

Uso de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica para la diferenciación de edades en cañaverales. Tucumán, R. Argentina

Carmina Fandos*, Federico J. Soria*, Pablo Scandaliaris*, Javier I. Carreras Baldrés*, Eduardo R. Romero** y Jorge Scandaliaris**

RESUMEN

Existen antecedentes que indican que la rotación de los cañaverales con soja se traduce en una mejora de los rendimientos de la caña de azúcar, así como en una alternativa beneficiosa para la sustentabilidad del agroecosistema cañero al permitir incorporar diversidad al sistema. La rotación con soja es una práctica agronómica frecuente en el cultivo de caña de azúcar de la provincia de Tucumán. La información acerca de la edad de los cañaverales está escasamente disponible para escalas regionales. El monocultivo de caña de azúcar dificulta la identificación de renovaciones en los cañaverales mediante imágenes satelitales. Sin embargo, cuando los cultivos de caña de azúcar son rotados con otros cultivos o intercalados con períodos de barbecho, se facilita la identificación de renovaciones o nuevas plantaciones de cañaverales. El objetivo del presente trabajo fue diferenciar las edades de los cañaverales disponibles para la zafra 2018 en la provincia de Tucumán, que se encuentran dentro del sistema de rotación soja/caña de azúcar. El trabajo se realizó mediante un análisis multitemporal de imágenes categorizadas, empleando técnicas de SIG. Se utilizaron como base las coberturas temáticas de soja y caña de azúcar del período 2010-2018. Dichas capas temáticas fueron generadas a partir de clasificaciones multiespectrales de imágenes satelitales. El 44% del área cañera disponible para la zafra 2018 en Tucumán fue sembrada con soja al menos en una zafra entre los años 2010 y 2017. De ese total, el 21% correspondió a caña planta, el 36% al grupo de socas 1 a 3, el 24% al grupo de socas 4 y 5 y el 19% restante al grupo de socas 6 y 7. La distribución porcentual de los grupos de edades revela un envejecimiento del cañaveral tucumano. Sin embargo, el análisis por grupos en los departamentos con elevados porcentajes de rotación soja/caña de azúcar muestra un predominio de cañaverales jóvenes en los departamentos con mayores problemas de déficit hídrico. La metodología empleada contribuye a la generación de información a nivel regional.

Palabras clave: edad del cañaveral, rotación soja/caña de azúcar, imágenes satelitales.

ABSTRACT

Application of remote sensing and GIS for age differentiation of sugarcane crops. Tucuman, R. Argentina

There are precedents that indicate the rotation of sugarcane crops with soybean crops result in an improvement of the yield for sugarcane, as well as in a beneficial alternative for the sustainability of the sugarcane agroecosystem, since it incorporates genetic diversity to it. The rotation with soybean crops is a common practice in the sugarcane plantations located in Tucuman province. Information about the age of sugarcane crops on a regional scale is scarce. The cane monoculture makes it difficult to identify renewals in the sugarcane crops using satellite images. However, when sugarcane crops are rotated with other crops or interspersed with fallow periods, it facilitates the identification of renewals or new cane plantations. This paper aimed to differentiate the age of sugarcane crops that utilize this soybean/sugarcane rotation system and are available for the 2018 harvest in Tucuman. A multitemporal analysis of categorized images, using GIS techniques, was made. The thematic coverages of soybeans and sugarcane crops for the period 2010-2018 were used as a base. These layers were the result of the multispectral classification of satellite images. Results indicated that 44% of the area planted with sugarcane and available for the 2018 harvest in Tucuman had been rotated with soybean crops at least once in the time period between 2010 and 2017. Of this total, 21% corresponded to plant cane, 36% to the first to third ratoons and 43% to the group of the fourth to seventh ratoon. The percentage distribution of age's groups reveals an aging of the sugarcane plantations in Tucuman. Nevertheless, the analysis in those departments with high percentages of soybean/sugarcane rotation shows a predominance of young sugarcane plantations in departments with the most serious water deficit problems. This methodology resulted in a source of information about plantations on a regional scale.

Key words: sugarcane age, soybean/sugarcane rotation, satellite images.

Fecha de recepción: 15/03/2019 - Fecha de aceptación: 22/07/2019

*Sección Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica EEAOC carminaf@eeaoc.org.ar

**Sección Caña de Azúcar EEAOC

INTRODUCCIÓN

Entre los factores que influyen en el rendimiento de la caña de azúcar se destaca la edad; en general, cuanto mayor es la longevidad, menor es el rendimiento del cañaveral

Es frecuente la renovación de los cañaverales alrededor de los cinco años de la implantación para lograr una producción económica (Acevedo, 1981), siendo este lapso mayor o menor según el nivel de rendimiento alcanzado en cada caso.

A pesar de la importancia de la edad como factor de gran incidencia en la productividad de un lote cañero, la información estadística y gráfica relativa a edades de los cañaverales está escasamente disponible para escalas regionales.

Las tecnologías relacionadas con el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) presentan un gran potencial para la obtención de información 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. 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, 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 pixel. Las imágenes clasificadas o categorizadas pueden ser empleadas para confeccionar mapas temáticos o realizar análisis multitemporales que permiten la detección de cambios (Chuvieco, 2000).

