



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA

Planilla Evaluación de Proyectos: OCS 136/08

TÍTULO DEL PROYECTO: *Pronóstico anticipado de rendimiento de maíz con modelos basados en redes neuronales artificiales e índices obtenidos por teledetección*

DIRECTOR: *Irigoyen Andrea*

103) Evaluación del Proyecto

Originalidad y estado del conocimiento del tema de investigación (12)	Coherencia entre objetivos, hipótesis y la propuesta metodológica (12)	Factibilidad del cumplimiento del plan propuesto: plan de actividades y cronograma (12)	Formación de recursos humanos (12)	Facilidades disponibles: Infraestructura, bibliográficas, equipamiento, instrumental, etc. (6)	Resultados esperados (6)
10	10	11	9	6	6

Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Entre 60 y 50	Entre 49 y 40	Entre 39 y 30	Menos de 30
52			

104) Evaluación del Director y Co-Director (si lo hubiere)

	Dedicación en hs semanales al Proyecto (5)	Antecedentes en		
		Producción Científica: publicaciones y desarrollos tecnológicos (5)	Dirección y ejecución de Proyectos (5)	Formación de recursos humanos (5)
Dir	5	5	5	
CoDir	5	5	5	5

Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Entre 20 y 15	Entre 14 y 10	Entre 9 y 5	Menos de 5
20			

105) Evaluación del Equipo de Investigación

Dedicación en hs. semanales al Proyecto (5)	Antecedentes de participación en Proyectos de Investigación, producción y experiencia en el tema del proyecto (5)	Experiencia en la formación de recursos humanos de algunos de los miembros (5)	Estructura jerárquica (cargos docentes y/o categorías en el Programa de Incentivos y/o categoría en los Organismos de Promoción Científica) y composición disciplinar en relación a la temática (5)
5	4	5	5

Muy Bueno	Bueno	Regular	Malo
Entre 20 y 15	Entre 14 y 10	Entre 9 y 5	Menos de 5
19			

106) Evaluación Final del Proyecto

Muy Bueno	Bueno	Regular	NO SATISFACTORIO
Entre 100 y 80	Entre 79 y 60	Entre 59 y 40	Menos de 40
91			

107) Resultado de Evaluación (Tildar lo que corresponda)

SATISFACTORIO	X
NO SATISFACTORIO	

108) Fundamentación (argumentar la evaluación en todos los casos, cualquiera haya sido la calificación)

el proyecto es original, factible esta bien redactado con objetivos ciertos claramente fundamentado con adecuada metodología muy fundamentado el cronograma. Se infraestructura es adecuada podría ser más exacta la presencia de RRHH dado lo bueno estructural del grupo de investigadores buena producción del grupo. los directos tienen una adecuada dedicación, para científicos y formación de RRHH

Director: Irigoyen, Andrea Inés
Unidad Académica: Cs. Agrarias



UNIVERSIDAD NACIONAL
DE MAR DEL PLATA

.....

Secretaría de Ciencia, Tecnología y Coordinación

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN

2018 - 2019

1 - IDENTIFICACIÓN PROYECTO

1. *UNIDAD ACADÉMICA* **Ciencias Agrarias**

2. *DENOMINACIÓN DEL PROYECTO*

Pronóstico anticipado de rendimiento de maíz con modelos basados en redes neuronales artificiales e índices obtenidos por teledetección

Palabras claves: **agua en el suelo, atributos de canopeo, funciones de rendimiento, imágenes ópticas/térmicas**

3. *NACT* (OCA u OCS de constitución del NACT)

UNMdP: (2) Física Ambiental OCA N°1369/2012 y Ecofisiología de cultivos OCA N°1375/2012

UNCPBA: (1) Instituto de Hidrología de Llanuras

4. Área de conocimiento:

- Disciplina: **Ciencias Atmosféricas**

- Especialidad: **Meteorología Agrícola, Sensoramiento Remoto**

4.1. Tipo de investigación (tildar lo que corresponda)

1. Básica

2. Aplicada

3. Desarrollo

5. Indicar si el proyecto forma parte de un Programa. Especificar Programa

6. *FECHA DE INICIACIÓN*: **01 / 01 / 2018** *FECHA DE FINALIZACIÓN (*)*: **31 / 12 / 2019**

7. Costo total, fuentes de financiamiento externo (sintéticamente)

UNMdP: 200.000 (24 meses) véase pag. 14 Externo: 200.000 (24 meses)

8. Nómina, dedicación y categoría de Incentivos de investigadores y del personal de apoyo (ver hoja aparte).

2.-. *DESCRIPCIÓN RESUMIDA DEL PROYECTO* (máximo 200 palabras):

Los pronósticos precisos de rendimiento de los cultivos son críticos para el desarrollo eficaz de políticas agrícolas y alimentarias a escala regional. Se proponen modelos basados en redes neuronales artificiales (RNA) y en índices obtenidos por teledetección para predecir tempranamente el rendimiento de maíz en el centro-sudeste de Buenos Aires. Los objetivos son: a) evaluar las relaciones obtenidas sobre varias ventanas de tiempo entre el agua en el suelo y el rendimiento del cultivo; b) desarrollar e interpretar modelos de redes neuronales artificiales (RNA) para predecir tempranamente el rendimiento en función del agua en el suelo, atributos del canopeo y variables meteorológicas; c) comparar las metodologías de modelización basadas en redes neurales e índices obtenidos por teledetección; d) integrar las metodologías evaluadas para el pronóstico de rendimiento. Se utilizan datos de rendimiento de cultivo de dos fuentes: 1) rendimiento simulado a partir del balance de agua del suelo y rendimiento obtenido con funciones de producción, 2) estadísticas por partido del centro-sudeste de Buenos Aires. Las estimaciones de rendimiento en base a datos de satélite se fundamentan en índices de estrés hídrico que combinan datos de índices de vegetación y temperatura de superficie de la vegetación. Se realizan validaciones y estudios de escala.

3. *DIRECTOR*: adjuntar curriculum

Apellido(s) y Nombre(s): **Irigoyen, Andrea Inés**

Documento de Identidad (Tipo y N°): **DNI 18202614**

Institución a la que pertenece: **Facultad de Ciencias Agrarias UNMdP**

Categoría de Incentivos: **III**

Área de conocimiento, disciplinaria o interdisciplinaria: **Ciencias Atmosféricas, Producción Vegetal, Meteorología Agrícola**

4. *CO-DIRECTOR*: adjuntar curriculum

Apellido(s) y Nombre(s): **Rivas, Raúl Eduardo**

Documento de Identidad (Tipo y N°): **DNI 17730587**

Institución a la que pertenece: : **Instituto Hidrología de Llanuras IHLLA (CIC)-Rectorado UNCPBA**

Categoría de Incentivos: **II**

Área de conocimiento, disciplinaria o interdisciplinaria: **Ciencias Atmosféricas, Imágenes de satélite, Meteorología Agrícola**

5. *NÚMERO DE PERSONAS QUE INTERVIENEN EN EL PROYECTO*: adjuntar curriculum abreviado de los investigadores (últimos 5 años)

Investigadores formados: 6

Investigadores en formación: 1

Personal de apoyo: 2

PERSONAL (incluyendo al Director y Co-Director)

<i>Apellido(s) y nombre(s)</i>	<i>Cargo y dedicación</i>	<i>Categoría de Investigador (Incentivos)</i>	<i>Institución</i>	<i>Ded.al Proy. hs./sem.</i>	<i>Funciones a cumplir</i>	<i>FIRMA</i>
IRIGOYEN, Andrea Inés	Prof. Adjunto - EXC	3	UNMdP, Investigadora asociada a la CIC	15	Directora Direc./Asesoram. becarios/tesistas Modelización Relaciones biofísicas Validación	
RIVAS, Raúl Eduardo	Prof. Adjunto SIMPLE Inv. Independiente	2	IHLLA UNCPBA CIC	10	Codirector Coordinación Direc./Asesoram. becarios/tesistas Modelización Validación	
BAYALA, Martín	Personal de Apoyo a la Investigación EXC	-	IHLLA UNCPBA CIC	6	Procesamiento digital de imágenes Validación	
CAMBARERI, Matias Alejandro	Ayudante Primera - EXC	5	UNMdP	10	Relaciones biofísicas Modelización Validación	
CAMBARERI, Gustavo Sebastián	Profesional investigador, PGE	-	INTA	8	Relaciones biofísicas Modelización	
CARMONA, Facundo	Ayud. Dip. Int. Investigador asist.	-	CIC IHLLA UNCPBA Conicet	6	Respuesta espectral Modelización	
ECHARTE, Laura	JTP SIMPLE Inv. Adjunto Prof. Superior	3	UNMdP Conicet INTA	6	Relaciones biofísicas Modelización Validación	
HOLZMAN, Mauro Ezequiel	Investigador asistente Prof. adjunto SIMP int.	-	IHLLA CIC UNCPBA Conicet	10	Modelización Validación	
MALENA, Laura Carolina	Téc. especializado - EXC	-	INTA	6	Bases de datos	

6. *TÍTULO DEL PROYECTO EN INGLÉS:*

Early maize yield forecasting with models based on artificial neural networks and remotely sensed indices

Palabras claves en Inglés: **soil moisture, canopy attributes, yield function, optical/thermal images**

7. *RESUMEN DEL PROYECTO EN INGLÉS* (no más de 200 palabras):

Accurate predictions of crop yields are critical for developing effective agricultural and food policies at the regional scales. We propose models based on neural networks and sensed remoted indices to predict early crop yield responses to climate and biophysical variables at regional scales in maize. The objectives are: a) to assess the relationships between yield and soil water retrieved for several time windows; b) to develop and interpret models of artificial neural networks (ANN) to early prediction of yield from soil water, attributes of canopies and climate variables; c) to compare methodologies from neurals networks and remote sensed indices; d) to integrate the assessed methodologies to forecasting yield. Crop yield data from two sources are used: 1) simulated yield from soil water balance and yield functions, 2) maize yield from satatistics of center-southeastern of Buenos Aires counties. Regional crop yield are estimated by using the Temperature Vegetation Dryness Index (TVDI). Scatters from land surface temperature (LST) and enhanced vegetation index (EVI) space from MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) are used to obtain TVDI and to estimate soil moisture availability. Comparison and integration of estimates from TVDI and ANN are performed. Furthermore, validation and scale studies complement the project.

