rolado selectivo seguido de quema controlada (R/Q). Transcurrido un año de la quema controlada, en cada manejo y testigo se tomaron seis muestras compuestas de suelo de 0-2 cm de profundidad para la determinación de, densidad aparente (DA), humedad edáfica y persistencia de la repelencia al agua (WDPT). También se seleccionaron tres parcelas de 25 m² para la determinación de infiltración media (InfM). Los resultados indican que hay una disminución estadísticamente significativa ($p < 0,05$) de la InfM en el manejo R/Q (33,25 mm.h⁻¹) respecto a la del testigo (59,33 mm.h⁻¹), mientras que el contenido de humedad no presentó diferencias significativas entre manejos. La infiltración media en los manejos R (60 mm/h) y Q (57,08 mm.h⁻¹) no se diferenció respecto del testigo (59,33 mm.h⁻¹). La InfM no estuvo asociada a la presencia de capas repelentes al agua ya que los valores de WDPT muestran que se parte de una condición testigo repelente al agua y que todos los tratamientos provocan una disminución de la misma. A pesar de que el tratamiento R/Q posee una menor repelencia al agua, la infiltración media se ve reducida, indicando que existen otras variables que influyen sobre la captación de agua del suelo como el paso de maquinaria y de ganado. Esto último se refleja en una posible compactación del suelo ya que se observa un aumento en la DA en los parches R (0,98 kg.dm⁻³) y R/Q (0,95 kg.dm⁻³) respecto al testigo (0,83 kg.dm⁻³).

PALABRAS CLAVE: Repelencia al agua, captación de agua, bosque de caldén.

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE FITOLITOS EN PASTO LLORÓN Y SU RELACIÓN CON LA CALIDAD DE FORRAJE

Gallardo J.A.^{1,2}, M. Díaz^{3,4}, A. Garayalde⁵, V. Echenique^{1,2}

¹ CERZOS-CONICET, Camino Carrindanga Km. 7, 8000 - Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina.
jimenagallardo@hotmail.com.ar

² Departamento de Agronomía - Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, Bahía Blanca, Buenos Aires-Argentina

³ Departamento de Biología, Bioquímica y Farmacia – Universidad Nacional del Sur, San Juan 670, Bahía Blanca, Buenos Aires - Argentina

⁴ Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires - Argentina

⁵ Departamento de Matemática - Universidad Nacional del Sur, Av. Alem 1253, Bahía Blanca, Buenos Aires – Argentina

RESUMEN: Los fitolitos son cristales de sílice que se depositan tanto en el interior de las células vegetales como en su superficie o incluso en los espacios intercelulares. Su acumulación depende de las condiciones edáficas, climáticas y biológicas. El objetivo de este trabajo fue determinar el contenido de fitolitos en distintos cultivares de pasto llorón y analizar su relación con otros parámetros de calidad forrajera como: Proteína cruda (PC), lignina (L), fibra detergente neutro (FDN), fibra detergente ácido (FDA) y digestibilidad *in vitro* de la materia seca (DIVMS). Se evaluaron siete genotipos: Tanganyika, Don Pablo, Morpa, Don Juan, Don Eduardo, Don Luis y 9355, en etapa de brote y rebrote. Las muestras compuestas por hojas y tallos fueron calcinadas y posteriormente se sometieron a una digestión química. Las mismas fueron tomadas por triplicado y el contenido de fitolitos se calculó como porcentaje de peso seco y se utilizó el software estadístico Infostat. Los valores medios de los genotipos variaron entre 1,94 y 2,26% para la etapa de brote y entre 2,72 y 4,71% para el rebrote. Se encontraron diferencias significativas entre genotipos y etapas fenológicas. En relación a otras variables de calidad forrajera se determinó una correlación negativa entre el contenido de fitolitos con DMSIV y PC y una correlación positiva con L, FDN y FDA. Considerando que los materiales crecieron en un mismo ambiente (ACA-Cabildo) las diferencias encontradas entre los mismos pueden atribuirse a factores intrínsecos como el proceso de acumulación de sílice y la etapa fenológica. El contenido de fitolitos, en porcentaje de materia seca encontrados en pasto llorón, es similar al que habitualmente presentan otras gramíneas forrajeras C4 de la región. Esta característica, sumada a la gran adaptabilidad para la zona semiárida, la torna una especie muy conveniente para conformar la cadena de pastoreo de cualquier establecimiento ganadero.

PALABRAS CLAVE: fitolitos, pasto llorón, sílice.

RELACIÓN SUELO-PAISAJE EN LA SUBREGIÓN DE MESETAS Y VALLES, LA PAMPA

Leizica E.^{1,2}, E. Frank Buss^{1,2}, E. Noellemeier¹

¹Facultad de Agronomía, UNLPam. Ruta Nacional 35, Km 334. - emmanuelleizica@gmail.com

²Becario CONICET

RESUMEN: La desertificación es un proceso característico de las regiones áridas y semiáridas. Disponer de un mapa de suelos, permite conocer las características y la distribución de los mismos, e implementar manejos acordes a su potencial. La topografía es un factor clave en el análisis de la distribución del suelo. Este trabajo caracteriza la topografía de la Subregión de Mesetas y Valles en la provincia de La Pampa, a través del uso de modelos digitales. La subregión se sitúa en el sector centro-este de la provincia, posee clima semiárido y gran variabilidad geomorfológica, con presencia de laderas, valles, cubetas y mesetas. A partir de un modelo SRTM (90 m) se generaron modelos digitales que representan los procesos hidrológicos que inciden en la topografía y las características geomorfológicas. Estos modelos permiten inferir la variabilidad edáfica en el paisaje. Las laderas presentan pendientes de mayor gradiente en su hombro, coincidiendo con perfiles edáficos más someros. El índice de poder de la corriente muestra patrones de escorrentía en estas geoformas, lo que indica un régimen de humedad reducido que resulta en perfiles cálcicos. Los valles reciben mayor volumen de agua, según lo indican el modelo de área de captación y el índice topográfico de humedad. Esto deriva en un desarrollo edáfico mayor. Las cubetas de deflación de las mesetas también presentan valores elevados en el índice de humedad. Estas cubetas reciben aportes laterales, y poseen un diseño de red de drenaje centrípeto que origina suelos más profundos y desarrollados. Las geoformas caracterizadas presentan distintas comunidades vegetales de acuerdo con su posición en el relieve y las características del suelo. La variabilidad edáfica debe traducirse en estrategias de manejo diferentes de acuerdo con la capacidad productiva de cada suelo.

PALABRAS CLAVE: modelos digitales, pendiente, unidades geomorfológicas.

**USO EFICIENTE DEL AGUA MEDIANTE LA UTILIZACIÓN DE CULTIVOS DE
COBERTURA PARA UNA AGRICULTURA SOSTENIBLE EN SISTEMAS MIXTOS
AGRÍCOLA-GANADEROS DEL SUDOESTE BONAERENSE**

Sá Pereira E. de¹, C. Kleine², C. Rodríguez³, B. Fernández⁴

¹INTA AER Coronel Suárez (EEA Bordenave), Dr. en Agronomía, Universidad Nacional del Sur,
Sauce Corto 589, 7540 Coronel Suarez (BA) - desapereira.eduardo@inta.gob.ar

²Hogar Funke, Tornquist (BA), Regional APRESID Bahía Blanca

³Asesor Regional APRESID Bahía Blanca.

⁴Estudiante de grado. Dto. Agronomía. Universidad Nacional del Sur.