El monocultivo de caña de azúcar dificulta la identificación de renovaciones en los cañaverales mediante imágenes satelitales. Sin embargo, cuando los cultivos de caña de azúcar son rotados con otros cultivos, o intercalados con períodos de barbecho, se facilita la identificación de los lotes cañeros que fueron plantados con caña de azúcar por primera vez o que fueron renovados.

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, 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 una mejora de los rendimientos de la caña durante su ciclo de vida, 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 un 20% y un 30% en el primer y segundo corte.

La rotación con soja es una práctica muy difundida en los sectores norte, este y sur del área cañera de la provincia de Tucumán (Fandos *et al.*, 2017c).

La Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres (EEAOC) posee información numérica y cartográfica de los cultivos de soja y caña de azúcar en las últimas campañas, producto de la clasificación digital de imágenes satelitales. El conjunto de coberturas temáticas, que presentan la misma escala y proyección, posibilita el estudio de la dinámica espacial de los cultivos en las diferentes campañas agrícolas.

El objetivo del presente trabajo fue diferenciar las edades de los cañaverales disponibles para la zafra 2018 en la provincia de Tucumán utilizando metodologías de teledetección y SIG.

MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio comprende el área cultivada con caña de azúcar para la zafra 2018 en la provincia de Tucumán, República Argentina (Figura 1). Abarca las regiones agrológicas de Piedemonte, Llanura Deprimida y Llanura Chacopampeana (Zuccardi y Fadda, 1985). El clima corresponde al tipo subtropical con estación seca, caracterizado por condiciones de clima templado cálido, con veranos cálidos y húmedos e inviernos secos. El régimen pluviométrico es monzónico, con el 50% al 60% del total de lluvias acumuladas entre diciembre y marzo.

El trabajo se realizó mediante un análisis multitemporal de imágenes categorizadas, empleando técnicas 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 y caña de azúcar en la provincia de Tucumán, obtenidas para los años 2010 a 2018. Dichas capas temáticas fueron generadas a partir de clasificaciones multiespectrales de imágenes satelitales Landsat 8 OLI, Resourcesat 2 LISS 3 y Sentinel 2A y 2B MSI base (Fandos *et al.* 2010a, 2010b, 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, 2013a, 2013b, 2014a, 2014b, 2015a, 2015b, 2016a, 2016b, 2017a, 2017b, 2018a, 2018b).

