

INFORME CIENTIFICO DE BECA

Legajo N°:

BECA DE ESTUDIO

PERIODO 2014

1. APELLIDO: PERONA

NOMBRES: MARIA LUCRECIA

Dirección Particular: Calle: N°:

Localidad: VILLA ELISA **CP:** 1894 **Tel:**

Dirección electrónica (donde desea recibir información): lucreciaperona@gmail.com

2. TEMA DE INVESTIGACIÓN (Debe adjuntarse copia del plan de actividades presentado con la solicitud de Beca)

PLAN DE TRABAJO BE14 PERONA MARÍA LUCRECIA.

1. DENOMINACIÓN:

DETECCIÓN Y DISCRIMINACIÓN ÓPTICA DE MALEZAS DE RELEVANCIA EN CULTIVOS EXTENSIVOS CON RESISTENCIA Y/O TOLERANCIA AL HERBICIDAS GLIFOSATO. UN APOORTE DE LA ÓPTICA A LA AGRICULTURA DE PRECISIÓN.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA Y ESTADO ACTUAL DEL CONOCIMIENTO SOBRE LA CUESTIÓN:

El marco teórico conceptual en el cual se encuadra el siguiente proyecto de beca contempla el abordaje de los siguientes ejes.

- creciente utilización de herbicidas como alternativa de control de malezas asociado a la generalización de la siembra directa como práctica de cultivo.

- cultivos transgénicos resistentes a herbicidas y la utilización de esta tecnología como principal método de control de malezas.

- aparición creciente de resistencia a herbicidas en diferentes malezas en los sistemas productivos nacionales.

- controversia creciente en la utilización de herbicidas y sus efectos sobre la salud.- posibilidad de aplicación selectiva de herbicidas y utilización de principios activos alternativos.

- potencialidad de uso de sensores remotos que posibiliten la discriminación cultivo-maleza para la aplicación selectiva de herbicidas.

En la agricultura actual las malezas siguen siendo la principal adversidad que afecta a los sistemas productivos en tanto resultan un desafío para aquellos involucrados en la investigación científica (Kropff & Walter, 2000). A pesar del importante desarrollo alcanzado en el uso de herbicidas, la erradicación de las malezas de los sistemas productivos no ha sido posible (Baumann, 2001). La amplia aceptación del uso de herbicidas dio lugar a la idea de la factibilidad de la erradicación de las malezas. No obstante, en los últimos años, el aumento de los casos de resistencia de distintas malezas a los herbicidas (Schmid & Pannel, 1996), aspectos de seguridad ambiental (Wilson & Wright, 1990) y la necesidad de reducir costos operativos (Liebman & Janke, 1990) han resultado en una necesidad de diseñar sistemas de manejo de malezas que conlleven a una disminución en el uso de herbicidas. De este modo, no se puede seguir visualizando a las malezas como un problema a ser resuelto mediante metodologías curativas sino que deben ser vistas como un elemento dentro de un sistema integrado de cultivo (Mortensen et al., 2000). Los esquemas de producción actuales en argentina, donde la siembra directa se ha difundido de tal forma que ocupa la mayor parte de la superficie cultivada con soja y en gran proporción en los otros cultivos extensivos como maíz y trigo (SAGPyA, 2012) se caracterizan por una importante

incorporación de tecnología y alta utilización de insumos tales como insecticidas, fungicidas, fertilizantes, eventos transgénicos y de manera sobresaliente de herbicidas debido a la necesidad consecuente del control de malezas. La agricultura, en los últimos años ha sufrido cambios tecnológicos, caracterizados no sólo por adopción de la siembra directa, sino también a la introducción y adopción masiva de los cultivares resistentes a herbicidas (crh), donde este insumo resulta una herramienta trascendental para el control de malezas. El control químico de malezas ha crecido en forma exponencial en las últimas décadas debido a la aparición de herbicidas de alta eficacia y el incremento de la participación de soja transgénica en las rotaciones (Martínez-Ghersa et al., 2003, Radosevich et al., 2007). Si se analiza la incidencia de la utilización de herbicidas en el sector agrícola argentino, se aprecia que éstos lideran el volumen de ventas (el volumen de herbicidas comercializados en el mercado de fitosanitarios, asciende al 71% del total (CASAFA, 2012)). La consolidación del modelo productivo basado en la ausencia de labranzas, el empleo de herbicidas, donde resalta el uso de glifosato como herbicida casi exclusivo y las escasas o nulas rotaciones con crh, trajo como consecuencia inmediata una disminución en la diversidad productiva y una reducción sustancial en la abundancia de numerosas especies de malezas (Nisensoh & Tiesca, 1999, Papa j.c 2007). Un caso particular lo representa el cultivo de soja, ya que dada la plasticidad ambiental y los resultados de ensayos territoriales de distintos grupos de maduración, esta avanza sobre otras producciones regionales, situación que sostiene la participación de regiones extra-pampeanas en el total del país. La incorporación de superficie sembrada se da con mayor intensidad a partir de la introducción de soja resistente a glifosato asociada a un paquete tecnológico integrado por aplicaciones químicas y nuevos equipos de labranza y siembra que reducen el costo de implantación. Este modelo de agricultura, provocó que el glifosato se convierta en uno de los principales insumos fitosanitarios empleados.

La introducción y la intensa adopción de nuevas alternativas de manejo de malezas a menudo resultan en cambios en las especies que caracterizan a las distintas poblaciones de malezas (Culpepper, 2006). Estos cambios suelen modificar la composición de malezas desde especies susceptibles a especies más tolerantes a herbicidas y se observa tanto bajo la acción del control químico como de otras alternativas de manejo (Tiesca et al. 2001). Así, la amplia adopción de los crh y el subsecuente uso de glifosato, en las distintas zonas agrícolas nacionales y en particular en la Pcia. De Buenos Aires, ha significado una importante presión de selección para las malezas que no son controladas por este herbicida. Asociado con un uso inapropiado de esta tecnología, se ha detectado un incremento en el número y densidad de biotipos o de especies que logran sobrevivir a los tratamientos con glifosato (Webster, 2010). así, ya se ha documentado la resistencia a glifosato en biotipos de *Sorghum halepense*, *Lolium* (perenne y multiflorum), en distintas áreas productivas de nuestro país (Vila Aiub et al., (2007); Yannicari et al., (2008); Margüerite Paz et al., (2009)). Este hecho cobra relevancia si se tiene en cuenta la importante habilidad competitiva que han demostrado *S. halepense* como *L. multiflorum* en los agroecosistemas nacionales (Leguizamón, 1999; Acciaresi et al., 2001). Por otra parte, el reiterado uso de glifosato ha puesto de manifiesto la tolerancia (capacidad innata de una maleza a sobrevivir y reproducirse luego del tratamiento aún con dosis altas de un herbicida) existente en distintas especies de malezas presentes en nuestro país (Puricelli et al., 2005). Así, se ha determinado la existencia de diferentes niveles de tolerancia en especies tales como *Anoda cristata*, *Commelina erecta*, *Oenothera indecora*, *Parietaria debilis*, *Rumex paraguayensis*, *Iresine diffusa* y *trifolium repens*, entre otras (Puricelli & Faccini, 2009). Como consecuencia de ello, la capacidad de estas especies de tolerar los tratamientos de control basados en el uso de glifosato ha generado cambios en las comunidades de malezas presentes (Faccini & Puricelli, 2007). Por otra parte, es importante destacar que se ha visto un marcado interés respecto a los efectos de los plaguicidas en general y los herbicidas en particular sobre la salud humana y ambiental. Dentro de estos últimos el glifosato ha recibido marcada atención debido a la vasta utilización de este herbicida asociado como se ha mencionado no sólo a la

soja sino también al maíz y a los barbechos químicos. El ácido amino metil fosfónico (ampa), el principal metabolito ambiental de glifosato es detectable tanto en suelos como en tejidos vegetales (Fernando Mañas, 2009). La agencia de protección medioambiental (epa) de los EEUU reclasificó los plaguicidas que contienen glifosato como clase ii, altamente tóxicos. La organización mundial de la salud, describe efectos más serios ya que en varios estudios con conejos, los calificó como "fuertemente" o "extremadamente" irritantes. El mayor riesgo en la población general está vinculado a la exposición a glifosato y/o ampa por vía oral, a través del consumo de alimentos y/o agua contaminados con sus residuos. Un aspecto que no puede soslayarse es el impacto que posee un herbicida en un sistema productivo a partir de la aplicación homogénea que del mismo se hace. En la actualidad los herbicidas son aplicados en forma uniforme en el predio, aun cuando la distribución de las malezas sigue un patrón azaroso (Cardina et al., 1997). Sin embargo, existen posibilidades para ajustar el uso de insumos de acuerdo con el criterio de manejo sitio específico, es decir aplicando las reales necesidades en cada unidad de lote (Cid, 2011). Distintos estudios demostraron que los herbicidas aplicados de manera localizada no observan diferencias significativas respecto a aplicaciones totales en el control de las especies de malezas presentes (Marking, 1990).

