

## Estudio multitemporal (2006-2020) del sistema productivo de caña de azúcar y granos para el análisis de la diversidad de cultivos en la provincia de Tucumán, R. Argentina

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

### RESUMEN

La diversidad de especies favorece la sustentabilidad de los sistemas productivos, por lo que el conocimiento de las rotaciones de cultivos es fundamental al momento de analizar agroecosistemas. El sistema de producción de cultivos extensivos en Tucumán está integrado principalmente por los cultivos de caña de azúcar y de granos. Entre los granos estivales, la soja es el cultivo con mayor superficie, seguido por el maíz. La rotación con soja se realiza en el cultivo de caña de azúcar con el propósito principal de disminuir la infestación con malezas; por otra parte, el cultivo de maíz contribuye a la sostenibilidad de los sistemas de granos. El análisis multitemporal en teledetección es un proceso cronológico de análisis digital de dos o más imágenes que al ser contrastadas permite identificar cambios en el uso de los suelos. Las técnicas de detección de cambios se pueden agrupar en dos grupos, según utilicen imágenes continuas o categorizadas. El objetivo fue analizar la evolución espacial de los cultivos de granos y caña de azúcar en Tucumán, en el periodo 2006-2020, para el análisis de la diversidad en los sistemas productivos extensivos. Se aplicó un análisis multitemporal de imágenes categorizadas empleando técnicas de SIG. El análisis de la rotación soja/caña de azúcar reveló que el subperiodo de mayor frecuencia de rotación fue el 2009-2011, seguido por el 2018-2020. El estudio de la repetitividad del cultivo de maíz mostró una tendencia positiva tanto en la superficie sembrada como en la repetitividad de siembra del maíz, lo que indica una mayor adopción de la práctica de rotación soja/maíz. Los resultados permiten inferir que existe una mayor concientización en el sistema de producción de cultivos extensivos de Tucumán acerca de la necesidad de rotar cultivos para agregar diversidad, y de esa manera mejorar el balance de los agroecosistemas.

**Palabras clave:** rotaciones de cultivos, teledetección, SIG.

### ABSTRACT

#### Multi-temporal study (2006-2020) of the sugarcane and grain production system for the analysis of crop diversity in Tucumán province, R. Argentina

The diversity of species favors the sustainability of productive systems, so the knowledge of crop rotations is fundamental when analyzing agro-ecosystems. The production system of extensive crops in Tucumán is mainly integrated by sugarcane and grain crops. Among summer grains, soybean is the crop with the largest planted area, followed by corn crops. Rotation with soybean is carried out in the sugarcane crop with the main purpose of decreasing weed infestation, on the other hand, the corn crop contributes to the sustainability of the grain systems. The multitemporal analysis in remote sensing is a chronological process of digital analysis of two or more images that, when contrasted, allows identifying changes in the use of soils. Change detection techniques can be grouped into two groups, depending on whether they use continuous or categorized images. The aim was to analyze the spatial evolution of grain and sugarcane crops in Tucumán, in the period 2006-2020, for the analysis of diversity in extensive productive systems. A multitemporal analysis of categorized images was applied, using GIS techniques. The analysis of soybean/sugarcane rotation showed that the subperiod with the highest rotation frequency was 2009-2011 followed by 2018-2020. The corn crop repeatability study showed a positive trend in both the planted area and the corn sowing repeatability, indicating a greater adoption of the soybean/corn rotation practice. The results allow inferring that there is a greater awareness in Tucumán's extensive crop production system of the need to rotate crops to add diversity and thus improve the balance of agro-ecosystems.

**Key words:** crop rotations, remote sensing, GIS.

*Fecha de recepción: 06/11/2020 - Fecha de aceptación: 07/01/2021*

\*Sección Sensores Remotos y SIG, \*\* Sección Granos, EEAOC. E-mail: carminaf@eeaoc.org.ar

## INTRODUCCION

Entre los factores que favorecen la sustentabilidad de los sistemas productivos se destaca el mantenimiento de la diversidad genética dentro de la especie en cultivo, así como la diversidad de especies en el lote de producción, lo cual permitirá garantizar los ciclos de nutrientes (Altieri, 1999). En este sentido, el conocimiento de las sucesiones y rotaciones de cultivos es un parámetro fundamental al momento de analizar agroecosistemas.

El sistema de producción de cultivos extensivos en la provincia de Tucumán está integrado principalmente por los cultivos de caña de azúcar y de granos, y se localiza en las regiones agrológicas de pedemonte y llanura (Zuccardi y Fadda, 1985). Entre los granos estivales, la soja es el cultivo con mayor superficie, seguido por el maíz, mientras que entre los granos invernales se destaca el cultivo de trigo, secundado por el garbanzo.

Con respecto al sistema de producción de caña de azúcar, la rotación con soja es una práctica agronómica que se realiza en el cultivo de caña de azúcar con el propósito principal de disminuir la infestación con malezas (Digonzelli *et al.*, 2009), además de contribuir al mantenimiento de un buen balance entre los elementos nutritivos del suelo, entre otros aspectos. Existen antecedentes que indican que la rotación de los cañaverales con soja se traduce en un mejoramiento de los rendimientos de la caña durante el ciclo de vida de esta, así como en una mejor conservación del recurso suelo (Giancola *et al.*, 2012). Garside *et al.* (2001) concluyen que cultivos de soja adecuadamente manejados pueden mejorar el rendimiento del cultivo siguiente de caña de azúcar entre 20% y 30% en el primer y segundo corte.