Estas 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

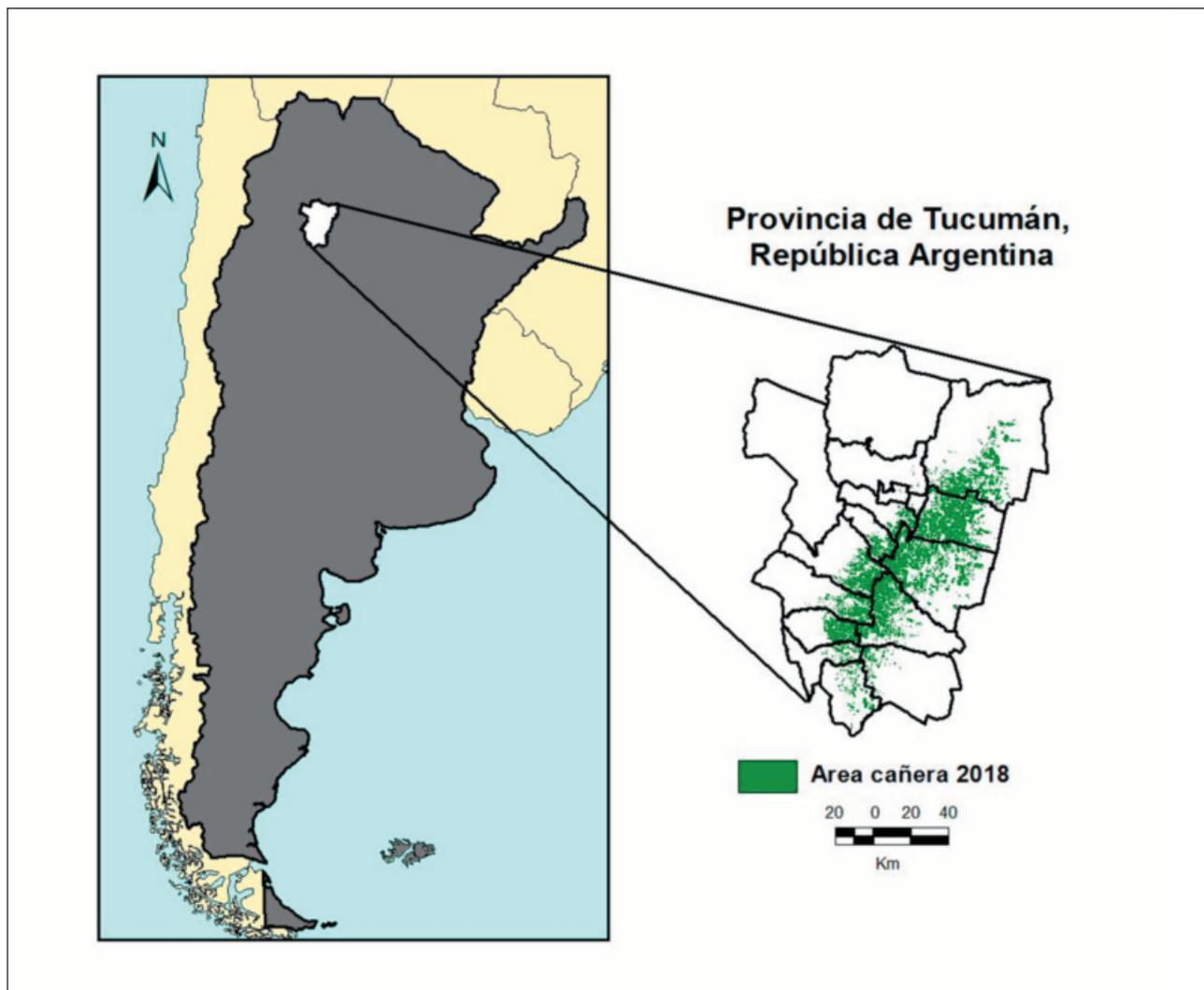


Figura 1. Situación relativa del área de estudio.

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 soja o caña de azúcar.

Seguidamente se realizó el proceso de superposición de coberturas temáticas, lo que permitió la diferenciación de edades en los cañaverales que tuvieron como antecesor cultivos de soja.

Los resultados obtenidos fueron validados confrontándolos con la información de campo relevada para los diferentes años en análisis.

El proceso de verificación se realizó corroborando la información de campo de 100 puntos de control repartidos según un muestreo sistemático no alineado (Chuvieco, 2000), por cuadrículas de 17.000 ha, lo que permitió el

muestreo de toda la superficie en estudio. En todas las cuadrículas se tomó al menos un punto de muestreo, intensificando el muestreo en los departamentos con mayor superficie relevada. El proceso de verificación arrojó una fiabilidad del 98%.

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 superficie cañera relevada corresponde a cañaverales de la zafra 2018 que fueron rotados con soja entre los años 2010 y 2017. Dicha superficie totalizó 121.690 ha, que representa alrededor del 44% del área cosechable para la zafra 2018, estimada en 273.460 ha (Fandos *et al.*, 2018b). Dicho valor implica que el 44% del área cañera fue sembrada con soja al menos en una zafra en el período considerado.

En la Figura 2 se expone la superficie relevada a nivel provincial diferenciada según la edad del cañaveral.

En la Figura 3 se indica la superficie cañera relevada y no relevada en cada departamento, excluyendo los departamentos con menos de 600 ha de superficie cosechable. Se constata que la mayor superficie relevada en hectáreas se localizó en los departamentos Cruz Alta, Leales y Burruyacu. El análisis en términos porcentuales revela valores que oscilan entre el 8% de área relevada en el departamento Monteros, y el 75% que se constató en

Burruyacu.

Para el análisis de la edad de los cañaverales a nivel de departamento se seleccionaron aquellos que presentaban 50% o más de su área cañera relevada. En base a dicho criterio, el estudio se circunscribió a los departamentos Leales, Cruz Alta, Burruyacu, La Cocha, Lules, J. B. Alberdi y Graneros. En la Figura 4 se expone la superficie relevada diferenciada por edades para cada uno de los departamentos seleccionados.