Los sensores ópticos pueden ser una herramienta útil en la delimitación de zonas infestadas con malezas y determinar su presencia en manchones. En pruebas a campo se han obtenido excelentes resultados utilizando esta técnica obteniendo reducciones de hasta el 80 % en el volumen de herbicida aplicado respecto a la aplicación en toda la superficie del terreno, no observándose pérdida significativa en la eficacia del control. Recientes desarrollos en tecnología multi e hiperespectral han renovado el interés en el sensado remoto de malezas. La utilización de sensores hiperespectrales (resoluciones espectrales menores a 5 nm), permitiría la discriminación de las malezas con el cultivo emergido, sobretodo en casos en que existen diferencias botánicas importantes entre ellos (i. e. dicotiledóneas vs. gramíneas) (Weber et al 2013). Esta metodología es un área de estudio en plena vigencia. Henry et al., 2004, trabajando en la discriminación espectral maleza-cultivo sobre *Xanthium strumarium* L., *Cassia obtusifolia* y soja, mediante la utilización de amplitudes de firmas transformadas discretas, múltiples índices de vegetación y utilizando modelos discriminantes, lograron en promedio un 80% de precisión en la clasificación. En la misma línea, Peña Barragán et al., (2006), lograron la discriminación espectral entre girasol (*Helianthus annuus* L.) y *Ridolfia segetum*. Poblaciones de *Senna obtusifolia* e *Ipomea lacunosa* pudieron ser diferenciadas en un 85 % en un cultivo de soja (Medlin et al., 2000). Barber (2004) utilizó radiometría hiperespectral para identificar algodón (*Gossypium hirsutum* L.), maíz y cuatro especies de malezas, alcanzado una precisión que varió entre el 67 al 99%, 47 al 98% y 95 al 98%, respectivamente. Asimismo, Gray et al., (2007), alcanzaron una discriminación espectral entre *Amaranthus palmeri* e *Ipomea lacunosa* del 100 %, destacando la importancia de las características de reflectancia en la identificación específica.

El sensado remoto puede combinarse a su vez con pulverizadoras para permitir la aplicación de herbicidas. Las ventajas del sensado y la aplicación a tiempo real radica en permitir el mapeo y control de manera sincrónica y generar mapas de aplicación que pueden ser comparados luego con otro grupo de datos. Además en cultivos en surcos separados, puede citarse la oportunidad de detección de malezas no sólo previo a la instalación del cultivo sino además en pos-emergencia donde puede aparecer algún escape a tratamientos realizados previo a la instalación del cultivo (Stafford & Miller, 1997; Thorp & Tian 2004). El propósito general del sensado remoto de malezas atiende a mapear la variabilidad espacial de la presencia de malezas para permitir un manejo y/o control sitio-específico de las mismas. El sensado remoto es útil para ello debido a que las áreas infestadas con malezas tienen una respuesta espectral que es característica de la abundancia y tipo de malezas presentes y que se presentan a su vez en una distribución espacial en manchones o parches que difieren significativamente de aquellas que no las poseen.

Trabajos futuros deberán focalizarse en la mejora en la reducción del efecto del suelo en la detección. Distintos índices de vegetación han sido utilizados para ello y su éxito ha resultado circunstancial, resultante de factores como la calibración de los sensores, las condiciones atmosféricas y el ángulo solar a la hora de las mediciones y el propio efecto del suelo. Ello resulta particularmente importante cuando se consideran ambientes de gran heterogeneidad como en la post-emergencia de los cultivos y en estados de crecimiento intermedios y avanzados. Aquí es dónde surge la importancia del uso de información hiperespectral, que permitiría no sólo la diferenciación del cultivo y las malezas, sino también la discriminación entre estas últimas, aunque como ya fue manifestado, resulta un área en pleno desarrollo actual.

Aporte original al tema:

Tal como se señalara anteriormente, el advenimiento y el importante suceso inicial de los crh había estimulado la idea de poder llevar adelante sistemas productivos libres de malezas o con una interferencia mínima, siendo esta concepción uno de los principales objetivos del control de malezas. No obstante, los inconvenientes surgidos con un número importante de especies mediado por la tolerancia o resistencia a distintas familias químicas y la presión ejercida por los consumidores sobre el uso de agroquímicos en general, ha conducido a una nueva concepción de los programas de manejo de malezas (Gressel et al., 1996). De este modo, es esencial el ajuste de la tecnología disponible basada en el uso de herbicidas. Así se podrá manejar los casos crecientes de tolerancia y resistencia a herbicidas por un lado y disminuir el impacto sobre los consumidores por otro. Asimismo, se ha propuesto ajustar las dosis de aplicación de acuerdo a la densidad de malezas (Dieleman et al., 1999). Los avances tecnológicos de los últimos años en materia de sistemas de información geográfica (gis), de sistemas de posicionamiento global (GPS), el incremento en la capacidad de los procesadores y el desarrollo de equipos de aplicación de herbicidas de precisión, han supuesto que la posibilidad de realizar "tratamientos localizados" de herbicidas sea hoy en día una alternativa tecnológica factible. Los tratamientos localizados pueden realizarse "en tiempo real", donde las malezas son detectadas y tratadas en una única operación o "histórico", donde las malezas son ubicadas en un mapa en una operación y tratadas en una fecha posterior (Christensen y Heisel, 1998). Los equipos detectores /pulverizadores en tiempo real han sido desarrollados para tratar las malezas presentes en los barbechos (Christensen y Heisel, 1998). Estos sistemas están equipados con sensores de detección que utilizando tecnologías de reflectancia o de análisis de imágenes, activan individualmente las boquillas de pulverización. La discriminación entre las malezas o los rebrotes del cultivo (de color verde) y el suelo (de color pardo o negro) es relativamente sencilla de realizar a través de varias longitudes de onda. De esta forma, las zonas cubiertas de vegetación pueden ser tratadas inmediatamente con un herbicida total. Sin embargo, en la actualidad el desafío es poder aplicar el concepto del enfoque "en tiempo real" para tratamientos de malezas presentes dentro de un cultivo. Para ello es necesario desarrollar la tecnología y discriminación espectral que permita diferenciar los estratos herbáceos perteneciente a un cultivo de aquellos pertenecientes a las malezas acompañantes. El proyecto aquí planteado representa una línea de trabajo que este grupo viene desarrollando en los últimos 5 años en colaboración con grupos interdisciplinarios con representantes de la física, la electrónica e ingeniería. El estudio de las firmas espectrales de malezas y cultivos será una valiosa herramienta que potencialmente permitiría identificar a las malezas dentro de los cultivos y ayudaría en la generación de modelos para estudiar su comportamiento y establecer mecanismos de control más adecuados que los actualmente utilizados.

3. TRABAJO PREVIO REALIZADO REFERENTE A ESTE PROYECTO:

El presente proyecto de beca se encuadra dentro de las actividades previstas en el Trabajo final de carrera para optar al grado de Ing. Agrónoma de la FCyF, titulado "Discriminación espectral entre soja y sorgo de Alepo como herramienta de decisión en la aplicación selectiva de herbicidas", el cual se halla pronto a su presentación y cuyo proyecto ha sido aprobado por la Comisión de trabajo final del Consejo Directivo. Este trabajo es realizado

bajo la dirección del Dr. Weber y alguno de los resultados fueron presentados por el mencionado en la 9º European Conference on Precision Agriculture en julio del corriente año. Se prevé que la continuidad del trabajo en la temática y este proyecto en particular sean la plataforma para la presentación de esta postulante al Doctorado de la FCyF.

4. OBJETIVOS:

a. Generales:

Obtener una base de firmas espectrales de malezas de importancia agrícola con tolerancia/resistencia probada a herbicidas en diferentes estadios fenológicos de las mismas.

Obtener una base de firmas espectrales de los principales cultivos con eventos transgénicos que le confieren resistencia a herbicidas (soja; maíz; girasol) en diferentes estadios fenológicos de los mismos.

b. Particulares:

Comparar los diferentes espectros de las malezas y los cultivos.

Desarrollar índices/indicadores que permitan la discriminación espectral de los cultivos y las malezas.

Evaluar la posibilidad de utilizar esta información como base para la aplicación selectiva de herbicidas.

5. métodos y técnicas a emplear:

a) Revisión bibliográfica.

b) El proyecto involucra la utilización de distintas especies de malezas en las que ya se han detectado la presencia de resistencia a herbicidas y otras que manifiestan tolerancia al uso de herbicidas. Entre las del primer grupo se trabajará con *Sorghum halepense* y *Lolium perenne* ambas con especies con resistencia a glifosato. De las especies tolerantes a glifosato se utilizará *Commelina erecta* de probada tolerancia a dicho principio activo. Para ello se utilizarán poblaciones naturales en condiciones de campo como así también plantas cultivadas en condiciones controladas en cámara de crecimiento.

c) A su vez se trabajará con cultivos resistentes a herbicida glifosato (soja y maíz). Tanto las malezas como los cultivos se harán crecer en condiciones controladas y sustentadas sobre un mismo tipo de suelo para la obtención de medidas de laboratorio y en condiciones normales de cultivo a campo.

Respecto a las unidades a medir y la pureza de las mismas, se obtendrán las firmas espectrales de la unidad pura, es decir se eliminara el efecto de otras, mediante la toma de espectros sólo sobre la unidad de medida (especie de maleza o cultivo). Esto será realizado mediante la selección, separación y acondicionamiento de la unidad objeto de estudio.

