

7

Análisis espacial por sensores remotos y SIG

7a. Análisis departamental de la evolución de la superficie con soja, maíz y caña de azúcar en Tucumán entre las campañas 2014/2015 y 2016/2017

7b. Aportes de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica al enfoque integrado de los sistemas productivos de granos



Análisis departamental de la evolución de la superficie con soja, maíz y caña de azúcar en Tucumán entre las campañas 2014/2015 y 2016/2017

Fandos, Carmina, Federico Soria, Pablo Scandaliaris y Javier I. Carreras Baldrés

Sección Sensores Remotos y S.I.G. EEAOC. E-mail:carminaf@eeaoc.org.ar

Introducción

El seguimiento de las superficies ocupadas por cultivos es de fundamental importancia, entre otros ítems, para la estimación de volúmenes de producción, el seguimiento de las tendencias agrícolas y la planificación de políticas relacionadas con ordenamientos territoriales.

La teledetección espacial ha facilitado notablemente el relevamiento de las superficies agrícolas, debido a la posibilidad de obtener información homogénea, actualizada y de manera frecuente en diferentes regiones del espectro electromagnético. Lo anterior, sumado a la posibilidad de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de vincular espacialmente distintas fuentes de información, ha facilitado el seguimiento y análisis de las estadísticas agrícolas.

El objetivo del presente trabajo

fue analizar la evolución de la superficie cultivada con soja, maíz y caña de azúcar en los principales departamentos graneros de la provincia de Tucumán, entre las campañas 2014/2015 y 2016/2017.

Para el análisis se integraron las coberturas digitales de soja, maíz y caña de azúcar generadas por la Sección Sensores Remotos y SIG de la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC), durante los años 2015 a 2017, a partir de relevamientos satelitales.

Evolución de la superficie con soja, maíz y caña de azúcar

En la Figura 1 se expone la superficie neta¹ implantada con soja, maíz y caña de azúcar en la provincia de Tucumán, entre las campañas 2014/2015 y 2016/2017.

El análisis de los tres cultivos a nivel provincial indica que la

superficie con soja prácticamente se mantuvo en las tres campañas, solo registró un leve incremento en 2017. La superficie con maíz presentó una tendencia creciente en general, en tanto que el área cañera tuvo un incremento en 2016 y luego un decrecimiento en 2017.

Los cultivos de soja y maíz constituyen los cultivos de granos estivales de mayor importancia

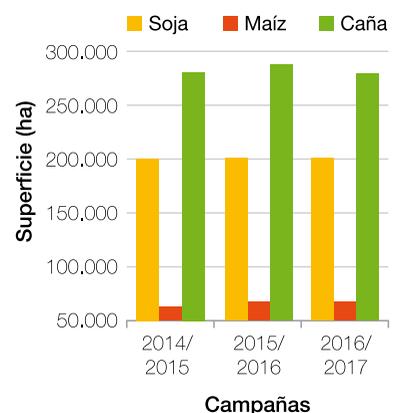


Figura 1. Superficie neta cultivada con soja, maíz y caña de azúcar. Tucumán, campañas 2014/2015 a 2016/2017

¹ La superficie neta excluye la caminería interior de las fincas y las áreas de servicios que se involucran en la clasificación, por la resolución espacial de los sensores utilizados.

por la superficie cultivada. Para el presente estudio, la consideración de ambos cultivos en conjunto se denominará “área granera”. En la Figura 2 se aprecia que el área granera provincial registró una leve tendencia creciente en la serie analizada, mientras que la proporción de cultivos de soja y maíz prácticamente se mantuvo en las tres campañas.

Al considerar la participación porcentual de cada departamento en el total provincial se obtiene que en el período analizado más del 90% del área sojera estuvo concentrada en cinco departamentos: Burruyacú, Cruz Alta, Leales, La Cocha y Graneros, con valores superiores a las 19.000 ha en todos los casos. A continuación se analizan los valores de superficie con soja, maíz y caña de azúcar para cada uno de ellos.

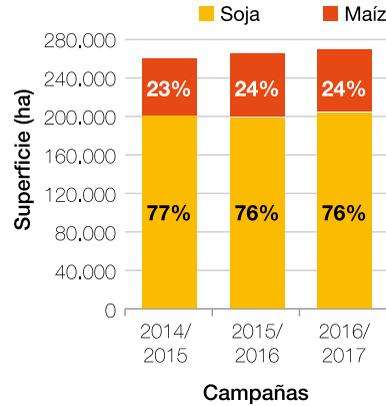


Figura 2. Superficie neta cultivada con granos y composición porcentual de soja y maíz. Tucumán, campañas 2014/2015 a 2016/2017.

Burruyacú: se constata un aumento en la superficie sojera en 2016 y luego una leve merma en 2017. Con respecto a la superficie con maíz, se mantuvo en los dos primeros años para luego decrecer en 2017. En cuanto

al cultivo de caña de azúcar, se aprecia una tendencia creciente (Figura 3A).