8. *AVAL DE LA(s) UNIDAD(es) ACADÉMICA(s)*

UNIDAD ACADÉMICA

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

SE DESCRIBIRÁ EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN SEGÚN EL SIGUIENTE INSTRUCTIVO, EN NO MÁS DE 6 PÁGINAS TAMAÑO A4, CON INTERLINEADO SIMPLE Y TAMAÑO DE LETRA NO MENOR AL DEL PRESENTE FORMULARIO (TAMAÑO 11).

1. DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:

Pronóstico anticipado de rendimiento de maíz con modelos basados en redes neuronales artificiales e índices obtenidos por teledetección

2. ORIGEN, ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN, PUBLICACIONES propias (ver cuadro adjunto) del Grupo en relación al Proyecto en los últimos cinco años y grado de avance cuando el proyecto forma parte de una investigación ya iniciada.

El **pronóstico anticipado de rendimientos** consiste en la predicción de la producción un tiempo antes que el cultivo sea cosechado. Los modelos de predicción más difundidos consideran diferentes funciones de rendimiento basadas en el balance de agua en el suelo o en indicadores de la condición del cultivo como los índices de vegetación o índices de estrés hídrico obtenidos desde satélite (Holzman *et al.*, 2014a; FAO, 2017).

La creciente demanda de alimentos, conjuntamente con la ocurrencia de condiciones de tiempo y clima más variables, motiva la búsqueda de soluciones desde varios enfoques disciplinarios e intensivas en conocimiento (Andrade, 2016). En ese sentido, los avances en el desarrollo de tecnologías de colección de datos sumados a una base experimental focalizada en el estudio ecofisiológico de las relaciones entre el rendimiento y las condiciones del cultivo nos proveen información útil para enfrentar el desarrollo o la mejora de modelos de predicción temprana.

Como origen de este proyecto debe mencionarse que, en particular, el pronóstico anticipado de cultivos estratégicos como el maíz es de relevancia tanto en el área de agrometeorología como de la agronomía en general. En la región centro-sudeste de la provincia de Buenos Aires, en la producción en secano, la disponibilidad de agua en el suelo es un factor crucial determinante de la variabilidad de los rendimientos del cultivo de maíz (Aramburu *et al.*; 2015; Panunzio Moscoso *et al.*, 2016ab; Holzman y Rivas, 2016). A pesar que las condiciones de deficiencia de agua pueden causar cuantiosas pérdidas económicas, la estimación de ese impacto a escala regional y la implementación de herramientas de monitoreo y pronóstico anticipado es escasa (Holzman *et al.*, 2014a).

Por esa razón, **un monitoreo oportuno para tomar decisiones en un ambiente variable y vulnerable requiere la evaluación y validación de técnicas de aproximación de la condición del cultivo y del pronóstico de rendimiento basado en un conocimiento integrado del ambiente biofísico y de las técnicas de información.**

Dentro de los modelos de predicción de rendimiento se pueden describir los modelos exclusivamente estadísticos que consideran relaciones empíricas muy sencillas en base al uso de recursos del ambiente (eg. radiación, temperatura y agua, Lobell y Burke, 2010) y los modelos de simulación (eg. CERES, Jones y Kiniry, 1986 y sus actualizaciones, Hogenboom *et al.*, 2004), particularmente robustos para la escala local. También, más recientemente, se han incorporado al grupo de modelos aquellos basados en inteligencia artificial como las redes neuronales artificiales (Álvarez, 2009; Guo y Xue, 2012; 2014; Gonzalez-Sanchez *et al.* 2014). Estos modelos consiguen superar algunas de las limitaciones de modelos basados en regresión y no resultan tan demandantes de información como los de simulación de cultivo. Por otra parte, la tecnologías de teledetección permiten actualmente una identificación más precisa de las condiciones que determinan la productividad de los cultivos. En ese sentido, numerosas técnicas son aplicadas para evaluar el contenido de agua en el suelo y las condiciones de la vegetación (Bhattacharya *et al.*, 2011; Crow *et al.*, 2005; Crow *et al.*, 2008; Chakrabarti *et al.*, 2014; Wang *et al.*, 2016; de la Casa *et al.*, 2017). Varios autores han usado información óptica y térmica para monitorear el agua en la zona de raíces de los cultivos (Carlson *et al.*, 1994; Akther y Hassan, 2011; Crow *et al.*, 2008; Chang *et al.*, 2012; Holzman *et al.*, 2014). Adicionalmente esa información espacial puede ser la entrada en estudios de modelización para pronósticos regionales de rendimiento (Ines *et al.*, 2013; Matwitz *et al.*, 2014; Yao *et al.*, 2015, de la Casa *et al.*, 2017).

Aportes del grupo al estudio del problema

Las relaciones entre el agua disponible, atributos del canopeo y el rendimiento del cultivo de maíz en la región centro-sudeste bonaerense se han estudiado desde las actividades que han sido propuestas desde los inicios del NACT de Física Ambiental.

De esa forma, se han obtenido el uso de agua o evapotranspiración (ET) y los coeficientes de cultivo (Kc) que permiten la determinación del requerimiento de agua del cultivo (evapotranspiración máxima, ETM) a escala local o regional (Della Maggiora *et al.*, 2002, Della Maggiora *et al.*, 2003). **Los trabajos de balance de agua y modelado de la ET se centraron en la estimación de la ET real (ETR) a partir de la reducción de la ET relativa (ETR/ETM) en función de la disponibilidad de agua en el suelo** (Della Maggiora *et al.*, 2002; 2003; 2004), para maíz con labranza convencional y a la densidad de plantas y con el suministro de N que permiten alcanzar el rendimiento máximo. **Otros trabajos del grupo se han centrado en la evaluación de modelos de balance de agua para el cultivo de maíz basados en técnicas de inteligencia artificial.** Se ha demostrado que con un monitoreo superficial del agua en el suelo es posible la estimación de la lámina total de agua en el suelo, si se acompaña con información del desarrollo del cultivo y/o algún componente del balance de agua (Irigoyen *et al.* 2010; 2012; Irigoyen y Della Maggiora, 2015).

La **eficiencia de uso de agua (EUA)** es el indicador de la conversión del recurso agua (ET) en biomasa (Bio) o rendimiento (Rto). **Los componentes (ET, Bio y Rto) de este índice en maíz han sido comparados con los obtenidos en otros cultivos estivales como soja y girasol**, tanto cultivos puros como cultivos en interseembra (Valenzuela *et al.*, 2009; Echarte *et al.* 2011). **Otras variaciones debidas a las prácticas de manejo** como densidad (Tambascio *et al.* 2002; Barbieri *et al.*, 2012), niveles de intensificación de la agricultura (Caffaro La Menza *et al.*, 2014, a y b; Mauro, 2015) y uso del nitrógeno bajo situaciones contrastantes de disponibilidad de agua (Poza *et al.*, 2005; Hernández *et al.*, 2015). Además del uso de agua por el cultivo, la distribución del agua en el perfil y la extracción por el cultivo desde diferentes capas de suelo ha sido descripta en momentos fenológicos claves (Gardiol *et al.*, 1997; Caffaro La Menza *et al.*, 2014b, Mauro, 2015). Se ha comparado específicamente la EUA de cultivares de maíz liberados en diferentes décadas (Nagore *et al.*, 2015) y se ha estudiado su impacto en el rendimiento del cultivo (Echarte *et al.*, 2013). Actualmente se están evaluando entre otras estrategias de manejo, el uso de cultivos de cobertura (CC) previos a los cultivos de verano, que podrían contribuir a un uso más eficiente del agua.

También los estudios realizados durante los últimos años se han focalizado en los **atributos del canopeo** (parte aérea del cultivo) **bajo diferentes prácticas de manejo** como la fecha de siembra, densidad de plantas, nivel de fertilización, disponibilidad de agua y presencia de cultivos previos a la siembra del maíz (Maune, 2014; Díaz *et al.* 2014, a, b y c; Díaz, 2015; Corral *et al.*, 2014, a, b y c.; Corral, 2016, Irigoyen *et al.*, 2015, Irigoyen *et al.*, 2016 a y b). Esta información generada en el grupo puede asociarse directamente al uso de recursos como agua y radiación y constituyen la información base para el desarrollo de nuevos modelos de rendimiento. **La aplicación de redes neuronales artificiales (RNA) ha permitido una estimación precisa de algunos atributos del canopeo (área foliar y altura del canopeo) en condiciones no limitantes de agua y nitrógeno** (Irigoyen *et al.*, 2016 c). Se está finalizando el desarrollo de modelos para estimar atributos bajo otras condiciones de cultivo.