Preparación y ajuste del instrumental:

Los módulos ópticos correspondientes a espectrómetros Ocean Optics en el rango espectral 380-1100 nm (disponibles en el grupo) y 1000-2500 nm. (a ser adquiridos), serán montados en cilindros de PVC. Para su calibración, se procederá en laboratorio a radiar los espectrómetros con sus fibras ópticas, ópticas de colimación y difusor con corrección coseno, con fuentes de luz adecuadas para el rango a medir. Como fuentes de iluminación se utilizarán lámparas tipo halógenas con certificado de trazabilidad calibración NIST (National Institute of Standard and Technologies).

Medidas en campo y laboratorio.

Los sensores serán colocados sobre las hojas individuales y sobre el canopeo. Los valores de reflectancia serán calculados como factores, entre la señal del objeto en estudio y la obtenida mediante la duplicación de los canales ubicados hacia la radiación incidente (cielo), obteniéndose así una detección sincrónica de señales, objeto y fuente (Weber et al., 2008a).

Los espectros de laboratorio serán adquiridos con espectrómetros comerciales equipados con una esfera de integración. Las adquisiciones (al menos 100 espectros) se realizarán durante 15 minutos por muestra (al menos 10 muestras de cada especie), obteniéndose un promedio y desvíos de cada una y siendo éste valor el registrado para la librería espectral.

Procesamiento de datos y obtención de firmas.

Los datos obtenidos en para cada banda, serán volcados a planillas de cálculo, transformados a valores de reflectancia. Se graficarán los espectros individuales de cada unidad y se examinarán para asegurarse de que no se incorporaron valores erróneos en el análisis. La biblioteca espectral, que contendrá todos los espectros de referencia, será construida utilizando el módulo espectral del software de procesamiento de imágenes ENVI (Rama Rao et al., 2007).

6. Cronograma:

Año 1

Año 2

7. BIBLIOGRAFÍA:

Martinez-Ghersa MA, Worster CA & Radosevich SR. 2003. Concerns a weed scientist might have about herbicide-tolerant crops: a revisitation. *Weed Technol* 17: 202-210.

Nisensohn L & Tuesca D. 1999. Evaluación del efecto de dosis de glifosato sobre plantas de *Commelina virginica* en diferentes estados de desarrollo. *Proc. of MERCOSOJA 99*. Rosario, Argentina. pp.57–58.

Puricelli E. & Faccini D. 2009. Efecto de la dosis de glifosato sobre la biomasa de malezas de barbecho al estado vegetativo y reproductivo. *Planta Daninha*, Viçosa-MG, 27 (2): 303-307.

Webster TM & Nichols RL. 2011. Changes in the Prevalence of Weed Species in the Major Agronomic Crops of the Southern United States: 1994/1995 to 2008/2009. *Weed Science Society* 60 (2): 145-157.

(Las demás citas no se agregan para no exceder el máximo de 8 hojas del plan de trabajo).

8. VINCULACIÓN DEL TRABAJO CON OTROS PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN EN EJECUCIÓN EN EL MISMO LUGAR DE TRABAJO.

Se continúa con una línea de investigación iniciada en estudios de reflectancia espectral en cultivos y su utilización en la detección del estatus nitrogenado. Las actividades previstas se encuadran dentro de los proyectos 11/A217 “ Uso de hongos patógenos en el control biológico de malezas perennes con resistencia-tolerancia al herbicida glifosato” del cual H. Acciaresi es director, PICT 2010-2187 “Generación de una librería espectral para diversas unidades de paisaje en el rango de 380-2500 nm” del cual C. Weber es director. Recientemente se ha presentado para su acreditación en UNLP un nuevo proyecto de investigación con título similar al presente proyecto de beca del cual H. Acciaresi es el director y C. Weber es el co-director.

Por otra parte, para el desarrollo de este trabajo se cuenta con el apoyo de un grupo interdisciplinario de colaboradores del CIOp, quienes poseen formación de posgrado en temas afines, con categorías de Investigador independiente y principal de la CIC y del CONICET, con amplia experiencia en la toma, estudio y análisis de espectros que abarcan de lo atómico a lo molecular hasta el estudio de contaminantes ambientales. Es oportuno recalcar que se contará a su vez con el apoyo e interacción con personal de la CONAE quienes poseen experiencia en la aplicación de los resultados a obtener a escala satelital.

9. IDENTIFICACIÓN DEL LUGAR DÓNDE SE REALIZARÁ EL PLAN DE TRABAJO.

El trabajo se realizará principalmente en la Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales de la UNLP. Algunas determinaciones y procesamiento de datos se harán en el Centro de Investigaciones Ópticas.

10. DESCRIPCIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS DISPONIBLES EN RELACIÓN A LOS REQUERIMIENTOS DEL PLAN DE TRABAJO.

EQUIPAMIENTO Y/O BIBLIOGRAFÍA

Disponible

Las facilidades disponibles para la ejecución del presente proyecto se encuentran relacionadas a la estructura existente en la Cátedra de Cerealicultura (Fac. Cs. Agrarias y Ftiles), el Centro de Investigación en Sanidad Vegetal (CISaV-UNLP), el curso de

Ecofisiología de Malezas (Fac. Cs. Agrarias y Ftiles), la Estación Experimental de la Fac. Cs. Agr. y Ftiles (UNLP) y el CIOP.

Espectrómetros Ocean optics (2) con resolución espectral de 1 nm. En el intervalo 380-1000 nm. Fibras ópticas y módulos para la toma simultánea de datos de reflectancia y luz incidente. Notebooks (2) con los programas necesarios para el procesamiento de los datos y la corrida del programa necesario para el uso de los equipos descritos. Software spectra sweet para la obtención de firmas espectrales. Paquete estadístico statgraphic plus.

Equipamiento de invernáculo general para el crecimiento en condiciones controladas de diversas especies vegetales.

Respecto a la bibliografía, El grupo dispone de acceso a las principales fuentes de información tales como la biblioteca electrónica provista por la Secretaria de Ciencia y Técnica de la Nación y la biblioteca conjunta de las facultades de Ciencias Agrarias y Forestales y la de Ciencias Veterinarias donde se encuentran las principales revistas y libros necesarios para el Proyecto.

Necesario:

Se cuenta con parte del equipamiento Y/o bibliografía indispensable para la concreción de las actividades planteadas en el marco del proyecto.

Fuentes de información disponible:

- Colección actualizada de Agronomy Journal (Suscripción individual).
 - Colección actualizada de Crop Science (Suscripción individual).
 - Colección a Soils Science Society (Suscripción institucional).
 - Colección actualizada de Weed Science (Suscripción individual).
 - Colección actualizada de Weed Technology (Suscripción individual).
 - Colección actualizada de Invasive Plant Science and Management (Suscripción individual).
- Material Bibliográfico (separatas) Fields Crops Research, European Journal of Agronomy, Journal of Crops Production, Plant Protection, Plant Physiology, J. Physiology, Plant Protection, The Journal Agr. Sciences, Biological Control, J. of Plant Pathology, entre otras) y producción vegetal actualizada hasta el presente año.

Asimismo se cuenta con ejemplares de libros específicos del área del proyecto.

- Weed Ecology (Radosevich, Holt & Ghera). 2da edición (1997). 3ra edición (2007)
- Principles in Weed management (Aldrich & Kremer). 1997.
- Weed Control Economics (Auld, Menz & Tisdell). 1987.
- Dynamics of Weeds Populations (Cousens & Mortimer). 1995.
- Weed ecology in natural and agricultural systems (Booth, Murphy & Swanton). 2003.
- Expanding the context of weed management (Buhler), 1999.

3. OTROS DATOS (Completar lo que corresponda)

BECA DE ESTUDIO: 1º AÑO: *Fecha de iniciación:* 01/04/2014

2º AÑO: *Fecha de iniciación:*

BECA DE PERFECCIONAMIENTO: 1º AÑO: *Fecha de iniciación:*

2º AÑO: *Fecha de iniciación:*

4. INSTITUCIÓN DONDE DESARROLLA LOS TRABAJOS

Universidad y/o Centro: Universidad Nacional de La Plata.

Facultad: Ciencias Agrarias y Forestales

Departamento: Tecnología Agropecuaria y Forestal

Cátedra: Cerealicultura

Otros: Centro de Investigaciones Ópticas CIOp

Dirección: Calle: 60 y 119 *Nº:* s/n

Localidad: La Plata *CP:* 1900 *Tel:* 0221-4236758

5. DIRECTOR DE BECA

Apellido y Nombres: Dir: Acciaresi Horacio Abel; Co-Dir: Weber Christian.

Dirección Particular: Calle: *Nº:*

Localidad: La Plata *CP:* 1900 *Tel:*

Dirección electrónica: horacio.acciaresi@inta.gov.ar;cweber@ciop.unl

6. EXPOSICIÓN SINTÉTICA DE LA LABOR DESARROLLADA EN EL PERIODO. (Debe exponerse la orientación impuesta a los trabajos, técnicas empleadas, métodos, etc., y dificultades encontradas en el desarrollo de los mismos, en el plano científico y material).

Informe de tareas desarrolladas.