El análisis del área granera revela un aumento en 2016 y luego un leve decrecimiento en 2017, con un descenso en la participación porcentual del cultivo de maíz (Figura 4A).

Cruz Alta: en la superficie sojera se aprecia una tendencia decreciente, en contraste con la superficie maicera, que registró una tendencia marcadamente ascendente. En lo relativo al área cañera, se constata un leve incremento en 2016 y una disminución en 2017 (Figura 3B).

El área granera se retrajo en 2016 y se amplió en 2017, con un aumento constante en el porcentaje de maíz (Figura 4B).

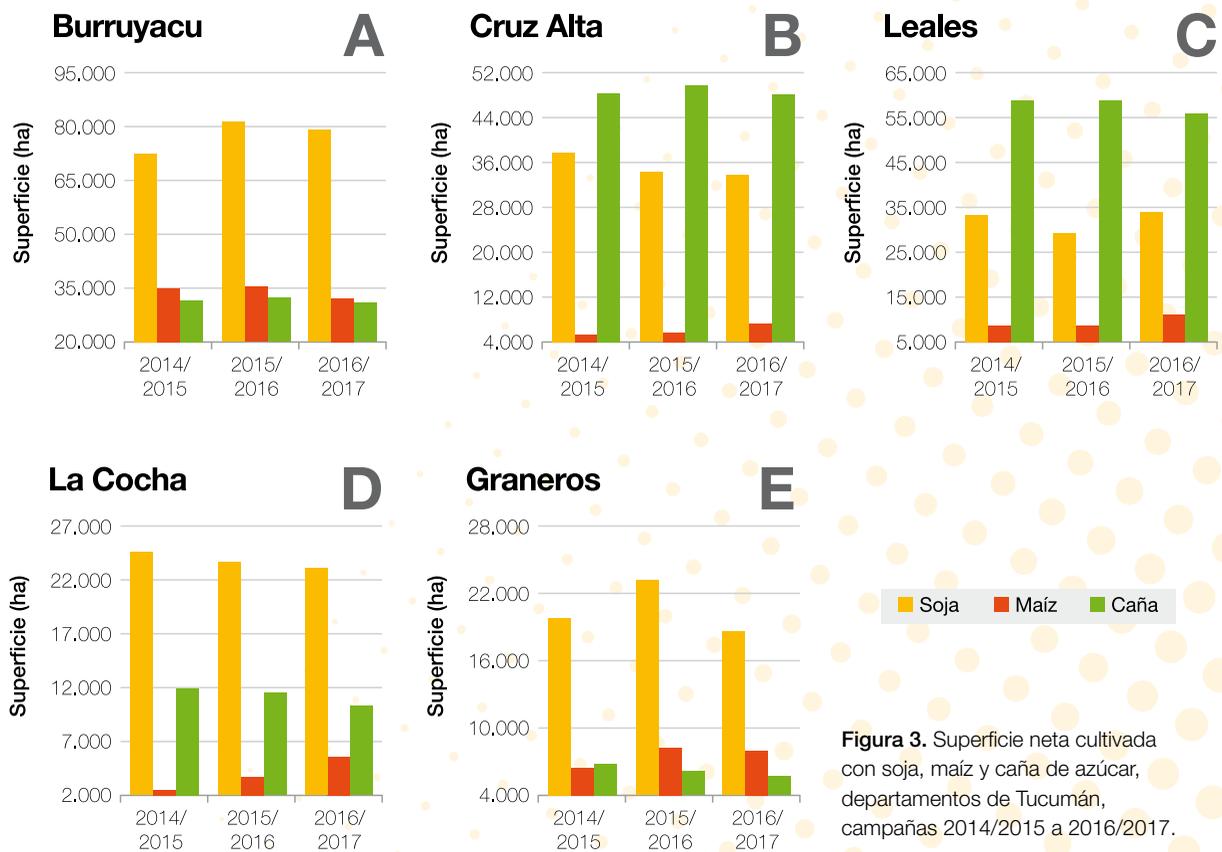


Figura 3. Superficie neta cultivada con soja, maíz y caña de azúcar, departamentos de Tucumán, campañas 2014/2015 a 2016/2017.