La elevada variabilidad climática en la región centro-sudeste de Buenos Aires tiene una componente asociada al fenómeno El Niño-Oscilación Sur (ENOS) que provoca grandes impactos sobre el balance de agua y la producción de los cultivos en general y ha sido descripta a partir de simulaciones y de datos obtenidos experimentalmente en ensayos de larga duración (Irigoyen *et al.*, 2011, a,b,c; Moreno *et al.*, 2012; Panunzio Moscoso *et al.*, 2016, a y b). Dado que los experimentos de larga duración no se pueden llevar a cabo a nivel regional, con suficiente detalle en tiempo y espacio, considerando todas las prácticas de manejo seguidas por los productores, la simulación con series históricas se ha implementado para dar respuesta a esta limitación. **Las relaciones fisiológicas y del ambiente físico determinadas y validadas en el grupo han sido aplicadas en simulaciones para determinar el riesgo climático (1971-2010) en maíz en la región-centro sudeste bonaerense bajo escenarios que combinan las diferentes prácticas de manejo que selecciona el productor** (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016, a y b).

En el grupo de teledetección, la estimación del agua en el suelo y del rendimiento de cultivos ha sido propuesta a partir de índices de vegetación y de temperatura de la superficie (Holzman *et al.*, 2014, a, b; Holzman y Rivas, 2016). **En particular para maíz, ha sido analizada la aptitud del índice de estrés de la vegetación (TVDI) para pronosticar el rendimiento con diferentes ventanas de tiempo** (Holzman y Rivas, 2016). Esos modelos mostraron una adecuada precisión a escala regional y de paisaje en la estimación anticipada desde las 8 a 12 semanas antes de la cosecha. Se ha propuesto como futuros trabajos una evaluación mas exhaustiva durante el periodo crítico de definición del rendimiento.

En cuanto a las profundidades de suelo para las cuales se estima el contenido a agua, los avances logrados con teledetección muestran que la temperatura radiativa de la superficie es un indicador de disponibilidad sensible a la variación de ésta. A nivel de áreas extensas (predios grandes de un mismo cultivo) y de igual cobertura, la combinación de la temperatura de la superficie vegetal y su comportamiento óptico indica la disponibilidad de agua en el suelo en la zona explorada por las raíces (Holzman *et al.*, 2014b). Si se considera la integración temporal (del orden de los quince días) de la combinación térmico – óptico durante el periodo crítico del cultivo, se puede evaluar la respuesta productiva de la vegetación en forma anticipada a la cosecha.

Una limitación de misiones satelitales con buena resolución temporal (eg. MODIS con una imagen cada 1 ó 1,5 días) es su resolución espacial (ej.: 1 km para bandas del Infrarrojo térmico). En este sentido, se ha avanzado en estudios para la mejora espacial de imágenes de satélite (Bayala y Rivas, 2014).

Los estudios de rendimiento y estrés hídrico realizados por el grupo de teledetección del IHLLA han sido enmarcados en periodos ENOS. Los resultados han indicado que tal fenómeno tiene impacto en las condiciones hídricas de la región pampeana, aunque el impacto no es lineal o que esté asociado a la intensidad del fenómeno (Holzman *et al.*, 2012). Este aspecto requiere estudios complementarios, que pueden implicar un avance en la evaluación de rendimientos en la región.

A partir de la experiencia en el grupo de trabajo en la definición de los componentes del rendimiento del cultivo de maíz y su relación con la disponibilidad de agua (desde el enfoque más agronómico) y en el desarrollo de índices de estrés hídrico y la mejora de técnicas de procesamiento para evaluar las condición del cultivo (desde el enfoque físico-ambiental) se propone una idea integradora de metodologías, las que ya han sido descriptas como adecuadas a diferentes escalas por separado.

3. **HIPÓTESIS:** si correspondiese
4. **OBJETIVOS:** Indicar resultados y metas parciales a cumplir, mediante la concreción del plan de actividades que se presenta y la transferencia de los resultados esperados en el contexto de lo expresado en el punto 2. Explicitar los productos de investigación que se espera publicar dentro de los primeros 6 meses posteriores a la concreción del plan de actividades que se presenta.
 - a) **Evaluar las relaciones entre rendimiento del cultivo de maíz y el agua en el suelo en diferentes ventanas de tiempo.**
 - b) **Desarrollar e interpretar modelos de redes neuronales artificiales para la predicción temprana del rendimiento basados en el agua disponible en el suelo, atributos del canopeo fácilmente observables o estimables y variables meteorológicas fácilmente disponibles.**
 - c) **Comparar las relaciones obtenidas a escala regional entre rendimiento y condiciones del cultivo con las relaciones medidas a escala de parcela y lote.**
 - d) **Integrar las metodologías para alcanzar un pronóstico anticipado de rendimiento**

Se proyecta la publicación de los resultados en eventos académicos nacionales e internacionales durante la ejecución del proyecto. La publicación en revistas científicas se iniciará durante el transcurso del proyecto y se extenderá hasta 6 meses después de su finalización. Por tratarse de la implementación de metodologías se espera una contribución significativa en la formación de recursos humanos especializados con actuación en proyectos interdisciplinarios. Los resultados obtenidos serán transmitidos además a los alumnos de grado y postgrado en las asignaturas dictadas por los docentes participantes.

5. MÉTODOS Y TÉCNICAS A EMPLEAR: Describir en correspondencia con los objetivos específicos, indicando las alternativas evaluadas y la justificación de los procedimientos y técnicas adoptadas.

Resumen de técnicas y métodos a aplicar de los cuales existe experiencia previa en el equipo de trabajo:

- Simulación de balance agua en el suelo en series históricas (Della Maggiora *et al.*, 2003, Panunzio Moscoso *et al.*, 2016)
- Simulación de rendimiento del cultivo en series históricas (Panunzio Moscoso *et al.*, 2016)
- Desarrollo de modelos de redes neuronales artificiales para estimar condiciones de cultivo, atributos del canopeo y rendimiento (Irigoyen y Della Maggiora, 2015, Irigoyen, 2017)
- Extracción de conocimiento a partir de modelos de redes neuronales artificiales (Irigoyen y Della Maggiora, 2015, Irigoyen, 2017)
- Determinación regional de agua en el suelo, índices de vegetación y estrés hídrico, rendimiento de cultivos (Holzman *et al.*, 2014 a y b, Holzman and Rivas, 2016)

El estudio está dirigido sobre el centro-sudeste de Buenos Aires, Argentina, área en la cual los NACT (IHLLA y Física Ambiental) desarrollan sus actividades de investigación, docencia y transferencia.

Determinación de las relaciones entre agua en el suelo y rendimiento de maíz con diferentes ventanas de tiempo. Se seguirán metodologías de balance de agua y se aplicarán funciones de producción para obtener series históricas de agua en el suelo y de rendimiento del cultivo. Este esquema es justificado debido a la falta de mediciones de agua en el suelo sobre toda la región y bajo diferentes prácticas de manejo de cultivo. El balance agua será calculado siguiendo un modelo ajustado localmente (Della Maggiora *et al.*, 2003) a escala diaria para las series históricas (1971-2010) en cuatro localidades del centro-sudeste bonaerense (Azul, Tandil, Balcarce y Mar del Plata). Diferentes escenarios de manejo agronómico (fechas de siembra y ciclo de madurez) serán evaluados siguiendo la metodología descrita en Panunzio Moscoso *et al.* (2016) para tres profundidades de suelo en cada localidad considerando las características físicas de los suelos predominantes en cada localidad. Bases de datos meteorológicas a escala diaria están disponibles. El agua en el suelo será recuperada de las simulaciones a diferentes ventanas de tiempo (decádicas y mensuales) durante la estación de crecimiento de cada escenario para evaluar la correlación con el rendimiento del cultivo. El rendimiento será obtenido a partir de una función de producción expresada como la pérdida relativa de evapotranspiración (Doorenbos y Kasam, 1979). Se compararán las relaciones obtenidas con información obtenida a campo en proyectos previos. Se contrastarán los datos de rendimiento obtenidos en combinaciones de prácticas con datos históricos de evolución de superficie y de condición de cultivo (RIAP- INTA).

Desarrollo y evaluación de modelos basados en redes neuronales artificiales (RNA) para estimar agua en el suelo, atributos del canopeo y rendimiento del cultivo: Se desarrollarán modelos de RNA a partir de información obtenida por simulación y experimentalmente en ensayos previos (proyectos universidad, INTA y ANPCyT) y de las estadísticas por partido dentro de la región. Se compararán las fuentes de información en las series estudiadas, debido a que se reportan en nuestro país, diferencias del orden del 15% de acuerdo a la institución (Grassini *et al.*, 2015). Se dispone de una base climatológica regional. El conjunto de datos disponible será dividido en subconjuntos de entrenamiento, validación y test. El entrenamiento será conducido bajo el algoritmo conjugado de propagación de errores utilizando los valores de agua en el suelo y área foliar en diferentes ventanas de tiempo y el rendimiento de cultivo como salidas esperadas en las RNA. La definición de las variables de entrada a las RNA estará basada en análisis de sensibilidad y/o correlación con variables del ambiente y de atributos físicos del canopeo, como área foliar verde. Funciones de activación de tipo sigmoideas (tangente hiperbólica y logística) serán usadas en la capa oculta y funciones de tipo lineal en la capa de salida de cada red. La selección de la estructura o arquitectura de la red estará basada en la aplicación del algoritmo seleccionado en el IPS (Intelligent Problem Solver) del software Statistica (Statsoft, 2009). La descripción de las RNA será realizada siguiendo: a) las variables entradas, b) la secuencia de la estructura nm-x, en la cual n es el número de entradas, m es el número de neuronas en la capa oculta y x es el número de salidas del modelo y c) la función de activación. La evaluación del desempeño será realizada través de análisis de regresión entre los valores esperados (área foliar, agua en el suelo y rendimiento) y los valores estimados por las redes neuronales y por el análisis de errores obtenidos en el conjunto test: raíz cuadrada del cuadrado medio del error (RCME), error absoluto

medio (EAM) y el error medio (MBE). Se propone la extracción de reglas y de conocimiento sobre el rendimiento, al agua en el suelo y los atributos del canopeo a partir de métodos de descomposición y análisis de sensibilidad para inferir las reglas que están actuando dentro de la estructura de la red (Garson, 1991; Gevrey *et al.*, 2003), ya empleados en el grupo para otras variables del ambiente biofísico de interés agronómico.