Durante el primer año de la Beca y tal lo estipulado en el cronograma de actividades se realizó una profusa búsqueda bibliográfica. Con posterioridad se procedió a recolección, acondicionamiento y crecimiento de material vegetal, tanto en condiciones controladas como a campo. Es de destacar el marcado carácter estacional del material estudiado (primavero-estival). Se colectaron rizomas de sorgo de Alepo, que fueron llevados a invernáculo para su crecimiento, en paralelo se seleccionaron sitios a campo con la presencia de la mencionada maleza. Del mismo modo, se sembraron semillas de soja resistente a glifosato, tanto en invernadero como a campo. Sobre ambas especies fueron realizadas medidas radiométricas (campo y laboratorio). Para cada especie se tomaron 3 muestras en los estadios de 3 y 5 hojas, en soja se muestreo el estado reproductivo inicio de formación de grano: R5, y sorgo de Alepo (SA) en estado de bota y panojamiento, tanto a nivel hoja como a nivel de canopeo completo. Ambas especies se asentaron sobre suelo de iguales propiedades ópticas. Las plantas fueron mantenidas en un invernáculo con condiciones de temperatura y humedad controladas. Para el caso de planta entera, las mediciones fueron realizadas a campo.

Las medidas se hicieron en horas del mediodía donde se encuentra el menor camino óptico, la mayor sensibilidad y el menor impacto de agentes disturbantes atmosféricos en las respuestas espectrales. Los datos espectrales se registraron como valores de reflectancia y luego fueron importados en una hoja de cálculo para su posterior análisis. Se trazaron los espectros individuales y se examinaron para asegurarse que no se incorporaran valores erróneos en análisis posteriores.

Los valores de reflectancia fueron calculados como factores, entre la señal del objeto en estudio y la obtenida mediante la duplicación de los canales ubicados hacia la radiación incidente (cielo), obteniéndose así una detección sincrónica de señales, objeto y fuente (Weber et al., 2008a).

Así el valor de reflectancia calculada para cada canal ó λ corresponderá a:

Donde RS_{λ} es la señal desde la vegetación y el suelo en la banda λ , Ri_{λ} es la señal de luz incidente o referencia (cielo en este caso) para la misma λ , y finalmente Z_{λ} es la

medida oscura o corriente oscura en ese canal y para ambos referencia y objeto de estudio por separado.

Análisis de los datos:

Los datos generados por el radiómetro, una vez pasados a una planilla de cálculo, fueron ponderados en función del tiempo de integración de las medidas. El tiempo de integración (it) es el tiempo de apertura de la ventana que permite el ingreso de la luz hacia los elementos sensores del radiómetro. Así, la intensidad registrada para cada banda espectral será proporcional al tiempo de apertura, dependiendo de la intensidad de la fuente de iluminación para cada una de estas bandas. Cada espectrorradiómetro posee un rango óptimo de intensidades, para el caso de los utilizados en esta investigación, es de 3000 a 5000 cuentas, razón por la cual, los tiempos de integración (milisegundos) fueron variables en cada medida (cielo/vegetación/fecha) en función de ubicar las medidas dentro de este intervalo. Como consecuencia de ello los tiempos de integración para cada medida, fueron diferentes, por lo que para no incorporar otra variable de estudio, los mismos fueron equiparados previos a cada una de las combinaciones realizadas (soja/SA).

Luego, fueron estandarizados con una medida de referencia tomada ese día, con el mismo criterio en lo referente al tiempo de integración.

Se seleccionaron los valores correspondientes a las longitudes de onda de los 450 a los 900 nanómetros, debido a que por debajo y por encima de este rango no se verifica información relevante a los objetos de estudio. Luego se graficaron los valores de reflectancia de soja y SA.

Con posterioridad se realizó una comparación de curvas de las dos especies en el mismo estado fenológico y en distintos estadios: debido a que ante un mal manejo del barbecho es plausible el escape de malezas (más aun aquellas como el sorgo de Alepo que poseen más de un mecanismo de perpetuación) se combinaron curvas de soja plántula que representaría al cultivo emergiendo con SA en 3 hojas, en el mismo sentido, se compararon luego, los espectros de la soja 3 hojas, que representaría al cultivo establecido con SA en 5 hojas y soja 5 hojas con SA 3 hojas (representaría un crecimiento de la maleza posterior a la emergencia del cultivo), con posterioridad se comparo adicionalmente, los espectros de soja planta entera y SA con 3 y 5 hojas desplegadas, y soja planta entera y SA en estado de bota y panojamiento, representando estadios avanzados y/o reproductivos tanto del cultivo como de la maleza.

Adicionalmente y para estudiar la vegetación a partir de medidas de reflectividad con independencia de todos los factores que perturban a la señal radiométrica, es decir establecer una relación entre la medida efectuada y los parámetros biofísicos que caracterizan una cubierta vegetal, se utilizaron diversos índices de vegetación (IV). Los IVs tienen en común el uso de los valores de reflectividad en las zonas espectrales del rojo (relacionada con el contenido de clorofila) e infrarrojo cercano (controlada por el índice de área foliar) ya que la reflectividad de la vegetación pasa de un mínimo relativo en el rojo correspondiente a la banda de absorción de la clorofila a un máximo absoluto en el infrarrojo cercano consecuencia de las dispersiones múltiples de la radiación por el interior de la estructura vegetal regiones espectrales pero mucho más suave. (Gilabert, et al. 1997).

Rouse et al. (1974) propusieron el "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI), este índice permite identificar la presencia de vegetación verde en la superficie.

$$NDVI = ((NIR - RED)) / ((NIR + RED))$$

Donde NIR es la reflectividad en el infrarrojo cercano (816 nm) y RED es la reflectividad en el rojo (654nm).

Del mismo modo se utilizaron otros índices conocidos a saber:

Tabla 1. Índices de vegetación utilizados.

Nombre	Fórmula	Significado	Referencia
Ratio Vegetation Index (RVI)	$\text{RVI} = \text{NIR} / \text{RED}$	NIR corresponde a la reflectividad en el infrarrojo cercano (816 nm) y RED a la reflectividad del rojo (654nm).	Jordan 1969
Green NDVI (GNDVI)	$\text{GNDVI} = ((\text{NIR} - \text{GREEN}) / ((\text{NIR} + \text{GREEN})))$	Donde NIR corresponde a los 816nm y GREEN corresponde a las longitudes de onda del verde (550nm)	Gitelson et al., (1996)
Advanced normalized vegetation index (ANVI)	$\text{ANVI} = ((\text{NIR} - \text{B}) / ((\text{NIR} + \text{B})))$	Donde NIR se refiere a los 816nm y B a los 475 nm).	Peña Barragán et al. (2006).

Resultados preliminares:

a.- Justificación de los momentos de medición:

En los cultivos de verano (como lo es la soja), el periodo crítico, en el cual las malezas ejercen una competencia importante es durante los primeros 30 días post emergencia. En este sentido es vital el manejo durante el barbecho, tiempo que media entre la cosecha de un cultivo invernal y la siembra del cultivo estival. No obstante se pueden producir escapes de malezas al control efectuado durante el barbecho, debido a diversos factores como pueden ser, fallas en la aplicación, mala calidad de la formulación, dosis insuficientes, condiciones ambientales inadecuadas o a mecanismos de resistencia o tolerancia al principio químico aplicado. Por ello, en primera instancia, se procedió a comparar las medidas radiométricas de soja en estado de plántula y sorgo de Alepo (SA) en el estadio de tres hojas desplegadas, que podría responder a una situación como la descrita. En el Gráfico 1, anexo I, pueden observarse los espectros normalizados y promediados de cada una de las especies consideradas.

Adicionalmente y de manera de poner en evidencia la no correspondencia entre las dos curvas obtenidas (curva verde) se procedió, a dividir entre ellas a las firmas espectrales propias a cada especie considerada. Si bien es evidente la diferencia en intensidad de cada una y para cada banda, el cociente entre las mismas representaría una línea intermedia entre éstas; si las diferencias fueran proporcionales, cuestión que a la vista de los resultados no se cumplió.

Con posterioridad y atento a la situación planteada en párrafos precedentes y de no haber realizado un control químico, o que el mismo no haya resultado efectivo, se verificaría un crecimiento conjunto de la maleza y el cultivo con la consiguiente competencia por los recursos edáficos y lumínicos. A ese respecto, Vitta y Leguizamón (1991) basándose en estimaciones de la dinámica de la biomasa aérea y subterránea de la maleza durante el ciclo del cultivo de soja, concluyeron que la competencia ocurre cuando la misma deja de reasignar biomasa a las estructuras aéreas a partir de las subterráneas y éstas inician la producción de rizomas, consumiendo recursos del ambiente que de otro modo quedarían disponibles para el cultivo. En general existe un solapamiento de nichos y por lo tanto los recursos que son tomados por la maleza (en general con mayor velocidad y eficiencia) son a costa de los restados a la especie cultivada (Leguizamón, 2006). Debido a ello se decidió tomar espectros de reflectancia de soja en el estadio de 3 hojas que se

correspondería con el inicio del ciclo del cultivo cuando éste es considerado como establecido. En este estado fenológico (3 hojas), la soja posee aún una escasa capacidad competitiva, ya que, la insuficiente superficie foliar permite dejar claros en el terreno, que favorecen a la maleza en la captación de luz, agua y nutrientes. De todas formas la intensidad y la duración de la competencia, es el resultado de una función compleja en la que intervienen los siguientes factores: los recursos disponibles y el manejo del sistema (secuencias y tipos de cultivos, fecha de siembra, cultivares, distribución espacial, densidad) (Leguizamón, 2006).

