



Revista Industrial  
y Agrícola de  
Tucumán

ISSN 0370-5404

En línea  
1851-3018

Tomo 100 (1):  
21-28; 2023



ESTACION EXPERIMENTAL  
AGROINDUSTRIAL  
OBISPO COLOMBRES  
Tucumán | Argentina

Av. William Cross 3150  
T4101XAC - Las Talitas.  
Tucumán, Argentina.

## Utilización de tecnologías de información geográfica en la zonificación del área cañera según períodos de cosecha. Tucumán, República Argentina\*

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

\*\* Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres. Tucumán. Email: carminaf@eeaoc.org.ar

### RESUMEN

La época en que se realiza la cosecha de caña de azúcar tiene gran influencia en la producción de azúcar y en el crecimiento y producción del cañaveral del año siguiente. En la zafra de Tucumán pueden distinguirse cuatro etapas o períodos: inicial, intermedio, final y tardío. El monitoreo de las fechas y el modo en que se lleva a cabo la cosecha permite priorizar zonas, lo que contribuye a optimizar la recolección según la calidad de la caña y minimizar pérdidas por heladas en el ajuste de las estimaciones de producción y a la adecuada planificación y manejo futuro del cañaveral. El uso combinado de la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) muestra un gran potencial para la zonificación de prácticas agrícolas. El objetivo del trabajo fue zonificar el área cañera de la provincia de Tucumán según periodos de cosecha, considerando la serie 2017-2021. Se aplicó un análisis multitemporal de imágenes categorizadas, empleando técnicas de SIG. La metodología utilizada permitió la identificación y cuantificación de las diferentes combinaciones de épocas de cosecha. Además, posibilitó la sectorización de zonas con periodos de cosecha frecuentes, y de zonas con mayor variabilidad en la fecha de recolección. El 13% de la superficie cañera correspondió al periodo inicial de cosecha, el 61% al intermedio, 8% al tardío y 1% al final, mientras que el 17% restante se asignó a un período variable. La distribución porcentual de los periodos de cosecha evidencia un aprovechamiento inadecuado de los meses iniciales y una acumulación excesiva de la molienda en la etapa intermedia. La disposición espacial de las épocas de cosecha indica que en la parte inicial de la zafra, la recolección se focaliza mayormente en los sectores oriental y sur del área cañera, mientras que en la etapa final se centraliza principalmente en los sectores norte y occidental.

**Palabras clave:** caña de azúcar, teledetección, SIG, cosecha.

### ABSTRACT

#### Use of geographic information technologies for the zoning of the sugarcane planted area according to harvesting periods. Tucumán, Republica Argentina

The time of the sugarcane harvesting has a great influence on both, sugar production for the year's harvest and growth and production of the following year's cane crop. Four stages can be distinguished in the Tucumán harvesting: early, intermediate, late and final. Monitoring dates and harvesting style provides the best harvesting time according to sugarcane quality, minimize losses due to frost adjusting production estimates, and facilitate planning and managing the cane field in the future. The combined use of remote sensing and Geographical Information Systems (GIS) has great potential for the zoning of agricultural practices. The aim was zoning the sugarcane planted area of Tucumán province according to harvesting periods, considering the 2017-2021 series. A multitemporal analysis of categorized images was applied, using GIS techniques. The methodology used allowed the identification and quantification of the different combinations of harvesting periods. It also made possible to identify areas with frequent harvesting periods and areas with greater variability in the harvesting date. Thirteen percent of the sugarcane planted area corresponded to the early harvest period, 61% to the intermediate, 8% to the late, 1% to the final, while the remaining 17% was assigned to a variable period. The percentage distribution of the harvesting periods showed an inadequate use of the initial stage and an excessive accumulation of milling in the intermediate one. The spatial arrangement of the harvesting periods indicated that the initial part of the harvest is mostly concentrated in the eastern and southern sectors of the sugar cane area, while the final stage it is mostly centralized in the northern and western sectors.