Validación de relaciones a escala de parcela y lote: Las estimaciones de rendimiento en base a datos de satélite se fundamentarán en índices de estrés hídrico que combinan datos de índices de vegetación y temperatura de superficie de la vegetación (Holzman *et al.*, 2014a). Los resultados y métodos validados para la región pampeana se aplicarán a escala de parcela y lote y se validarán tanto con datos de rendimiento como con resultados de los modelos de redes neuronales artificiales. Para ello, se complementarán los datos de satélite con datos de campo (eg. meteorológicos y de balance de energía) necesarios para los cálculos a esas escalas.

6. CRONOGRAMA: Descripción de las actividades y tareas a desarrollar para alcanzar los objetivos generales y particulares.

1. Revisión bibliográfica
2. Recopilación de información básica para la modelización del rendimiento anticipado de maíz
3. Desarrollo y evaluación de modelos de estimación de rendimiento basados en RNA
4. Procesamiento de imágenes de satélite y determinación de índices y rendimientos
5. Comparación de metodologías y validación
6. Publicación de resultados

Actividad	Primer año												Segundo año											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
2	x	x	x	x	x	x				x	x	x	x	x	x	x								
3				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x								
5	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x							
6				x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x

7. INFRAESTRUCTURA DISPONIBLE:

Campo experimental de la Unidad Integrada EEA INTA Balcarce. Equipamiento para muestreos y determinaciones: muestreadores de suelo, sonda de neutrones. Estación meteorológica. Espectroradiómetro Ocean Optic. Sensores de PAR, Sensor de reflectancia espectral PRI, Licencia Statistica- Neural Network.

Equipamiento del grupo IHLLA a instalar en los sitios experimentales: placas para la determinación de flujo de calor en el suelo, sensores de temperatura y humedad aire, anemómetro, dataloger. Espectroradiómetro HR-1024i (<http://www.spectravista.com/hr-1024i/>), que mide la energía reflejada por la superficie cubriendo el rango espectral en las longitudes de onda correspondiente a la región Ultra Violeta, Visible e infrarrojo cercano (NIR) y medio (SWIR) desde los 350 a 2500 nm. **Procesamiento de Imágenes.** Fundamentalmente imágenes de satélite del espectro solar y térmico MODISy LANDSAT, provistas por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) y servidores gratuitos. Eventualmente se analizarán imágenes de mejor resolución espacial como SPOT y Sentinel. Programa de procesamiento Envi (Research System Inc., Boulder, Colorado, USA) + IDL. EL procesamiento se hará en la Sede del Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA) en Tandil. **Otros recursos.** Equipamiento informático con acceso a internet, bibliotecas, acceso a la biblioteca electrónica del MinCyT. Estructura administrativa, infraestructura y relaciones para la transferencia de tecnología y para la formación y capacitación de recursos humanos en distintos niveles académicos.

8. EVALUACIÓN ANTERIOR: incluir la evaluación realiza a una versión similar de este Proyecto de Investigación por una institución (Universidad, CIC, CONICET, INTA, etc.)

El proyecto o similar no ha sido presentado en otra convocatoria hasta el momento. Se cuenta con evaluaciones favorables para proyectos de investigación previos y asociados a la temática (últimos 5 años) que acreditan dirección, codirección y participación de los integrantes del presente proyecto. Los proyectos finalizados tienen informe final aprobado y aquellos en marcha están aprobados y con financiamiento.

Recursos del ambiente y prácticas de manejo en el cultivo de maíz

- UNMdP. Atributos biofísicos y estructurales en canopeos de maíz (AGR 505/16). Directora: Irigoyen, A. Codirector: R. Rivas IHLLA (01/01/2016-31/12/2017).
- UNMdP. Manejo de cultivos intensivo en conocimiento para mejorar la eficiencia de uso de recursos (AGR 533/17) Director: Rizzalli, R. (01/01/2017-31/12/2018).
- UNMdP. Productividad y eficiencia de uso de recursos en sistemas intensificados de producción de granos Director: Rizzalli, R.H. Investigadores: 15. (01/01/2013-31/12/2014).
- UNMdP. Eficiencia en el uso del agua en el cultivo de maíz en condiciones contrastantes de suministro de nitrógeno y de disponibilidad de agua.(AGR 382/12) Directora: Echarte, L. Codirectora: Della Maggiora, A. Investigadores:5 (01/01/2012-31/12/2013).
- Ministerio de Ciencia, Tec. E Innovacion Productiva / Agencia Nacional de Promocion Cientifica y tecnologica / Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica. Eficiencia en el uso del agua y emisión de N₂O ante la inclusión de un cultivo de cobertura previo a cultivos de verano, en el sudeste de Buenos Aires. Directora: Echarte, L. ANPCYT, PICT-2012 534. (2017-2020).
- Ministerio de Ciencia, Tec. E Innovacion Productiva / Agencia Nacional de Promocion Cientifica y tecnologica / Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica. Evapotranspiración, eficiencia en el uso del agua y emisión de N₂O ante distintas prácticas de manejo en el cultivo de maíz. Directora: Echarte, L. (2014-2016).

Aplicación de redes neuronales artificiales a la modelización del medio biofísico

- UNMdP. AGR 450/14. Redes neuronales artificiales e imágenes de satélite como soporte para la modelización de las propiedades biofísicas del canopeo de maíz. Directora: Irigoyen, A. Codirector: Rivas, R. (01/01/2014-31/12/2015).
- UNMdP. AGR 387/12. Modelización del uso de agua y evaluación de estrategias de manejo para el cultivo de maíz. Directora: Irigoyen, A. (01/01/2012-31/12/2013).

Técnicas de teledetección y redes de observación

- Ministerio de Ciencia, Tec. e Innovacion Productiva / Agencia Nacional de Promocion Cientifica y tecnologica / Fondo para la Investigación Científica y Tecnológica. Desarrollo e implementación de sistemas automáticos de alerta de inundaciones y sequías en el área sur de la cuenca del Río Salado, Provincia de Buenos Aires. Director: Rivas, R. (2014-2017).
- UNCPBA-ID:03/I033. Validación de Datos de Teledetección a partir de Balances de Masa y Energía (VADATBA) Director: Rivas, R. Investigadores:7 (01/01/13-31/12/15).

9. PROYECCIÓN: Probables aportes de los resultados. Avance del conocimiento científico en el área. Impacto de los resultados (científicos, económico, social, ambiental y transferencia).

Desde el punto de vista científico, el desarrollo del proyecto permitirá, en términos generales, la integración superadora de capacidades por combinación de herramientas metodológicas para lograr un avance del conocimiento sobre el ambiente agrícola desde el punto de vista físico y fisiológico. **Desde el punto de vista académico y de transferencia** permitirá la interacción de dos núcleos de actividades científico-tecnológicas (NACT), geográficamente cercanos y con posibilidades de continuar desarrollando actividades en conjunto. **Desde el punto de vista ambiental y económico**, los productos obtenidos serán organizados en una estrategia de evaluación y monitoreo de condiciones de cultivo a escala regional y de bajo costo.

Se pretende la implementación de las técnicas validadas para la obtención de productos de interés en agricultura y ambiente: a) mapas de pronóstico anticipado de rendimiento; b) mapas de variabilidad

espacio/temporal de crecimiento del cultivo; c) mapas de la evolución de factores de estrés (deficiencia de nitrógeno, condiciones hídricas, senescencia del cultivo).

10. COOPERACIÓN INTERINSTITUCIONAL: Indicar si hubiera convenios firmados en relación al proyecto de investigación (ordenanza y fecha), o convenios a establecer (fecha tentativa de concreción). Describir, cuando estuvieran planificados, otros mecanismos de vinculación para la transferencia de resultados de la investigación.

Se ha firmado un convenio de Cooperación entre la UNCPBA, a través del Instituto de Hidrología de Llanuras (IHLLA), y la UNMdP (OCA N 1382/2012). Actualmente A.IRIGOYEN es investigadora de universidad asociada a la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CIC). Tema de investigación: Atributos físicos y funcionales en canopeos vegetales: técnicas basadas en inteligencia artificial e imágenes de satélite como soporte a la modelización en cultivo de maíz

Se mantienen contactos y se realizan actividades conjuntas con otros grupos de investigación y desarrollo:

- Argentina. Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)
- Argentina. Facultad de Matemática y Física (FaMF) de la Universidad Nacional de Córdoba (UNC)
- España. Universidad de Valencia. Departamento de Ciencias de la Tierra y la Termodinámica
- España. Universidad de Córdoba.
- Brasil. Universidade de Sao Paulo- Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz ESALQ-USP
- Brasil, Universidad Federal de Goiás- Escola de Agronomia
- Brasil, Universidad Federal do Reconcavo Baiano

11. FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS: Indicar los proyectos de becas de investigación o de tesis de grado y de postgrado vinculados directamente al desarrollo del proyecto:

Un integrante del proyecto está cumpliendo su formación de doctorado y sus estudios contribuyen al entendimiento de las relaciones hídricas en el cultivo de maíz. La actividad experimental se lleva a cabo en Balcarce. Cambareri, Matías. Sistema de cultivo maíz/vicia-avena como cultivo de cobertura. Relaciones hídricas y eficiencia en el uso de agua. Sin beca. El tesista es docente-investigador de la UNMdP. Inscripto en el programa de doctorado de Ing. Agrarias, Alimentaria, Frestal y de Desarrollo Rural. Universidad de Cordoba, España. Director: Elías Fereres.