RESUMEN: El proceso de agriculturización ha significado una reducción del aporte de residuos por la mayor participación de cultivo de soja. La utilización de cultivos de cobertura (CC) durante el período improductivo en la secuencia trigo/maíz del sudoeste, permite mantener el suelo cubierto, reciclar nutrientes y aumentar el ingreso de carbono al sistema. En esta experiencia se evaluaron la eficiencia en el uso del agua, los aportes de N de la vicia, la dinámica de este nutriente y parámetros de rendimiento en el cultivo de maíz. Se compararon cuatro tratamientos como antecesores en el manejo previo a la siembra del maíz: 1. Vicia + Maíz Fertilizado (VF): Cultivo de vicia secado en la primera quincena de septiembre. 2. Vicia + Maíz sin Fertilizar (V S/F). 3. Rastrojo de Trigo + Maíz sin fertilizar (RTR S/F) barbecho largo de trigo. 4. (RTR) + Maíz Fertilizado (RTR F). Todos los tratamientos partieron con la misma dotación hídrica. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos (VF, V S/F, RTR S/F y RTR) en cuanto al N potencialmente mineralizable (Nan) y a la duración del barbecho previo a la siembra de maíz. La eficiencia de barbecho fue de 31 y -13 % con los antecesores vicia y RTR respectivamente. Las precipitaciones durante el ciclo del CC fueron cercanas al promedio histórico del establecimiento, esto determinó una recarga del perfil de suelo en el barbecho corto de vicia. El costo hídrico con antecesor vicia fue de 24 mm. Hubo diferencias significativas en los parámetros de rendimiento y acumulación de N en la planta de maíz. El máximo rendimiento y concentración de N se alcanzó con el tratamiento V S/F. Estas diferencias pueden ser atribuibles al Nan proveniente de la descomposición de residuos de vicia y a la fijación biológica de N₂. El índice de clorofila marcó una tendencia de separación entre los tratamientos fertilizados y sin fertilizar.

PALABRAS CLAVE: Eficiencia de barbecho, agua, maíz.

**DENSIDAD Y BIOMASA RADICAL EN GRAMÍNEAS PERENNES NATIVAS DE
PASTIZALES SEMIÁRIDOS**

Torres Y.A.^{1,2}, C.A. Busso^{1,3}, L.S. Ithurrart^{1,3}, M.L. Ambrosino^{3,4}, A. Bettinotti¹, D. Cardillo³, G. Rodríguez⁵, H. Giorgetti⁵

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), San Andrés 800, Bahía Blanca (Bs. As.) - yatorres@criba.edu.ar

² Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As.

³ CERZOS-CONICET

⁴ Facultad de Cs. Exactas y Naturales, Universidad Nacional de La Pampa (UNLPam), Santa Rosa (L.P.)

⁵ Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Agroindustria de la Provincia de Bs. As.

RESUMEN: La habilidad competitiva en gramíneas perennes de ambientes semiáridos está mayormente asociada a la densidad de longitud de raíces que a su biomasa. El trabajo se realizó durante 2 años en la Chacra Experimental Patagones (abril 2011-febrero 2012 y abril 2012-febrero 2013) donde se evaluaron la densidad de longitud de raíces (DLR) y la biomasa radical (BR) de las gramíneas perennes *Nasella longiglumis* (NI; palatable) y *Amelichloa ambigua* (Aa; no palatable). Las plantas obtenidas de semilla (n=6) se trasplantaron a 72 bolsas con suelo tamizado (Haplocalcid típico; textura franco-arcillo-arenosa), de volumen creciente según la fecha de muestreo (27 l, 35 l y 54 l). A la mitad de las plantas se le aplicó un tratamiento de riego, a fin de completar 200 mm adicionales de precipitación durante todo el ciclo de crecimiento. El resto permaneció como control (precipitación: 342 mm y 307 mm). Durante los períodos vegetativo (V), reproductivo (RPR) y reposo (RP) se retiraron 24 plantas con su sistema radical completo. Las raíces se limpiaron y procesaron con el programa ROOTEDGE y se estimó su DLR (m raíz/m³ suelo). Luego se secaron y pesaron calculándose la BR (g/planta). Los datos se analizaron con ANOVA trifactorial y Tukey. En ambas variables y especies se observaron mayores valores en plantas control en V, registrándose efecto del riego sólo en RP. Sólo se encontraron diferencias entre las especies en la forma en que incrementan su DLR, siendo sostenida durante todo el ciclo en NI mientras que en Aa se detiene en RPR. El aumento en BR fue continuo en ambas. Las especies adoptarían estrategias diferentes en su desarrollo radical: NI priorizaría la DLR (favorable en ambientes semiáridos), mientras que Aa incrementaría su BR, posiblemente por acumulación de reservas a partir de RPR. El aporte hídrico constante favorecería a ambas hacia el final.

PALABRAS CLAVE: Densidad radical, biomasa radical, pastizales naturales

**COLONIZACIÓN TOTAL Y DE ESTRUCTURAS DE MICORRIZAS ARBUSCULARES
ASOCIADAS A GRAMÍNEAS PERENNES DE DIFERENTE CALIDAD FORRAJERA,
EXPUESTAS A DEFOLIACIÓN**

Ambrosino M.L.^{1,2}, C.A. Busso^{3,4}, M.N. Cabello^{5,6}, Y.A. Torres^{4,5}, L.S. Ithurrart^{3,4}, D.S. Cardillo³, M.S. Velázquez^{2,6}, R.I. Palomo³, G. Rodríguez⁷

¹Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, (UNLPam), Santa Rosa (L.P.). - marielalisamborsino@yahoo.com.ar

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³Centro de Recursos Naturales Renovables de la Zona Semiárida (CERZOS-CONICET).

⁴Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur (UNS), Bahía Blanca – Argentina.

⁵Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Bs. As.

⁶Instituto de Botánica Spegazzini, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP), La Plata (Bs.As.).

⁷Chacra Experimental Patagones, Ministerio de Agroindustria (Bs.As.).

RESUMEN: La formación de micorrizas arbusculares (MA) contribuye a la subsistencia de la vegetación en ambientes semiáridos. Se evaluaron los efectos de las especies vegetales y la defoliación sobre el porcentaje de colonización total y de estructuras (vesículas y arbuscúlos) de MA en *Poa ligularis* (PI), *Nassella tenuis* (Nt) y *Amelichloa ambigua* (Aa). El estudio se efectuó en la Chacra Experimental Patagones. El suelo (Haplocalcid típico) es de textura franco-arcillo-arenosa. En agosto/2012, se muestreó suelo+raíces (0-10 cm) debajo del follaje de 12 plantas/especie. Posteriormente, la mitad fue cortada a 5cm del suelo. En septiembre, se muestreó y defolió nuevamente, y en octubre se realizó el muestreo final (6 plantas/especie/tratamiento). En 2013, las defoliaciones fueron en julio y septiembre; las muestras se tomaron en julio (inicial), agosto (efecto primer corte) y octubre (efecto segundo corte). Segmentos radicales de 1,5cm fueron decolorados con KOH, teñidos con Azul de Tripiano y montados en 3 portaobjetos/muestra (10 segmentos/portaobjeto). Se hicieron 3 recorridas/portaobjeto bajo microscopio registrando el número de intersecciones colonizadas (IC) en relación al total de observaciones (IO). El porcentaje de colonización total (CT) se determinó como $CT = (IC/IO) \times 100$, mientras que el de arbuscúlos y vesículas se estimó de la misma forma, pero relacionando el número de intersecciones con cada tipo de estructura y el IO. Los datos se analizaron empleando modelos mixtos y LSD al 5%. La defoliación afectó la CT en ciertas fechas y años de estudio. En general, PI presentó mayor porcentaje de vesículas que las demás especies y Aa mayor porcentaje de arbuscúlos en la última fecha independientemente de los cortes en 2012 y dentro de las plantas defoliadas en 2013. Los resultados sugieren mayor dependencia de Aa hacia las MA, principalmente hacia el final de la estación de crecimiento, para aumentar la superficie exploratoria del suelo y recuperarse luego de un disturbio.

PALABRAS CLAVE: pastizales naturales, sudoeste bonaerense, arbuscúlos, vesículas.