En lo relativo a los sistemas productivos de granos, el cultivo de maíz tiene gran importancia para el área de producción granaria de Tucumán y otras provincias del Noroeste Argentino, fundamentalmente por su contribución a la sostenibilidad del sistema y al incremento de los rendimientos de los restantes cultivos, especialmente de la soja (Ploper, 2012). Es la alternativa de rotación para los cultivos de soja y poroto aunque no tiene el grado de adopción recomendable (40-50%) desde el punto de vista de la sustentabilidad ambiental, por razones coyunturales y estructurales (Valdez Naval *et al.*, 2018). Los sistemas de producción de granos con rotación soja y maíz son en términos generales más sustentables que el monocultivo de soja, ya que mantienen mayores niveles de cobertura de suelo, presentan balance de carbono positivo, son más productivos y manifiestan mayor estabilidad en los rendimientos (Morandini *et al.*, 2009).

Existen experiencias locales donde los rendimientos de la soja fueron comparativamente más altos cuando el cultivo antecesor fue maíz a cuando fue soja. Las diferencias tienden a incrementarse en años con precipitaciones inferiores a las normales y están estrechamente relacionadas con una mejor conservación de la humedad por parte del rastrojo de maíz (Figuroa *et al.*, 2006).

La teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten estudiar los sistemas ecológicos a escalas espaciales y temporales para dar una mejor información y proyección del uso y manejo de los ecosistemas (Flores-Yepes *et al.*, 2017).

El análisis multitemporal en teledetección es un proceso cronológico de análisis digital de dos o más imá-

genes satelitales de una misma área que al ser contrastadas permite identificar cambios acerca del uso de los suelos y su dinámica, y de este modo, determinar las pérdidas de cobertura del suelo en un tiempo dado (Farnum y Murillo Vielka, 2019).

Las técnicas de detección de cambios en teledetección pueden reunirse en dos grandes grupos, según utilicen imágenes continuas o categorizadas. En el primer caso se emplean técnicas cuantitativas: diferencias, regresión, componentes principales, etc., mientras que en el análisis de imágenes categorizadas se comparan imágenes previamente clasificadas. Las imágenes clasificadas o categorizadas pueden ser empleadas para confeccionar mapas temáticos o realizar análisis multitemporales que permiten la detección de cambios (Chuvieco, 2008).

La bibliografía indica abundantes publicaciones sobre análisis multitemporales de imágenes satelitales para el análisis de la dinámica de cultivos. En la región del Noroeste Argentino y en la provincia de Tucumán, en particular, se destacan diversas publicaciones relacionadas con la identificación de secuencias y rotaciones en cultivos de granos y caña de azúcar utilizando análisis multitemporales (Paoli *et al.*, 2001; Soria *et al.*, 2008; Fandos *et al.*, 2007; Fandos *et al.*, 2012; Fandos *et al.*, 2019 a; Benedetti *et al.*, 2019).

Teniendo en cuenta la potencialidad de la teledetección y los SIG para el análisis de la dinámica de los cultivos, se planteó el objetivo del trabajo, que consistió en analizar la evolución espacial de los cultivos de granos y caña de azúcar de la provincia de Tucumán, en el periodo 2006-2020, para el análisis de la diversidad en los principales sistemas productivos extensivos de Tucumán.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El campo de estudio comprende el área cultivada con caña de azúcar y granos en la provincia de Tucumán, República Argentina, y abarca las regiones agrológicas de pedemonte y llanura (Zuccardi y Fadda, 1985). La zona productora de granos se localiza hacia el este provincial, mayormente en la zona de llanura, mientras que el área cañera se ubica al oeste de la zona granera, ocupando zonas de llanura y pedemonte (Figura 1).

Se aplicó un análisis multitemporal de imágenes categorizadas, empleando técnicas de SIG. El período analizado fue el comprendido entre los años 2006 y 2020.

Se tomaron como base las imágenes categorizadas surgidas de las clasificaciones digitales de caña de azúcar, soja y maíz elaboradas por la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres, analizadas por Fandos *et al.* (2012); Soria *et al.* (2013); Fandos *et al.* (2019b); Fandos *et al.* (2020a) y Fandos *et al.* (2020b). Las coberturas temáticas fueron obtenidas a partir de clasificaciones multiespectrales de imágenes satelitales Landsat 8 OLI, Resourcesat 2 LISS 3 y Sentinel 2A y 2B 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. Las capas temáticas 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 coberturas presentaban distinto