Se comparó luego, estos espectros con los del SA en un estadio fenológico más avanzado (5 hojas) de manera tal de simular, el crecimiento en conjunto de ambos que cabría esperar ante un escape de la maleza al control realizado durante el período de barbecho. En el Gráfico 2 anexo I, se puede observar que las curvas de reflectancia de ambas especies siguen el mismo patrón de distribución aunque con diferentes intensidades, siendo visualmente similares. Sin embargo, y de igual manera con la comparación realizada en el Gráfico 1, al realizar el cociente entre los espectros de las especies se pone en evidencia sus diferencias.

Teniendo en cuenta que las malezas poseen patrones estacionales de emergencia, un adelanto en la fecha de siembra del cultivo podría dar lugar a la aparición de éstas, no debiéndose a un deficiente manejo del barbecho, como el escenario antes planteado. Ante esta situación se comparó también soja en el estadio de 5 hojas desplegadas con SA en 3 hojas, etapas del ciclo cultivo/maleza que podrían representar lo antedicho (Gráfico 3 anexo I). En condiciones de competencia, es decir cuando alguno de los recursos se encuentra en condiciones limitantes, la soja en este estadio, puede ser más competitiva que una planta de sorgo de Alepo de 3 hojas, ya que al tener mayor superficie foliar le permite captar más radiación. Adicionalmente como la tasa de generación de rizomas depende tanto de la competencia interespecífica como de la intraespecífica (la tasa es máxima en ausencia de cultivo y en niveles poblacionales muy bajos) esto, condiciona a la maleza en situación de competencia desfavorable y más vulnerable para su control (Leguizamón, 2006). De allí la importancia de poder detectar su presencia dentro del cultivo.

Del mismo modo, las malezas afectan al cultivo de diversas formas; una de ellas es contaminando el producto cosechado y disminuyendo su calidad comercial. El SA se reproduce a partir de rizomas pero aún de manera importante lo hace a través de semillas; con ello cobra importancia el control de esta maleza aún cuando ya haya ejercido su efecto de competencia sobre el cultivo, por dos motivos principales, una es la contaminación de lo cosechado y otra es la reducción del banco de semillas en el suelo. Del total de semillas presentes en las panojas de SA un pequeño porcentaje cae al suelo naturalmente, mientras que el resto queda sobre la planta en pie, el cual será captado por la cosechadora y diseminado (Leguizamón, 2006). Recién cuando la planta de SA madura hasta el 75 % de las nuevas semillas suelen caer al suelo, antes de que la planta concluya su ciclo o sea destruida por las bajas temperaturas del invierno. Por esta razón se realizaron medidas en el SA en estados reproductivos avanzados (bota y panojamiento) situación que podría verificarse en siembras tardías y corresponderse con una soja en 5 hojas (Gráficos 4 y 5 anexo I). Dicho escenario se presenta por ejemplo, en los casos de doble cultivo anual, como trigo/soja.

Por último en el comienzo del periodo de llenado de granos, la planta de soja adquiere su altura final, cesa el crecimiento vegetativo y todos los fotoasimilados se desplazan hacia estructuras reproductivas. Al tener el cultivo de soja solapamiento entre etapas, el inicio de llenado convive con el fin de floración, la fijación de vainas y de granos. Aquí el cultivo se encuentra en pleno período crítico, es decir, cualquier factor que afecte sensiblemente su crecimiento va a limitar el número de granos fijados y por ende el rendimiento final. Debemos considerar que el peso por grano tiene mucha plasticidad y que habitualmente la soja fija más granos de los que puede llenar. De no

haber fijado una cantidad suficiente de granos el peso final de los mismos puede compensar en parte la pérdida del número. Esto ocurre si hay buenas condiciones en el llenado y el cultivo tiene buen IAF, es decir, está capacitado para compensar los efectos de cualquier estrés a principio del período crítico (Ross & Massigoge, 2012). De aquí la importancia de evaluar el cultivo de soja en estado de planta entera, con el SA en distintos estadios, ya que como fue expresado, la soja se encuentra alrededor de su periodo crítico y es esencial favorecer su habilidad competitiva para no resentir el rendimiento. Como se mencionó anteriormente es más eficiente el control de sorgo de Alepo en estados tempranos que en reproductivos, por lo tanto si existe una interacción de la maleza en estados de bota o panojamiento con la soja en el periodo crítico, lo más probable es que el rendimiento se vea perjudicado. Como se aprecia en los gráficos 6 y 7 anexo I, la diferencia en las curvas de reflectancia de soja y SA en estados tempranos permiten diferenciarlos lo que facilitaría su control. En los gráficos 8 y 9 anexo I, también se aprecia diferencia de las curvas de reflectancia entre ambas especies. En todos los casos y de igual forma que en los gráficos anteriores, al dividir los espectros de cada especie se ponen de manifiesto sus diferencias.

b.- Aplicaciones potenciales.-

La importancia de la detección de la maleza en los estadíos medidos anteriormente (primeros), radica en la relación existente entre la aparición de biomasa aérea de la maleza y la biomasa de rizomas que se hace mínima en primavera. Lo anterior marcaría un periodo crítico para la perpetuación de la maleza, ya que el hecho de afectar la producción de biomasa aérea a partir de la detección de la misma y la aplicación de herbicidas (con ello la reducción de la producción de nuevos rizomas) perjudica significativamente la dinámica poblacional de la maleza (Acciaresi, 2000). Lo mencionado hasta aquí, apunta a la optimización de la eficiencia del método de control, sabiendo que la aplicación de un método determinado (herbicidas) en el momento en que la maleza presenta un mínimo en la biomasa de rizomas optimiza su eficiencia (Satorre et al, 2012).

En estadíos avanzados de la maleza (últimos estadíos medidos), el control de SA es dificultoso, ya que la susceptibilidad al glifosato es menor, lo que no pretende ser una aseveración respecto a su condición de tolerantes al principio activo, sin embargo por lo mencionado respecto a la diseminación mediante semillas podrá aparecer como una alternativa interesante la detección de la maleza y su control para reducir el banco de semillas de la misma.

c.- Utilización de índices de vegetación.

A continuación y de manera de verificar las diferencias observadas entre los espectros de las especies estudiadas y para diferentes estadíos fenológicos de cada una, se procedió a calcular diferentes índices de vegetación conocidos, utilizando bandas espectrales particulares, obtenidas de estos espectros (Tabla 2, anexo I).

Como puede verse en la Tabla 2, para cada combinación de estadio fenológico cultivo-maleza, existen diferencias evidentes para la mayoría de los índices probados en este trabajo.

Finalmente se procedió a graficar estos resultados (Gráfico 10 anexo I), donde pueden corroborarse estas diferencias, lo cual refuerza lo presentado precedentemente al analizar los diferentes espectros completos para cada una de las combinaciones consideradas.

Los resultados obtenidos en esta primera etapa de investigación, permitieron cumplir con parte de los objetivos generales y particulares planteados; ya que se logró obtener una base de firmas espectrales de una maleza de importancia agrícola, como es el sorgo de Alepo, con tolerancia probada a glifosato en varios estadios fenológicos y comparar los diferentes espectros de dicha maleza con los obtenidos del cultivo de soja, verificando, a través de índices de vegetación, la discriminación espectral del cultivo con la maleza.

En la segunda etapa del trabajo se profundizarán estos estudios y se plantea ahondar en otras malezas de interés agronómico en interacción con otros cultivos.

Bibliografía.

Acciaresi, H.A. 2000. Tesis para obtener el título de Título: Magister Scientiae en Protección Vegetal. Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. UNLP. Denominada: "Características morfofisiológicas de trigo pan (*Triticum aestivum* L) con relación a la habilidad competitiva respecto al raygrass (*Lolium multiflorum* L.)

Gilabert M., González- Piqueras J. & García – Haro J. 1997. Acerca de los índices de vegetación. Revista de teledetección.

Gitelson, A.A., Y.J. Kaufman & M.N. Merzlyak, 1996. Use of green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS. Remote Sensing of Environment. 58: 289–98

Leguizamón ES. 2006. *Sorghum halepense*. L. Pers. (Sorgo de Alepo): base de conocimientos para su manejo en sistemas de producción. Diseñadas por la Comisión Nacional para la Prevención de la Resistencia (CONAPRE) creada en el marco del SENASA para diseminar conocimientos sobre Sorgo de Alepo reunida en Buenos Aires.

Peña-Barragán J.M., Lopez-Granados F., Jurado-Exposito M. & Garcia-Torres L. 2006. Mapping *Ridolfia segetum* patches in sunflower crop using remote sensing Institute for Sustainable Agriculture, CSIC, Cordoba, Spain. Weed research 47 (2) pp: 164–172.

