

Uso de Teledetección y SIG para la detección de frecuencias de rotación soja/maíz en el departamento Burruyacu, provincia de Tucumán, Argentina

Carmina Fandos*; Javier I. Carreras Baldrés*, Pablo Scandaliaris*, Federico J. Soria*, Daniel E. Gamboa** y Mario R. Devani**

RESUMEN

Burruyacu es el departamento de mayor producción de soja y maíz en la provincia de Tucumán. La rotación de cultivos es una práctica fundamental para el logro de sistemas productivos sustentables en el tiempo. En este sentido, la rotación con gramíneas, principalmente maíz, es muy importante ya que, entre otros beneficios, contribuye a una mejora en las condiciones físicas y químicas del suelo que llevan al mejor aprovechamiento de la humedad y favorece la disminución de enfermedades, plagas y malezas. El objetivo del presente estudio fue identificar y cuantificar las frecuencias de rotación soja/maíz en el departamento Burruyacu, en el período comprendido entre las campañas 2013/2014 a 2016/2017. Se realizó un estudio multitemporal de imágenes categorizadas obtenidas de imágenes satelitales utilizando metodologías de SIG. Se identificaron distintas secuencias de cultivos que correspondieron a tres grupos: lotes con cultivos de soja sin rotación con maíz, lotes con cultivos de maíz sin intercalar con soja, y lotes con rotación soja/maíz. Las secuencias con rotación soja/maíz concentraron el mayor porcentaje de superficie relevada. Le siguen en orden decreciente el grupo conformado por lotes con soja sin rotación con maíz y la agrupación integrada por lotes con maíz sin rotar con soja. En el grupo integrado por las secuencias de cultivos de soja sin rotación con maíz predominaron aquellas que correspondían a soja en una sola campaña. En la agrupación de secuencias con rotación soja/maíz prevaleció el subgrupo de secuencias con una campaña de maíz y tres de soja, seguido por el subgrupo integrado por maíz y soja en dos campañas cada cultivo. En este último subgrupo predominaron las secuencias en las que los cultivos de soja y maíz se intercalaron anualmente.

Palabras clave: percepción remota, agricultura de precisión, prácticas agrícolas.

ABSTRACT

Remote sensing and GIS for detection soybean/corn rotation frequencies

Burruyacu is the department with the highest production of soybeans and corn in Tucumán province. Crop rotation is a fundamental practice to achieve sustainable productive systems through time. In this sense, the rotation with grasses, mainly corn, is fundamental since, among other benefits, it contributes to an improvement in the physical and chemical conditions of the soil that allow a better use of the humidity and favors the decrease of diseases, pests and weeds. This paper aimed to identify and quantify the soybean/corn rotation frequencies in the Burruyacu department, in the period between the growing seasons 2013/2014 to 2016/2017. A multitemporal analysis of categorized images obtained from satellite images was made, applying GIS methodologies. Different sequences of crops were identified that corresponded to three groups: plots with non-rotated soybean crops with corn, plots with non-intercropped corn crops with soybean, and plots with soybean/corn rotation. Sequences with soybean / corn rotation concentrated the highest percentage of surveyed area. The group of plots with soybeans without rotation with corn and the group of plots with unrotated corn with soybeans follow in descending order. In the group of sequences of soybean crops without rotation with corn, those that corresponded to soy in a single growing season predominated. In the grouping of sequences with soybean/corn rotation, the subgroup of sequences with one corn and three soybean growing season prevailed, followed by the subgroup composed of corn and soybean in two growing seasons each crop. In the latter subgroup, the sequences with soybeans and corn interspersed annually predominated.

Key words: remote perception, precision farming, agricultural practices

Fecha de ingreso: 26-02-18 - Fecha de egreso: 8-10-18

*Sección Sensores Remotos y SIG, ** Sección Granos, EEAOC. carminaf@eeaoc.org.ar

INTRODUCCIÓN

La rotación de cultivos es una práctica fundamental para el logro de sistemas productivos sustentables a través del tiempo. La información sobre secuencias y rotaciones de cultivos es un parámetro primordial al momento del análisis de un agroecosistema, puesto que influye directamente en los flujos de materia dentro del mismo (Waldhoff *et al.*, 2017).

En el contexto de agroecosistemas basados en cultivos de soja, la rotación con gramíneas, principalmente maíz, es fundamental ya que, entre otros beneficios, contribuye a una mejora en las condiciones físicas y químicas del suelo que llevan a un mejor aprovechamiento de la humedad y favorece la disminución de enfermedades, plagas y malezas (Devani *et al.*, 2003). Lo anterior redundó en un incremento en el orden del 15% al 20% promedio en el rendimiento del cultivo de soja siguiente (Pérez *et al.*, 2013).

En la provincia de Tucumán el cultivo de soja es el de mayor importancia dentro de los granos estivales, siguiéndole en jerarquía el cultivo de maíz y en muy pequeña escala otros granos como el poroto, el sorgo, la chíca, etc.

Burruyacu es el departamento de mayor producción de soja y maíz en la provincia de Tucumán (Fandos *et al.*, 2015). Entre las campañas 2013/2014 a 2016/2017 concentró entre el 37% y el 42% de la soja, y entre el 49% y el 62% del maíz cultivado a nivel provincial.

La información sobre secuencias y rotaciones de cultivos está escasamente disponible para escalas regionales ((Waldhoff *et al.*, 2017), si bien en numerosas publicaciones se diferencian coberturas vegetales utilizando información satelital. Entre las técnicas utilizadas para diferenciar coberturas vegetales utilizando imágenes satelitales se destaca el proceso de clasificación digital, que consiste en la agrupación de los valores digitales en clases y en función de la coincidencia de sus valores con hechos de interés en un determinado territorio. En el proceso, la imagen multibanda se convierte en otra imagen, donde los valores digitales no corresponden a la radiancia detectada por el sensor, sino que se trata de una etiqueta que identifica la categoría asignada a cada píxel (Chuvienco, 2000). La posibilidad de confeccionar mapas temáticos a partir de imágenes clasificadas ha dado lugar a múltiples aplicaciones, entre las que la producción de mapas de usos de suelo ocupa un lugar destacado (Prados Velasco, 1995).