**Key words:** sugarcane, remote sensing, GIS, harvesting

\*Artículo  
parcialmente  
presentado en  
el 2º Congreso  
Latinoamericano  
de Agricultura de  
Precisión

Fecha de  
recepción:  
05/04/2022

Fecha de  
aceptación:  
19/12/2022

INTRODUCCIÓN

La cosecha es una de las etapas de mayor importancia en la producción de caña de azúcar. Su incidencia en los costos de producción siempre ha tenido alta significación, por lo que cualquier variación que se registre en esta etapa resultará de gran impacto en la rentabilidad del cultivo (Romero *et al.*, 2009).

En la provincia de Tucumán la cosecha de caña de azúcar se realiza generalmente entre fines de mayo-inicios de junio y fines de octubre-mediados de noviembre, con una duración media total de 160-180 días e importantes variaciones entre años, según las condiciones económicas y climáticas.

La época en que se realiza tiene gran influencia en la producción de azúcar para la cosecha del año, y en el crecimiento y producción del cañaveral del año siguiente. En Tucumán la cosecha debe adaptarse a las condiciones climáticas típicas del área cañera, por la marcada influencia que ejercen en la calidad de la materia prima, en especial al inicio y final de la zafra. Entre los factores a considerar se destaca la intensidad y frecuencia de días con lluvia, la humedad relativa ambiente y las temperaturas, especialmente la ocurrencia de heladas. Ausencia de lluvias, baja humedad relativa y temperaturas bajas y sin heladas resultan las condiciones más adecuadas para un óptimo desarrollo de la zafra (Fernández de Ullivarri *et al.*, 2015).

En la zafra de Tucumán pueden distinguirse cuatro etapas o períodos: inicial, intermedio, final y tardío (Figura 1). El período inicial se desarrolla entre los meses de mayo y junio, y se caracteriza por lluvias y temperaturas decrecientes, humedad relativa elevada y baja probabilidad de heladas. El período intermedio, el más prolongado, desde julio a mediados de setiembre, se distingue por mínimas lluvias, temperaturas relativamente bajas, humedad

relativa en disminución y alta probabilidad de heladas. El período final transcurre entre mediados de setiembre y mediados de octubre; y el tardío, desde fines de octubre en adelante, ambos períodos caracterizados por el aumento de la temperatura, de las lluvias y de la humedad relativa.

Evaluando una serie de 15 zafras en Tucumán, se observó que la molienda en la etapa inicial varió del 4 al 26% del total, con una media del 10%; en la fase intermedia varió del 50% al 76%, con una media del 65%; y en la etapa final y tardía se procesó entre el 11% y el 45%, con un promedio del 25%. Esta situación evidencia un aprovechamiento inadecuado de los meses iniciales, una acumulación excesiva de la molienda en la etapa intermedia y porcentajes elevados en las fases final y tardía. Además, el retraso de la fecha de inicio de zafra poco tiene que ver con la dinámica de la maduración de los cañaverales, con el total de caña molida y menos aun, con los niveles fabriles de recuperación de azúcar (Romero *et al.*, 2009).

En la Figura 2 se ilustra la distribución de la molienda quincenal en Tucumán (promedio 2006-2013), que pone de manifiesto la excesiva concentración de la molienda entre los meses de julio y setiembre.

Según Romero y Scandaliaris (1991), a medida que avanza la primavera en Tucumán, desde octubre a diciembre, las condiciones para la cosecha van desmejorando paulatinamente. Las lluvias y las elevadas temperaturas dificultan o imposibilitan por algunos días la recolección de la materia prima, se incrementan los niveles de trash mineral, disminuye la calidad y hay mayores riesgos de quemas de cañaverales, entre otros efectos. Lo expuesto determina caídas en los rendimientos fabriles, que se acentúan si la caña está helada o volcada. Las pérdidas de producción en el siguiente ciclo crecen del 5% al 70%, con demoras de cosecha de mediados de octubre a fines de diciembre (Fernández de Ullivarri *et al.*, 2015).