**EFFECTO DEL VERTIDO DE EFLUENTES PESQUEROS SOBRE LAS PROPIEDADES
FISICOQUÍMICAS DEL SUELO Y LA VEGETACIÓN EN UN AMBIENTE ÁRIDO DE
PATAGONIA**

Vallejos M.B., M. Marcos, C.G. Barrionuevo, N.L. Olivera

Instituto Patagónico para el Estudio de los Ecosistemas Continentales (IPEEC – CCT CONICET – CENPAT), Blvd. Brown 2915, (U9120ACD) Puerto Madryn

- mvallejos@cenpat-conicet.gob.ar

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue evaluar el posible efecto de un vertido de efluentes pesqueros sobre la cobertura vegetal y las propiedades fisicoquímicas del suelo en un ambiente árido. Se tomaron 5 muestras de suelo (perfil 0-10 cm) en un sitio cercano a Puerto Madryn con vegetación nativa donde existe un vertido de efluentes pesqueros (SE) y 5 muestras en un sitio control no impactado (SC). En dichas muestras se determinó humedad, pH, Conductividad Eléctrica (CE), Relación de Adsorción de Sodio (RAS), C total, C inorgánico y N total. En el efluente se determinó pH, CE y RAS. También se determinó la cobertura vegetal, que fue mayor en SE (70%) que en SC (45%). El suelo de SE presentó valores significativamente mayores ($p < 0,05$) de CE (SE $1,99 \pm 0,48$ mmhos/cm; SC $0,59 \pm 0,20$ mmhos/cm), C total (SE $0,86 \pm 0,10$ %; SC $0,42 \pm 0,03$ %), C inorgánico (SE $0,46 \pm 0,12$ %; SC $0,10 \pm 0,02$ %) y humedad (SE $12,9 \pm 0,7$ %; SC $9,4 \pm 0,4$ %). Los valores de pH, CE y SAR de efluente fueron 7,8; 2,05 mmhos/cm y 12,9 respectivamente. En un análisis de componentes principales (ACP), el CP1 separó los sitios SC y SE, asociándose este último con un incremento de C total, C inorgánico, N total, CE y humedad del suelo. El CP2 evidenció cierta heterogeneidad en SE con un mayor aporte de las variables RAS y pH. El vertido de efluentes pesqueros aportó humedad y nutrientes al suelo induciendo un incremento de la cobertura vegetal. El aumento de C inorgánico y salinidad del suelo en SE podría relacionarse con la alta salinidad del efluente y posiblemente con la presencia de carbonatos provenientes de caparazones de crustáceos que constituyen el principal producto pesquero procesado en la región. Este estudio aporta información de base para evaluar el potencial re-uso de dichos efluentes para riego.

PALABRAS CLAVE: Agua de reuso, suelos, efluentes pesqueros.

**ANÁLISIS DE PERFILES DE PH Y CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA EN SUELOS DE
MALLINES CON DIFERENTE CONDICIÓN DE PASTIZAL**

Cremona M.V.¹, A.S. Enriquez^{1,2}

¹ INTA EEA Bariloche - cremona.mv@inta.gob.ar

² CONICET

RESUMEN: Los mallines de Patagonia extra andina son pastizales altamente productivos que han sido intensamente utilizados en la ganadería ovina extensiva durante los últimos 100 años. El sobrepastoreo produce pérdida de cobertura que conduce a alteraciones en la dinámica de agua y a cambios en las condiciones pastizal y el suelo. Con el objeto de cuantificar los efectos del pastoreo histórico sobre estas características se establecieron puntos de monitoreo en tres mallines semejantes en el área ecológica de Sierras y Mesetas seleccionando sitios con diferente condición de pastizal. Se presentan aquí resultados parciales del muestreo realizado en cada sitio en septiembre de 2016, diferenciando mallín húmedo-MH (con dominio de *Juncus sp.*) y subhúmedo-MSh (de *Festuca pallesens*) y, en cada uno, condición buena y regular. Se muestreó suelo en tres perfiles, a 0-5, 5-15, 15-30, 30-70 y 90 cm de profundidad, analizando pH en agua y conductividad eléctrica de la suspensión. Se realizó un ANOVA con diseño factorial en bloques (factor de interés: condición del pastizal). En los MH regulares se observó un aumento significativo del pH a partir de los 5 cm de profundidad y la CE se incrementó significativamente a partir de los 30 cm. En el MSh sólo se encontraron diferencias significativas en el pH, entre los 5 y los 30 cm. Estos resultados indicarían un mayor efecto del deterioro sobre los MH, asociados a cambios en la dinámica de agua y la disminución del carbono en el suelo, mientras que en los MSh sólo se evidencian cambios en la zona intermedia del perfil al final de la estación húmeda, relacionados con la alteración de los flujos descendentes y ascendentes de agua freática. El estudio de la evolución de estos datos en el tiempo, junto con las otras variables estudiadas en el proyecto, permitirá entender mejor los procesos involucrados.

PALABRAS CLAVE: humedales patagónicos, sobrepastoreo, indicadores

**UTILIZACIÓN DE AGUAS SALINAS CON DIFERENTES AÑOS DE RIEGO EN UN
OLIVAR DEL PARTIDO DE CORONEL DORREGO**

Goñi L.¹, R.J. García¹, G.C. Laurent¹

¹ Dpto. Agronomía, Universidad Nacional del Sur, San Andrés 800, 8000 Bahía Blanca (Bs. As.) - lgonialdalur@gmail.com

RESUMEN: El partido de Coronel Dorrego, ubicado en el Sudoeste de la Pcia. de Buenos Aires, se caracteriza por poseer aguas subterráneas que clasifican, en su mayoría, como C3S3 (aguas altamente salinas y altas en contenido de sodio). Estas características obligan a realizar estudios para detectar anticipadamente peligros potenciales para el suelo y adoptar prácticas de riego que permitan alcanzar un balance salino favorable. El objetivo fue evaluar posibles diferencias de salinidad en el perfil de suelo en tres lotes implantados con olivos con distintos años de riego, luego de un período de lluvia mayor a la media. La conductividad eléctrica (CE) del agua es de 2 dS m^{-1} . El ensayo se llevó a cabo en Estación Faro, Cnel. Dorrego, a 49 msnm. Se tomaron tres muestras de cada horizonte por lote. A cada lote se le asignó un tratamiento: 4, 6 y 8 años de riego. Los horizontes descriptos para los tres perfiles fueron: Ap, AB, Bt y BC. Los resultados indicaron que no existen diferencias significativas entre los distintos años de riego, salvo en 6 años donde $BC > Bt = AB = Ap$, es decir, se observó una concentración significativamente mayor de las sales en el horizonte BC. Sin embargo, hubo un lavado progresivo de las sales en el perfil de suelo en los tres tratamientos, aumentando la CE del mismo desde el horizonte Ap hasta el BC. En conclusión, independientemente de los años de riego y con precipitaciones mayores a la media, las sales no se acumularon en el horizonte superficial sino que se vieron desplazadas en profundidad.

PALABRAS CLAVE: horizontes, conductividad eléctrica, olivos.

**TRIGO CONTINUO EN UN AMBIENTE SEMIARIDO: EFECTO SOBRE PROPIEDADES
FISICAS DEL SUELO**

Cirolini E.S., N.E. Echeverría, M.P. De Lucia, M.E. Bouza, J.C. Silenzi

Conservación y Manejo de Suelos. Departamento de Agronomía, UNS, San Andrés 800
(8000) Bahía Blanca, Buenos Aires - mdelucia@uns.edu.ar

RESUMEN: Los sistemas de labranza pueden degradar las propiedades del suelo y afectar su productividad. El objetivo de este trabajo fue evaluar en un ambiente semiárido el impacto que generan tres sistemas de labranzas sobre las propiedades físicas de un Haplustol éntico. El estudio se realizó en un ensayo de labranzas bajo un sistema de agricultura continua de trigo, ubicado en el sudoeste SO bonaerense. Los tratamientos estudiados fueron LC (barbecho mecánico con rastra de discos), LV (barbecho mecánico con rastra de discos y arado de cinceles) y SD (barbecho químico). A cuatro años del inicio del ensayo se evaluaron los siguientes parámetros: porosidad (%), densidad aparente (DA; Mg m^{-3}), penetrometría (RP; MPa) y parámetros hídricos (curva hídrica y humedad actual (%)). Los resultados obtenidos mostraron que los valores encontrados en DA (0,97 a $1,26 \text{ Mg m}^{-3}$), ya sea al inicio o al finalizar el ciclo, no comprometen significativamente el crecimiento y rendimiento del cultivo. Se observó un aumento significativo en la RP, conforme pasó el tiempo desde la siembra hasta la espigazón. La RP para ambos estadios en el horizonte superficial fue un 90 % más alta en SD (0,67 y $1,36 \text{ MPa}$) que LC (0,38 y $0,71 \text{ MPa}$) y LV (0,33 y $0,76 \text{ MPa}$). Mientras que a mayor profundidad LV presentó menores valores debido al efecto del cincel. Analizando el parámetro de humedad, SD siempre acumulo más agua. La Pt de SD fue menor que los tratamientos labrados en todas las profundidades, acercándose a los valores de LC y LV a partir de los 48 centímetros de profundidad. Como conclusión se puede afirmar que si bien la descripción morfológica del perfil evidenció una leve compactación en los primeros horizontes en SD, los valores medidos en los indicadores físicos no indicarían restricción en el normal desarrollo del cultivo.