El advenimiento de tecnologías relacionadas con el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) presenta un gran potencial para la obtención de información de secuencias y rotaciones de cultivos a escala regional, puesto que los sensores remotos permiten una rápida detección y cuantificación de

los cambios en la cobertura terrestre, y los SIG, posibilitan la vinculación espacial de distintas fuentes de información. En definitiva, el uso conjunto de ambas tecnologías facilita el estudio de la dinámica en el uso de la tierra, lo que resulta particularmente importante para la detección de fenómenos intuitivos y que no resultan fácilmente identificables por otros métodos (Prados Velasco, 1995).

Utilizando técnicas de geoprocésamiento (procesamiento informatizado de datos referenciados geográficamente), la información sobre cada lugar puede ser georreferenciada, lo que permite representar cartográficamente la variación espacial y/o temporal de las variables consideradas, así como la integración espacial de información proveniente de diversas fuentes.

La representación espacial de datos sobre las áreas de producción apunta a generar información que favorezca el gerenciamiento de insumos y busca la forma de solucionar o mitigar conjuntamente cuestiones de tipo ambiental, social y económico. En este sentido, la aplicación de técnicas de geoprocésamiento utilizando SIG se ha transformado en una alternativa esencial para la integración espacial de los datos multidisciplinarios a ser considerados (Landau *et al.*, 2014).

Entre los antecedentes locales de aplicación de teledetección y SIG al análisis de rotaciones de cultivos se destacan los trabajos de Soria y Fandos (2005) y Paoli *et al.* (2001).

El objetivo del presente estudio fue identificar y cuantificar las frecuencias de rotación soja/maíz en el departamento Burruyacu de la provincia de Tucumán en el período comprendido entre las campañas estivales 2013/2014 a 2016/2017.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende la zona granera del departamento Burruyacu, situado en la provincia de Tucumán, R. Argentina (Figura 1).

Se realizó un estudio multitemporal de imágenes categorizadas (Chuvienco, 2000), utilizando metodologías de SIG. Las imágenes categorizadas son coberturas temáticas digitales en formato raster generadas a partir de clasificaciones de imágenes adquiridas por sensores remotos. Las coberturas temáticas utilizadas como base fueron las clasificaciones de soja, maíz y caña de azúcar obtenidas para las campañas 2013/2014 a 2016/2017 (Soria *et al.*, 2014; Soria *et al.*, 2015; Soria *et al.*, 2016; Fandos *et al.*, 2017a; Fandos *et al.*, 2017b). Dichas capas temáticas fueron obtenidas a partir de clasificaciones multiespectrales de imágenes satelitales Landsat 8 OLI, SPOT 5 HRVIR, Resourcesat 2 LISS 3 y Sentinel 2A MSI, [Obtenidas de los sitios, <https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/>; <http://www.dgi.inpe.br/catalogo/> y <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, respectivamente].

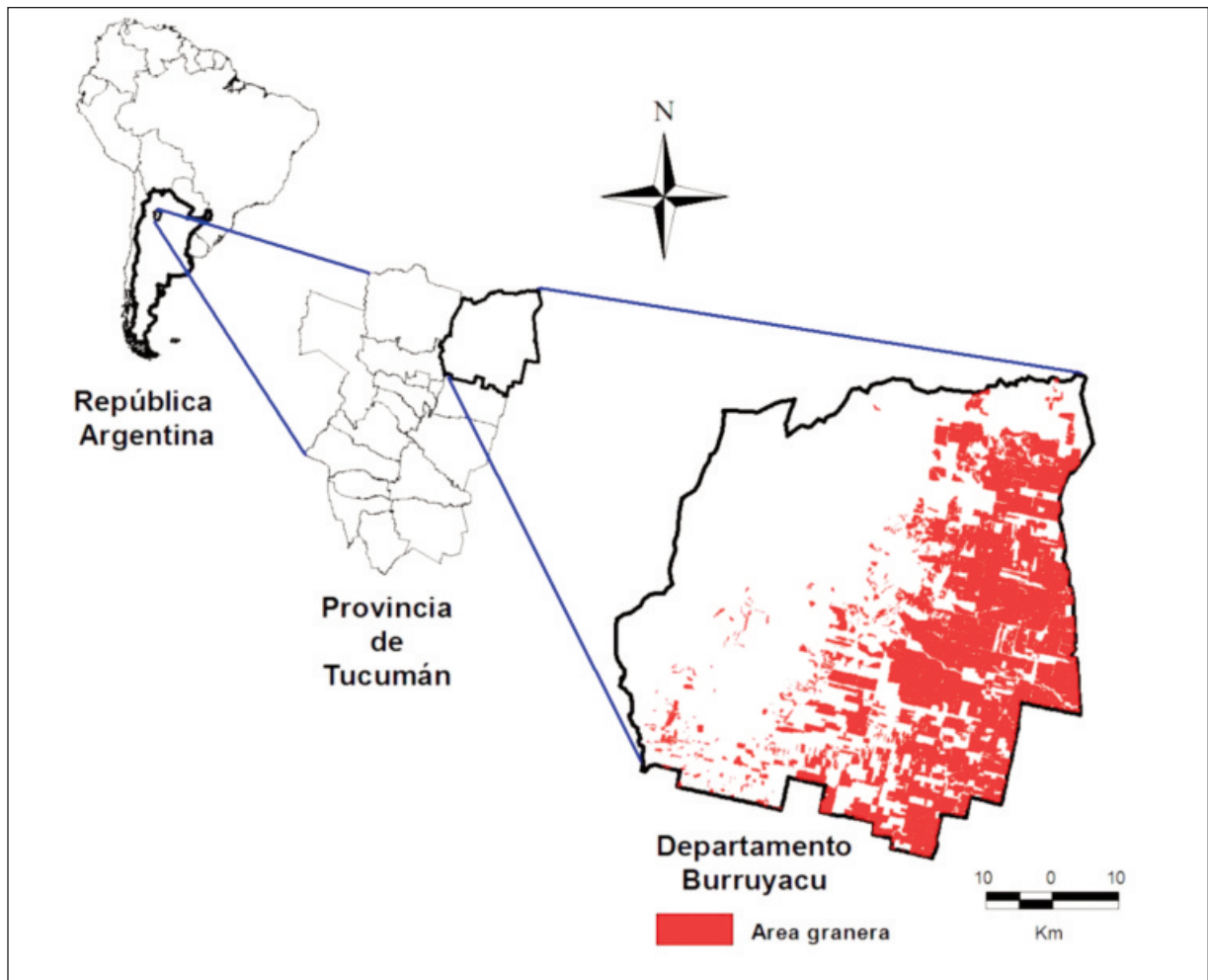


Figura 1. Situación relativa del área de estudio.