Durante el transcurso del proyecto se incorporarán becarios/tesistas. Otros recursos humanos (5) se forman en posgrado en otros proyectos dirigidos por los integrantes y relacionados a la temática.

12. ASPECTO ÉTICO

- ¿Usted considera que la propuesta o plan de trabajo además de ser evaluado desde el punto de vista académico debe ser analizado desde el punto de vista ético o de seguridad?

Marque con una X, según corresponda:

SI	
----	--

NO	x
----	---

- ¿La propuesta comprende algunos de los objetos y usos identificados en la investigación humana?

	SI	NO
Estudios farmacológicos y tecnológicos:		x
Estudios clínicos, quirúrgicos y básicos:		x
Estudios epidemiológicos, sociales y psicológicos:		x
Uso del equipamiento médico:		x
Uso del equipamiento de diagnóstico por imágenes y de radiación:		x
Uso de historias clínicas:		x
Uso de muestras biológicas:		x
Estudios de comunicaciones aborígenes: (ver Ley 25.517)		x

- Si alguna de las respuestas anteriores es sí, excepto la de estudios de comunidades aborígenes, indique si dispone de informes del Comité Ético o de Bioética de la Universidad.

El formulario no solicita presupuesto detallado, no obstante se informa el monto total requerido a la UNMDP (en pesos)

	Año 1	Año 2
Bs. Consumo (artic. Librería, insumos para experimentos)	40000	30000
Servicios no personales (asistencia a eventos, fotocopias, combust., mantenimiento de equipos)	50000	30000
Equipamiento (actualizacion de equipamientos, sensores)	50000	
	140000	60000

Bibliografía

- Akther, M.S.; Hassan, Q.K. 2011. Remote sensing based estimates of surface wetness conditions and growing degree days over northern Alberta, Canada. *Boreal Environ. Res.* 16 (5), 407–416.
- Alvarez, R., 2009. Predicting average regional yield and production of wheat in the Argentine Pampas by an artificial neural network approach. *Eur. J. Agron.* 30, 70–77.
- Andrade, F.H. 2016. Los desafíos de la agricultura. 1a ed. Acassuso, International Plant Nutrition Institute, 136 p.
- Aramburu Merlos F.; Monzon, J.P.; Mercu, J.L.; Taboada, M.; Andrade, F.H.; Hall, A.H.; Jobbagy, E.; Cassman, K.; Grassini, P. . 2015. Potential for crop production increase in Argentina through closure of existing yield gaps. *Field Crops Research* 184: 145–154.
- Barbieri, P.; Echarte, L.; Della Maggiora, A.; Sadras, V.; Echeverria, H.; Andrade, F.H. 2012. Maize evapotranspiration and water-use efficiency in response to row spacing. *Agronomy Journal.* 104: 939-944.
- Bayala, M.I.; Rivas, R.E., 2014. Enhanced sharpening procedures on edge difference and water stress index basis over heterogeneous landscape of sub-humid region. *Egypt. J. Remote Sens.Space. Sci.* 17 (1), 17–27.
- Bhattacharya, B.K.; Mallick, K.; Nigam, R.; Dakore, K.; Shekh, A.M. 2011. Efficiency based wheat yield prediction in a semi-arid climate using surface energy budgeting with satellite observations. *Agr. Forest. Meteorol.* 151 (10), 1394–1408.
- Cafaro La Menza, N.; Irigoyen, A. I.; Rizzalli, R. H.; Monzón, J. P. 2014a. Contenido de agua en el suelo y consumo de agua por estratos en maíz en secano para sistemas de diferente nivel de intensificación de la producción. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Piriápolis (Uruguay).
- Cafaro La Menza, N.; Irigoyen, A. I.; Rizzalli, R. H.; Monzón, J. P. 2014b. Eficiencia de uso de agua del cultivo de maíz en secano para sistemas de diferente nivel de intensificación de la producción. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Piriápolis (Uruguay).
- Carlson, T.N.; Gillies, R.R.; Perry, E.M., 1994. A method to make use of thermal infrared temperature and NDVI measurements to infer surface soil water content and fractional vegetation cover. *Remote Sens. Rev.* 9, 161–173.
- Chakrabarti, S.; Member, S.; Bongiovanni, T.; Judge, J.; Member, S. 2014. Assimilation of SMOS soil moisture for quantifying drought impacts on crop yield in agricultural regions. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.* 7 (9), 3867–3879.
- Chang, T.Y.; Wang, Y.C.; Feng, C.C.; Ziegler, A.D.; Giambelluca, T.W.; Liou, Y.A. 2012. Estimation of root zone soil moisture using apparent thermal inertia with MODIS imagery over a tropical catchment in northern Thailand. *IEEE J. Sel. Topics Appl. Earth Observ. Remote Sens.* 5 (3), 752–761.
- Corral, A. 2016. Densidad de plantas y estructura del canopeo en maíz. Universidad Nacional de Mar del Plata; Facultad de Ciencias Agrarias: Balcarce Buenos Aires, Argentina. 42p.
- Corral, A. C.; Irigoyen, A. I.; Díaz, V. N.; Echarte, L.; Cambareri, M. A. 2014a. Crecimiento y dinámica del área foliar verde por planta en maíz bajo tres densidades sin limitaciones de agua y nutrientes. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Piriápolis (Uruguay).
- Corral, A.; Díaz, V.; Echarte, L.; Irigoyen, A. 2014b. Maize canopy structure at tasseling as affected by plant population. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, Goiania, Go (Brasil).
- Corral, A.; Díaz, V.; Echarte, L.; Irigoyen, A. 2014c. Chlorophyll leaf profile and light attenuation during reproductive stages of maize as affected by plant population. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron., Goiania, Go (Brasil).
- Crow, W.; Kustas, W.; Prueger, J. 2008. Monitoring root-zone soil moisture through the assimilation of a thermal remote sensing-based soil moisture proxy into a water balance model. *Remote Sens. Environ.* 112 (4), 1268–1281.

- Crow, W.T.; Ryu, D.; Famiglietti, J.S. 2005. Upscaling of field-scale soil moisture measurements using distributed land surface modeling. *Adv. Water Resour.* 28 (1), 1–14.
- de la Casa, A.; Ovando, G.; L. Bressanini, J; Martínez, C.; Miranda; Díaz, G. 2017. La cobertura del cultivo como indicador de la productividad de maíz en un lote con siembra variable. *Agriscientia* 34(1), 1-14.
- Della Maggiora, A. I.; Gardiol, J.M.; Irigoyen, A.I. Requerimientos hídricos. En: F. Andrade y V. Sadras (eds). Bases para el manejo del maíz, el girasol y la soja. 2º edición. 2002. Producciones Gráficas Sirio. ISBN: 987-521-047-1. pág. 157-173.
- Della Maggiora, A.I.; Irigoyen, A.I.; Gardiol, J. M.; Caviglia, O.; Echarte, L. 2004. Comparación de modelos de evapotranspiración real de maíz para su aplicación al cálculo del almacenaje de agua del suelo. X Reunión Argentina y IV Latinoamericana de Agrometeorología, Mar del Plata, Argentina.
- Della Maggiora, A.I.; Irigoyen, A.I.; Gardiol, J.M.; Caviglia, O.; Echarte, L. 2003. Evaluación de un balance de agua en el suelo para maíz. *Rev. Arg. de Agrometeorología* 2(2):167-176.
- Díaz, V. N. 2015. Área foliar verde y estructura del canopy en el cultivo de maíz bajo sistemas con diferente grado de intensificación en la producción de granos. Universidad Nacional de Mar del Plata; Facultad de Ciencias Agrarias: Balcarce Buenos Aires, Argentina. 42 p.
- Díaz, V. N.; Irigoyen, A. I.; Corral, A.; Rizzalli, R. H. 2014b. Área foliar verde en plantas de maíz bajo diferentes sistemas de producción de secano. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología. Piriápolis (Uruguay).
- Díaz, V. N.; Irigoyen, A. I.; Corral, A.; Rizzalli, R. H. 2014c. Evolución de senescencia y contenido de clorofila en canopeos de maíz en sistemas de producción en secano. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, Piriápolis (Uruguay).
- Díaz, V.; Corral, A.; Rizzalli, R.; Irigoyen, A. 2014a. Maize canopy structure at tasseling under intensified sustainable management. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, 3-7 August, 2014. Goiania, Go (Brasil).
- Doorenbos, J.; Kassam, A.H. 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, N° 33.193 p.
- Echarte, L.; Nagore, L.; Di Matteo, J.; Cambareri, M.; Robles, M., Della Maggiora, A. 2013. Grain Yield determination and resource use efficiency in maize hybrids released in different decades. In: *Agricultural Chemistry*. Prof. Margarita Stoytcheva and R. Zlatev (Ed.), ISBN: 978-953-51-1026-2.
- Food and Agricultural Organization of United Nation. 2017. Crop monitoring and forecasting. http://www.fao.org/nr/climpag/aw_3_en.asp. Consultada en agosto de 2017.
- Gardiol, J.M.; Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A. I.; Silva, M.V. 1997. Patrón de extracción de agua de cultivos de maíz y soja en un Argiudol típico de Balcarce. *Revista de la Facultad de Agronomía UBA*. Tomo 17 N° 1:137-142.
- Garson, G.D. 1991. Interpreting neural network connection weights. *Artificial Intelligence Expert* 6, 47-51.
- Gevrey, M.; Dimopoulos, I.; Lek, S. 2003. Review and comparison of methods to study the contribution of variables in artificial neural network models. *Ecol. Model.* 160, 249-264.
- Grassini, P.; van Bussel, L.G.J., Van Wart, J., Wolf, J., Claessens, L., Yang, H.S., Boogaard, H., de Groot H., van Ittersum, M.K., Cassman, K.G. 2015. How good is good enough? Data requirements for reliable crop yield simulations and yield-gap analysis. *Field Crops Research* 177, 49-63.
- Guo, W.W.; Xue, H. 2012. An incorporative statistic and neural approach for crop yield modeling and forecasting. *Neural Comput. Appl.* 21, 109–117.
- Hernández, M.; Echarte, L.; Della Maggiora, A.; Cambareri, M.; Barbieri, P.; Cerrudo, D. 2015. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. *Field Crops Res.* 178: 8-15.