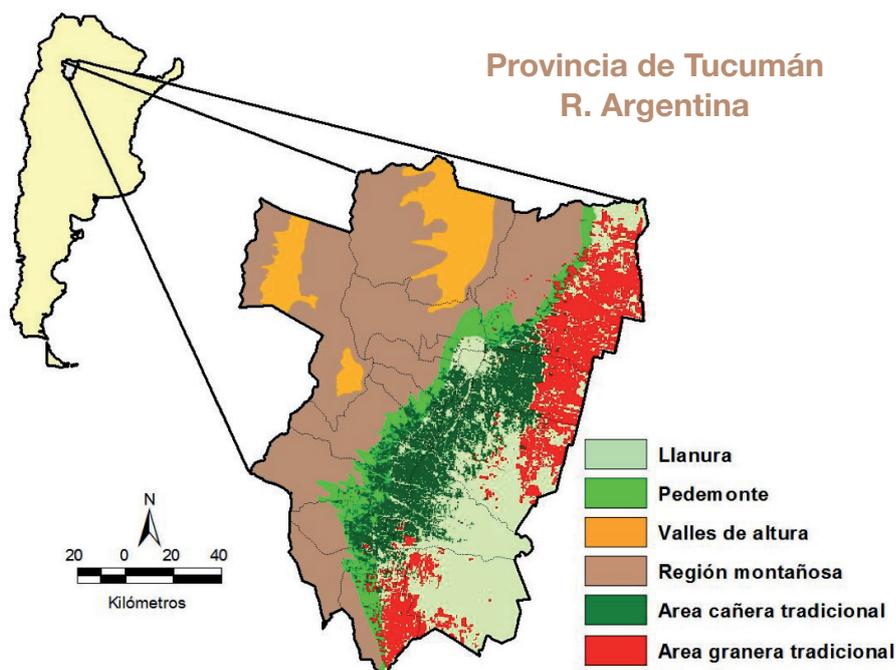


Figura 1. Situación relativa del área de estudio

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, se simplificaron todas las capas digitales, para lo cual se realizó una reclasificación (Buzai y Baxendale, 2006). Dicho proceso facilitó las operaciones posteriores, ya que se concentró en una sola categoría a todas aquellas que correspondían a un determinado cultivo.

Para la identificación de las áreas con rotación soja/caña de azúcar fueron superponiéndose las capas temáticas de soja y caña de azúcar, lo que permitió la delimitación de las áreas cañeras en rotación con soja. Se consideró que las zonas con presencia de soja entre uno y cuatro años, intercaladas con cultivos de caña de azúcar, o con repetición de soja en dos años consecutivos, correspondían a campos donde se aplicó la práctica de sembrar soja para favorecer una buena implantación del cañaveral. El criterio mencionado se aplicó considerando la amplitud del período en estudio, de quince años, donde era posible la presencia de soja hasta cuatro años por sucesivas renovaciones de los lotes cañeros. Para dicho supuesto se tuvieron en cuenta las recomendaciones de manejo del cultivo, que indican la renovación del cañaveral a los cinco años de implantado para lograr una producción económica (Acevedo, 1981); e información surgida del análisis de campo y de gabinete, donde se constataron lotes cañeros que fueron renovados a los cuatro años de realizada la plantación, y la existencia de lotes sembrados con soja dos años, antes de ser implantados con caña de azúcar nuevamente.

Con respecto al sistema granario, cabe recordar que la soja es el principal grano de verano y el cultivo que se utiliza para la rotación es mayormente el de maíz, lo que implica que un aumento en la repetitividad de siembra del maíz indica una mayor adopción de la práctica de rotación soja/maíz. Para la identificación y cuantificación de

la superficie bajo dicho sistema de rotación fueron superponiéndose las coberturas temáticas de maíz para las diferentes campañas, lo que permitió la demarcación de las áreas con diferente repetitividad o frecuencia de siembra de maíz.

Para el trabajo, el periodo 2006-2020 fue fraccionado en cinco subperíodos de tres años cada uno: 2006-2008, 2009-2011, 2012-2014, 2015-2017 y 2018-2020.

Los resultados obtenidos fueron validados confrontándolos con la información de campo relevada para los diferentes años en análisis y que fue utilizada previamente para la obtención de las capas temáticas surgidas de las clasificaciones digitales de caña de azúcar, soja y maíz.

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

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A los fines de contextualización del trabajo se exhibe en la Figura 2 la evolución de la superficie con granos (soja y maíz en conjunto), soja, maíz y caña de azúcar en el periodo 2006-2020.

En el caso de la superficie con caña de azúcar, se observa una tendencia creciente hasta 2009, luego leves mermas hasta 2011 y posteriormente un significativo incremento en 2012 y 2013, año en que alcanza el máximo de la serie. Posteriormente se suceden mermas y aumentos de superficie hasta 2017 y a partir de dicho año se constata una tendencia creciente hasta el final del período.

Con respecto a la superficie con granos, se aprecia una tendencia creciente en el inicio del periodo hasta alcanzar el máximo de la serie en 2009. A partir de allí la superficie comienza a disminuir hasta alcanzar el mínimo en 2013. Luego la superficie adquiere una tendencia creciente hasta 2018, mientras que en 2019 y 2020 se aprecian decrecimientos de superficie.

En cuanto al análisis en particular de la superficie con soja y maíz, se constata, en general, una tendencia negativa para los cultivos de soja y positiva para los cultivos de maíz.