Las mismas presentaban correcciones geométricas y sistema de referencia correspondiente a la proyección cartográfica Posgar 94, Datum WGS 84.

Debido a la diferente resolución espacial de los sensores utilizados, las capas temáticas presentaban distinto tamaño de pixel, por lo que en primera instancia se realizó el redimensionamiento de pixel para ajustarlo a 30 m, valor correspondiente al pixel de las imágenes Landsat 8 OLI.

Seguidamente, utilizando técnicas de superposición de SIG se integraron las diferentes coberturas temáticas.

En primer lugar se superpusieron las coberturas de soja y maíz, lo que permitió identificar los lotes con rotación soja/maíz, los lotes con cultivos de soja que no fueron alternados con maíz y viceversa.

Posteriormente se seleccionaron las clases correspondientes a zonas con soja sin rotación con maíz y se integraron con la capa resumen de las clasificaciones de caña de azúcar entre 2014 y 2017, lo que facilitó la identificación de las zonas con rotación soja/caña de azúcar.

En la Figura 2 se expone el diagrama de flujo de la metodología empleada en el estudio.

Los resultados obtenidos fueron validados confrontándolos con la información de campo relevada para las diferentes campañas en análisis. El proceso se realizó corroborando la información de campo de 72 puntos de control repartidos según un muestreo sistemático no alineado (Chuvienco, 2000), por cuadrículas de 4000 ha, lo que permitió el muestreo de toda la superficie en estudio. El proceso de verificación arrojó una fiabilidad del 89%.

La Figura 3 expone la distribución espacial de la grilla de cuadrículas y los puntos de muestreo.

Finalmente se elaboraron los mapas temáticos.

Los softwares utilizados para el trabajo fueron ERDAS Imagine, versión 8.4. y ARC GIS versión 9.0.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La integración de las coberturas de soja y maíz en el período analizado permitió identificar diferentes

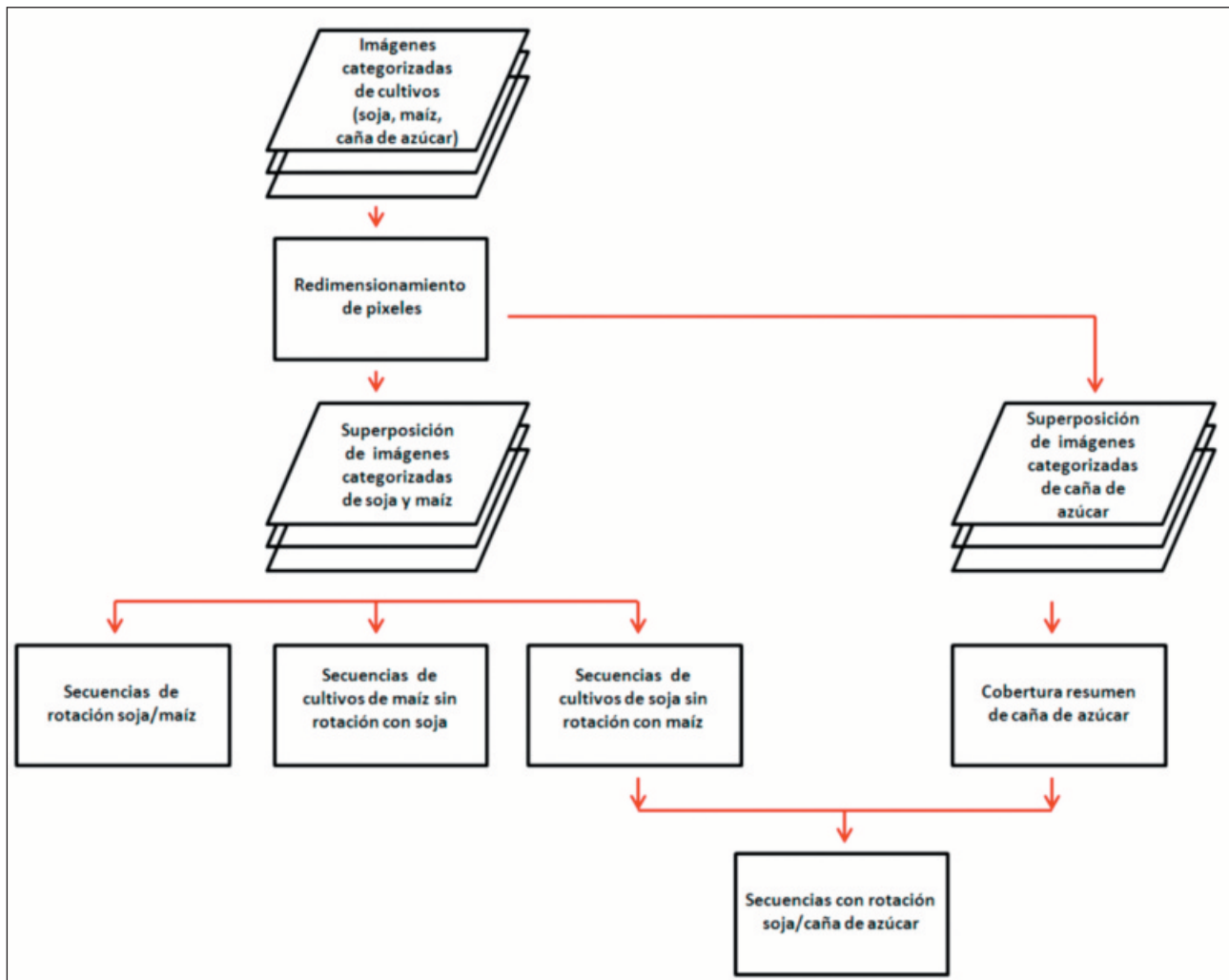


Figura 2: Diagrama de flujo de la metodología empleada

secuencias o sucesiones, las que se clasificaron en tres grupos (Tabla 1). El grupo 1, integrado por las secuencias 1 a 15 que corresponden a lotes con cultivos de soja sin rotación con maíz; el grupo 2, conformado por las secuencias 16 a 27 que indican los lotes con cultivos de maíz sin intercalar con soja; y el grupo 3, que concentra las secuencias 28 a 41 y corresponden a lotes con rotación soja/maíz. Los espacios en blanco indican lotes con otros cultivos o en barbecho.