- Holzman, M.E.; Rivas, R.; Bayala, M., 2014a. Subsurface soil moisture estimation by VI-LST method. *IEEE Geosci. Remote Sens. Lett.* 11 (11), 1951–1955.
- Holzman, M.E.; Rivas, R.; Piccolo, M.C. 2012. Utilización de imágenes de temperatura radiativa e índice de vegetación mejorado para el estudio de las condiciones hídricas en la región pampeana. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 28: 25-33. ISSN: 1851-7838.
- Holzman, M.E.; Rivas, R.; Piccolo, M.C. 2014b. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.* 28, 181–192.
- Hoogenboom, G.J.; White J.W.; Messina, C.D. 2004. From genome to crop: integration through simulation modelling. *Field Crop Res.* 90, 145-163.
- Ines, A.V.M.; Das, N.N.; Hansen, J.W.; Njoku, E.G. 2013. Assimilation of remotely sensed soil moisture and vegetation with a crop simulation model for maize yield prediction. *Remote Sens. Environ.* 138, 149-164.
- Irigoyen, A. I., Della Maggiora, A.I., Angelocci, L.R. 2011c. Planning the growing season for maize based on climatic variability. I. Soil water balance. 5 p. V Congreso Brasileiro de Biometeorología. 5 p. Piracicaba (Br.).
- Irigoyen, A. I., Della Maggiora, A.I., Rizzalli, R.H., Angelocci, L.R. 2011a. Planning the growing season for maize based on climatic variability. II. Relative evapotranspiration and yield. 5 p. V Congreso Brasileiro de Biometeorología. 5 p. Piracicaba (Br.).
- Irigoyen, A. I., Rizzalli, R.H., Della Maggiora, A.I., Angelocci, L.R., Malena, L.C. 2011b. Seasonal growing degree-days and predicted phenology of maize at Southern Buenos Aires Province (Argentina). 5 p. V Congreso Brasileiro de Biometeorología. 5 p. Piracicaba (Br.).
- Irigoyen, A. I.; Della Maggiora, A.I. 2015. Knowledge extraction from artificial neural networks: A case study on total soil water during maize crop season. In: De Campos, A., Gabriel, D., Luján, D.L. (ed.) *Impacts of Agrosystem on the Environment*, Unesco Chair of Eremology, Ghent University and International Centre of Eremology, Belgium. 29–34.
- Irigoyen, A.; Cambareri, M.A.; Echarte, L. 2016a. Estructura vertical del canopeo de maíz en panojamiento: efecto de cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. Puerto Madryn, Argentina.
- Irigoyen, A.; Cambareri, M.A.; Echarte, L. 2016b. Clorofila y reflectancia del canopeo de maíz en panojamiento: efecto de la cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. Puerto Madryn, Argentina.
- Irigoyen, A.; Corral, A.; Díaz, V.N.; Echarte, L. 2015. Chlorophyll leaf profile and light attenuation during reproductive stages of maize as affected by plant population. In: de Campos, A.B; Gabriels, D. and Deyanira, L.L. (ed.) *Impacts of Agroecosystems on Environment*. CH. I. Environmental sustainability of agrosystems: 23-28. UNESCO Chair of Eremology, Ghent University, Belgium and International Centre of Eremology (ICE), Ghent University, Belgium.
- Irigoyen, A.; Maune, C.; Bonelli, L. 2016c. Neural network approach for estimating biophysical attributes during vegetative stages of potential canopies of maize in southeastern of Buenos Aires, Argentina 45° Jornadas Argentinas de Informática. Simposio Argentino de Agroinformática. Buenos Aires, Argentina. Septiembre 2016.
- Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.; Angelocci, L.R. 2010. Redes neuronales artificiales para estimar el agua total en el suelo durante la estación de crecimiento de maíz. XVII Reunión Argentina y VI Reunión Latinoamericana de Agrometeorología. Bahía Blanca, Argentina.
- Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.; Angelocci, L.R. 2012. Agua en el suelo bajo cultivo de maíz estimada por redes neuronales artificiales. XIX Congreso Latinoamericano y XXIII Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo, Mar del Plata, Argentina.
- Jones C.A.; Kiniry, J.R. 1986. CERES-Maize: A simulation model of maize growth and development. Texas A&M Univ. Press, College Station, Texas, USA. 194 pp.

- Kaul, M.; Hill, R.L.; Walthall, C. 2005. Artificial neural networks for corn and soybean yield prediction. *Agric. Syst.* 85, 1–18.
- Lobell, D.B.; Burke, M., 2010. On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agric. Forest. Meteor.* 150, 1443–1452.
- Machwitz, M.; Giustarini, L.; Bossung, C.; Frantz, D.; Schlerf, M. Lilienthal, H.; Wandera, L.; Matgen, P.; Hoffmann, L.; Udelhoven, T. Enhanced biomass prediction by assimilating satellite data into a crop growth model. 2014. *Environmental Modelling & Software* 62, 437-453.
- Maune, C. 2014. Fechas de siembra y desarrollo del área foliar pre-antes de híbridos de maíz de diferente madurez relativa. Universidad Nacional de Mar del Plata; Facultad de Ciencias Agrarias: Balcarce Buenos Aires, Argentina, 2014. 48p.
- Mauro, J. 2015. Rendimiento, eficiencia de uso de nitrógeno y productividad del agua del cultivo de maíz en un sistema intensificado de producción de granos. Universidad Nacional de Mar del Plata; Facultad de Ciencias Agrarias: Balcarce Buenos Aires, Argentina, 2015. 29 p.
- Moreno, R.; Irigoyen, A. I.; Studdert, G. A.; Domínguez, G. F. 2012. Rendimientos de maíz en Ensayos de Larga Duración (ELD) y señal EL Niño-Oscilación SUR (ENOS). *Actas de XIV Reunión Argentina de Agrometeorología*. 2 p. Malargüe (Argentina).
- Nagore, M.L.; Echarte, L.; Andrade, F.H.; Della Maggiora, A. 2014. Crop evapotranspiration in Argentinean maize hybrids released in different decades. *Field Crops Res.* 155: 23-29.
- Panunzio Moscoso, M. P.; Irigoyen, A. I.; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. 2016a. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: A. Temperaturas extremas. *Revista Argentina de Agrometeorología*, Córdoba, V. VII, p. 41-56.
- Panunzio Moscoso, M. P.; Irigoyen, A. I.; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. 2016b. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: B. Deficiencias de agua y rendimientos. *Revista Argentina de Agrometeorología*, Córdoba, V. VII, p. 57-71.
- Poza, F.; Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.; Caviglia, O. 2005. Variación de agua en el suelo bajo un cultivo de maíz de ciclo intermedio a corto en condiciones de riego y secano en Balcarce (Arg.). *Anais de XIV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia*. Editado en CD: 2 p. Campinas (Brasil).
- Statsoft. *Statistica Neural Networks Module (computer program)*. 2009. Vers. 9. Statsoft, Inc. Tulsa, 2009. 1 CD-ROM.
- Tambascio, L.; Della Maggiora, A.; Irigoyen, A.; Valentinuz, O.; J. Gardiol. 2002. Efecto de la densidad de plantas sobre la evapotranspiración y eficiencia en el uso del agua en cultivos de maíz y girasol en Balcarce. *Revista Argentina de Agrometeorología* Tomo 2 N° 1:1-9.
- Valenzuela, C.; Della Maggiora, A.I.; Echarte, L.; Cambareri, M.; Polizzi, M. 2009. Evapotranspiración y eficiencia en el uso de agua en intercultivos maíz-soja vs cultivos puros. *Meteorológica* 34: 29-37.
- Wang, R.; Cherkauer, K.; Bowling, L. 2016. Corn response to climate stress detected with satellite-based NDVI times series. *Remote Sensing* 8, 1-22.
- Yao, F.; Tang, Y.; Wang, P.; Zhang, J. 2015. Estimation of maize yield by using a process-based model and remote sensing data in the Northeast China Plain. *Physics and Chemistry of the Earth*, 87-88: 142-152.