En la Figura 3 se expone la superficie cañera en rotación con soja y los porcentajes de rotación soja/caña de azúcar detallada por subperíodos. Se constata un fuerte incremento en la superficie en rotación entre los subperíodos 2006-2008 y 2009-2011. Cabe destacar que en el superíodo 2009-2011 se produjo una significativa suba en el precio del azúcar, lo que determinó márgenes brutos positivos (Pérez *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2011), situación que favoreció la renovación de los cañaverales. En los siguientes dos subperíodos se aprecian disminuciones en la superficie en rotación, lo que podría estar asociado a la disminución en los precios del azúcar y al aumento en

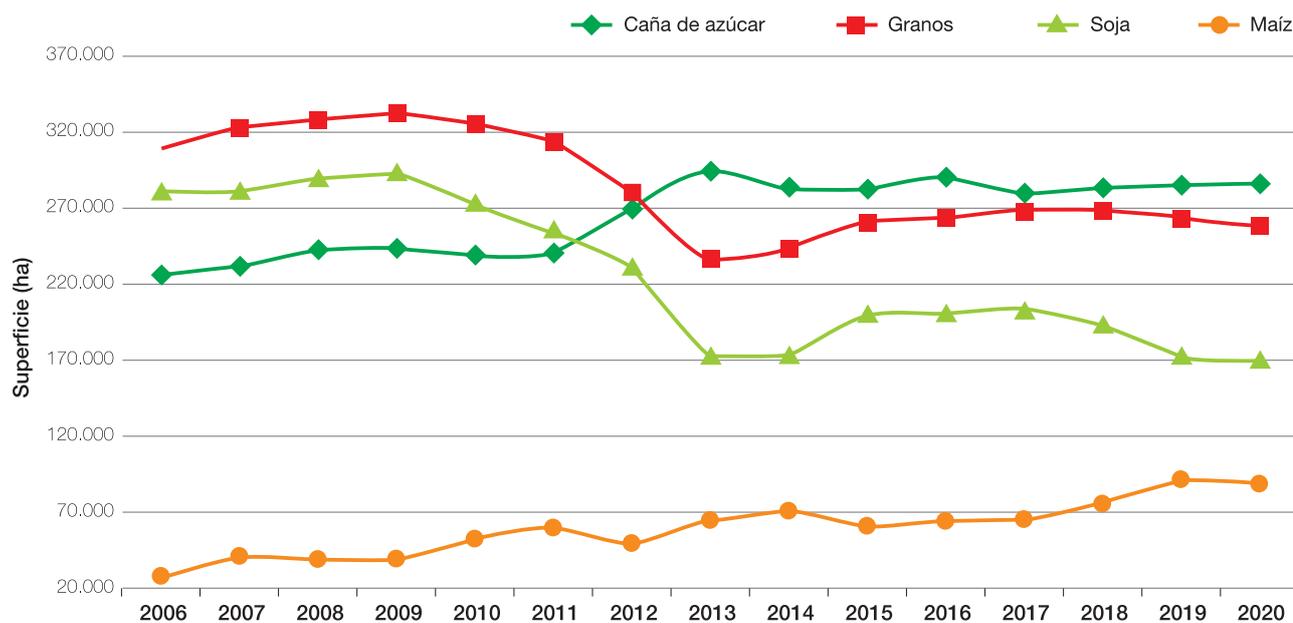


Figura 2. Superficie con caña de azúcar y granos (soja y maíz), entre 2006 y 2020. Tucumán.

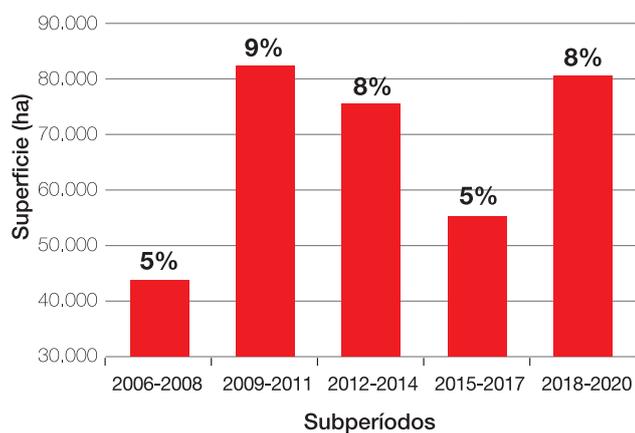


Figura 3. Detalle por subperíodos de la superficie cañera en rotación con soja entre 2006 y 2020. Tucumán.

los gastos de producción. Finalmente, en el último subperíodo, 2018-2020 se aprecia un notable incremento respecto al precedente, lo que coincide con una fuerte suba de los precios del azúcar (Pérez et al., 2014; Pérez et al., 2020).

La Figura 4 muestra la disposición espacial del área cañera en rotación con soja, considerando todo el período 2006-2020. Se aprecia una mayor concentración en las zonas norte, este y sur del área cañera, mientras que en la zona central se constata una baja adopción de la práctica de rotación soja/caña de azúcar. Entre las causas que dificultan dicha adopción se destacan la insuficiente escala, es decir, el reducido tamaño de las explotaciones cañeras que obstaculiza, por ejemplo, la utilización de maquinarias; la rentabilidad relativa de la caña de azúcar respecto de otros cultivos y una arraigada tradición en el monocultivo de caña, en especial en el departamento Monteros (Giancola et al., 2012). Por otra parte, los departamentos que muestran mayor renovación son los que incluyen productores

o empresas cañeras de mayor escala económica y de base productiva diversificada (Benedetti et al., 2019).