Ross F & Massigocce J I. 2012 "Soja de segunda: manejo de grupos según fecha para maximizar el rinde" <http://inta.gob.ar/documentos/soja-de-segunda-manejo-de-grupos-segun-fecha-para-maximizar-el-rinde-1/>

Satorre Emilio H., Roberto L. Benech Arnold, Gustavo A. Slafer, Elba B. de la Fuente, Daniel J. Miralles, María E. Otegui & Roxana Savin. Producción de Granos. Bases Funcionales para su Manejo. Julio 2012. Pág: 785

Weber C., Schinca D.C., Tocho J.O. & Videla F.A. 2008. Passive field reflectance measurements. Journal of Optics A, Pure and Applied Optics, JOPA 10: 104020-104028.

7. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN REALIZADOS O PUBLICADOS EN EL PERIODO.

7.1. PUBLICACIONES. Debe hacerse referencia, exclusivamente a aquellas publicaciones en la cual se halla hecho explícita mención de su calidad de Becario de la CIC. (Ver instructivo para la publicación de trabajos, comunicaciones, tesis, etc.). Toda publicación donde no figure dicha

aclaración no debe ser adjuntada. Indicar el nombre de los autores de cada trabajo, en el mismo orden que aparecen en la publicación, informe o memoria técnica, donde fue publicado, volumen, página y año si corresponde; asignándole a cada uno un número. En cada trabajo que el investigador presente -si lo considerase de importancia- agregará una nota justificando el mismo y su grado de participación.

7.2. PUBLICACIONES EN PRENSA. (Aceptados para su publicación. Acompañar copia de cada uno de los trabajos y comprobante de aceptación, indicando lugar a que ha sido remitido. Ver punto 7.1.)

7.3. PUBLICACIONES ENVIADAS Y AUN NO ACEPTADAS PARA SU PUBLICACIÓN. (Adjuntar copia de cada uno de los trabajos. Ver punto 7.1.)

7.4. PUBLICACIONES TERMINADAS Y AUN NO ENVIADAS PARA SU PUBLICACIÓN. (Adjuntar resúmenes de no más de 200 palabras)

7.5. COMUNICACIONES. (No consignar los trabajos anotados en los subtítulos anteriores)

7.6. TRABAJOS EN REALIZACIÓN. (Indicar en forma breve el estado en que se encuentran)

Perona M. L.; Acciaresi H. A.; Weber C.

Separación óptica de *Glycine max* (L.) Merr. y *Sorghum halepense* L. como herramienta potencial para la aplicación selectiva de herbicidas, a enviar a: Investigación joven ISSN: 2314-3991.

Resumen

En la agricultura actual las malezas siguen siendo la principal adversidad que afecta a los sistemas productivos en tanto resultan un desafío para aquellos involucrados en la investigación científica. El aumento de los casos de resistencia de malezas herbicidas, aspectos de seguridad ambiental y la necesidad de reducir costos operativos han resultado en una necesidad de diseñar sistemas de manejo de malezas que conlleven a una disminución en el uso de herbicidas. La agricultura, en los últimos años ha sufrido cambios tecnológicos, caracterizados por adopción de la siembra directa, la introducción y adopción masiva de los cultivares resistentes a herbicidas (crh). El control químico de malezas ha crecido en forma exponencial debido a la aparición de herbicidas de alta eficacia y el incremento de la participación de soja transgénica en las rotaciones. La amplia adopción de los crh y el subsecuente uso de glifosato, ha significado una importante presión de selección para las malezas que no son controladas por este herbicida. Asociado con un uso inapropiado de esta tecnología, se ha detectado un incremento en el número de biotipos que logran sobrevivir a los tratamientos con glifosato. El reiterado uso de glifosato ha puesto de manifiesto la tolerancia existente en distintas especies de malezas presentes en nuestro país. Por otra parte, se ha visto un marcado interés respecto a los efectos de los plaguicidas en general y los herbicidas en particular sobre la salud humana y ambiental. En la actualidad los herbicidas son aplicados en forma uniforme en el predio, aun cuando la distribución de las malezas sigue un patrón azaroso. Existen posibilidades para ajustar el uso de insumos de acuerdo con el criterio de manejo sitio específico. Los sensores ópticos pueden ser una herramienta útil en la delimitación de zonas infestadas con malezas y determinar su presencia en manchones. El sensado remoto puede combinarse con pulverizadoras para permitir la aplicación de herbicidas. El propósito general del sensado remoto de malezas atiende a mapear la variabilidad espacial de la presencia de malezas para permitir un manejo y/o control sitio-específico de las mismas.

8. OTROS TRABAJOS REALIZADOS. (Publicaciones de divulgación, textos, etc.)

8.1. DOCENCIA

8.2. DIVULGACIÓN

8.3. OTROS

9. ASISTENCIA A REUNIONES CIENTÍFICAS. (Se indicará la denominación, lugar y fecha de realización y títulos de los trabajos o comunicaciones presentadas)

10. CURSOS DE PERFECCIONAMIENTO, VIAJES DE ESTUDIO, ETC. (Señalar características del curso o motivo del viaje, duración, instituciones visitadas y si se realizó algún entrenamiento)

11. DISTINCIONES O PREMIOS OBTENIDOS EN EL PERIODO

12. TAREAS DOCENTES DESARROLLADAS EN EL PERIODO

13. OTROS ELEMENTOS DE JUICIO NO CONTEMPLADOS EN LOS TÍTULOS ANTERIORES (Bajo este punto se indicará todo lo que se considere de interés para la evaluación de la tarea cumplida en el período)

14. TÍTULO DEL PLAN DE TRABAJO A REALIZAR EN EL PERIODO DE PRORROGA O DE CAMBIO DE CATEGORÍA (Deberá indicarse claramente las acciones a desarrollar)
Se plantea la continuación del trabajo previo

Condiciones de Presentación

A. El Informe Científico deberá presentarse dentro de una carpeta, con la documentación abrochada y en cuyo rótulo figure el Apellido y Nombre del Becario, la que deberá incluir:

- a. Una copia en papel A-4 (puntos 1 al 14).
- b. Las copias de publicaciones y toda otra documentación respaldatoria, deben agregarse al término del desarrollo del informe
- c. Informe del Director de tareas con la opinión del desarrollo del becario (en sobre cerrado).

Nota: El Becario que desee ser considerado a los fines de una prórroga, deberá solicitarlo en el formulario correspondiente, en los períodos que se establezcan en los cronogramas anuales.

.....
Firma del Director

.....
Firma del Becario

Anexo 1.

a.- Gráficos:

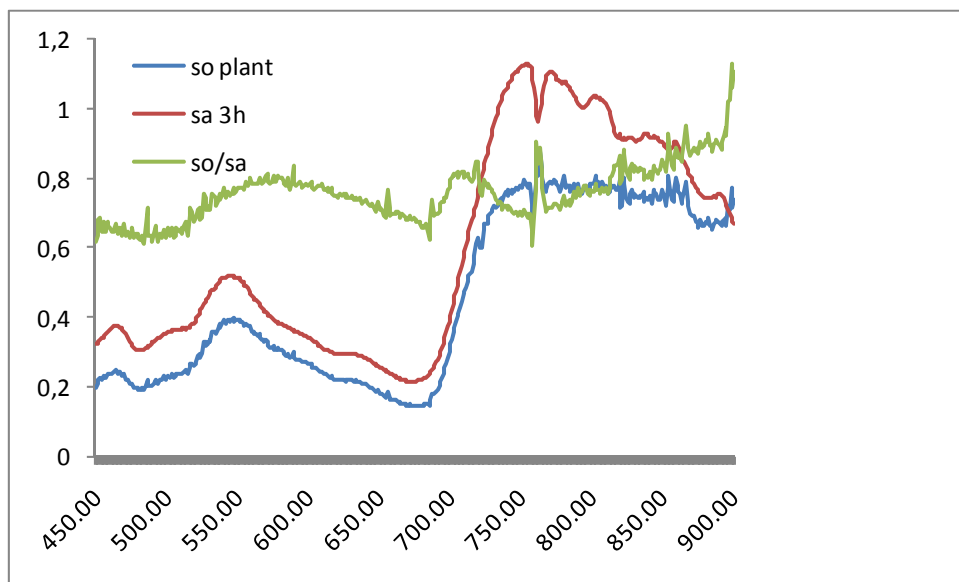


Gráfico 1. curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio 3 hojas desplegadas; Azul: soja en el estadio de plántula; Verde: relación soja/S. A.

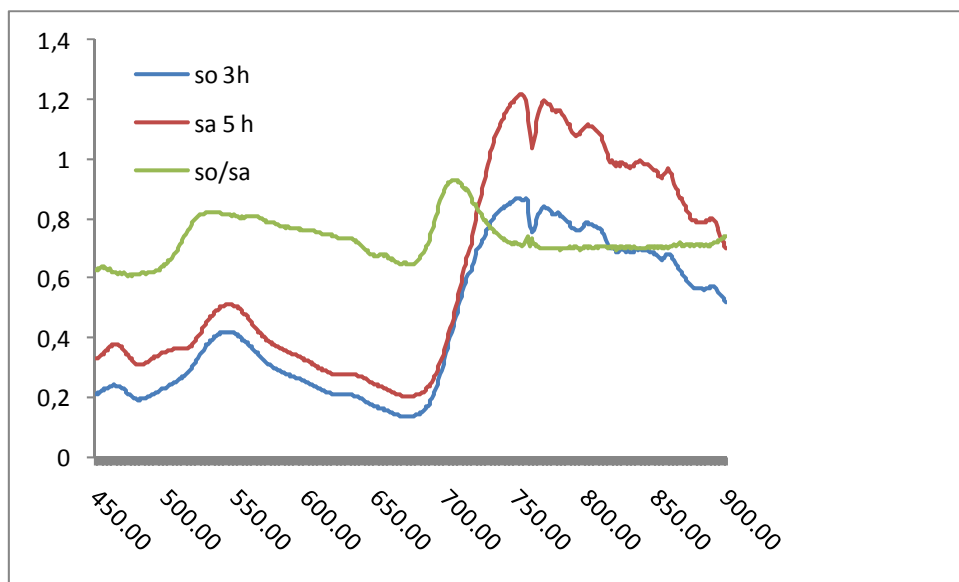


Gráfico 2. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio 5 hojas desplegadas; Azul: soja en el estadio de 3 hojas desplegadas; Verde: relación soja/S. A.