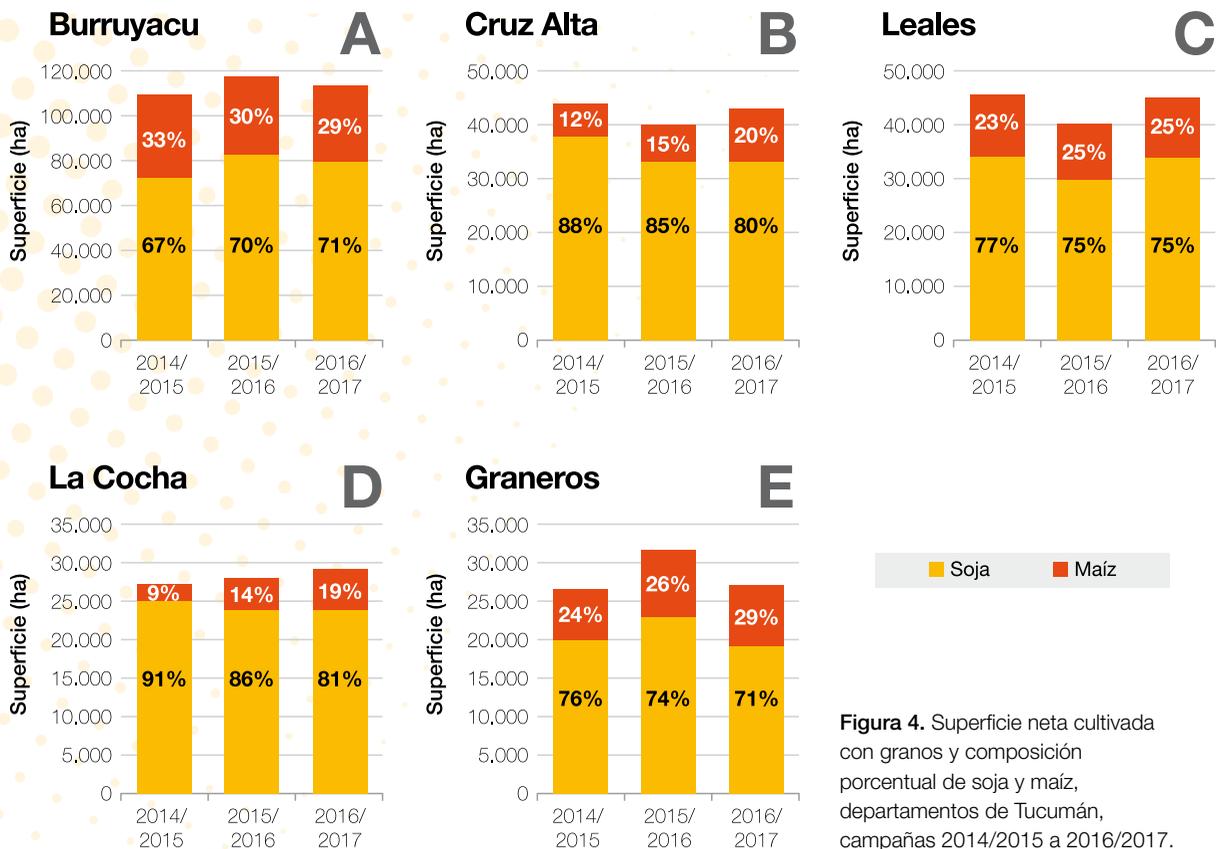


Figura 4. Superficie neta cultivada con granos y composición porcentual de soja y maíz, departamentos de Tucumán, campañas 2014/2015 a 2016/2017.

Leales: el área sojera se contrajo en 2016 y luego se expandió en 2017. El área maicera prácticamente registró los mismos valores en las dos primeras campañas para luego incrementarse notablemente hacia el final de la serie. El área cañera mostró una tendencia negativa en general (Figura 3C).

En lo relativo al área granera, se observa una disminución en 2016 y luego un importante incremento en 2017, manteniéndose en general la proporción de cultivos de soja y maíz (Figura 4C).

La Cocha: las superficies con soja y caña de azúcar presentaron tendencia negativa en general, a diferencia de la superficie maicera que registró una tendencia positiva, con un notable

incremento porcentual entre 2015 y 2017 (Figura 3D).

En el área granera se constató una tendencia creciente en general, con un incremento de la participación porcentual del maíz (Figura 4D).

Graneros: tanto la superficie con soja como la de maíz aumentaron en 2016 y luego se retrajeron en 2017, mientras que el área cañera presentó una tendencia decreciente en general (Figura 3E).

Con respecto al área granera, presentó igual tendencia que los cultivos de soja y maíz, con un incremento en 2016 y luego una disminución en 2017, en tanto que la proporción porcentual de maíz fue aumentando hacia el final de la serie (Figura 4E).

Dinámica espacial de los cultivos de granos y caña de azúcar

El seguimiento espacial de los cultivos permite identificar las zonas donde se produjeron sustituciones de cultivos. En la Figura 5 el color rojo indica las áreas sembradas con granos en 2015 que presentaron cultivos de caña de azúcar en 2017, mientras que el color azul corresponde a los lotes implantados con caña de azúcar en 2015 que en 2017 fueron cultivados con granos. Finalmente, los colores amarillo y verde indican las áreas tradicionalmente destinadas a cultivos de granos y caña de azúcar, respectivamente.

En primera instancia se aprecia una gran dinámica en los lotes

agrícolas situados en los sectores norte, centro y este del área agrícola provincial. Se aprecian sustituciones de granos por cultivos de caña de azúcar y viceversa.