En la Figura 5 se indica la superficie cultivada con maíz por subperíodos, detallada según años de repetitividad o frecuencia de siembra. Se constata una tendencia creciente en general tanto en la superficie con maíz como así también en la repetitividad de siembra del cultivo, indicadora de una mayor adopción de la práctica de rotación soja/maíz, dado que el cultivo de maíz es la alternativa de rotación para los cultivos de soja y poroto en el Noroeste Argentino (Valdez Naval et al., 2018). El análisis en deta-

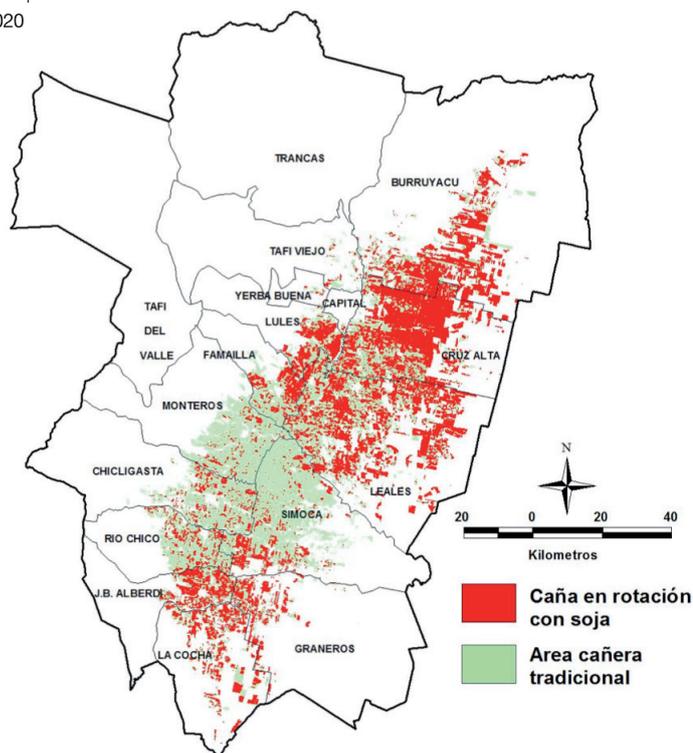


Figura 4. Distribución espacial del área cañera en rotación con soja en el período 2006-2020. Tucumán.

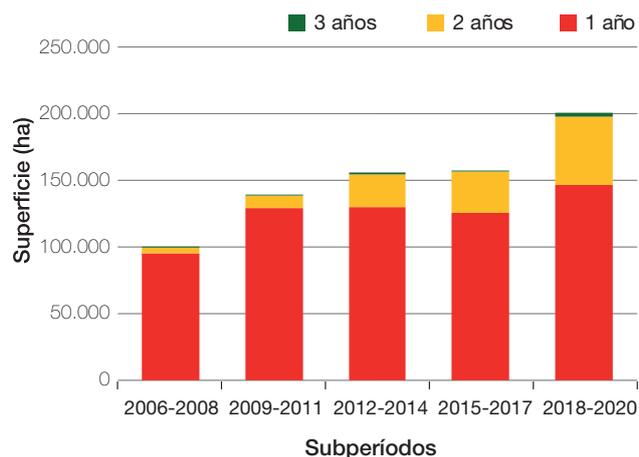
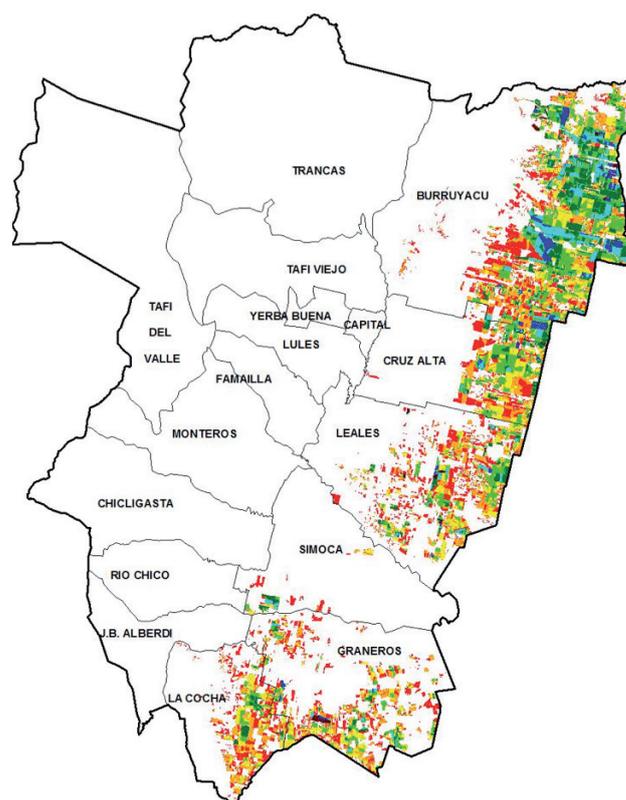


Figura 5. Detalle por subperíodos de la repetitividad o frecuencia de siembra del maíz entre 2006 y 2020. Tucumán.