El análisis en los departamentos con mayor

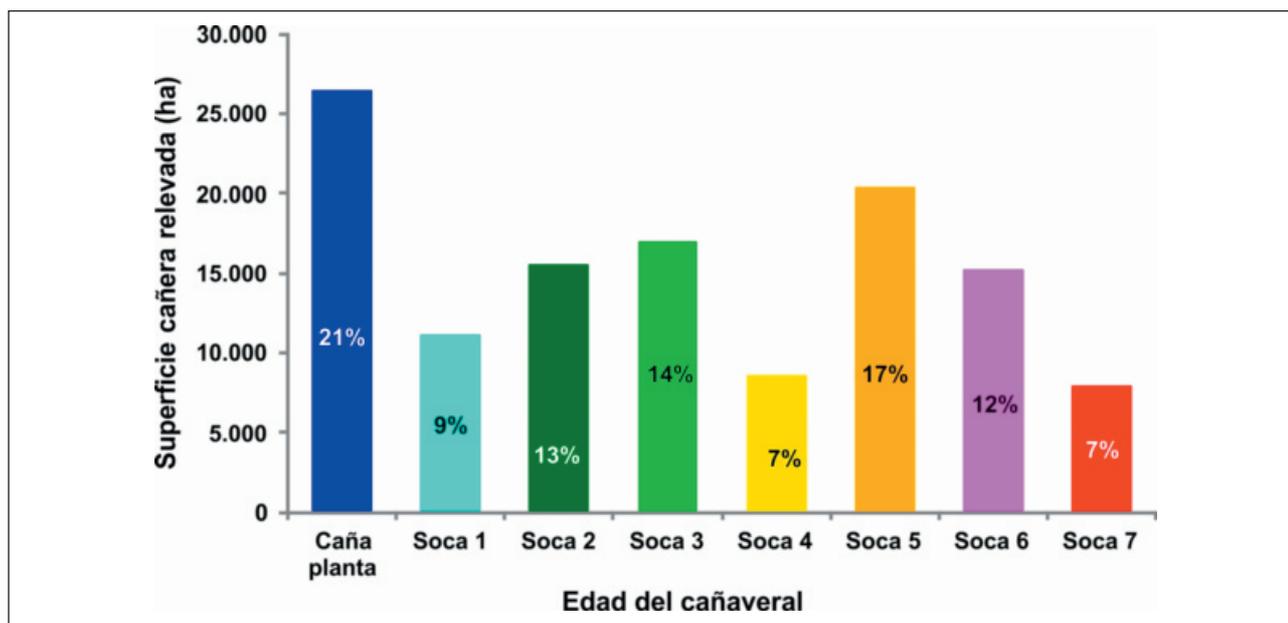


Figura 2. Edad del cañaveral en la superficie relevada. Zafra 2018. Tucumán, Argentina.

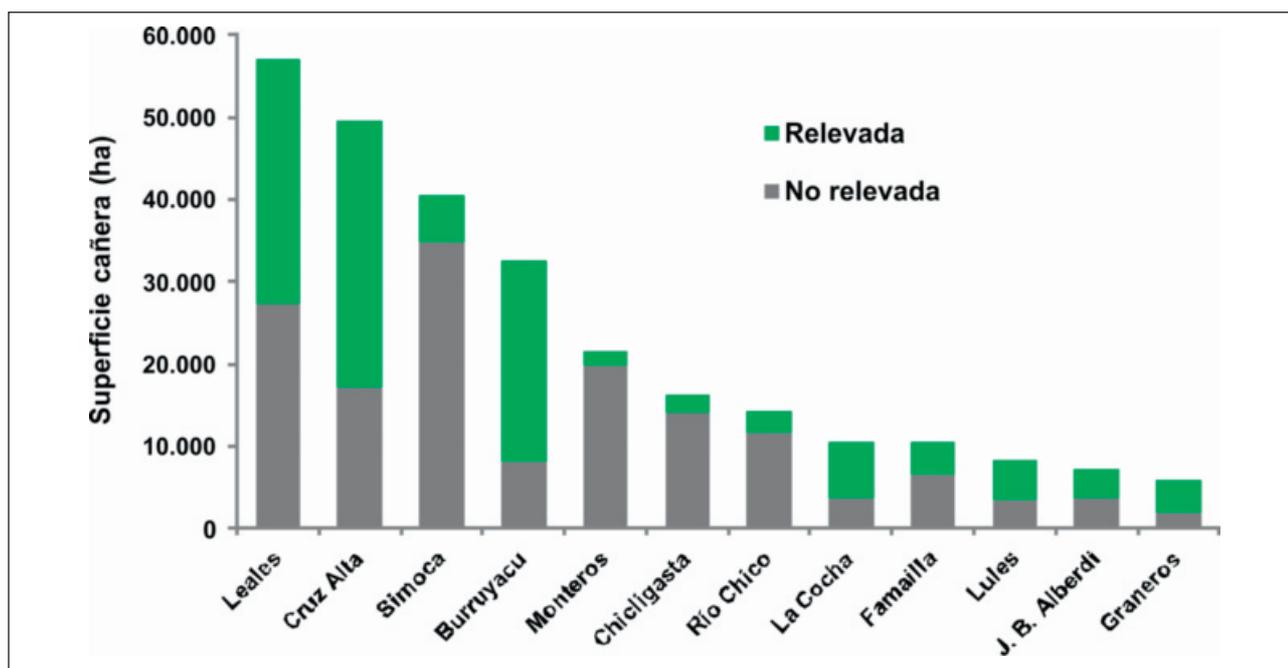


Figura 3: Superficie cañera relevada y no relevada, por departamentos. Zafra 2018. Tucumán, Argentina.