PALABRAS CLAVE: parámetros físicos del suelo, *triticum aestivum*, agricultura continua, SO bonaerense

**EFFECTO DE LABRANZA DIFERENCIAL PARA UN SISTEMA DE AGRICULTURA
CONTINUA EN EL SUDOESTE BONAERENSE**

Alzorriz A.J., N.E. Echeverría, M.E. Bouza, M.P. De Lucia, J.C. Silenzi

Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur , San Andrés 800 (8000) Bahía Blanca, Buenos Aires -mdelucia@uns.edu.ar

RESUMEN: La siembra directa introdujo una nueva alternativa de producción, que mejora la economía del agua y disminuye la degradación de los suelos, aunque con mayores requerimientos de N. El objetivo fue evaluar la eficiencia hídrica del barbecho y la respuesta del cultivo de trigo empleando distintos sistemas de labranza y fertilización. El ensayo se realizó en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires. Los tratamientos estudiados fueron LC (barbecho mecánico con rastra de discos), LV (barbecho mecánico con rastra de discos y arado de cinceles) y SD (barbecho químico), al macollaje se aplicaron 100 kg ha⁻¹ de urea a la mitad de ellos (sin urea: 0, con urea: F). Se evaluó: Eficiencia hídrica del barbecho, densidad y distribución de raíces y parámetros de rendimiento. El contenido de agua al finalizar el barbecho fue similar en todos los tratamientos, con valores de 95, 91 y 100% de la capacidad de campo para LC, LV y SD respectivamente. La eficiencia hídrica fue baja (altas precipitaciones previas al barbecho). La densidad de raíces en SD (0) exhibió mayor concentración en los primeros 5 cm mientras que LC (0) y LV (0) lo hicieron en los 10 cm. En los fertilizados, SD (F) fue el que mayor respuesta evidenció respecto al testigo. Los parámetros de rendimientos fueron significativamente más altos en LC. La aplicación del fertilizante nitrogenado mostró respuesta en todas las variables analizadas, excepto en P_{1000} y en granos esp⁻¹, siendo SD el sistema de labranza que lo hizo en mayor magnitud con aumentos superiores al 50 %. SD a pesar que presentó los menores valores en los componentes del rendimiento, fue el sistema que presentó: mayor respuesta al agregado de N, mayor humedad durante el barbecho y desarrollo del cultivo, estableciéndose como una alternativa sustentable, eficiente en el uso del agua y dependiente de la fertilización.

PALABRAS CLAVE: siembra directa; agricultura continua; *Triticum aestivum*.

EFICIENCIA DEL USO DEL AGUA EN VERDEOS DE INVIERNO BAJO DOS
POSICIONES TOPOGRÁFICAS EN UN SITIO SEMIÁRIDO

Cerdá C.C.¹, R. Kiessling², M.S. Carrasco¹

¹ INTA AER Bahía Blanca, Estación Experimental Agropecuaria Bordenave.

– cerda.corina@inta.gob.ar

² Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur.

RESUMEN: La eficiencia de uso del agua (EUA) se define como la producción de biomasa por unidad de agua. El objetivo de este trabajo fue evaluar la EUA en verdeos de invierno bajo dos posiciones topográficas diferentes en un sitio semiárido bajo siembra directa. El ensayo se realizó en Colonia Napostá, Partido de Bahía Blanca. Los verdeos de invierno fueron: avena (Av, *Avena sativa* L.), cebada (Cb, *Hordeum vulgare* L.), centeno (Cn, *Secale cereale* L.), y triticale (Tr, x *Triticosecale* Wittmack). Se tomaron muestras de suelos (0-20, 20-40 y 40-60 cm) en ambas posiciones (ladera baja, LB y ladera media, LM) y en dos momentos: i) siembra de verdeos y ii) 80 días después de implantación. Se midió la producción de materia seca (MS) de los verdeos y la humedad (H) inicial y final de los suelos. La EUA se calculó como el cociente entre la MS y el uso consuntivo. Las precipitaciones fueron de 160 mm. Se observaron diferencias en MS producida según la posición (interacción significativa). En LB se hallaron diferencias significativas ($p=0,003$) en MS de los verdeos, siendo $Cb (973 \text{ kg ha}^{-1}) = Av (905 \text{ kg ha}^{-1}) \geq Tr (653 \text{ kg ha}^{-1}) \geq Cn (462 \text{ kg ha}^{-1})$; mientras que en LM no se hallaron tales diferencias con una media de $1173 \text{ kg MS ha}^{-1}$. La EUA demostró diferencias significativas entre verdeos y posiciones. Los mayores valores se detectaron con Cb ($7,4 \text{ kg MS mm}^{-1}$) y los menores con Cn ($5,7 \text{ kg mm}^{-1}$), y en LM ($8,8 \text{ kg mm}^{-1}$). Las condiciones hídricas (H inicial + precipitaciones) generadas en el periodo, redujeron la producción de los verdeos en LB, reduciendo la EUA. En contraposición a lo esperado, el exceso hídrico en LB tuvo un efecto negativo sobre la producción de MS. Probablemente este efecto fue acentuado por la granulometría más fina asociada a zonas bajas.

PALABRAS CLAVE: topografía, eficiencia, siembra directa

**VARIACIONES EN PROFUNDIDAD DE LAS FORMAS DE FÓSFORO EDÁFICO EN
AMBIENTES DE MONTE SEMIÁRIDO**

Luna M.A.¹, L.G. Suñer², J.A. Galantini², J.M. Zeberio¹, R.M. Martínez¹

¹ Escuela de Producción, Tecnología y Medio Ambiente, Sede Atlántica de la Universidad Nacional de Río Negro. Avenida Don Bosco y Leloir, (8500) Viedma (RN), Argentina. - mluna@unrn.edu.ar

² Comisión de Investigaciones Científicas (CIC), CERZOS – Departamento de Agronomía, Universidad Nacional del Sur. San Andrés 800, (8000) Bahía Blanca (BA), Argentina.

RESUMEN: En ecosistemas de zonas áridas y semiáridas la vegetación es discontinua. La respuesta de la vegetación a disturbios naturales y antrópicos promueve diferencias, alterando la dinámica de la materia orgánica (MO) del mantillo y así los nutrientes que de su mineralización resultan. La dinámica del P depende de variables que intervienen en el ciclo biogeoquímico de este elemento. El contenido de P inorgánico (Pi) es solo una parte del total del suelo, otra parte (20-80%) está comprendida por el P orgánico (Po). El objetivo fue evaluar la distribución de las formas de fósforo ante variaciones en la estructura de la vegetación leñosa en ambientes semiáridos. El área de estudio comprendió ocho sitios del NE de la provincia de Río Negro. En cada sitio se delimitaron tres parcelas calculándose cobertura total de leñosas, Los sitios se agruparon según la proporción de árboles/arbustos: >0,50 (I), entre 0,50 y 0,20 (II) y menor a 0,20 (III). En cada parcela, se tomaron muestras de suelo disturbadas a distintas profundidades (0-0,01; 0-0,05; 0,05-0,10; 0,10-0,30 y de 0,30-0,60 m). Las muestras se secaron y tamizaron, posteriormente se fraccionaron en húmedo obteniéndose 3 fracciones, en cada una de las cuales se determinó la concentración de Pi y Po. Considerando el suelo sin fraccionar, se observó que en las capas superficiales 0-0,01 y 0,01-0,05 m los sitios con mayor proporción de árboles contienen mayor contenido de Pi. En 0-0,10-0,30 y 0,30-0,60 no hubo diferencias en el contenido de Pi ni de Po. Teniendo en cuenta las fracciones por tamaño de partículas, los contenidos de Pi como de Po están condicionados por el tamaño de partícula. En 0,01, 0,05 y 0,10 m la fracción fina presenta mayores contenidos de Pi y Po. La distribución de $Po/(Pi+Po)$ no mostró diferencias significativas entre los grupos de I, II Y III en las primeras profundidades, pero sí a partir de los 0,60, esto indicaría una mayor contribución de Po al P total en los tratamientos con leñosas a mayor profundidad. Concluyendo que los ecosistemas evidencian diferente respuesta a cambios en la continuidad de la vegetación con respecto a la dinámica del P.