lle revela que el mayor incremento de superficie con maíz se registró hacia el final del periodo analizado, entre los subperíodos 2015-2017 y 2018-2019. Diversos factores contribuyeron al incremento de la superficie implantada con maíz a lo largo del periodo en análisis, entre los que se destacan los de tipo agronómico y económico. Cabe resaltar que en Tucumán, al igual que en el resto de Argentina, entre 2001 y 2017 se produjo una intensificación del monocultivo de soja resistente al glifosato (RG), lo que fue en detrimento de la rotación soja/maíz. En el período 2001-2011, el aumento del rinde de la soja fue acompañado por el precio, lo que permitió sostener el aumento de los costos, dado por un mayor gasto en el control de plagas y enfermedades. Entre 2012 y 2017, los problemas con plagas (insectos y malezas) fueron crecientes, situación que obligó a la rotación con maíz como herramienta para controlarlas (Pérez *et al.*, 2017). Por otra parte, la eliminación de los derechos de exportación del maíz en 2015 y la mejora del precio internacional estimuló su siembra en las campañas posteriores (Pérez *et al.*, 2016). Si bien desde 2018 se establecieron nuevos gravámenes a la exportación, estos son inferiores a los estipulados para los cultivos de soja.

En la Figura 6 se aprecia la disposición espacial de la repetitividad de siembra del cultivo de maíz en el periodo 2006-2020. Se constata que las zonas norte y este del área granera presentaron un mayor porcentaje de repetitividad, en contraste con la zona sur. Y dentro de las zonas norte y este se destaca el departamento Burreuyacu, por presentar la mayor proporción de lotes con mayor frecuencia de repeticiones.

Diversos factores, de tipo coyuntural y estructural, dificultan en muchos casos la siembra del cultivo de maíz. Dentro de los factores coyunturales pueden mencionarse las fluctuaciones en los precios internacionales y las retenciones que gravan la exportación del grano. La cuestión estructural se refiere a la distancia a los puertos y al hecho de que el traslado de granos se hace por la red vial, que se traduce en altos precios de flete. A estas razones coyunturales y estructurales se añade que este cultivo en muchos casos se produce en áreas que no satisfacen las necesidades ambientales de la genética disponible (Valdez Naval, *et al.* 2018), lo que influye directamente en la estabilidad de los rendimientos.



Repeticiones del cultivo de maíz en el período 2006 - 2020

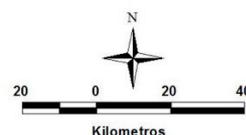


Figura 6. Distribución geográfica de la repetitividad o frecuencia de siembra del cultivo de maíz entre 2006 y 2020. Tucumán.

El departamento Burreuyacu presenta una alta proporción de grandes explotaciones de tipo empresarial, con gran poder negociador en el mercado (Natera Rivas y Batista, 2005), lo que facilita la adopción de prácticas de manejo de cultivo que por su costo pueden resultar de difícil incorporación para explotaciones de menor escala.

## CONCLUSIONES

El análisis de la superficie cultivada con granos y caña de azúcar en la provincia de Tucumán en los últimos 15 años indica un predominio de los cultivos de granos sobre los de caña de azúcar al inicio del período, mientras que hacia el final de la serie se constata una prevalencia de los cultivos de caña de azúcar sobre los de granos, con una tendencia positiva para el cultivo de caña de azúcar y negativa para los granos.

La tendencia decreciente de la superficie cultivada con granos se debió a la fuerte disminución de la superficie sojera, si bien la superficie cultivada con maíz presentó una tendencia creciente principalmente en los últimos años del periodo.

Las rotaciones de cultivos contribuyen a la sustentabilidad de los sistemas agroproductivos a través del tiempo, puesto que permiten incorporar diversidad. Esto

garantiza los ciclos de nutrientes y facilita la regulación de las poblaciones de plagas, entre otros beneficios.

El análisis de la práctica de rotación soja/caña de azúcar reveló que el subperíodo de mayor frecuencia de rotación fue el 2009-2011, seguido por el 2018-2020. Las zonas norte, este y sur del área cañera presentaron mayor frecuencia de rotación soja/caña de azúcar.

El maíz es la principal alternativa de rotación para los cultivos de soja en Tucumán. El estudio de la superficie implantada con maíz mostró una tendencia positiva tanto en la superficie sembrada como en la repetitividad de siembra de los cultivos de maíz, lo que indica una mayor adopción de la práctica de rotación soja/maíz. Las zonas norte y este del área granera presentaron mayor repetitividad de siembra del maíz, en contraste con la zona sur.

En base a los resultados obtenidos puede inferirse que existe una mayor concientización en el sistema de producción de cultivos extensivos de Tucumán en cuanto a la necesidad de rotar cultivos para agregar diversidad. Dicha concientización obedeció en parte a la exigencia de corregir el desbalance biológico generado por el agregado de una importante cantidad de insumos para contrarrestar la acción negativa de los factores reductores del rinde, como son las plagas y también las altas tasas de extracción de nutrientes.