El análisis de la Tabla 1 indica un total de 128.130 ha, que corresponde a la sumatoria de las superficies de todas las secuencias identificadas. Las secuencias con mayor superficie fueron la 29, 36, 15 y 30, con valores superiores a las 10.000 ha en cada caso. Todas corresponden a rotaciones soja/maíz con excepción de la secuencia 15 que indica monocultivo de soja. Cabe destacar además que no se detectaron lotes con cultivos de maíz en las cuatro campañas.

Al realizar el análisis por agrupaciones (Figura 4), se observa que el grupo 3 concentró el mayor porcentaje

de superficie relevada, alrededor del 55%. Le siguen en orden decreciente el grupo 1 (38%) y el grupo 2 (7%).

Al analizar el grupo 1 (Figura 5), surge que el subgrupo conformado por áreas con soja en una sola campaña de las cuatro consideradas (secuencias 1 a 4) es el de mayor superficie (41%), seguido por el subgrupo de soja en las cuatro campañas (secuencia 15) con el 23%.

Una práctica agronómica frecuente en la zona cañera del departamento Burruyacu es la rotación de los cañaverales con soja (Fandos *et al.*, 2012). Para indagar si los lotes de soja que no fueron rotados con maíz correspondían a lotes en rotación soja/caña de azúcar, se integraron dichas clases con la cobertura temática de caña de azúcar entre 2014 y 2017, resultando que alrededor de 13.000 ha correspondían al sistema de rotación soja/caña de azúcar. Dicha superficie representa el 35% del total de la superficie con soja sin rotar con maíz en una a tres campañas.

La Figura 6A muestra la disposición espacial de los lotes con soja en una o más campañas, mientras que la

Tabla1: Secuencia de cultivos de soja y maíz entre las campañas 2013/2014 a 2016/2017

Grupo	Secuencias	Campañas				Superficie (ha)	Superficie (%)
		2013/2014	2014/2015	2015/2016	2016/2017		
1	1	Soja				5.490	4,3
	2		Soja			4.600	3,6
	3			Soja		3.530	2,8
	4				Soja	6.320	4,9
	5	Soja	Soja			2.760	2,2
	6		Soja	Soja		1.770	1,4
	7			Soja	Soja	2.130	1,7
	8	Soja				1.420	1,1
	9	Soja		Soja		1.080	0,8
	10		Soja		Soja	720	0,6
	11	Soja	Soja	Soja		2.330	1,8
	12		Soja	Soja	Soja	1.670	1,3
	13	Soja	Soja		Soja	1.390	1,1
	14	Soja		Soja	Soja	2.210	1,7
	15	Soja	Soja	Soja	Soja	11.070	8,6
2	16	Maíz				1.850	1,4
	17		Maíz			1.210	0,9
	18			Maíz		1.070	0,8
	19				Maíz	940	0,7
	20	Maíz	Maíz			120	0,1
	21		Maíz	Maíz		160	0,1
	22			Maíz	Maíz	90	0,1
	23	Maíz				140	0,1
	24	Maíz		Maíz		900	0,7
	25		Maíz		Maíz	370	0,3
	26	Maíz	Maíz	Maíz		450	0,4
	27	Maíz		Maíz	Maíz	1.860	1,5
3	28	Maíz	Soja	Soja	Soja	9.810	7,7
	29	Soja	Maíz	Soja	Soja	12.190	9,5
	30	Soja	Soja	Maíz	Soja	10.040	7,8
	31	Soja	Soja	Soja	Maíz	4.380	3,4
	32	Maíz	Maíz	Soja	Soja	810	0,6
	33	Soja	Maíz	Maíz	Soja	1.120	0,9
	34	Soja	Soja	Maíz	Maíz	80	0,1
	35	Maíz	Soja	Soja	Maíz	6.640	5,2
	36	Maíz	Soja	Maíz	Soja	11.750	9,2
	37	Soja	Maíz	Soja	Maíz	10.590	8,3
	38	Soja	Maíz	Maíz	Maíz	160	0,1
	39	Maíz	Maíz	Maíz	Soja	420	0,3
	40	Maíz	Soja	Maíz	Maíz	700	0,5
	41	Maíz	Maíz	Soja	Maíz	1.790	1,4
			Total				128.130

granera departamental, que coincide con la zona de aptitud ecológica óptima para el cultivo de la soja en secano (Lamelas *et al.*, 2006). Con respecto a los lotes con soja sin rotación con maíz o caña de azúcar, podrían corresponder a lotes donde se sembraron otros cultivos con mayor rentabilidad puntual en alguna campaña, como poroto, chí, sorgo, etc.

El estudio en detalle del grupo 2 (Figura 7), revela que el subgrupo integrado por lotes con maíz en una sola campaña de las cuatro consideradas (secuencias 16 a 19) es el de mayor repetición concentrando el 55% del total del grupo; seguido por el subgrupo formado por maíz en tres campañas con el 25% (secuencias 26 y 27). En la Figura 8 se muestra la disposición espacial de los lotes con maíz en