CUADRO CORRESPONDIENTE AL ÍTEM 2 DE LA DESCRIPCIÓN DETALLADA

PRODUCCIÓN DE LOS INTEGRANTES DEL PROYECTO RELACIONADA CON LA TEMÁTICA DEL PROYECTO (últimos 5 años)

1. Publicaciones en revistas con referato que figuren en el Science Citation Index (Incluir: Autor/es, Título del artículo, Nombre de la Revista, Volumen, Páginas, Año de edición, Código de ISBN – ISSN)

(15)

Bayala M.; Rivas R.; Scavuzzo, M. Generación de mapas de temperatura de superficie de alta resolución mediante técnicas de remuestreo. Revista Interciencia 38, 502-508, 2013, ISSN 0378-1844.

Bayala M.; Rivas R. Enhanced sharpening procedures on edge difference and water stress index basis over heterogeneous landscape of subhumid region. The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science, 17, 17-27, 2014, ISSN: 1110-9823.

Carmona F.; Rivas R.; Caselles V. Estimation of daytime downward longwave radiation under clear and cloudy skies conditions over a sub-humid region. Theor. and Applied Climatology, 2014, 115, 281-295, ISSN 0177-798.

Carmona F.; Rivas R.; Caselles V. Estimate of the alpha parameter under rainfed conditions. Journal Hydrological Processes, Wiley, 27, 2834–2839 2013, ISSN 1099-1085.

Carmona, F.; Rivas, R.; Fonnegra, D. Vegetation Index to estimate chlorophyll content from multispectral remote sensing data. European Journal of Remote Sensing, 48, 319-326, 2015, ISSN 2279-7254.

Di Matteo, J. A.; Ferreyra J. M.; Cerrudo A. A.; **Echarte L.;** Andrade F. H. Yield potential and yield stability of Argentine maize hybrids over 45 years of breeding. Field Crops Research, 197:107–116, 2016, ISSN 0378-4290.

Hernandez, M.; **Echarte, L.;** Della Maggiora, A.; **Cambareri, M.;** Barbieri, P.; Cerrudo, D. Maize water use efficiency and evapotranspiration response to N supply under contrasting soil water availability. Field Crops Research. Amsterdam, 178, 8-15, 2015, ISSN 0378-4290.

Holzman, M.; Rivas, R.; **Carmona, F.;** Niclos, R. 2017. A method for soil moisture probes calibration and validation of satellite estimates. MethodsX. Elsevier, V 4: 243–249. ISSN: 2215-0161.

Holzman M.; Rivas R.; **Bayala, M.** Subsurface soil moisture estimation by VI-LST method. IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters. New York: IEEE-Inst Electrical Electronics Engineers INC. 2014, vol.11 . p1951 - 1955. issn 1545-598X

Holzman M.; Rivas R.; Piccolo C. Estimating soil moisture and the relationship with crop yield using surface temperature and vegetation index. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 28, 181-192, 2014, ISSN: 0303-2434.

Nagore, M.L; **Echarte, L.;** Andrade, F.; Della Maggiora, A.I. Crop evapotranspiration in Argentinean maize hybrids released in different decades. Field Crops Res., 155,23-29, 2014. ISBN-ISSN 0378-4290.

Oelbermann, M.; Regehr, A.; **Echarte, L.** Changes in soil characteristics after six seasons of cereal- legume intercropping in the Southern Pampa. Geoderma Regional, 4, 100–107, 2015. ISSN 2352-0094.

Niclos, R.; **Rivas, R.;** García-Santos, V.; Doña, C.; Valor, E.; **Holzman, M. E.;** **Bayala, M.;** **Carmona, F.;** Ocampo, D.; Thibeault, M.; Soldano, A.. SMOS soil moisture product validation in croplands. ESA Living Planet.Noordwijk (Holanda): ESA Communications. vol. n°722. p – 2013, ISSN 1609-042X.

Niclos, R.; **Rivas, R.;** García-Santos,V.; Doña, C.; Valor, E.; **Holzman, M.;** **Bayala, M.;** **Carmona, F.;** Ocampo, D.; Soldano, A.; Thibeault, M.; Caselles, V.; Sánchez, J.M.. SMOS-MIRAS level 2 soil moisture product evaluation in rainfed croplands of the Pampean Region of Argentina. IEEE Transactions of Geoscience and Remote Sensing. New York: IEEE-INST Electrical Electronics Engineers INC. 2016 vol.54 n°1. p499 - 512. ISSN 0196-2892.

Rivas R.; **Carmona, F.** Evapotranspiration in the Pampean Region using field measurements and satellite data. Physics and Chemistry of the Earth, Elsevier, Special Issue: Remote Sensing in Hydrology, 55– 57: 27–34, 2013. ISSN 1474-7065.

2. Publicaciones en revistas con referato que no figuren en el Science Citation Index (Incluir: Autor/es, Título del artículo, Nombre de la Revista, Volumen, Páginas, Año de edición, Código de ISBN – ISSN)

(3)

Irigoyen, A.I. 2017. Knowledge extraction from artificial neural networks (ANN) trained to estimate daily reference evapotranspiration in southeastern of rolling pampas of Argentina. Aceptado para su publicación, Electronic Journal of SADIO. 2017, ISSN 1514-6774.

Panunzio Moscoso, M. P.; **Irigoyen, A. I.**; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: A. Temperaturas extremas. Revista Argentina de Agrometeorología, V. VII., p. 41-56, 2016, ISSN: 2545-8418.

Panunzio Moscoso, M. P.; **Irigoyen, A. I.**; Della Maggiora, A.I.; Rizzalli, R.H. Riesgos climáticos para el cultivo de maíz en el centro-sudeste bonaerense: B. Deficiencias de agua y rendimientos. Revista Argentina de Agrometeorología, V. VII., p. 57-71, 2016, ISSN: 2545-8418.

3. Libros (Incluir:Autor/es, Título, Editor, Tipo de Edición, Año de edición, Código de ISSN/ISBN, Lugar de edición, Fecha de edición, N° Reg. Propiedad Intelectual, Titular del Registro)

4. Capítulos de libros (Incluir: Autor/es, Título, Capítulos, Editor, Tipo de Edición, Año de edición, Código de ISSN/ISBN, Lugar de edición, Fecha de edición).

(5)

Echarte, L.; Nagore, L.; Di Matteo, J.; **Cambareri, M.**, Robles, M.; Della Maggiora, A. Grain yield determination and resource use efficiency in maize hybrids released in different decades. In: Agricultural Chemistry. Prof. Margarita Stoytcheva (Ed.), ISBN: 978-953-51-1026-2, INTECH, on-line, 2013.

Holzman, M.; **Rivas, R.** Optical/Thermal-Based Techniques for Subsurface Soil Moisture Estimation. In. Satellite Soil Moisture Retrieval. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-803388-3.00004-8>, ISBN 978-0-12-803388-3, Elsevier Inc., Netherlands, 2016.

Holzman, M. E.; **Rivas, R.**; González, N.; Kruse, E.; Trovatto, M.; Laurencena, P. Evaluación de la humedad del suelo mediante imágenes de temperatura radiativa e índice de vegetación.. Temas actuales de la hidrología subterránea.. La Plata: Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (Edulp). 2013. p219 - 224. ISBN 978-987-1985-03-6

Irigoyen, A.I.; Corral, A.; Díaz, V.N.; **Echarte, L.** Chlorophyll leaf profile and light attenuation during reproductive stages of maize as affected by plant population. In: Borges de Campos, A.; Gabriels, D.; Luján, D.L.(ed.) Impacts of Agroecosystems on Environment. CH. I. Environmental sustainability of agrosystems: 23-28. UNESCO Chair of Eremology, Ghent University, Belgium and by International Centre of Eremology (ICE), Ghent University, Belgium. ISBN: 978-9-4619734-0-5, 2015.

Irigoyen, A.I.; Della Maggiora, A.I.. Knowledge extraction from artificial neural networks: case study on total soil water during maize crop season. Borges de Campos, A.; Gabriels, D.; Luján, D.L.(ed.) Impacts of Agroecosystems on Environment. CH. I. Environmental sustainability of agrosystems: 29-34. UNESCO Chair of Eremology, Ghent University, Belgium and by International Centre of Eremology (ICE), Ghent University, Belgium. ISBN: 978-9-4619734-0-5, 2015.

5. Presentaciones a Reuniones Científicas (Incluir: Autor/es, Título de la ponencia, Nombre del Evento, Carácter del Evento, Fecha del Evento, Lugar del Evento, Publicado en Actas, N° de Volumen, N° de Páginas, Año)

Orden alfabético dentro de cada ítem

Totales 30= Nacionales (8) + alcance internacional (22)

a) Nacionales 3+ 4+ 1

Uso de imágenes satelitales para la evaluación del ambiente biofísico

(3)

Carmona F.; Rivas R.; Caselles, V. Desarrollo de un modelo generalizado para la estimación de la radiación neta diaria a partir de datos meteorológicos y de satélite. Actas XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 13 a 18 de abril, Pág. 297-304, ISBN 978-85-17-00065-2 Foz Iguazú, (Br.), 2013.

Holzman, M. E.; Rivas, R.; Bayala, M.; Ocampo, D.; Carmona, F.. Spatial crop yield estimation based on remotely sensed stress index.. Anales 43 JAIIO. Buenos Aires: Sociedad Argentina de Informática. vol. n°. p. 96 -101. ISSN 1850-2776, 2014.

Ocampo D.; **Rivas, R.; Carmona, F.** Aplicación de tres modelos de estimación de la evapotranspiración a partir de imágenes Landsat e información de terreno. Actas XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto (SBSR), 13 a 18 de abril, Foz Iguazú, Brasil. Pág. 5538-5544, ISBN 978-85-17-00065-2, 2013.