El análisis SIG generó información numérica y gráfica que contribuye a las estadísticas de cultivos y sirve de base para diversos estudios de índole agronómico y económico. En particular, los mapas temáticos generados facilitan la identificación de las zonas con menor o mayor compromiso desde el punto de vista de la sustentabilidad de los agroecosistemas, basada en la diversidad de cultivos, información básica para la elección de las prácticas agrícolas más adecuadas, la medición de indicadores ambientales y el ordenamiento territorial basado en una planificación ambientalmente sostenible.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Acevedo, A. 1981.** Sepa plantar. Desarrollo Rural 1 (2): 11-19.
- Altieri, M. A. 1999.** Agroecología, bases científicas para una agricultura sustentable. Editorial Nordan-Comunidad. Montevideo. Uruguay.
- Benedetti, P. E.; C. del C. Morales y R. A. Moreno. 2019.** Dinámica de plantación de caña de azúcar y rotación de cultivos a partir de sensores remotos, campaña 2018-2019. [En línea] Disponible en <https://inta.gov.ar/documentos/dinamica-de-plantacion-de-cana-de-azucar-y-rotacion-de-cultivos-a-partir-de-sensores-remotos-campana-2018-2019>. (consultado 26 octubre 2020). Ediciones INTA. Tucumán.
- Buzai G. D. y C. A. Baxendale. 2006.** Análisis socioespacial con Sistemas de Información Geográfica. Editorial GEPAMA, 1ª ed. Buenos Aires. Argentina, pp. 93-123.
- Chuvienco E. 2008.** Teledetección ambiental. La observación de la tierra desde el espacio (3 ed.). (Planeta, Ed.). Barcelona, España.
- Digoncelli, P. A.; J. Giardina; S. D. Casen; J. F. de Ullivarri; J. Scandaliaris; E. R. Romero; M. J. Tonatto y M. F. Leggio Neme. 2009.** Capítulo 5: Plantación de la caña de azúcar, recomendaciones generales. En: Romero, E. R.; P. A. Digoncelli y J. Scandaliaris (eds.), Manual del Cañero. 1ª ed. EEAOC, pp. 65-76.
- Fandos, C.; F. Soria y P. Scandaliaris. 2007.** Uso de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para el relevamiento de la rotación soja/caña de azúcar en la Provincia de Tucumán, Argentina, años 2001 a 2006. Actas XI CONFIBSIG. Bs. As., Argentina. Mayo 2007.
- Fandos, C.; F. Soria; J. 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 XVIII SATCA. Tucumán.
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris; F. J. Soria; D. E. Gamboa y M. R. Devani. 2019a.** Uso de Teledetección y SIG para la detección de frecuencias de rotación soja/maíz en el departamento Burruyacu, provincia de Tucumán, Argentina. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 96 (1): 07-16.
- Fandos, C.; F. Soria; P. Scandaliaris; J. Carreras Baldrés; E. R. Romero y J. Scandaliaris. 2019b.** Uso de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para la diferenciación de edades en cañaverales. Tucumán, R. Argentina. Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán 96 (2): 37-45.
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris; F. J. Soria; M. R. Devani; D. E. Gamboa; F. Ledesma y O. N. Vizgarra. 2020a.** Campaña estival 2019/2020 en Tucumán: Área cultivada con soja, maíz y poroto y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial. Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán 184, 13pp. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=relevamiento-satelital> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés; F. J. Soria; J. Giardina; J. F. de Ullivarri y E. Romero. 2020b.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2020 en Tucumán. Reporte Agroindustrial. Relevamiento satelital de cultivos en la provincia de Tucumán 190, pp. 13. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra-190-area-cosechable-y-produccion-de-cana-de-azucar-y-azucar-para-la-zafra-2020-en-tucuman> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Farnum, F. y G. Murillo Vielka. 2019.** Análisis multitemporal (1970-2017) del uso del suelo en cinco comunidades ubicadas a lo largo de la carretera Boyd Roosevelt, Panamá. Tecnociencia21 (2): 107-124. [En línea] Disponible en <https://www.researchgate.net/publication/334283429> (consultado 20 octubre 2020).
- Figueroa, R.; C. Hernández; M. Morandini; M. R. Devani y D. R. Pérez. 2006.** Capítulo III: El manejo de suelos en el área productora de granos del Noroeste Argentino. En: Devani, M. R.; F. Ledesma; J. M. Lenis y L. D. Ploper (eds), Producción de soja en el Noroeste Argentino. EEAOC. Argentina, pp. 93-104.
- Flores-Yepes, G. Y.; A. Rincon-Santamaría; P. S. Cardona y A. M. Alzate-Alvarez. 2017.** Análisis multitemporal de las coberturas vegetales en el área de influencia de las minas de oro ubicadas en la parte alta del sector de Maltería en Manizales, Colom-