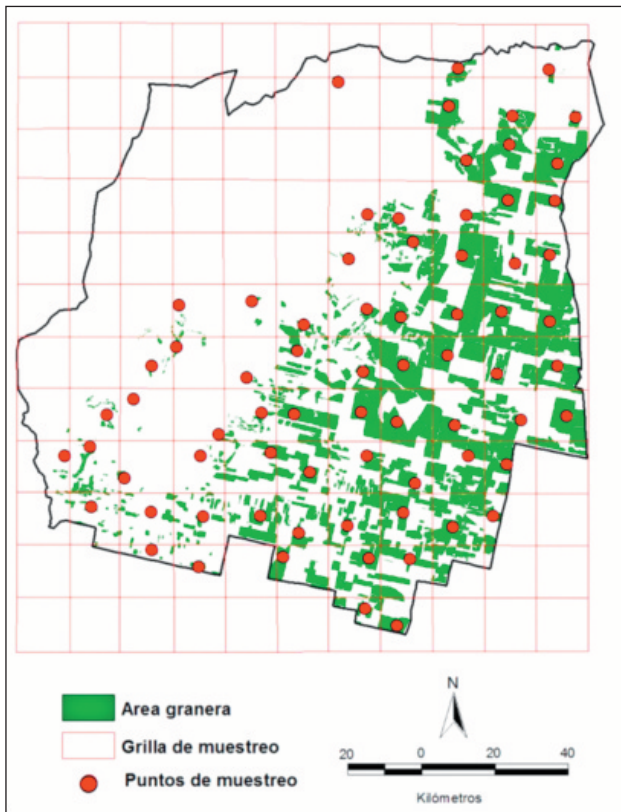


Figura 3: Distribución espacial de la grilla y puntos de muestreo

Figura 6B expone además los lotes en rotación soja/caña de azúcar. Si se analiza la disposición espacial de los lotes sojeros en rotación con caña de azúcar, se aprecia que corresponden mayormente a lotes con soja en una sola campaña; por otra parte también se constata que se disponen en general en la franja occidental del área

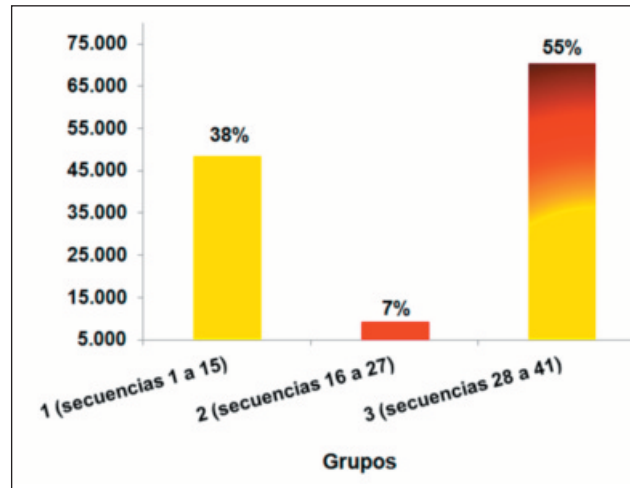


Figura 4. Grupo 1: secuencias 1 a 15, soja sin rotación con maíz. Grupo 2: secuencias 16 a 27, maíz sin rotación con soja. Grupo 3: secuencias 28 a 41, rotación soja/maíz.

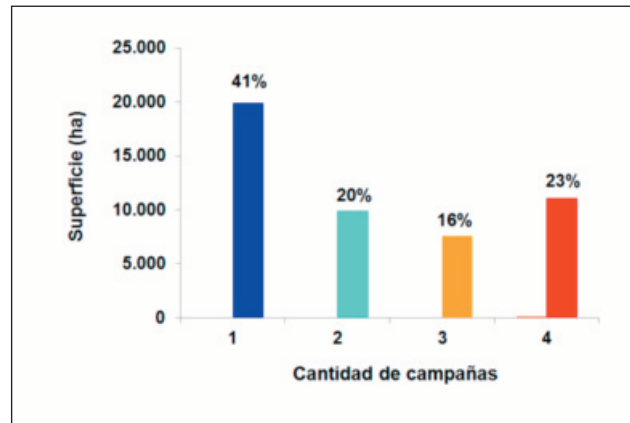


Figura 5: Grupo 1, repeticiones de cultivos de soja sin rotación con maíz.

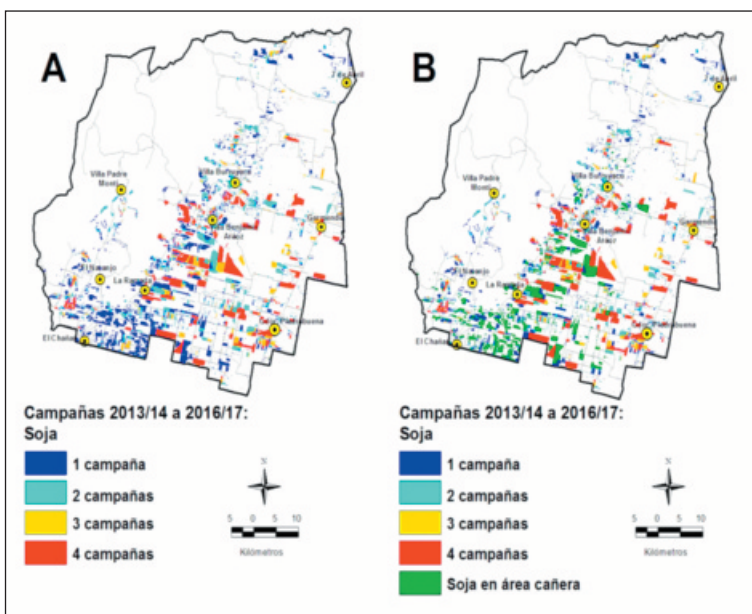


Figura 6. Grupo 1, distribución espacial de las repeticiones de cultivos de soja sin rotación con maíz y soja en área cañera

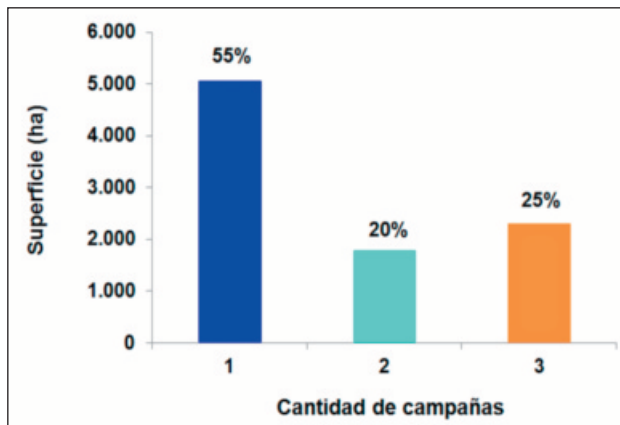


Figura 7: Grupo 2, repeticiones de cultivos de maíz sin rotación con soja.

una o más campañas, sin rotar con soja. Dichos lotes se localizan principalmente en las zonas norte y este del área granera y corresponden mayormente a establecimientos agropecuarios en los que se practica la siembra de maíz en rotación con pasturas.