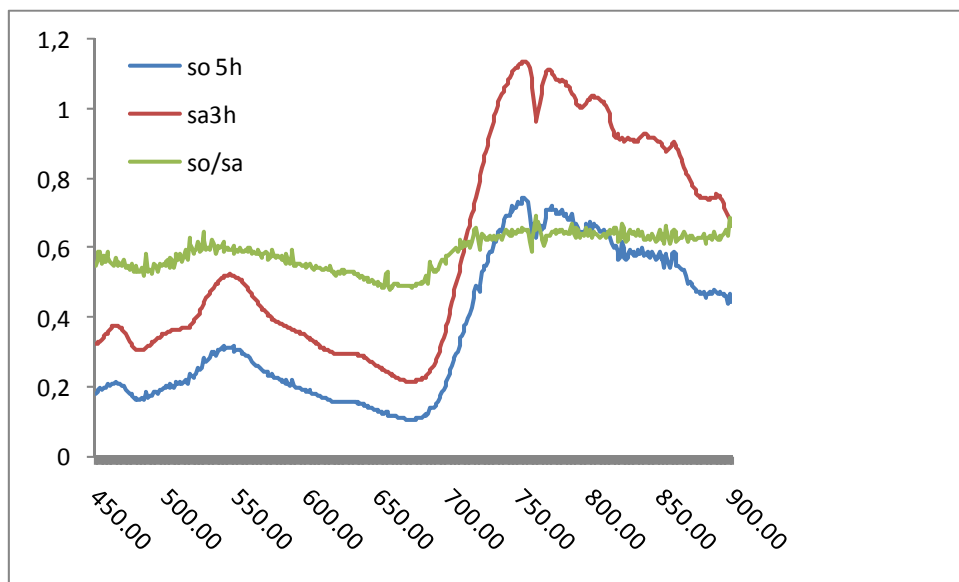


Gráfico 3. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio 3 hojas desplegadas; Azul: soja en el estadio de 5 hojas desplegadas; Verde: relación soja/S. A.

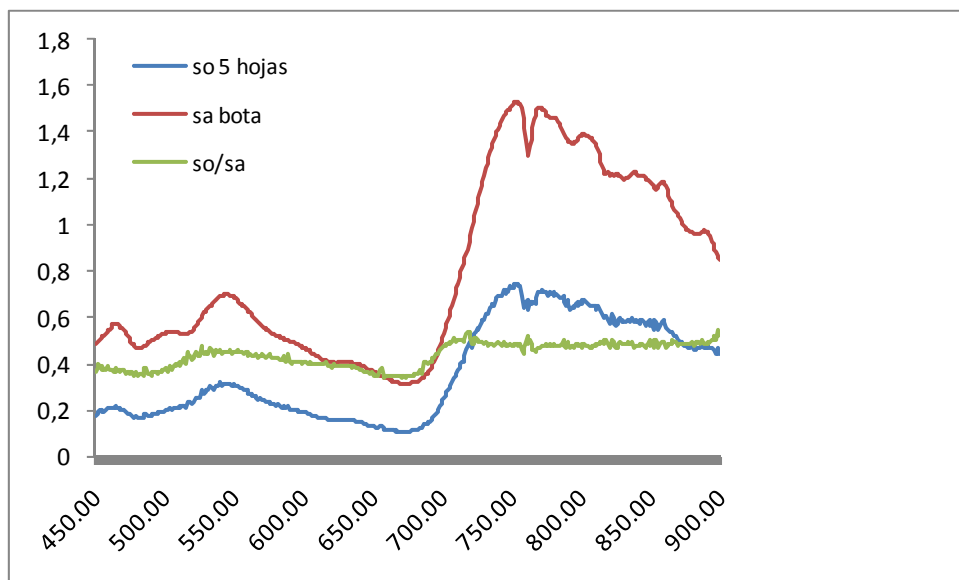


Gráfico 4. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio de bota; Azul: soja en el estadio de 5 hojas desplegadas; Verde: relación soja/S. A.

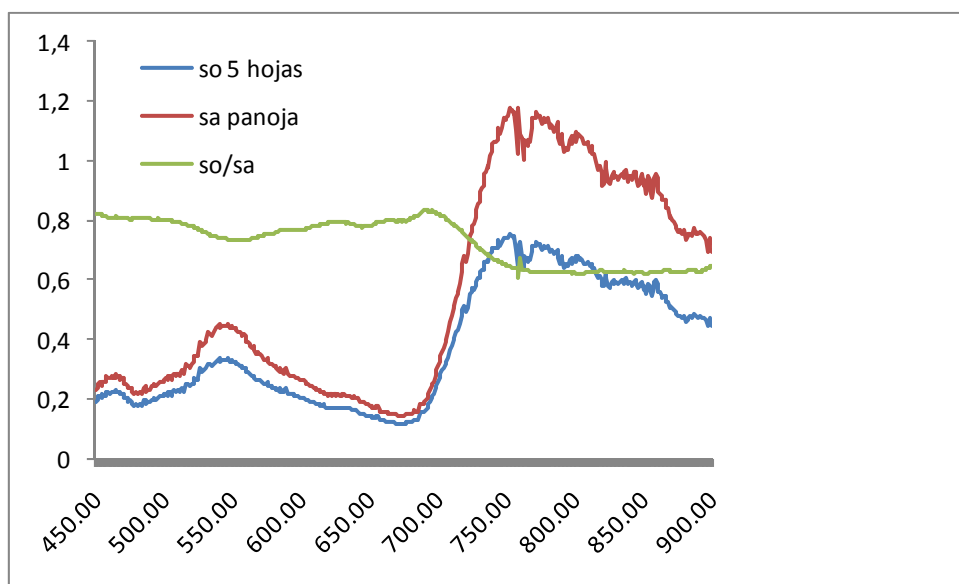


Gráfico 5. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio panojamiento; Azul: soja en el estadio de 5 hojas desplegadas; Verde: relación soja/S. A.

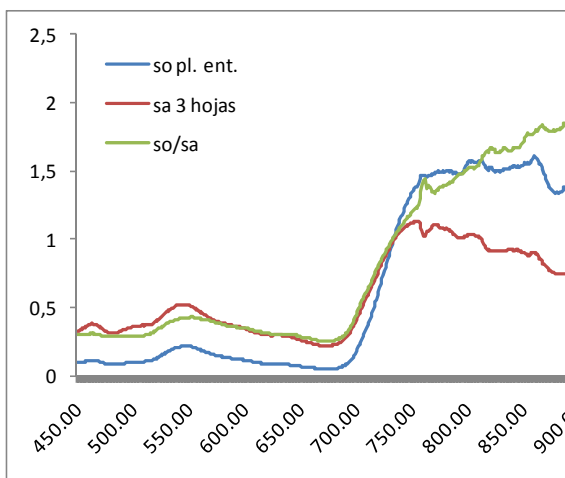


Gráfico 6. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio de 3 hojas desplegadas; Azul: soja en el estadio de planta entera; Verde: relación soja/S. A.

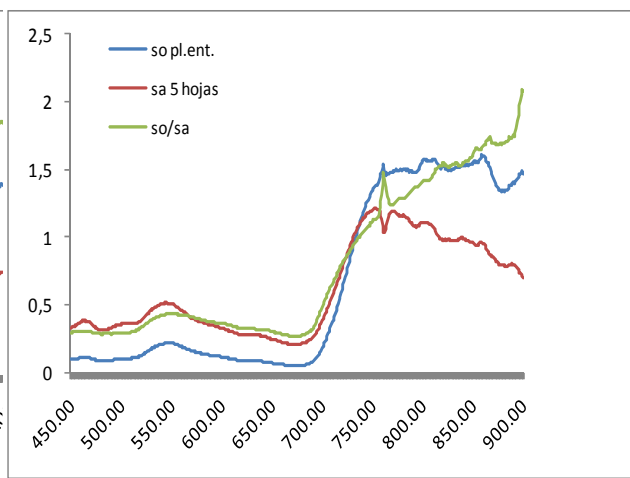


Gráfico 7. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio de 5 hojas desplegadas; Azul: soja en el estadio de planta entera; Verde: relación soja/S. A.