Al circunscribir el análisis al área cañera tradicional se constatan los dos tipos de sustituciones, que corresponden mayormente a campos cañeros en rotación con soja (Fandos *et al*, 2007).

El análisis en detalle en el área granera tradicional también revela la presencia de los dos tipos de reemplazos, localizados mayormente en los departamentos Burruyacú, Cruz Alta, Leales y La Cocha.

Consideraciones finales

En el período comprendido entre las campañas 2014/2015 – 2016/2017

en la provincia de Tucumán, la superficie con soja presentó valores similares, con un leve incremento en la última campaña; la superficie con maíz presentó una tendencia creciente en general, en tanto que el área cañera tuvo un incremento en 2016 y luego un decrecimiento en 2017.

Al considerar la superficie con soja a nivel departamental surge que todos los departamentos presentaron mermas de superficie en la última campaña con excepción de Leales.

En cuanto al maíz, en Cruz Alta, Leales y La Cocha se registraron incrementos de superficie mientras que en Burruyacú y Graneros se detectaron descensos de superficie.

Con respecto al cultivo de caña de azúcar, todos los departamentos considerados presentaron disminuciones de superficie con excepción de Burruyacú.

El área granera provincial, integrada por los cultivos de soja y maíz, registró una tendencia creciente en la serie analizada, mientras que la proporción de cultivos de soja y maíz prácticamente se mantuvo en las tres campañas.

El detalle del área granera a nivel de departamento indica que en el último ciclo agrícola se produjo una retracción de la superficie cultivada con granos en Burruyacú y Graneros, mientras que en Cruz Alta, Leales y La Cocha se constató una ampliación del área destinada a cultivos graníferos. En cuanto a la proporción de soja y maíz, se registró un aumento en la participación del maíz en Cruz

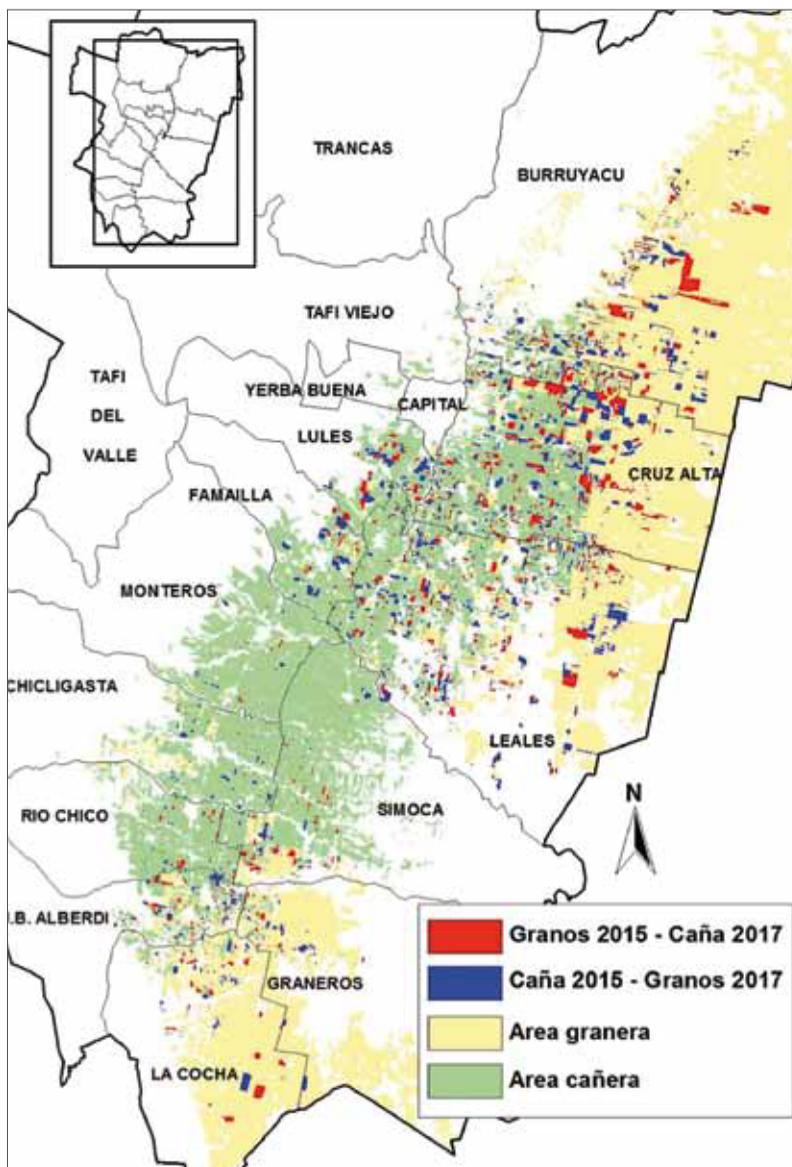


Figura 5. Distribución espacial del área con granos en 2015 y caña de azúcar en 2017, y de caña de azúcar en 2015 y granos en 2017. Tucumán.