Como se mencionó previamente, alrededor del 55% de la superficie relevada se concentró en el grupo 3, que corresponde a lotes con rotación soja/maíz. Para el análisis de este grupo se optó por dividir las secuencias según tres tipos de rotación, 1:3, 2:2 y 3:1, según el número de campañas con soja y maíz. El tipo de rotación 1:3

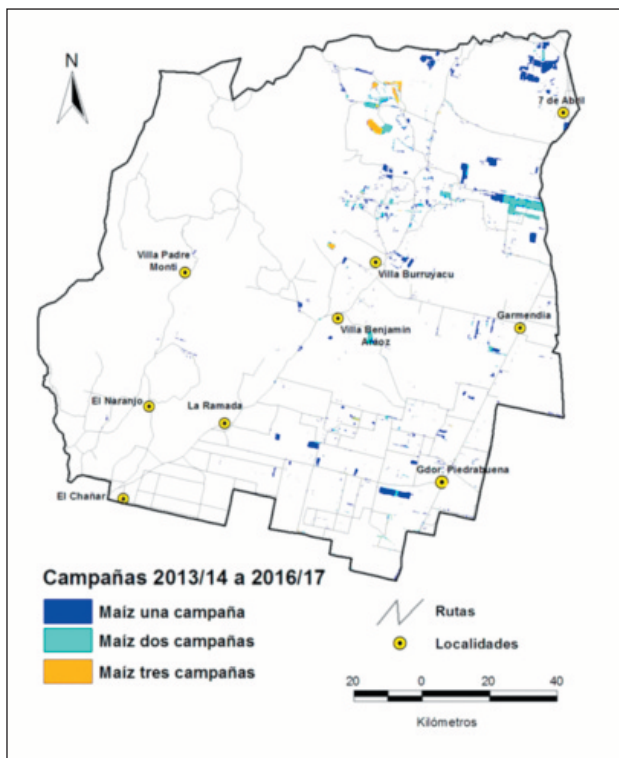


Figura 8. Grupo 2, distribución espacial de las repeticiones de cultivos de maíz sin rotación con soja.

corresponde a las secuencias que presentaron una campaña con maíz y tres de soja; la rotación 2:2 indica dos campañas de maíz y dos de soja; mientras que la rotación 3:1 abarca las secuencias con tres campañas de maíz y una de soja. Si se expresa en términos porcentuales, las rotaciones 1:3, 2:2 y 3:1 corresponden a lotes con cultivos de maíz en el 25%, 50% y 75% del período analizado, respectivamente.

En la Figura 9 se constata que de ese total, el 52% correspondió a secuencias de una campaña con maíz y tres de soja (rotación 1:3); el 44% a sucesiones de dos campañas de maíz y dos de soja (rotación 2:2); y el 4% a secuencias con tres campañas de maíz y una de soja (rotación 3:1).

La Figura 10 muestra la disposición geográfica de los tres tipos de rotaciones mencionados. Se aprecia una mayor concentración en la zona centro-norte del área granera departamental.

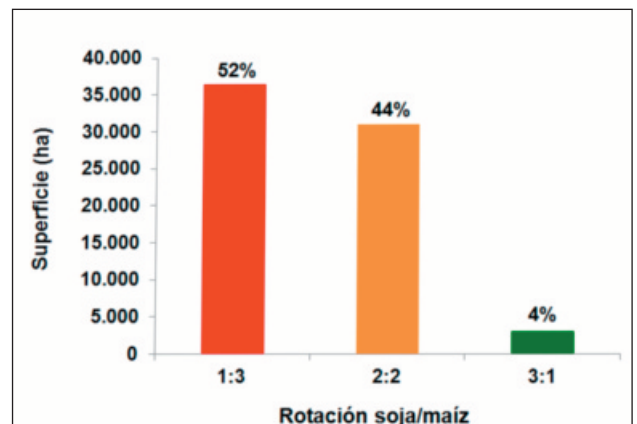


Figura 9. Grupo 3, tipos de rotación soja/maíz.

1:3, maíz una campaña y soja tres campañas. 2:2, dos campañas de maíz y dos de soja.

3:1, tres campañas de maíz y una campaña de soja.

Para un análisis más detallado se elaboraron las Figuras 11 a 13 que muestran la distribución espacial de las secuencias correspondientes a cada tipo de rotación. En la Figura 11 se visualizan las secuencias con rotación 1:3. En este grupo la secuencia con mayor repetición fue la 29 seguida de la 30.

La Figura 12 muestra la disposición geográfica de las secuencias con rotación 2:2. En este tipo de rotación, la secuencia con mayor superficie es la 36, secundada por la 37. En ambas los cultivos de soja y maíz se intercalan anualmente.

En la Figura 13 se expone la distribución espacial de las secuencias con rotación 3:1. La secuencia con mayor frecuencia es la 41 seguida por la 40.

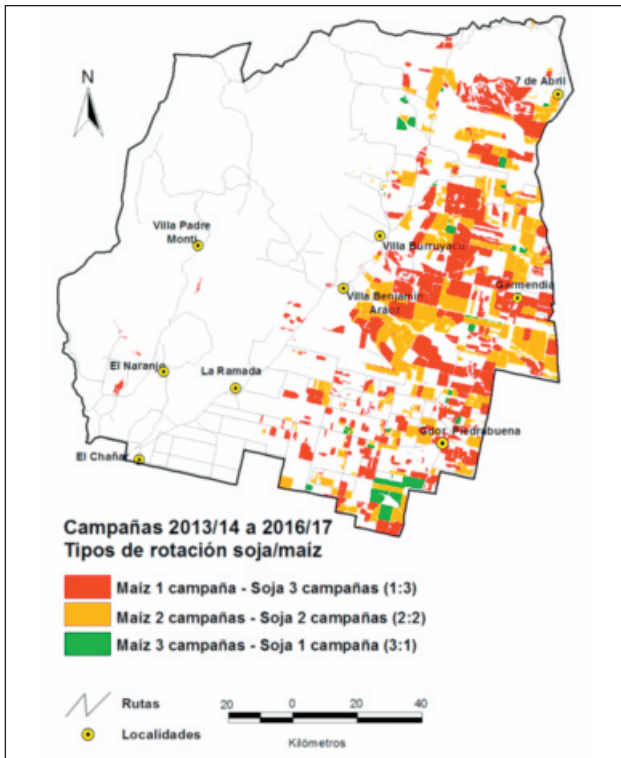


Figura 10. Distribución geográfica de los tipos de rotación soja/maíz.