PALABRAS CLAVE: Vegetación natural, fraccionamiento físico del suelo, fertilidad potencial.

**CAMBIOS EN LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE MAÍZ ASOCIADO A
INCREMENTOS EN LA DOSIS DE FÓSFORO**

Alvarez C¹, Y. Feninger², A. Giorgis², M. Saks³

¹ AER Gral. Pico, calle 13 N° 857 Gral. Pico (LP) – alvarez.cristian@inta.gob.ar

² Pasantes AER Gral. Pico.

³ BUNGE, Argentina.

RESUMEN: En los últimos años, la intensificación de los sistemas agrícolas, generan un balance negativo en la disponibilidad de fósforo del suelo. Nuestro objetivo conocer los efectos de la aplicación de P, sobre la productividad del cultivo de maíz en la región semiárida pampeana. Además se planteó evaluar la eficiencia de uso del fertilizante. El estudio se realizó en el establecimiento “La Piedad”, Eduardo Castex (LP). Se determinó la concentración de P, rendimiento y sus componentes y la eficiencia de uso de fósforo (EUP) y eficiencia uso de agua (EUA). Los tratamientos fueron: I) testigo, II) 10 kg P ha⁻¹, III) 20 kg P ha⁻¹ y IV) 30 kg P ha⁻¹, todos sin limitantes de nitrógeno. Se analizó con ANOVA simple y a través del software Infostat. Los rendimientos variaron entre 8305 y 10881 kg ha⁻¹, con incrementos de rendimientos sobre el testigo de 11,2, 23,7 y 27,4% para los tratamientos P10, P20 y P30 con diferencias significativas (p<0,05). La EUA varió entre 21 y 28 kg mm⁻¹ ha⁻¹. Encontrándose diferencias significativas entre dosis de P. En las condiciones de este estudio se validó la importancia de la fertilización fosfatada en sitios con niveles de Pe inferiores a 6,6 mg kg⁻¹ en promedio, para mejorar la producción maíz y mejorar la EUA en ambientes semiáridos.

PALABRAS CLAVE: fósforo, maíz, eficiencia de uso de agua.

**EFFECTO DE LA UTILIZACIÓN DE ACOLCHADOS PLÁSTICOS EN EL MANEJO
INTEGRADO DE *MELOIDOGYNE* SPP.**

Comezana M.M.^{1,2}, S. Klippstiehl², P.A. Polci², M.E. Ayastuy², R.A. Rodríguez².

¹Comisión de Investigaciones Científicas de la Pcia. de Buenos Aires. -
micaelacomezana@gmail.com

²Departamento de Agronomía-Universidad Nacional del Sur

RESUMEN: *Meloidogyne* es un género de nematodos fitófagos que genera un gran daño en numerosos cultivos del mundo. Su identificación y control resultan dificultosos, por eso es importante encontrar herramientas de manejo que sean viables y sustentables. La temperatura del suelo incide en la duración del ciclo de *Meloidogyne* y en la expresión del gen de resistencia *Mi-1* en las plantas de tomate. El objetivo fue evaluar el uso de acolchados plásticos como herramienta de manejo en cultivares de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) resistentes y susceptibles para el control de *Meloidogyne*. Los tratamientos de acolchados fueron: sin cobertura (control), polietileno color blanco y polietileno color negro. Se evaluaron dos materiales vegetales resistentes y uno susceptible. El diseño experimental fue en parcelas divididas utilizando los tratamientos de cobertura del suelo como factor principal y los materiales vegetales de tomate como factor secundario. El ensayo se realizó, bajo cubierta, en macetas con suelo desinfestado de textura arenosa, pH: 7,1 y conductividad eléctrica: 2,9 dS m⁻¹. Las mismas fueron inoculadas con 1200 huevos-J₂ de *Meloidogyne* sp. Los parámetros medidos luego de 60 días fueron: altura de la planta, número de hojas, número de inflorescencias, grosor del tallo a la altura del cuello, peso seco aéreo y radical, número de masas de huevos raíz⁻¹ (NMH), e índice de agallas (IA). Los materiales vegetales resistentes mostraron menor nivel de infestación (IA, NMH) que el material susceptible (p<0,05). El tratamiento de acolchado negro mostró mayor IA y NMH que el control (p<0,05), esto podría atribuirse a una mayor temperatura y humedad del suelo. En las condiciones del ensayo los materiales vegetales resistentes mostraron ser una buena herramienta de manejo en todos los tratamientos de cobertura aplicados.

PALABRAS CLAVE: tomate, resistencia genética, temperatura del suelo.

UTILIZACIÓN DE HORNO MICROONDAS PARA DETERMINACIÓN DE HUMEDAD DEL SUELO

De Lucia M.P., M.E. Bouza, N.E., Echeverría, J.C. Silenzi

Cátedra Conservación y Manejo de Suelos, Departamento de Agronomía UNS, San Andrés 800, Bahía Blanca. - mdelucia@uns.edu.ar

RESUMEN: La determinación de humedad del suelo se efectúa por medio de secado en horno a 105°C, proceso que tiene una duración de 12 a 48 hs según la clase textural de la muestra. Se sabe que el método gravimétrico es el más exacto y se utiliza para calibrar métodos indirectos. Una desventaja importante es que requiere mucho tiempo si se realiza el secado en horno convencional, por lo que en la actualidad se reconoce la necesidad de una metodología más rápida. El objetivo de este trabajo es optimizar el tiempo en la determinación de la humedad del suelo mediante el uso de un horno de microondas y relacionarlo con el método convencional. En 89 muestras de suelos del SO bonaerense agrupadas por textura: gruesa (franca arenosa liviana y arenosa franca) y media (franca arenosa pesada y franca), se determinó la humedad por el método gravimétrico con horno convencional a 105°C y con horno de microondas en 3 períodos de 4 minutos a 900 Watts de potencia con intervalos de 2 minutos entre periodos. Se utilizaron aproximadamente 25 gramos de suelo en vasos de precipitado de 25 ml, ocupando $\frac{3}{4}$ partes del mismo; sin embargo en muestras de menor espesor se ha detectado que el secado fue más eficiente. Los valores extremos de humedad fueron de 7,2 a 21,1% y 11,9 a 29,8% para los suelos de textura gruesa y media respectivamente en la determinación con el método convencional, mientras que con horno de microondas 7,5 a 20,8% y 11,7 a 29,5% para texturas gruesas y medias respectivamente. La correlación fue muy buena entre las dos formas de secado ($R^2 > 0,98$) considerando todas las muestras y humedades. A pesar que estos datos son preliminares el secado con horno de microondas en el método gravimétrico para determinar humedad aventaja elocuentemente al secado convencional. Se seguirá trabajando para ajustar los tiempos de secado y correlacionar la metodología en texturas más finas.

PALABRAS CLAVE: humedad del suelo, horno microondas, SO Bonaerense.

**EMISION DE MATERIAL PARTICULADO SEDIMENTABLE (MPS) Y SU RELACIÓN CON
LA ERODABILIDAD DE UN SUELO DEL SO BONAERENSE**

Bouza M.E., Pasetti M., De Lucia MP., Echeverría NE., Silenzi JC.