Alta, La Cocha y Graneros. En Leales se mantuvo la proporción en las últimas dos campañas, mientras que en Burruyacú se constató un descenso en el valor porcentual del maíz.

El estudio espacial evidencia gran alternancia soja-caña de azúcar en el área agrícola de la llanura tucumana, lo que obedece a la práctica de rotar los cañaverales con

soja y a las sustituciones de cultivos derivadas de factores ambientales o de mercado que direccionan las decisiones empresariales.





Aportes de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica al enfoque integrado de los sistemas productivos de granos

Fandos, Carmina, Federico Soria, Pablo Scandaliaris y Javier I. Carreras Baldrés

Sección Sensores Remotos y S.I.G. EEAOC. E-mail: carminaf@eeaoc.org.ar

Introducción

La agricultura sustentable se basa en sistemas de producción cuya principal característica es la aptitud de mantener su productividad y ser útiles a la sociedad indefinidamente (Ferrari, 2010).

Los sistemas productivos de granos de la región NOA están afrontando serios inconvenientes para mantener la sustentabilidad. Entre los factores que atentan contra la viabilidad de estos se destacan los problemas de fertilidad de los suelos, derivados de insuficientes prácticas de fertilización, y la aparición de resistencias en plagas o malezas que llevan al aumento en la aplicación de productos químicos, con las consecuencias negativas que implica desde el punto de vista ambiental, social y económico.

Esta problemática lleva a un replanteo de los sistemas productivos en busca de alternativas que garanticen la sustentabilidad. Entre dichas alternativas se encuentran los enfoques agroecológicos.

La Agroecología incorpora ideas sobre una perspectiva de la agricultura más ligada al medio ambiente y más sensible socialmente, centrada no solo en la producción sino también en la sostenibilidad ecológica del sistema de producción (Altieri, 1999). Implica un enfoque holístico, es decir una visión general e integrada del sistema, pero a la vez un manejo diferenciado de cada lote, y en este enfoque pueden contribuir activamente los Sistemas de Información Geográfica (SIG) y la teledetección.

El objetivo del presente trabajo fue determinar el aporte de los SIG y la teledetección al manejo de los sistemas productivos de granos desde un punto de vista integrado, considerando enfoques de conceptos agroecológicos.

Breves aspectos sobre SIG, teledetección y agricultura de precisión

Un SIG es un sistema de información computarizado, es decir que está conformado por bases de datos informatizadas

que contienen información espacial (Chuvieco, 2002). Un SIG descompone la realidad en distintos temas, esto es en distintas capas o estratos de información de la zona que se desea estudiar, y el analista puede trabajar sobre cualquiera de esas capas según las necesidades del momento, lo que lleva a resaltar la gran ventaja de los SIG, que es la de poder relacionar las distintas capas entre sí, lo que concede a estos sistemas gran capacidad de análisis (Gutiérrez Puebla y Gould, 1994).

La teledetección consiste en la obtención de información de un objeto a distancia. En general las definiciones más habituales incluyen los siguientes aspectos: la adquisición de información a distancia, que se realiza a través de sensores remotos y registra radiación electromagnética, y la transformación de los datos obtenidos en información útil por medio de técnicas de interpretación y reconocimiento de superficies (Sobrino *et al.*, 2000).

La cobertura global y sinóptica de la cobertura terrestre, junto con la posibilidad de obtener información

homogénea, actualizada y de manera frecuente en diferentes regiones del espectro electromagnético, con la ventaja adicional del formato digital que facilita el tratamiento de los datos, convierten a la teledetección en una herramienta con gran potencial en la agricultura, tanto para la identificación y estimación de superficie como para el seguimiento y estado de los cultivos (Sobrino *et al.*, 2000; Chuvieco Salinero, 2002).

La teledetección permite generar capas de información que alimentan los SIG, por lo que ambas tecnologías sumadas presentan gran potencial para la gestión de sistemas agrícolas y han posibilitado, junto a los sistemas de navegación global por satélites (popularmente conocidos como GPS), el desarrollo de la agricultura de precisión, que consiste en la aplicación de tecnologías y principios para el manejo de la variabilidad espacial y temporal asociada a todos los aspectos de la producción agrícola con el propósito de mejorar la productividad del cultivo y la calidad ambiental (Pierce and Nowak, 1999).

Algunos principios de la Agroecología y aportes de los SIG y la teledetección

Algunos de los principios de la Agroecología se enumeran a continuación (Altieri, 1999):

1. Aumentar el reciclaje de biomasa y el balance del flujo de nutrientes.
2. Asegurar la calidad del suelo: incrementar el contenido de materia orgánica y biología de suelo.

3. Minimizar la pérdida de recursos (nutrientes, agua, recursos genéticos, biodiversidad).

4. Aumentar la diversidad genética intra e inter específica a nivel de finca y a nivel de paisaje.

5. Establecer una agricultura de procesos, generando indicadores que permitan evaluar el funcionamiento del agroecosistema.