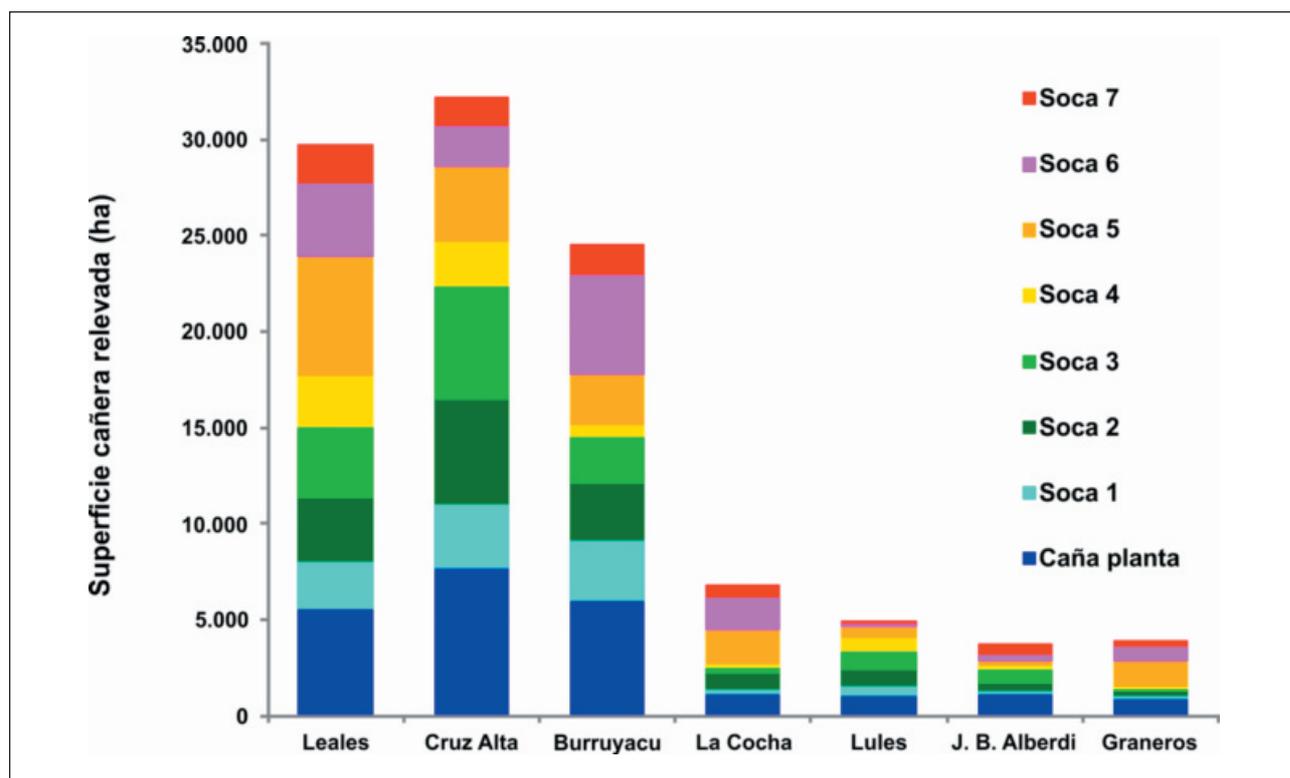


Figura 4. Edad del cañaveral en la superficie cañera relevada, por departamentos. Zafra 2018. Tucumán, Argentina.

superficie relevada indica que en Leales la edad con mayor frecuencia es soca 5, seguida por la edad de caña planta y soca 6. Cruz Alta presenta un predominio de cañaverales en edad de caña planta, seguidos por aquellos en soca 3 y soca 2; mientras que en Burruyacu prevalecen los cañaverales en edad de caña planta, secundados por aquellos en soca 6 y soca 1.

Al considerar los departamentos con menor superficie se observa que en La Cocha el primer lugar es ocupado por soca 5, seguido por soca 6 y caña planta; en Lules por caña planta secundado por soca 3 y soca 2; en J. B. Alberdi por caña planta seguido por soca 3 y soca 7, mientras que en Graneros el primer lugar corresponde a soca 5 secundado por caña planta y soca 6.

En base a las recomendaciones de manejo del cultivo de caña de azúcar, para mantener la productividad de una finca cañera es conveniente mantener ciertas proporciones en lo relativo a las edades del cañaveral. En términos generales, se recomienda contar con un 20% en edad de caña planta, alrededor de un 60% de cañaverales entre soca 1 y soca 3, y el 20% restante con edades de soca 4 o soca 5. Teniendo en cuenta dicha recomendación se elaboraron las Figuras 5 y 6 que muestran las agrupaciones mencionadas a nivel provincial y por departamentos.

La información a nivel provincial (Figura 5) revela que el porcentaje de caña planta se encuentra en el orden de lo recomendado, no así el de los grupos restantes,

puesto que el grupo de socas 1 a 3 muestra 36%, cuando lo recomendado es 60%, y el grupo de socas 4 y 5 supera el 20% recomendado. Además se constata un importante porcentaje en el grupo de socas 6 y 7 (19%).

El detalle por departamentos (Figura 6) muestra que todos los departamentos presentan valores porcentuales de caña planta dentro de lo recomendado, con excepción de La Cocha y Leales, que exhiben porcentajes inferiores al 20%. En el grupo de socas 1 a 3, ningún departamento muestra valores porcentuales dentro de lo recomendado (60%), los mayores porcentajes se constatan en Lules y Cruz Alta con valores de 46% y 45%, respectivamente; en el resto de los departamentos los porcentajes son iguales o inferiores al 34%, registrándose los menores valores en Graneros y La Cocha (13% y 20%, respectivamente). Con respecto al grupo de socas 4 y 5, solo en Cruz Alta el porcentual se adapta al recomendado, 20%; en Burruyacu y J. B. Alberdi, los valores están por debajo, mientras que en el resto de los departamentos superan dicho valor. Finalmente, en cuanto al grupo de socas 6 y 7, se constatan los mayores porcentajes en La Cocha, Graneros y Burruyacu.