Cátedra Conservación y Manejo de Suelos, Departamento de Agronomía UNS
San Andrés 800, Bahía Blanca. - mbouza@criba.edu.ar

RESUMEN: La región Sur del SO Bonaerense se caracteriza por presentar ambientes frágiles cuyo Riesgo de Erosión Eólica (REE) varía entre moderado a muy alto (22 a $+105$ $\text{Mg ha}^{-1} \text{año}^{-1}$). Estos valores se incrementan con la agricultura realizada mediante labranza convencional. La emisión de partículas finas (PM) durante el proceso de erosión ha sido escasamente medida en la región. El objetivo fue determinar la cantidad de material particulado sedimentable (MPS) procedente de un Haplustol típico, roturado, seco y sin cobertura vegetal, establecer la relación entre el índice de erodabilidad del suelo y algunas variables climáticas respecto a la emisión de material particulado. Se midieron 18 tormentas de polvo entre Abril-Diciembre de 2016 recolectándose el material erosionado con colectores ASTM D1739:98 ubicados a 2 m de altura en una parcela de referencia de 1 ha. Las tormentas analizadas presentaron 86 eventos erosivos y 594 horas con velocidades de viento superiores a 30 km/h (viento erosivo). Respecto a la velocidad media del viento (V_m), el 56% de los datos se ubicaron en el rango de 15-20 km/h, mientras que de las velocidades medias erosivas, el 61% presentó valores entre 35-40 km/h. Se realizaron correlaciones con distintas variables meteorológicas. En general los datos presentaron valores de r^2 que variaron entre 0,51 y 0,78; indicando que los parámetros Velocidad máxima y Duración del evento fueron los que mejor correlacionaron ($p < 0,05$) con la emisión de material particulado de un suelo agrícola en condiciones de extrema vulnerabilidad. La fracción erosionable (FE) ajustó a una ecuación exponencial positiva, presentando valores de r^2 en promedio para todas las muestras de 0,85, donde a mayor valor de FE, mayor emisión de material particulado. A lo largo del período de muestreo, la cantidad de material transportado por suspensión varió entre 0,071 y 0,8 $\text{mg/cm}^2/30$ d indicando que el 34% del material recolectado superó el límite permitido según la O.M.S ($0,5 \text{ mg/cm}^2/30\text{d}$).

PALABRAS CLAVE: material particulado, fracción erosionable, SO Bonaerense.

**RESPUESTA DEL TRIGO A LA INOCULACIÓN CON *AZOSPIRILLUM* EN SUELOS DEL
SECTOR SEMIARIDO BONAERENSE**

Bravo O., J.J. Ajís Blasco, N. Echeverría, P. Zalba

Departamento de Agronomía, UNS. e-mail: obravo@uns.edu.ar

RESUMEN: Las cepas comerciales del género *Azospirillum* tienen la capacidad de promover el crecimiento vegetal en los primeros estadíos de cultivo, especialmente bajo estrés moderado. La promoción del crecimiento se origina en la producción de hormonas que estimulan el crecimiento radical y la proliferación en la rizósfera de otros microorganismos favorables para las plantas. El objetivo del presente trabajo fue evaluar la respuesta de parámetros de rendimiento y calidad del cultivo de trigo a la inoculación con *Azospirillum brasiliense*, en suelos del sector semiárido bonaerense. El ensayo se llevó a cabo en un lote del predio Naposta-UNS, que abarca 4 unidades de suelos. Los tratamientos corresponden a un testigo sin inoculación (NT) y tratamiento inoculado (T). Las variables analizadas en macollaje fueron: longitud radicular (LR, cm), plantas/m², biomasa radicular (BR, g/m²) y biomasa aérea (BA, g/m²). En madurez fisiológica espigas/m², granos/espiga, biomasa aérea (BA1, kg/ha), peso hectolitrito (PH), peso de 1000 semillas (P1000, g) y rendimiento en grano (kg/ha). En macollaje no se han detectado diferencias por el tipo de suelo para las variables analizadas ($p > 0,15$ a $0,60$). LR presenta diferencias a favor de T ($p < 0,01$), mientras que plantas/m², BR y BA no presentaron diferencias. En las primeras etapas del cultivo la BR puede explicar por regresión lineal un 68 % de la variabilidad de la BA. A cosecha las variables espigas/m², BA1 y RG presentan diferencias significativas a favor de T ($p < 0,05$), con respuesta similar en las 4 unidades de suelos comparadas. La BA1 puede explicar un 96 % de RG. En años de buena disponibilidad hídrica la variabilidad edáfica no es reflejada por el cultivo de trigo. La inoculación de semillas con *Azospirillum brasiliense* fue positiva, con una mayor longitud radicular en macollaje y mayor rendimiento en grano a cosecha.

PALABRAS CLAVE: Productividad de trigo, *Azospirillum brasiliense*, tipos de suelos.

**VARIABILIDAD ESPACIAL DE SUELOS: INFLUENCIA SOBRE LA PRODUCCIÓN Y
CALIDAD DE PASTO LLORÓN**

Bravo O.¹, Peláez J.N.¹, N. Amiotti^{1,2}

¹ Departamento de Agronomía, UNS. e-mail: obravo@uns.edu.ar

² CERZOS, CONICET

RESUMEN: El pasto llorón (*Eragrostis curvula*) es una de las gramíneas forrajeras megatérmicas perennes revalorizadas en la región templada de Argentina, tanto por su productividad forrajera como por sus beneficios sobre el suelo. El presente trabajo tiene como objetivo evaluar la relación entre la productividad/calidad del pasto llorón y la variabilidad espacial de suelos establecida en un documento cartográfico detallado (escala 1:10.000). El ensayo se realizó en el predio Naposta del Dpto. de Agronomía UNS. Sobre dos unidades cartográficas denominadas lomadas (Lo) y laderas (Lad) se analizaron variables edáficas (n= 20) y de la pastura (n=60): profundidad efectiva (PE, 3 rangos); presencia de CaCO₃ y la textura del horizonte superficial. En la pastura se determinó la disponibilidad de materia fresca (MF), materia seca (MS) y proteína bruta (PB). El pasto llorón presentó mayor producción y calidad en Lad respecto a Lo (p< 0,05) con incrementos del 98, 95 y 89 % en MF, MS y PB. La producción de forraje fue mayor en los sitios con PE> 1 m con incrementos del 168 y 163 % en MF y MS respecto a los suelos de PE< 0,5 m. En relación a PB, PE > 1m supera a los otros rangos (p <0,05), con incrementos del 64 y 163 %. Los modelos de regresión indican que la PE puede explicar el 63 y el 53 % de la variabilidad MS y PB, respectivamente. Por decímetro de PE se observan incrementos de 356 kg ha⁻¹ en MS y de 17 kg ha⁻¹ de PB. La producción y calidad del pasto llorón responde en forma precisa a la variabilidad espacial de los suelos, establecida tanto por la segregación en unidades cartográficas como por rangos de profundidad efectiva.

PALABRAS CLAVE: Pasto llorón, productividad, cartografía de suelos.

**ASPECTOS RELACIONADOS CON LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS EN EL
SEMIÁRIDO SECANO BONAERENSE. NODO VILLARINO NORTE**

Zubiaga L.¹, J. Vanzolini¹, L. Dunel¹, D. Ombrosi¹, R. Storniolo¹, J. Vasicek¹, S. Cuello¹, A. Pereyro², C. Álvarez³, A. Quiroga⁴

¹ INTA. Centro Regional Buenos Aires Sur. Estación Experimental Agropecuaria Hilario Ascasubi. Argentina. zubiaga.luciano@inta.gob.ar

² INTA. Centro Regional Buenos Aires Norte. Agencia de Extensión Rural Pehuajó. Argentina.

³ INTA. Centro Regional La Pampa – San Luis. Agencia de Extensión Rural General Pico. Argentina.

⁴ INTA. Centro Regional La Pampa - San Luis. Estación Experimental Agropecuaria Anguil. Argentina.

RESUMEN: Ante la vulnerabilidad de los sistemas productivos, la innovación tecnológico-organizacional, es decir, la generación, acceso, adopción, apropiación y difusión de la tecnología, adquiere relevancia. Las actividades del Nodo Villarino Norte (NVN), integrado por productores de secano del Partido de Villarino, técnicos de la EEA Hilario Ascasubi y técnicos vinculados al PN Agua del INTA, permitieron detectar problemáticas de los sistemas de producción y plantear experiencias para dar respuesta. La producción agrícola en el sur semiárido bonaerense (SSB) se asocia a procesos de degradación de suelo. La utilización de siembra directa (SD) en lotes de producción es escasa y la cobertura de suelo que se alcanza con los rastrojos del cultivo anterior no logra cubrir el 30% del suelo. Esta escasez de cobertura de rastrojos tiene origen en los exiguos rendimientos de los cultivos invernales (promedio, 1,2 t ha⁻¹), y condiciona el efecto sobre la conservación de la humedad y la prevención de los procesos de erosión. En el Est. La Susana (Ombucta), los lotes de agrícolas en SD poseen suelos de textura franco-arenosa, con 1,2% de materia orgánica y 19 ppm de fósforo. El perfil de suelo no presenta capas densificadas ni compactadas, tiene una profundidad promedio de 0,80 m y su capacidad de retención hídrica se estima en unos 80 mm. Se implementó un cultivo de verano (maíz) de baja densidad (30.000 plantas ha⁻¹), para aumentar la eficiencia de uso del agua en el suelo, aportar cobertura vegetal a los cultivos de invierno, favorecer el manejo de malezas y modificar la secuencia trigo-trigo. Luego de dos años de experimentación, en 2016 se sembraron 160 has de maíz. La biomasa del maíz (3,5 t ha⁻¹) permitió aprovechar el agua estival, alimentar a distintas categorías de ganado vacuno y mejorar la cobertura a la siembra del cultivo invernal. De esta forma, una tecnología concebida a través de un trabajo grupal, tuvo adopción por parte del productor y se mostró como promisorio para ser imitada en ambientes similares.