Las tecnologías relacionadas con los SIG y la teledetección pueden contribuir al logro de los principios mencionados.

Con respecto al primer principio, la biomasa hace referencia al conjunto de materia orgánica, de origen animal o vegetal, fundamental para el desarrollo de todos los ciclos vitales que garantizan el funcionamiento de los agroecosistemas. De allí la importancia de su caracterización. La teledetección facilita la identificación y evaluación de la biomasa vegetal sobre el suelo. Imágenes satelitales o fotografías aéreas en los diferentes rangos del espectro electromagnético, tratadas con diferentes metodologías como clasificación multiespectral o generación de índices verdes,

posibilitan la identificación y cuantificación de la biomasa. Entre los índices de vegetación más frecuentes para la evaluación de la biomasa se encuentra el "Normalized Difference Vegetation Index" (NDVI), que relaciona la reflectividad en las bandas del infrarrojo cercano y el rojo. Este da una medida de la cobertura vegetal y su vigorosidad, lo que permite el monitoreo de los cambios de la vegetación, ya que responde a cambios en la cantidad de biomasa verde (Chuvieco Salinero, 2002).

Como ejemplo se puede apreciar en la Figura 1 un índice NDVI generado a partir de una imagen Landsat 8 OLI, que posibilitó la cuantificación de la biomasa vegetal presente.

En cuanto al segundo y tercer principio, para asegurar la calidad del suelo es imprescindible incorporar prácticas que minimicen las pérdidas de recursos. La teledetección y los SIG facilitan diferentes herramientas que ayudan a la sistematización de los campos, es decir al manejo de la topografía. Como ejemplo se pueden mencionar las imágenes ópticas o de radar a partir de las cuales se generan modelos digitales

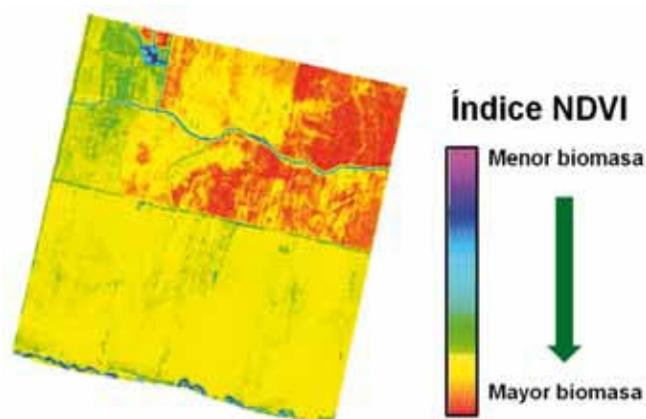
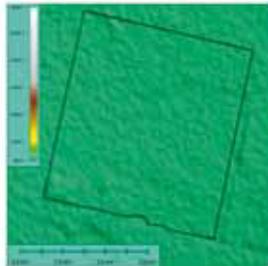


Figura 1. Índice NDVI generado a partir de una imagen Landsat 8 OLI.

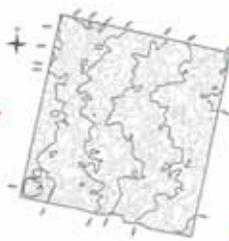
de elevación (MDE), de los que se derivan las curvas de nivel y posteriormente las pendientes de suelo y microcuencas hídricas del terreno. Dicha información es de gran utilidad para el

este punto, la teledetección y los SIG posibilitan la identificación espacial de las

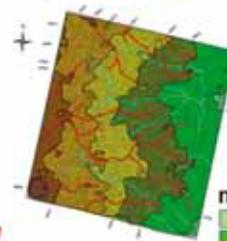
Imagen radar: MDE



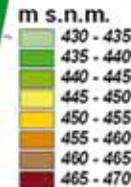
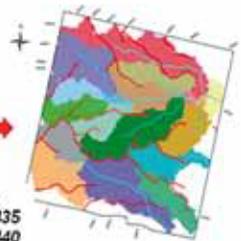
Curvas de nivel



Divisoria de aguas y escorrentía



Microcuencas hídricas



Pendientes de suelo

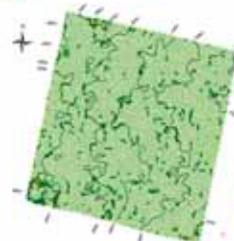


Figura 2. Generación de microcuencas hídricas y pendientes de suelo a partir de imágenes radar.

manejo de la topografía, lo que permitirá disminuir la pérdida de suelo y asegurar el buen uso del agua. En la Figura 2 se expone una secuencia resumida de generación de microcuencas hídricas y de pendientes de suelo a partir de imágenes radar. En lo referido al cuarto principio, se debe mantener la diversidad genética y de especies que garantice la continuidad de los ciclos de nutrientes. En

secuencias y de rotaciones de cultivos. A modo de ejemplo, en la Figura 3 se expone la repetitividad de los cultivos de maíz y de soja en un campo granero, lo que permite inferir la frecuencia de rotaciones de cultivos.