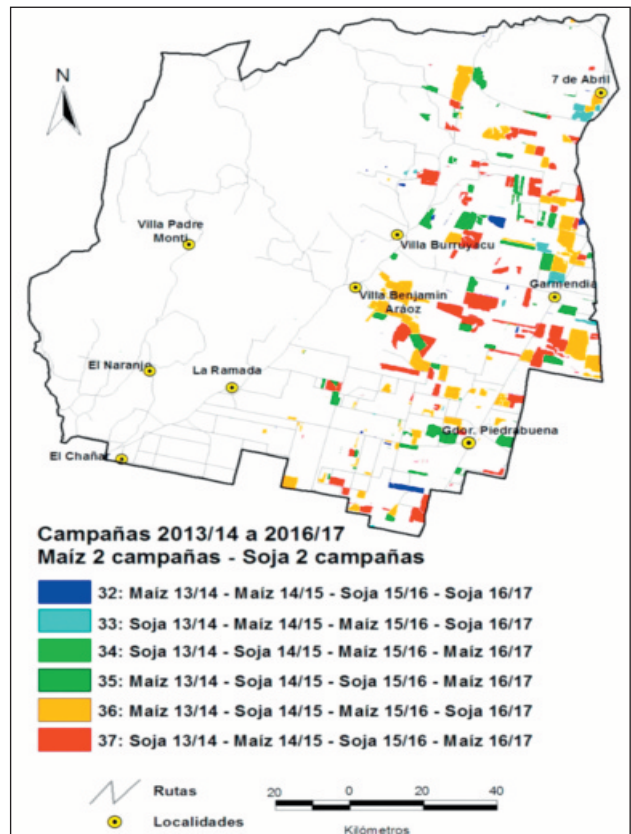


Figura 12. Distribución espacial de la rotación con maíz dos campañas y soja dos campañas (2:2)

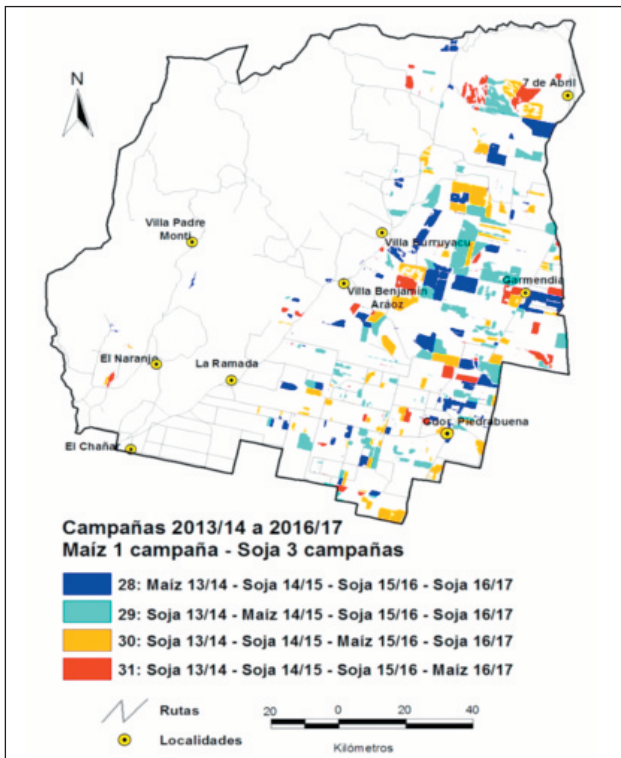


Figura 11. Distribución espacial de la rotación con maíz una campaña y soja tres campañas (1:3)

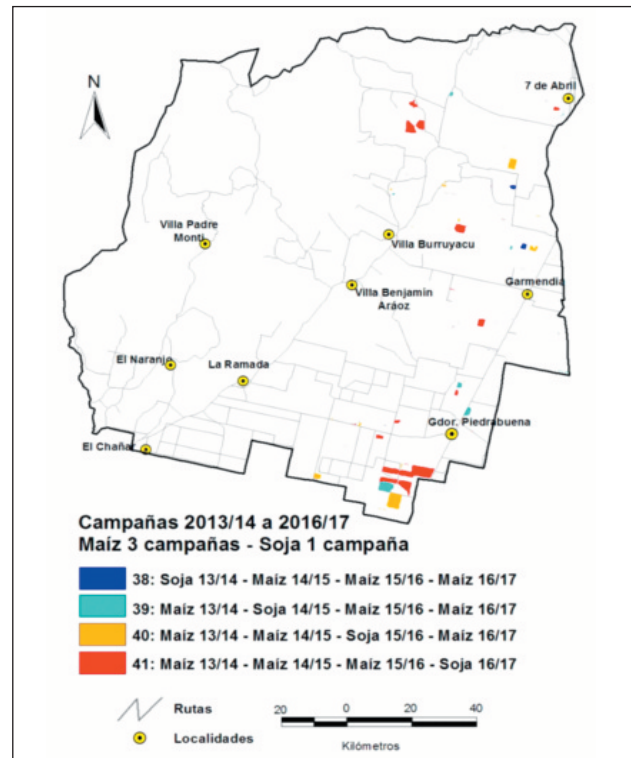


Figura 13. Distribución espacial de la rotación con maíz tres campañas y soja una campaña (3:1)

CONCLUSIONES

La información sobre secuencias de cultivos es un parámetro fundamental al momento del análisis de un agroecosistema. Dicha información está escasamente disponible para escalas regionales.

La metodología empleada contribuye a la generación de información de escala a nivel regional. El análisis multitemporal de las imágenes categorizadas con la información de cultivos, analizadas en un entorno SIG, permitió identificar, cuantificar y representar espacialmente distintas secuencias de cultivos estivales.

Se identificaron tres grupos de secuencias. El grupo 1, integrado por las secuencias de lotes con cultivos de soja sin rotación con maíz; el grupo 2, correspondiente a lotes con cultivos de maíz sin intercalar con soja; y el grupo 3, conformado por lotes con rotación soja/maíz.