PALABRAS CLAVE: adopción, maíz baja densidad, secano

**RESULTADOS DE IMPLANTACION DE PASTURAS PERENNES EN LOS PARTIDOS DE
BAHÍA BLANCA Y CNEL. ROSALES EN EL MARCO DEL PROYECTO PARA LA
ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS SUSTENTABLES EN AMBIENTES SEMIÁRIDOS**

Lauric A., G. De Leo, C. Torres Carbonell

EEA INTA Bordenave-Agencia de Extensión Bahía Blanca - lauric.andrea@inta.gob.ar

RESUMEN: La sucesión de sequías obligó a rever el sistema productivo modal para disminuir los riesgos en un marco de sustentabilidad que permita mantener a los productores dentro de un sistema de mayor adaptación frente a estos eventos característicos de la región semiárida. Una de las estrategias fue promover el incremento de las pasturas perennes con tolerancia a sequía y de bajo costo para estabilizar los niveles de producción en ambientes semiáridos, cuyo porcentaje de ocupación rondaba en el orden del 1% (3000 has). En una primera etapa, que inició en 2005, se intensificó la experimentación adaptativa en forrajeras perennes y en una segunda etapa se realizó la transferencia masiva de la herramienta ya optimizada en la zona de influencia de la Agencia en conjunto con instituciones público-privadas en el marco de un Proyecto para la adopción de tecnologías sustentables. El objetivo del presente trabajo fue cuantificar los resultados obtenidos en la segunda etapa (2010-2016) de intervención a través del aumento de la superficie de pasturas como parámetro cuantificable. La recolección de información se realizó procesando la evolución por productor a través de datos propios y de otras instituciones participantes del proyecto. El incremento de la superficie de pasturas en los dos partidos fue de aproximadamente 7000 has con 95 establecimientos que contribuyeron al total, representando cerca del 50% de los productores en el área de influencia de la Agencia. Es decir que en 5 años se logró un porcentaje mayor a la superficie histórica. El porcentaje de la superficie implantada de pasto llorón y agropiro resultó similar. La localización de las pasturas relevadas reflejó una distribución homogénea. Los resultados presentados permitieron visualizar que la cuantificación de pasturas perennes implantadas es un parámetro importante para la evaluación del impacto en la adopción de tecnologías sustentables con logros cuantificables en el mediano-largo plazo.

PALABRAS CLAVE: incremento pasturas, ambiente semiárido, sistema extensión

**APLICACIÓN DEL INDICE VERDE (NDVI) AL SEGUIMIENTO ESTACIONAL DE
PASTIZALES Y “CAMPOS” NATURALES EN EL SEMIÁRIDO BONAERENSE**

Marini M.F., G.L. Bonvissuto

Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria - INTA. Agencia de Extensión Bahía Blanca de la Estación Experimental Bordenave. San Andrés 800 - Campus Universitario. Bahía Blanca, Buenos Aires, Argentina

RESUMEN: Entre los usos y aplicaciones de las imágenes satelitales se encuentra la posibilidad de realizar un seguimiento del desarrollo de una determinada cubierta vegetal. Esto se consigue merced a la caracterización de su ciclo fenológico o bien relacionando el estado del lote seleccionado con las condiciones climáticas. En tal sentido, uno de los métodos para constatar dicha relación es a través de la evolución del índice verde. Uno de los más utilizados es el NDVI (Índice Normalizado de Diferencia de Vegetación), parámetro muy eficaz para la determinación de las propiedades de las cubiertas vegetales. Se basa en que la firma espectral característica de la vegetación sana muestra un claro contraste entre las bandas visibles roja e infrarroja, obteniéndose valores que oscilan entre 1 (vegetación muy densa) y -1 (ausencia total de vegetación). Este trabajo se llevó a cabo en algunos sistemas de producción del territorio Semiárido Bonaerense en los que se manifiesta una tendencia a la disminución de la actividad agrícola e incremento de la producción ganadera y en donde se revaloriza el aporte de forraje producido por los pastizales naturales (donde nunca se realizó agricultura) y por los “campos naturales” (ex-campos de cultivo, restaurados por sucesión secundaria). Se cartografió la evolución estacional del NDVI a nivel predial. En una selección de lugares de muestreo (n=16) con diferentes tipos de vegetación e historia de uso se observó que: 1) En promedio, el NDVI estacional es mayor en primavera y otoño (0,4867 y 0,5364), y menor en invierno y verano (0,3635 y 0,3657, respectivamente); 2) los NDVI presentan una tendencia a decrecer de E a O; 3) los NDVI difieren, dentro de un mismo campo, en función de los distintos ambientes/comunidad vegetal/historia de uso (ej: NDVI promedio 0,4380 y 0,4544, en un pastizal en condición pobre y buena respectivamente).

PALABRAS CLAVE: Pastizales naturales, NDVI, imágenes satelitales.

**ORTORECTIFICACIÓN DE FOTOGRAFÍAS AÉREAS HISTÓRICAS PARA EL ESTUDIO
DE CUERPOS DE HIELO EN EL CERRO CRESTÓN (NEUQUÉN, ARGENTINA)**

Groch D.

Laboratorio Nordpatagónico de Teledetección (LANTEL) – Departamento de Geografía, Facultad de Humanidades (FaHu) de la Universidad Nacional del Comahue (UNCo). Buenos Aires N°1400 (C.P. 8300). Ciudad de Neuquén, Neuquén, Argentina - damian.groch@fahu.uncoma.edu.ar

RESUMEN: Investigaciones llevadas a cabo las últimas décadas, han expuesto la trascendencia del estudio de los cuerpos de hielo debido a las fluctuaciones sufridas por efectos del calentamiento global. Gracias a los avances tecnológicos, la precisión de las herramientas disponibles para su estudio y monitoreo ha incrementado significativamente. Este trabajo presenta la ortorectificación de fotografías aéreas históricas de 1963, para determinar el posicionamiento y tamaño de los cuerpos de hielo presentes en el Co. Crestón (3,455.0 msnm), en la Cordillera del Viento (Neuquén, Argentina). Las fotografías constituyen una valiosa información previa al lanzamiento de los satélites de mediana/alta resolución abocados al estudio del medio ambiente, las cuales permiten profundizar el conocimiento de las reservas hídricas existentes en la región nordpatagónica para ese entonces y propiciar investigaciones futuras. El procesamiento se realizó mediante una combinación de técnicas de sensoramiento remoto digitales en el módulo COSI-Corr (Co-registration of Optically Sensed Images and Correlation) de ENVI (ENvironment for Visualizing Images) 5.0 y el Sistema de Información Geográfica QGIS. Primeramente, fueron digitalizadas las fotografías aéreas históricas, y posteriormente fueron corregidas las deformaciones debido al relieve mediante el proceso de ortorectificación, permitiendo de esta manera la delimitación e inventariado de los cuerpos de hielo descubiertos evitando errores espaciales. Para ello fue utilizado además una imagen satelital LANDSAT 7 ETM+ y el Modelo Digital de Elevación (MDE) SRTM-3. Se determinó la existencia de 49 cuerpos de hielo (0.74 km²) en el Co. Crestón para el año 1963, teniendo 38 de ellos (0.12 km²) una superficie inferior a 0.01 km² y 11 (0.62 km²) una superficie mayor a 0.01 km². Los cuerpos de hielo inferiores a 0.01 km², si bien no alcanzan el límite mínimo para considerarse glaciares, en la montaña representan el 16.9 % del hielo existente y deben ser considerados en los estudios de este tipo.