Con respecto al quinto principio,

establecer una agricultura de procesos hace referencia a la identificación y estudio de todos los ciclos biológicos del agroecosistema necesarios para su funcionamiento. En este caso, los SIG y la teledetección permiten la medición y seguimiento espacial de diferentes parámetros y procesos, lo que habilita la construcción de mapas que facilitan su visualización e interpretación. Se pueden citar el monitoreo de parámetros de suelo, de enfermedades, plagas y malezas, etc. En la Figura 4 se expone a modo de ejemplo la cartografía de parámetros de suelo de un campo granero, medidos a una profundidad entre 0-30 cm.

Finalmente cabe resaltar que los SIG y la teledetección son

Campañas 2008/2009 - 2016/2017

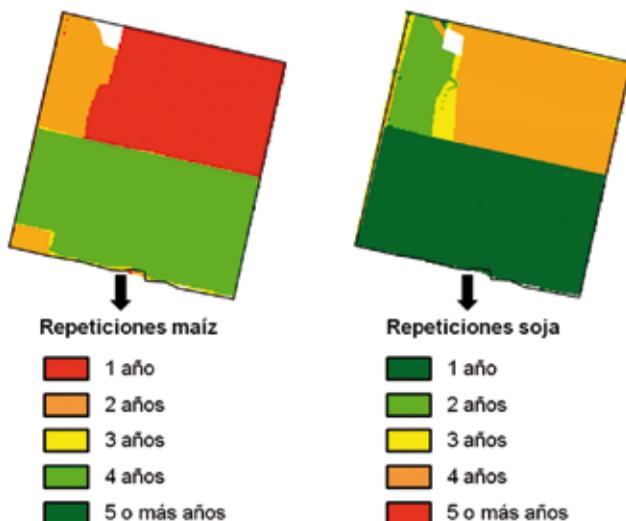
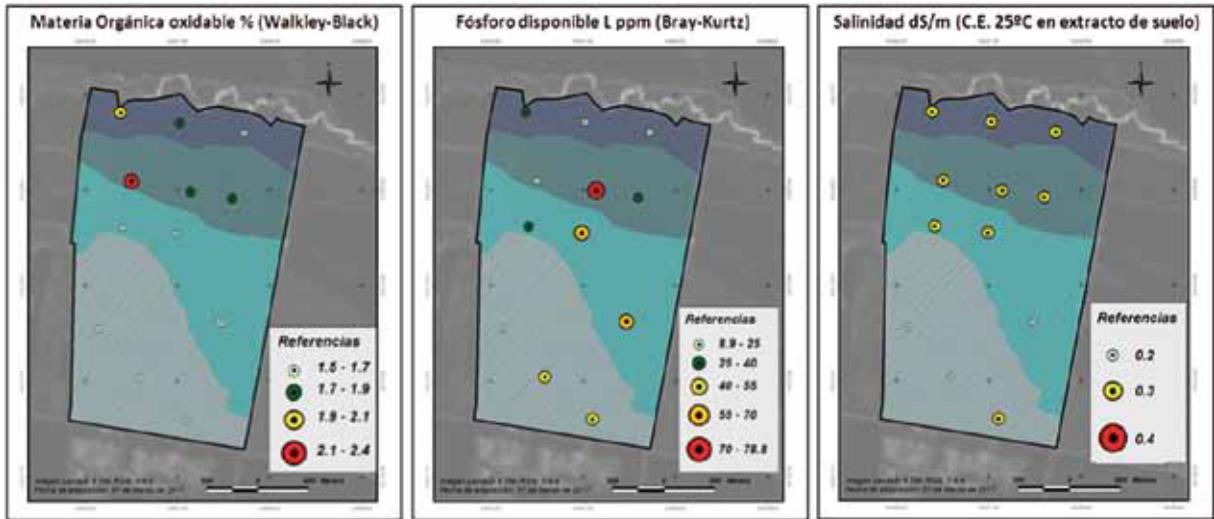


Figura 3. Repetitividad de cultivos de maíz y soja entre las campañas 2008/2009 y 2016/2017.



Fuente: Sección Suelos y Nutrición Vegetal, EEAOC.

Figura 4. Cartografía de parámetros de suelo. Monitoreo de parámetros de suelo (profundidad: a-30cm).

herramientas que ayudan a registrar la “historia del lote”; esto facilita la visión sistémica de diferentes variables y permite la identificación de áreas homogéneas. En la Figura 5 se ejemplifica un proceso de ambientación a partir de análisis

SIG y teledetección. Se aprecia que mediante la integración de diferentes coberturas temáticas, entre ellas el índice NDVI resultante del análisis conjunto de índices NDVI para diferentes campañas y variables relacionadas con la topografía del

terreno (Figura 5 A), se pueden diferenciar áreas homogéneas (Figura 5 B), a partir de las cuales se identificarán ambientes. En la Figura 5 C, los polígonos indican los distintos ambientes que serán la base para el manejo agronómico.