- bia. DYNA 84 (201), pp. 95-101. ISSN 2346-2183 [En línea] DOI: <http://dx.doi.org/10.15446/dyna.v84n201.55759>.
- Garside, A. L.; M. J. Bell; J. E. Berthelsen and N. V. Halpin. 2001.** Species and management of fallow legumes in sugarcane farming systems. Proceedings 10 th Australian Agronomy Conference (10th AAC). Disponible en [www.survey.regional.org.au](http://www.survey.regional.org.au) (consultado 11 junio 2014).
- Giancola, S. I.; J. L. Morandi; N. Gatti; S. Di Giano; V. Dowbley y C. Biaggi. 2012.** Causas que afectan la adopción de tecnología en pequeños y medianos productores de caña de azúcar de la Provincia de Tucumán: enfoque cualitativo. Serie: Estudios socioeconómicos de la adopción de tecnología. Boletín electrónico. [En línea]. Disponible en [www.inta.gov.ar](http://www.inta.gov.ar) (consultado 17 mayo 2017).
- Morandini, M.; C. Hernández; D. Gamboa; F. Soria; D. R. Pérez; C. Fandos y A. Sanzano. 2009.** La sustentabilidad del maíz en la rotación. En: Gamboa, D. E.; D. A. L. Medina y M. R. Devani (eds), Publicación especial (39) El maíz en el NOA, campaña 2008-2009. EEAOC. Tucumán, pp. 81-85.
- Natera Rivas, J. J. y A. Batista. 2005.** La evolución del sector agrícola en Tucumán (Argentina) desde finales del XIX: una aproximación a través de la dinámica de los grupos de cultivos. [En línea] Scripta Nova: revista electrónica de geografía y ciencias sociales. 9 (197). Disponible en <https://www.raco.cat/index.php/ScriptaNova/article/view/55970> (consultado 26 octubre 2020).
- Paoli, H. P.; J. N. Volante; D. R. Fernandez y Y. E. Noé. 2001.** Monitoreo de cultivos del Noroeste Argentino a partir de sensores remotos: análisis de la rotación de cultivos en la región NOA por Sistemas de Información Geográfica, campaña agrícola 2001-2001. Disponible en [https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-informe\\_rotacion.pdf](https://inta.gov.ar/sites/default/files/script-tmp-informe_rotacion.pdf). Consultado 20 octubre 2020.
- Ploper, L. D. 2012.** Editorial. En: Gamboa D. E.; D. A. L. Medina; F. Goizueta y M. R. Devani (eds), Publicación especial (44) El maíz en el NOA, campaña 2010-2011. EEAOC. Tucumán. 8-9 pp.
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; C. Fandos y J. Scandaliaris. 2010.** Análisis económico del cultivo de caña de azúcar en la campaña 2009/10. Reporte Agroindustrial Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. 47, 7pp. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra47-analisis-economico-del-cultivo-de-cana-de-azucar-en-la-campana-200910> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; J. Scandaliaris y C. Fandos. 2011.** Análisis económico del cultivo de caña de azúcar en la campaña 2010/11. Reporte Agroindustrial Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. 61, 7pp. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra61-analisis-economico-del-cultivo-de-cana-de-azucar-en-la-campana-201011> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; C. Fandos y E. Romero. 2014.** Estadísticas, costos y margen bruto del cultivo de caña de azúcar, zafra 2013 vs 2012 y costo de plantación campaña 2013/14 en Tucumán. Reporte Agroindustrial Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. 90, 8pp. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra90-estadisticas-costos-y-margen-bruto-zafra-2013-vs-2012-y-costo-de-plantacion-20132014-en-tucuman> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; D. Gamboa y M. Devani. 2016.** Resultados productivos y económicos del cultivo de maíz en Tucumán, campaña 2014/15 vs 201/16 y perspectiva para la campaña 2016/17. Reporte Agroindustrial Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos. 131, 6pp. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra131-resultados-productivos-y-economicos-del-cultivo-de-maiz-en-tucuman-campana-201415-vs-201516-y-perspectiva-201617> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Pérez, D.; M. Devani; V. Paredes y G. Rodríguez. 2017.** Crecimiento del gasto de producción del cultivo de soja y su relación con el modelo productivo. En: M. R. Devani; F. Ledesma y J. Sánchez (eds), Publicación especial (53). El cultivo de la soja en el Noroeste Argentino. [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=analisis-economico-y-estadistico-de-los-cultivos> (consultado 26 octubre 2020). EEAOC. Tucumán, pp. 155-162.
- Pérez, D.; V. Paredes; G. Rodríguez; E. R. Romero; J. Giardina; A. Sánchez Ducca y L. Alonso. 2020.** El cultivo de caña de azúcar en Tucumán: gastos de producción y margen bruto en el período 2015/16 – 2018/19. Reporte Agroindustrial. Estadísticas y márgenes de cultivos tucumanos 179, pp. 9 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=ra-179-el-cultivo-de-cana-de-azucar-en-tucuman-gastos-de-produccion-y-margen-bruto-en-el-periodo-2015-16-2018-19> (consultado 26 octubre 2020). Ediciones EEAOC. Tucumán.
- Soria, F.; C. Fandos y P. Scandaliaris. 2008.** Integración de imágenes satelitales y técnicas SIG para el análisis de frecuencia de siembra y evolución de la rotación soja-maíz en la provincia de Tucumán. Campañas 2000/01 a 2006/07. Actas XXIX Congreso Nacional y XIV Congreso Internacional de Geografía de la Sociedad Chilena de Ciencias Geográficas. Temuco, Chile.
- Soria, F.; C. Fandos; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y D. E. Gamboa. 2013.** Capítulo 8: Evolución de la rotación soja/maíz en Tucumán. En: Gamboa, D. E.; B. Lane Wilde; F. Goizueta y M. R. Devani (eds), Publicación especial (46) El maíz en el NOA, campaña 2011-2012 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gov.ar/?publicacion=maiz-2013-capitulo-8> (consultado 26 octubre 2020).
- Valdez Naval, G.; A. I. Godoy; A. L. Zelarayan, M. G. Socias; M. E. De Simone; J. Peiretti. 2018.** Cultivo de maíz en el NOA. Diagnóstico de Salta. [En línea] Disponible en <https://inta.gov.ar/documentos/cultivo-de-maiz-en-el-noa-diagnostico-para-salta>. (consultado 26 octubre 2020). Ediciones INTA. Salta.
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Miscelánea FAZ-UNT (86).