PALABRAS CLAVE: Ortorectificación, fotografías aéreas, cuerpos de hielo.

**CONTENIDO DE OXALATO EN ECOTIPOS DE *PORTULACA OLERACEA* L. CRECIDOS
EN SUELOS DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA EN RELACIÓN CON LA DISPONIBILIDAD DE
NITRÓGENO EDÁFICO**

Rosetti M.V.¹, R.J. García^{1*}, L.F. Hernández^{1,2}

¹Departamento de Agronomía-UNS - ramiro.garcia@uns.edu.ar

²CICPBA, La Plata.

RESUMEN: *Portulaca oleracea* L. es una planta herbácea, considerada comúnmente como maleza. Sin embargo, es una valiosa fuente de nutrientes, rica en ácidos grasos Ω -3 y con numerosas propiedades medicinales. Es altamente tolerante al estrés hídrico, pero ello conlleva al aumento indeseable en el contenido de oxalato (Coxa) de sus tejidos. La producción de cultivos no tradicionales como *P. oleracea* es una alternativa factible para los suelos de la zona semiárida. En este relevamiento se cuantificó el Coxa en plantas de diferentes accesiones locales de la especie, con la finalidad de seleccionar las de mejor calidad nutricional. En los sitios evaluados se determinó el potasio disponible (Kdis), fósforo extraíble (Pe) y nitrógeno inorgánico (N-NO_3^- ; N-NH_4^+) del suelo. Estos sitios presentan condiciones agroclimáticas contrastantes en fertilidad nitrogenada edáfica: Viedma, Pedro Luro y Bahía Blanca (27,2; 17,8 y 10,7 ppm N-NO_3^- , respectivamente). En hojas y tallos secos se determinó colorimétricamente el Coxa. Se observó una relación inversa entre la relación $\text{NO}_3^-/\text{NH}_4^+$ del suelo y el Coxa de las hojas ($R^2=0,99$). El Coxa en los tallos no varió entre las accesiones. No se observó una clara relación entre la Coxa en las hojas con el Kdis y el Pe. Los resultados sugieren que el contenido de nitrógeno en el suelo incide en el Coxa de los tejidos aéreos (comestibles) en esta especie. Se presenta la alternativa de cultivar *P. oleracea* con Coxa aceptable realizando un manejo de la fertilización nitrogenada en los suelos de la región semiárida.

PALABRAS CLAVE: *P. oleracea*, oxalato, fertilización nitrogenada.

EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL SUELO MEDIANTE DOS INDICADORES DE CALIDAD

Aoki A.¹, M.R. Ateca¹, H.P. Apezteguía¹

¹ Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Córdoba.
aaoki@agro.unc.edu.ar

RESUMEN: En el marco de un proyecto sobre indicadores de calidad de suelos para la región central de Córdoba, se evaluaron Glomalina y estabilidad estructural. La glomalina es una glicoproteína producida por hongos micorrízico arbusculares que se relaciona con la estabilidad de los agregados del suelo. Este trabajo se desarrolló en un ensayo iniciado en 1995 en la EEA INTA Manfredi (Lat. 31,5° S, Long. 63,5° O). El suelo es un Haplustol éntico (Serie Oncativo) profundo, bien drenado, de textura franco limosa. El diseño experimental es bifactorial: un factor secuencia de cultivos con dos niveles (monocultivo de soja -SS- y rotación soja-maíz -SM) y otro factor manejo de cultivos con tres niveles (siembra directa -SD-, siembra directa con cultivo de cobertura -SDcc- y labranza convencional -LC-). Se tomaron muestras compuestas de todas las parcelas y además de un Bosque Nativo Degradado -BNd-, y de otro en estado prístino -BN-. Se determinó estabilidad estructural -EE- por tamizado en húmedo (Kemper & Rosenau, 1986), y glomalina fácilmente extraíble con la metodología de Bradford, citado por Huidobro & Pérez Brandán (2011). La glomalina correlacionó positivamente con estabilidad estructural ($R^2=0,59$). Se analizaron las diferencias en el contenido de glomalina entre tratamientos mediante ANAVA. Hubo diferencias significativas en este orden: BN>BNd>Tratamientos Agrícolas (todos). Considerando solamente los sistemas agrícolas SS con LC resultó estadísticamente inferior a los restantes tratamientos, no encontrándose diferencias entre ellos. Analizando el factor secuencia de cultivos se encontró SM>SS. Con relación a EE el ANAVA mostró la secuencia: BN> BNd > SM SD > SS SD > SS LC = SM LC. Esto muestra la importancia de no mover el suelo para mantener la estructura y de incluir en rotación cultivos con mucho volumen de rastrojo. Ambas metodologías resultan auspiciosas como indicadores de calidad.

PALABRAS CLAVE: estabilidad estructural, glomalina, labranzas.

**UTILIZACIÓN DE SENSORES REMOTOS PARA EL ESTUDIO DE AMBIENTES
FRÁGILES: CASO PATAGONES. EROSIÓN BIOCLIMÁTICA EN AMBIENTES
SEMIÁRIDOS**

Pezzola A.¹, C. Winschel¹, R. Agamennoni¹, M. Enrique², H. Giorgetti³

¹EEA INTA H. Ascasubi apezzola@correo.inta.gov.ar

²EEA Valle Inferior del Río Negro convenio Provincia Río Negro-INTA

³Ministerio de Asuntos Agrarios de la Prov. de Buenos Aires

RESUMEN: El objetivo de este trabajo fue realizar un diagnóstico expeditivo de cuál es la superficie y en qué grado la erosión eólica afectó a los suelos destinados a la agricultura y ganadería. Se utilizó tecnología de percepción remota con información que provee el satélite Terra que incluye el sensor MODIS (Moderate - Resolution Imaging Spectroradiometer) y que proporciona imágenes de la superficie terrestre cada 1 a 2 días. Con estas imágenes de alta sensibilidad radio-métrica en 36 bandas espectrales y una resolución espacial de 250 m, se obtienen diferentes productos, entre ellos: el Índice de Vegetación Mejorado (EVI), que es producido con el máximo valor de radiancia de un píxel en un período de 16 días, reduciendo de esta manera el ruido atmosférico. El estudio multitemporal cubrió el periodo desde julio 2007 a julio 2009 y se analizaron 47 imágenes del producto EVI, de ellas se obtuvieron las curvas fenológicas de la cobertura de los suelos. Para esta evaluación se planteó la hipótesis que una superficie sin cubierta vegetal expuesta a vientos cierta cantidad de tiempo y a las condiciones climáticas de sequía, sería más susceptible a la pérdida de suelo. Para corroborar los datos de la clasificación se realizaron transectas, tomando 156 puntos con GPS para georeferenciar los sitios en que se encontraron lotes con distintos grados de erosión eólica. La superficie del partido es de 1.360.717 ha de las cuales se estimó que hay un total de 393.511 ha de suelos erosionados: 47.337 ha leve a moderada, 219.204 ha moderado a grave y 126.970 ha grave a severo.

PALABRAS CLAVE: erosión eólica, terra – MODIS, Patagones

PATROCINANTES y AUSPICIANTES



Ministerio de Ambiente
y Desarrollo Sustentable
Presidencia de la Nación

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación



Buenos Aires
Provincia



Municipio
de Villarino



Patagones
MUNICIPIO



TORNQUIST
MUNICIPIO



MUNICIPIO
de Bahía Blanca



HONORABLE
CONCEJO
DELIBERANTE

AGENCIA
NACIONAL DE PROMOCION
CIENTIFICA Y TECNOLÓGICA



GRUPO BANCO MUNDIAL



ADAPTATION FUND

ROSÍO ANTINORI

DIPUTADA PROVINCIAL



Cía. Molinera del Sur S.A.



PROFERTIL

Vida para nuestra tierra



Agroservicios Serranos S.A.

PRODUCCION - MANEJO - FERTILIZACION ORGANICA - SEMILLAS - ASSESORAMIENTO

AGRO AUSTRAL SRL

www.agroaustralsrl.com.ar

TORNQUIST





ISBN 978-987-24771-9-6