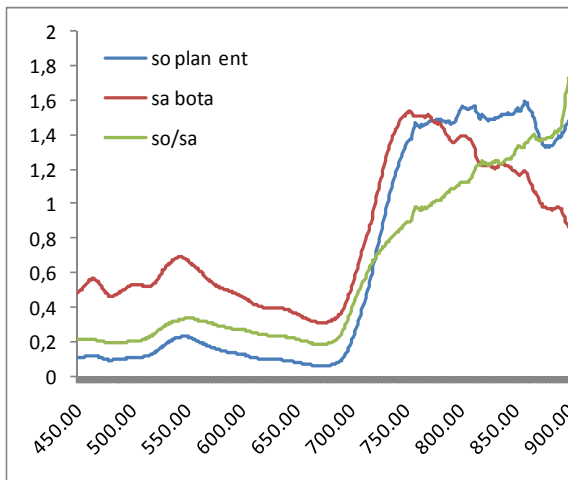


Gráfico 8. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio de bota; Azul: soja en el estadio de planta entera; Verde: relación soja/S. A.

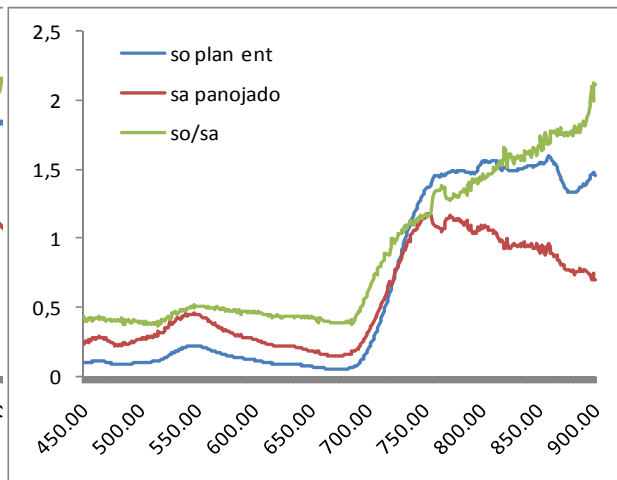


Gráfico 9. Curvas de reflectancia (fracción) representando la intensidad reflejada para cada longitud de onda para el rango 450-900 nm. Rojo: S. A. en el estadio panojado; Azul: soja en el estadio de planta entera; Verde: relación soja/S. A.

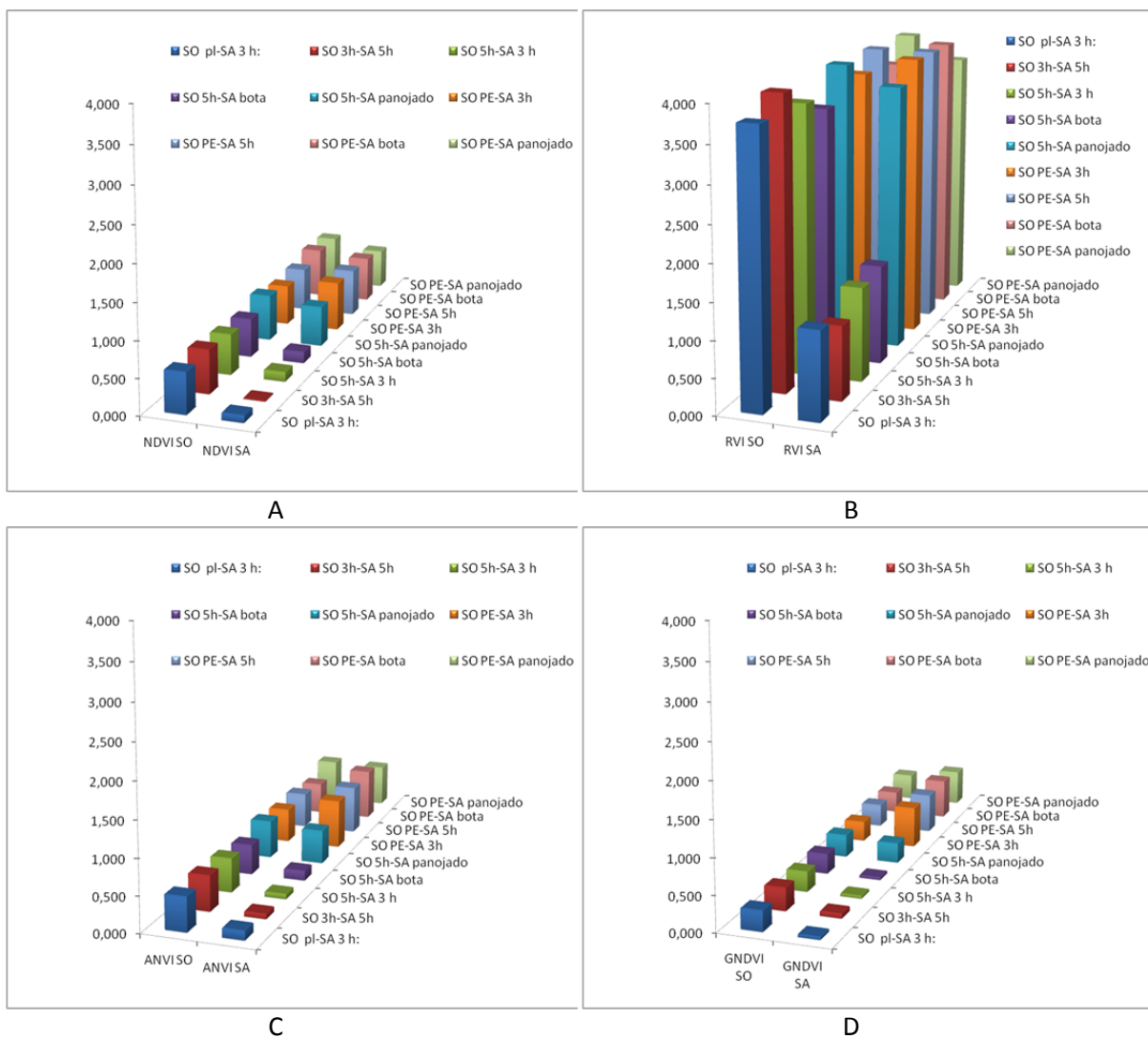


Gráfico 10. Representación gráfica de los índices de vegetación: a NDVI; b RVI; c ANVI y d GNDVI, para cada combinación de estadio de la soja (SO) y sorgo de Alepo (SA). pl= estadio de plántula; 3h= estadio 3 hojas desplegadas; 5h= estadio 5 hojas desplegadas; PE= medida de planta entera en el estadio de floración/llenado de grano.

b.- Tablas.

Tabla 1. Cronograma.

Año 1

Actividad	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Revisión bibliográfica y actualización en el área												
Búsqueda, acondicionamiento y crecimiento en condiciones controladas del material vegetal												
Preparación y ajuste del instrumental												
Medidas radiométricas												

Año 2

Actividad	Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Búsqueda, acondicionamiento y crecimiento en condiciones controladas del material vegetal												
Medidas radiométricas												
Procesamiento de datos y obtención de firmas espectrales												
Publicaciones e informes												

Tabla 2. Índices de vegetación.

Nombre	Fórmula	Significado	Referencia
Ratio Vegetation Index (RVI)	$= \frac{NIR}{RED}$	NIR corresponde a la reflectividad en el infrarrojo cercano (816 nm) y RED a la reflectividad del rojo (654nm).	Jordan 1969
Green NDVI (GNDVI)	$= \frac{(NIR - GREEN)}{(NIR + GREEN)}$	Donde NIR corresponde a los 816nm y GREEN corresponde a las longitudes de onda del verde (550nm)	Gitelson et al., (1996)
Advanced normalized vegetation index (ANVI)	$= \frac{(NIR - B)}{(NIR + B)}$	Donde NIR se refiere a los 816nm y B a los 475 nm).	Peña Barragán et al. (2006).

Tabla 3. Índices de vegetación para cada combinación de estadíos cultivo-maleza ensayados. SO= soja, SA= sorgo de Alepo; pl= estadío de plántula; 3h= estadío 3 hojas desplegadas; 5h= estadío 5 hojas desplegadas; PE= medida de planta entera en el estadío de floración/llenado de grano.

INDICE	SO pl- SA 3 h:	SO 3h- SA 5h	SO 5h- SA 3 h	SO 5h- SA bota	SO 5h-SA panojado	SO PE- SA 3h	SO PE- SA 5h	SO PE- SA bota	SO PE-SA panojado
NDVI SO	0.578	0.617	0.576	0.55	0.660	0.578	0.617	0.716	0.706
NDVI SA	0.101	0.016	0.134	0.162	0.576	0.707	0.676	0.657	0.571
RVI SO	3.75	4.22	3.73	3.52	4.88	3.75	4.23	3.66	5.80
RVI SA	1.22	1.03	1.31	1.39	3.73	5.84	5.18	6.05	3.66
GNDVI SO	0.290	0.327	0.288	0.288	0.324	0.290	0.327	0.306	0.376
GNDVI SA	0.042	0.068	0.039	0.040	0.288	0.585	0.557	0.568	0.506
ANVI SO	0.484	0.504	0.482	0.428	0.536	0.484	0.504	0.450	0.604
ANVI SA	0.132	0.072	0.072	0.140	0.482	0.695	0.681	0.727	0.591