El grupo 3 concentró el mayor porcentaje de superficie relevada, predominando el subgrupo conformado por las secuencias de una campaña con maíz y tres de soja (rotación 1:3), seguido por el subgrupo integrado por lotes con maíz y soja en dos campañas cada cultivo (rotación 2:2). En éste último subgrupo prevalecieron las secuencias en las que los cultivos de soja y maíz se intercalaron anualmente.

La disposición espacial de los lotes en rotación soja/maíz reveló una mayor concentración en la zona centro-norte del área granera del departamento Burruyacu.

El análisis SIG generó información estadística y gráfica que sirve de base para diversos estudios. Desde el punto de vista económico, la información relevada permite ponderar los distintos tipos de rotación a nivel departamental, lo que mejoraría la representatividad de las inferencias económicas; en el aspecto agronómico facilita la identificación de lotes con y sin rotación, a los fines de las recomendaciones de manejo agronómico; mientras que en el aspecto ambiental facilita la identificación de las zonas más comprometidas desde el punto de vista de la sustentabilidad de los sistemas productivos.

Investigaciones futuras podrían contemplar la extensión del período de análisis y la inclusión de los cultivos invernales en el estudio, a los fines de identificar las secuencias de cultivos y sus frecuencias, considerando todas las estaciones del año.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Chuvieco, E. 2000. Fundamentos de Teledetección Ambiental. Ediciones RIALP, SA, Madrid, España. 3ª edición revisada.

Devani, M. R.; F. Ledesma; J. Lenis y M. Gandur. 2003. Recomendaciones para el manejo de variedades comerciales de soja en Tucumán y zonas de

influencia. Avance Agroind. 24 (4): 4-7.

Fandos, C.; F. J. Soria; J. I. Carreras Baldrés y P. Scandaliaris. 2012. Estudio de la dinámica de la rotación soja/caña de azúcar en Tucumán mediante teledetección y SIG. Período analizado: años 2001 a 2011. Actas XVII Reunión de la Sociedad Argentina de Técnicos de la Caña de Azúcar (SATCA). Salta, Argentina: 13-17.

Fandos, C.; F. J. Soria; J. I. Carreras Baldrés y P. Scandaliaris. 2015. Capítulo 8.2: Evolución del área sojera en la provincia de Tucumán. Análisis, por departamento, del período 2012/2013 – 2014/2015. En: Devani, R.; F. Ledesma y J. R. Sánchez (eds.) El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino: campaña 2014/2015. Publ. Espec. EEAOC (51): 158-162.

Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris; F. J. Soria; M. R. Devani y D. E. Gamboa. 2017a. Campaña de soja y maíz 2016/2017 en Tucumán: superficie cultivada y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial. Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán. EEAOC. Boletín electrónico 136 [En línea]. Abril 2017. Disponible en www.eeaoc.org.ar (consultado 02 noviembre 2017).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2017b. Área cosechable y producción de caña de azúcar para la zafra 2017 en Tucumán. Reporte Agroindustrial. Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán. EEAOC. Boletín electrónico 138 [En línea]. Abril 2017. Disponible en www.eeaoc.org.ar (consultado 02 noviembre 2017).

Lamelas, C. M.; J. D. Forciniti y C. Funes. 2006. Capítulo I: Enfoque agroecológico del cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. En: Devani, R.; F. Ledesma; J. M. Lenis y L. D. Ploper (eds.), Producción de soja en el Noroeste Argentino. EEAOC. 25-48.

Landau, E. C.; Pereira Guimaraes, D.; Hirsch, A. 2014. Capítulo 1.2.: Uso de Sistemas de Informaciones Geográficas para espacialización de datos del área de producción agrícola. En Chartuni Mantovani, E. y Magdalena, C. (eds.). Manual de Agricultura de Precisión IICA PROCISUR (pp. 22-29). Montevideo. Uruguay.

Paoli, H. P.; J. N. Volante; D. R. Fernandez y Y. E. Noé. 2001. Análisis de la rotación de cultivos en la región NOA por Sistemas de Información Geográfica, campaña agrícola 2000-2001. En: INTA (ed.). Monitoreo de cultivos del NOA a partir de sensores remotos 1 (3). [En línea]. Disponible en www.inta.gob.ar (consultado 31 octubre 2017).

Pérez, D. R.; M. R. Devani; M. V. Paredes; G. Rodriguez

- y **D. E. Gamboa. 2013.** Capítulo 19: Costos y rindes de indiferencia de soja, maíz, trigo, garbanzo y caña de azúcar, y márgenes brutos de la soja en diferentes rotaciones y sucesiones en Tucumán, en el período 2007/2008 – 2012/2013. En Devani, M. R.; F. Ledesma y J. R. Sánchez (eds.). El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. Campaña 2012-2013. Publ. Espec. EEAOC (47): 215-226.
- Prados Velasco, M. J. 1995.** Teledetección y agricultura. Editorial Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid. España.
- Soria, F. y C. Fandos. 2005.** Dinámica espacial del cultivo de maíz en la llanura oriental tucumana. Campañas 2000/01 a 2003/04. Tucumán. Argentina. Anais XII SBSR (Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto), Goiania, Brasil.
- Soria, F. J.; C. Fandos; P. Scandaliaris y J. I. Carreras Baldrés. 2014.** Relevamiento satelital de los principales cultivos de la provincia de Tucumán, campaña 2013/2014. Disponible en www.eeaoc.org.ar (consultado 02 noviembre 2017).
- Soria, F. J.; C. Fandos; P. Scandaliaris y J. I. Carreras Baldrés. 2015.** Relevamiento satelital de los principales cultivos de la provincia de Tucumán, campaña 2014/2015. Disponible en www.eeaoc.org.ar (consultado 02 noviembre 2017).
- Soria, F. J.; C. Fandos; P. Scandaliaris y J. I. Carreras Baldrés. 2016.** Relevamiento satelital de los principales cultivos de la provincia de Tucumán, campaña 2015/2016. Disponible en www.eeaoc.org.ar (consultado 02 noviembre 2017).
- Waldhoff, G.; U. Lussem and G. Bareth. 2017.** Multi-Data Approach for remote sensing-based regional crop rotation mapping: A case study for the Rur catchement, Germany. *Int J Appl Earth Obs Geoinformation*. 61: 55-69. Disponible en Journal homepage: www.elsevier.com/locate/jag (consultado 02 febrero 2018).