En la Figura 7 se visualiza la distribución espacial de los cañaverales relevados diferenciados por grupos de edades. La mayor proporción de cañaverales no relevados en la zona central del área cañera permite inferir una baja adopción de la práctica de rotación soja/caña de azúcar. Entre las causas que dificultan dicha adopción se destacan

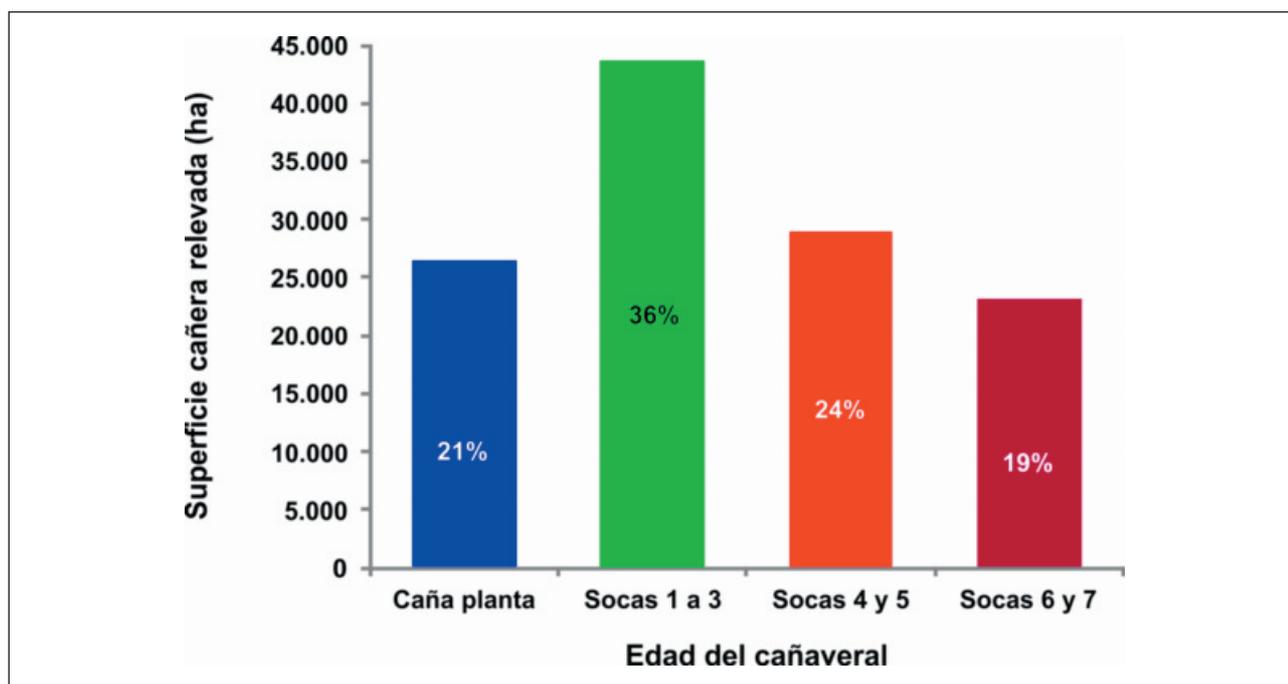


Figura 5. Superficie relevada con caña de azúcar diferenciada por edades agrupadas. Zafra 2018. Tucumán, Argentina.