Análisis SIG: integración de capas temáticas

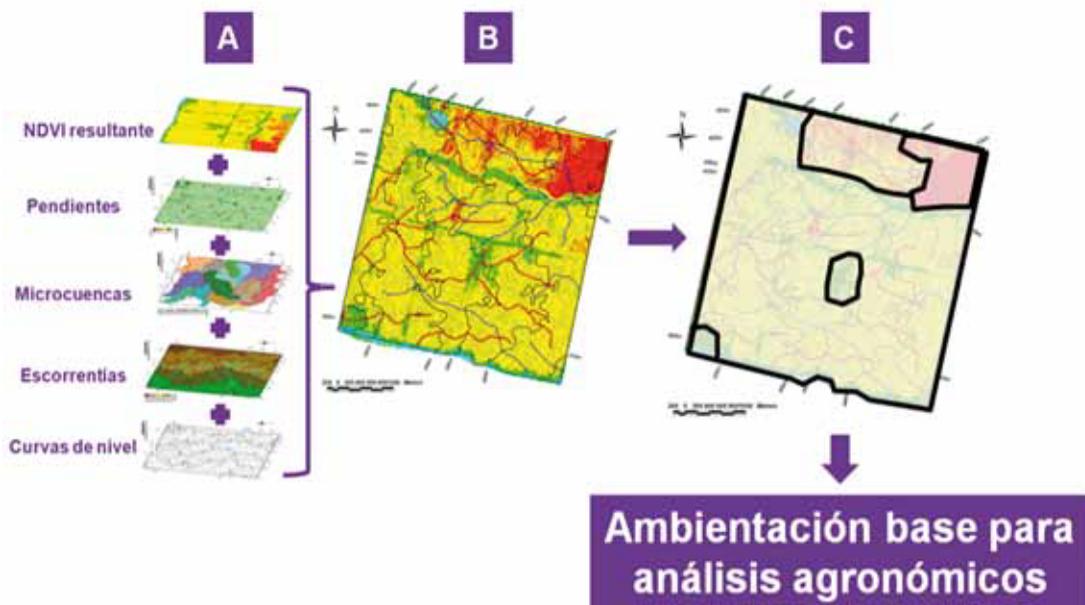


Figura 5. Diferenciación de ambientes a partir de análisis SIG y teledetección. A: Análisis SIG; B: Áreas homogéneas; C: Identificación de ambientes que serán la base para análisis agronómicos.

Consideraciones finales

Los SIG y la teledetección son tecnologías que facilitan el seguimiento integral de los sistemas productivos al aportar herramientas que posibilitan la identificación y caracterización de la biomasa, el manejo de la topografía del terreno y la medición de diferentes procesos, entre otros, todo ello en un marco georreferenciado que

simplifica el análisis integrado de la información.

En síntesis, los SIG y la teledetección contribuyen a la visión sistémica de diferentes variables y por ello facilitan realizar ambientaciones para identificar áreas de manejo homogéneo, paso necesario para la aplicación de la agricultura de precisión, la cual se basa en el manejo diferenciado de cada ambiente.

El manejo por ambientes permite la aplicación de insumos solo en las áreas en las que resulta necesario, lo que lleva al mejor uso de los recursos, la disminución del impacto sobre el medio ambiente y una significativa reducción de los recursos energéticos, lo que contribuye decisivamente a la mejora de la sustentabilidad de nuestros sistemas productivos.

Bibliografía citada

Altieri, M. A. 1999. Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. Uruguay.

Chuvieco Salinero, E. 2002. Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Editorial Ariel S.A. Barcelona. España.

Ferrari, M. 2010. ¿Nuestros actuales

sistemas de producción agrícola son ambientalmente sustentables? Informaciones Agronómicas del Cono Sur. 48:6-10. Disponible en <http://www.ipni.net/publication/ia-lacs.nsf/issue/IA-LACS-2010-4> (consultado 10 de julio de 2017).

Gutiérrez Puebla, J. y M. Gould. 1994. SIG: Sistemas de Información Geográfica. Editorial Síntesis. Madrid. España.

Pierce, F. J. and P. Nowak. 1999. Aspects of Precision Agriculture. Advances in Agronomy 67: 1-85.

Sobrino, J. A.; N. Raisouni; Y. Kerr; A. Olioso; M. J. López-García; A. Belait; M. H. El Kharraz; J. Cuenca y L. Dempere. 2000. Teledetección. Servicio de Publicaciones, Universidad de Valencia, Valencia, España.

Credenz™

Creemos que a partir de nuestra semilla de soja tu campo está lleno de oportunidades

Credenz cuenta con variedades para cada región

> CZ 5905 IPRO STS

> CZ 7.55 S

> CZ 6505 B

> CZ 7905 IPRO

> CZ 6806 IPRO



Bayer



YoAplicoResponsablemente

Credenz la semilla de soja de Bayer