Aplicación de la técnica de redes neuronales artificiales a la interpretación y estimación de relaciones biofísicas de interés agronómico

(4)

Irigoyen, A.I.; Maune, C.; Bonelli, L. E. Neural network approach for estimating biophysical attributes during vegetative stages of potential canopies of maize in southeastern of Buenos Aires, Argentina. 8° Congreso Argentino de Agroinformática. 45°JAIIO, 5 al 9 de setiembre de 2016. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina), 2016.

Irigoyen, A. Knowledge extraction from artificial neural networks: Case study on reference evapotranspiration in southeastern of rolling pampas of Argentina. 8° Congreso Argentino de Agroinformática. 45°JAIIO, 5 al 9 de setiembre de 2016. Ciudad Autónoma de Buenos Aires (Argentina), 2016.

Moreno, R.; **Irigoyen, A.I.;** Domínguez, G.; Studdert, G. Estimación del carbono orgánico del suelo mediante redes neuronales artificiales. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo. II Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas 5 a 8 de mayo de 2014. Bahía Blanca (Argentina), 2014.

Moreno, R.; **Irigoyen, A.I.;** Studdert, G. Carbono orgánico del suelo: Extracción de conocimiento desde redes neuronales artificiales. XXIV Congreso Argentino de la Ciencia del Suelo II Reunión Nacional Materia Orgánica y Sustancias Húmicas. 5 a 8 de mayo de 2014. Bahía Blanca (Argentina), 2014.

Prácticas de manejo en maíz y recursos del ambiente

(1)

Echarte, L., Della Maggiora, A., **Cambareri, M.,** Hernandez, M., Nagore, L., Barbieri, P. Eficiencia en el uso del agua de maíz en respuesta a prácticas de manejo en el Sudeste de Buenos Aires. Primera Reunión Científica del Programa Nacional Recursos Naturales, Gestión Ambiental y Ecorregiones - Aportes a la agroecología desde la gestión ambiental, la biodiversidad, el estudio del clima y el ordenamiento territorial. 31 de Agosto a 1 de septiembre, 2016. Buenos Aires, Argentina, 2016.

b) Eventos de alcance internacional (22= 4 + 2 + 16)

Uso de imágenes satelitales para evaluación del ambiente biofísico

(4)

Niclós, R.; **Rivas, R.**; Sánchez, J.M.; García-Santos, V.; Doña, C.; Valor, E.; **Holzman, M.E.**; **Bayala; Carmona, F.**; Ocampo, D.; Soldano, A.; Thibeault, M. Validation of the SMOS-MIRAS Soil Moisture Product (SML2UDP) in the Pampean Region of Argentina. Austria. Viena. Simposio. European Geosciences Union-General Assembly 2014. European Geosciences Union, 2014.

Niclós, R.; **Rivas, R.**; García-Santos, V.; Doña, C.; Valor, E.; **Holzman, M.**; **Bayala, M.**; **Carmona, F.**; Ocampo, D.; Thibeault, M.; Soldano, A. SMOS soil moisture product validation in croplands. ESA Living Planet Symposium, 9-13 de septiembre de 2013, Edimburgo (Reino Unido), 2013.

Rivas, R.; Niclós, R.; García Santos, V.; Doña, C.; Caselles, V.; **Holzman, M.**; **Bayala, M.**; **Carmona, F.**; Ocampo, D.; Thibeault, M.; Soldano, M. Validación de datos de humedad de suelo SMOS en la región pampeana argentina. Congreso de Hidrogeología y seminario hispano-latinoamericano sobre Hidrología Subterránea, 17-20 de septiembre de 2013, La Plata (Arg.), 2013.

Rivas, R.; Niclós, R.; García-Santos, V.; Valor, E.; **Holzman, M. E.**; **Bayala, M.**; **Carmona, F.**; Ocampo, D.; Thibeault, M.; Soldano, A. Data validation SMOS SML2UDP product in the Pampean Region. Argentina. Buenos Aires. 2013. 8ª Encuentro del International Center for Earth Sciences, 2013.

Aplicación de la técnica de redes neuronales artificiales a la interpretación y estimación de relaciones biofísicas de interés agronómico

(2)

Irigoyen, A.I. Knowledge extraction from neural networks in agricultural environment: case studies on crop water use. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, 3-7 August, 2014. Goiânia, Go (Brasil), 2014.

Irigoyen, A.I.; **Rivas, R. E.**; **Bayala, M.**; Ferrelli, F.; Fonnegra Mora, D.C.; Rizzalli, R.H.; **Echarte, L.** Artificial neural networks and satellite images as support for modelling biophysical properties of maize canopies. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron2014. Goiânia, Go (Brasil), 2014.

Prácticas de manejo en maíz y recursos del ambiente

(16)

Cafaro La Menza, N.; **Irigoyen, A. I.**; Rizzalli, R. H.; Monzón, J. P. Contenido de agua en el suelo y consumo de agua por estratos en maíz en secano para sistemas de diferente nivel de intensificación de la producción. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriápolis (Uruguay), 2014.

Cafaro La Menza, N.; **Irigoyen, A. I.**; Rizzalli, R. H.; Monzón, J. P. Eficiencia de uso de agua del cultivo de maíz en secano para sistemas de diferente nivel de intensificación de la producción. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriápolis (Uruguay), 2014.

Cambareri, M. A.; Della Maggiora, A.I.; **Echarte, L.**; **Irigoyen, A.I.** Evaluación del modelo Simdual Kc para un cultivo de maíz en condiciones de secano en Balcarce (Argentina). 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriápolis (Uruguay), 2014.

Cambareri, M. A.; Della Maggiora, A.I.; **Irigoyen, A.I.**; **Echarte, L.** Calibración de modelo de balance de agua basado en kc dual para estimar componentes de la evapotranspiración de maíz. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. 20 al 23 de setiembre de 2016. Puerto Madryn (Argentina), 2016.

Corral, A. C.; **Irigoyen, A. I.**; Díaz, V. N.; **Echarte, L.**; **Cambareri, M. A.** Crecimiento y dinámica del área foliar verde por planta en maíz bajo tres densidades sin limitaciones de agua y nutrientes. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriapolis (Uruguay), 2014.

Corral, A.; Díaz, V.; **Echarte, L.**; **Irigoyen, A.** Chlorophyll leaf profile and light attenuation during reproductive stages of maize as affected by plant population. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, 3-7 August, 2014. Goiania, Go (Brasil), 2014.

Corral, A.; Díaz, V.; **Echarte, L.**; **Irigoyen, A.** Maize canopy structure at tasseling as affected by plant population. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, 3-7 August, 2014. Goiania, Go (Brasil), 2014.

Della Maggiora, A.I.; **Echarte, L.**; Hernández, M.; **Cambareri, M.**; Serio, L. Eficiencia en el uso de agua transpirada para producir biomasa en cultivos de maíz según niveles de disponibilidad hídrica y suministro de nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. 20 al 23 de septiembre de 2016. Puerto Madryn, Argentina, 2016.

Díaz, V.; Corral, A.; Rizzalli, R.; **Irigoyen, A.** Maize canopy structure at tasseling under intensified sustainable management. 1 p. 9th International Symposium AgroEnviron, 3-7 August, 2014. Goiania, Go (Brasil), 2014.

Díaz, V. N.; **Irigoyen, A. I.**; Corral, A.; Rizzalli, R. H. Área foliar verde en plantas de maíz bajo diferentes sistemas de producción de secano. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriapolis (Uruguay), 2014.

Díaz, V. N.; **Irigoyen, A. I.**; Corral, A.; Rizzalli, R. H. Evolución de senescencia y contenido de clorofila en canopeos de maíz en sistemas de producción en secano. 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriapolis (Uruguay), 2014.

Irigoyen, A. I.; **Cambareri, M. A.**; **Echarte, L.** Clorofila y reflectancia del canopeo de maíz en panojamiento: efecto de la cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. 20 al 23 de setiembre de 2016. Puerto Madryn (Argentina), 2016.

Irigoyen, A. I.; **Cambareri, M. A.**; **Echarte, L.** Estructura vertical del canopeo de maíz en panojamiento: efecto de cobertura de la superficie, agua y nitrógeno. XVI Reunión Argentina y VIII Latinoamericana de Agrometeorología. 20 al 23 de setiembre de 2016. Puerto Madryn (Argentina), 2016.

Panunzio Moscoso, M. P.; **Irigoyen, A. I.**; Rizzalli, R. H. Growing season for maize cultivars with contrasting maturity at center-southern of Buenos Aires Province, Argentine: B. Frost risks on different planting dates. 5 p. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. VIII Reuniao Latinoamericana de Agrometeorologia. 02 a 06 Septiembre 2013, Belém do Para (Brasil), 2013.

Panunzio Moscoso, M. P.; **Irigoyen, A.I.**; Della Maggiora, A. I. Growing season for maize cultivars with contrasting maturity at center-southern of Buenos Aires Province, Argentine. A. predicted phenology. 5 p. XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia. VIII Reuniao Latinoamericana de Agrometeorologia. 02 a 06 Septiembre 2013, Belém do Para (Brasil), 2013.

Panunzio Moscoso, M.P.; **Irigoyen, A.I.**; Cabrera, A.M.; Della Maggiora, A.I. Coeficiente de cultivo en maíz: Escenarios de fechas de siembra y ciclos de madurez para Balcarce (Argentina). 2 p. Reunión Binacional Uruguay-Argentina y XV Reunión Argentina de Agrometeorología, 1-3 Octubre, 2014. Piriapolis (Uruguay), 2014.

6. Publicaciones en revistas sin referato (Incluir: Autor/es, Título del artículo, Nombre de la revista, Volumen, Páginas, Año de edición, N° Reg. Propiedad Intelectual, Lugar de Edición)