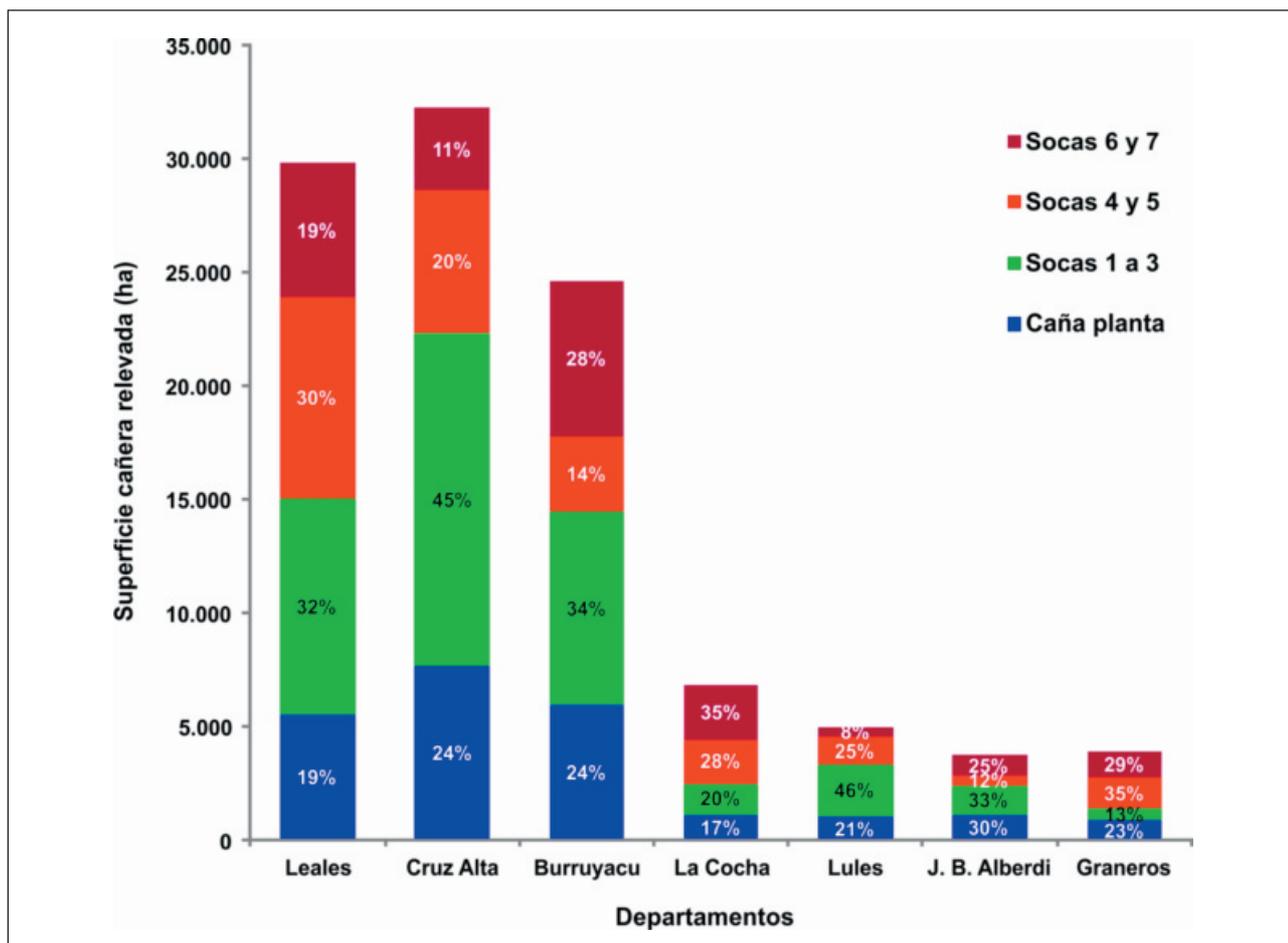


Figura 6. Superficie relevada con caña de azúcar diferenciada por edades agrupadas. Por departamentos. Zafra 2018. Tucumán, Argentina.

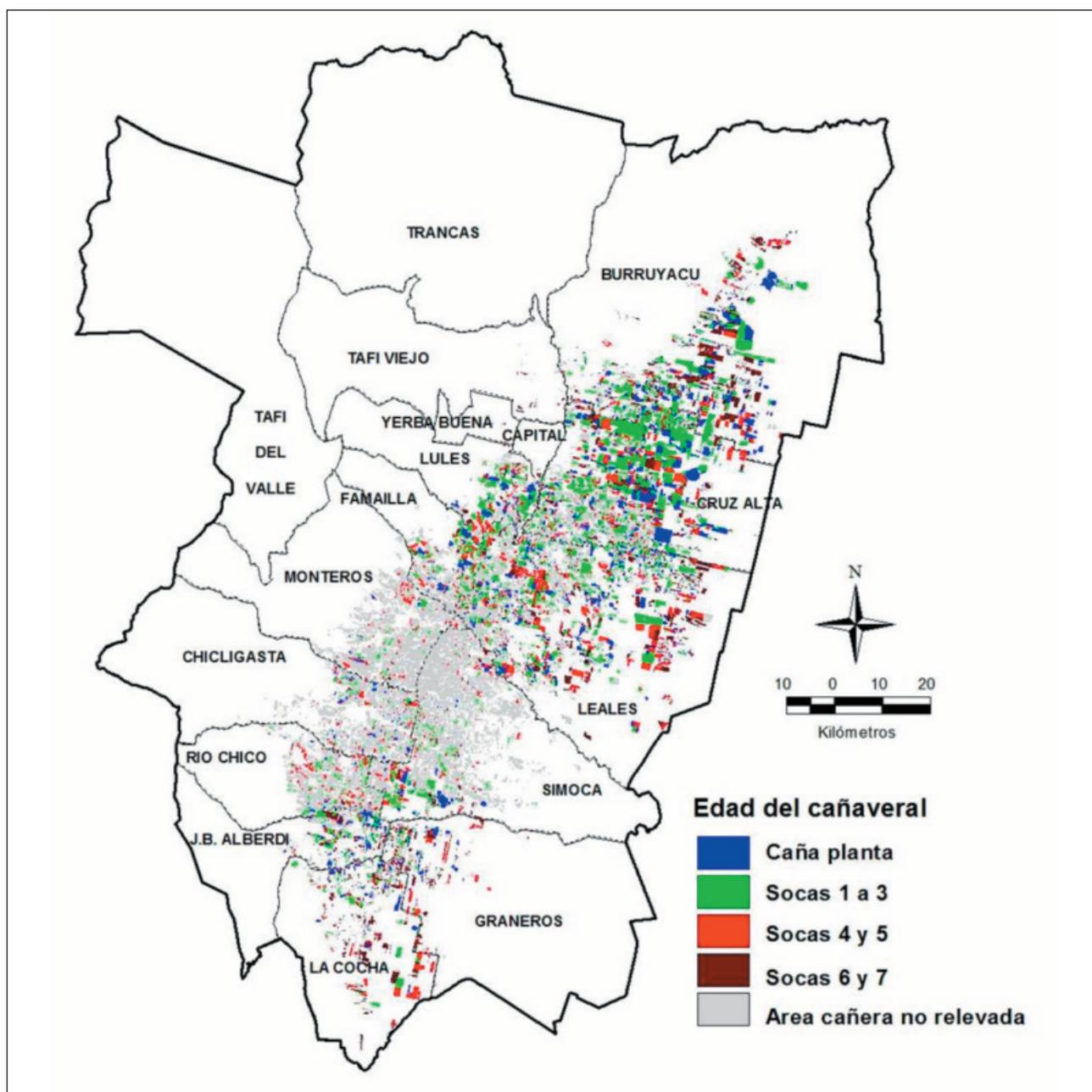


Figura 7. Distribución espacial de la superficie con caña de azúcar para la zafra 2018, diferenciada por grupos de edades. Tucumán, Argentina.

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).

CONCLUSIONES

Se constató que el 44% del área cañera disponible para la zafra 2018 en Tucumán fue sembrada con soja al

menos en una zafra entre los años 2010 y 2017.

Los departamentos con mayor superficie relevada, en relación a su superficie total, implican mayor adopción de la práctica de rotación soja/caña de azúcar, entre ellos se destacan Burruyacú, Graneros, Cruz Alta, La Cocha, Lules, Leales y J. B. Alberdi.

El detalle por edades del cañaveral indica un bajo porcentaje de cañaverales con edades de soca 1 y soca 2, las que presentan mayor rendimiento potencial del cañaveral. Resalta además la presencia de cañaverales en edad de soca 6 y soca 7. En este punto cabe mencionar

que las mejores condiciones de brotación para el cañaveral que tuvo como antecesor un cultivo de soja contribuyen a la prolongación de la vida útil del mismo.

La distribución porcentual en base a grupos de edades reveló un envejecimiento del cañaveral tucumano, puesto que el porcentaje de socas de mayor edad superó al de socas de menor edad. Sin embargo, el análisis por grupos en los departamentos con elevados porcentajes de rotación soja/caña de azúcar mostró un predominio de cañaverales jóvenes en los departamentos Cruz Alta, Lules, J. B. Alberdi y Burruyacú, en contraste con los departamentos Graneros y La Cocha, que presentaron elevados porcentajes de socas de edad avanzada.

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.

BIBLIOGRAFÍA CITADA

Acevedo, A. 1981. Sepa plantar. Desarrollo Rural 1 (2): 11-19.

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.

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

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2010a. Área ocupada con soja y maíz en Tucumán y zonas de influencia en la campaña 2009/2010. Comparación con la campaña 2008/2009. Reporte Agroindustrial 36. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2010b. Estimaciones de superficie con caña de azúcar y producción de materia prima y azúcar para la zafra 2010. Reporte Agroindustrial 39. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2011a. Área ocupada con soja y maíz en Tucumán y zonas de influencia en la campaña 2010/2011. Comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial 51. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, F. J. Soria y J. I. Carreras Baldrés. 2011b. Área ocupada con caña de azúcar y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2011 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 53. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2012a. Superficie cultivada con soja y maíz en

Tucumán en la campaña 2011/2012. Comparación con campañas anteriores. Reporte Agroindustrial 68. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, F. J. Soria y J. I. Carreras Baldrés. 2012b. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2012 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 66. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2013a. Campaña de soja y maíz 2012/2013 en Tucumán: superficie sembrada y comparación con campañas anteriores. Reporte Agroindustrial 80. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, F. J. Soria y J. I. Carreras Baldrés. 2013b. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2013 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 83. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2014a. Superficie cultivada con soja y maíz en la campaña 2013/2014 en la provincia de Tucumán. Comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial 92. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, F. J. Soria y J. I. Carreras Baldrés. 2014b. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2014 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 94. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2015a. Estimación de la superficie implantada con soja y maíz en la campaña 2014/2015 en la provincia de Tucumán y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial 104. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2015b. Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2015 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 107. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

Fandos, C.; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés, F. J. Soria, M. R. Devani y D. E. Gamboa. 2016a. Cultivos estivales en la provincia de Tucumán: superficie con soja y maíz en la campaña 2015/2016 y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial 119. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).

- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris, J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2016b.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2016 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 124. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).
- 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 136. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).
- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2017b.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2017 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 138. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 15 mayo 2018).
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés, P. Scandaliaris, and F. J. Soria. 2017c.** Dinámica de la rotación soja/caña de azúcar en la provincia de Tucumán. Análisis del período 2012/2017. Avance Agroind. 38 (4): 24-28.
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris; F. J. Soria; M. R. Devani; D. E. Gamboa; F. Ledesma y O. N. Vizgarra. 2018a.** Estimación de la superficie cultivada con soja, maíz y poroto en la campaña 2017/2018 en Tucumán y comparación con campañas precedentes. Reporte Agroindustrial 146. [En línea]. Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 12 junio 2018).
- Fandos, C.; J. Scandaliaris; P. Scandaliaris J. I. Carreras Baldrés; F. J. Soria; J. Giardina y E. R. Romero. 2018b.** Área cosechable y producción de caña de azúcar y azúcar para la zafra 2018 en Tucumán. Reporte Agroindustrial 146. [En línea] Disponible en <http://www.eeaoc.org.ar> (consultado 3 julio 2018).
- 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). [En línea]. Disponible en <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 <http://www.inta.gov.ar> (consultado 17 mayo 2017).
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo agroecológico de la provincia de Tucumán. Miscelánea FAZ-UNT 86.