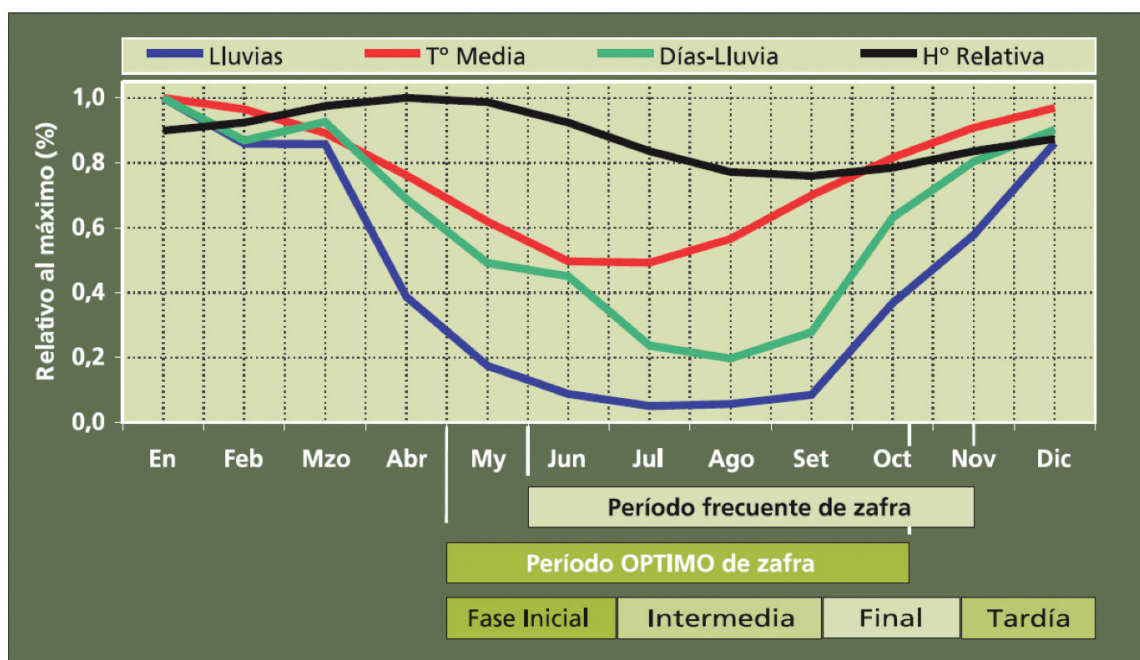
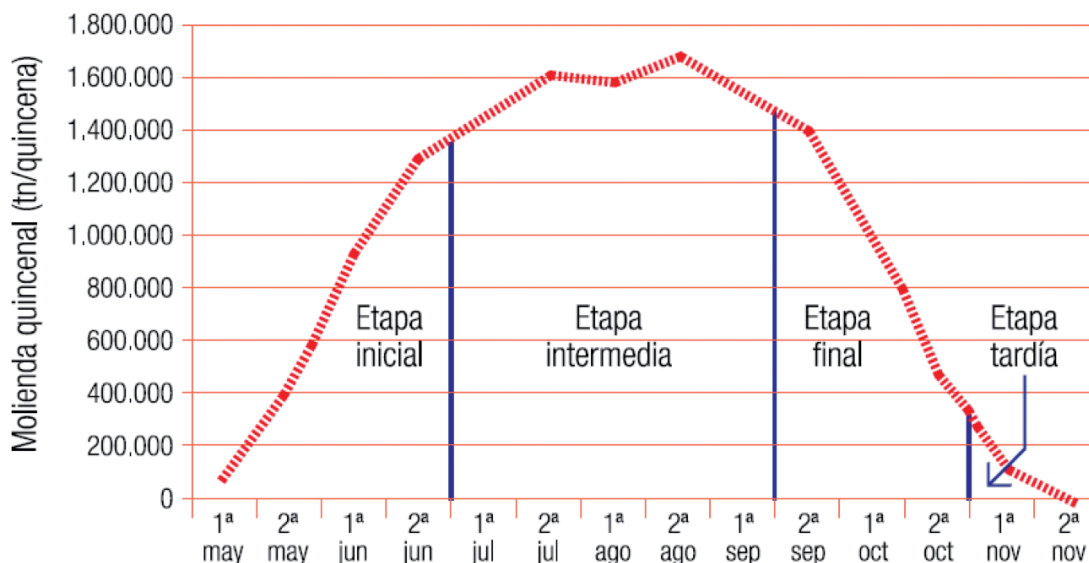


Figura 1. Comportamiento de los principales factores ambientales durante la zafra en Tucumán. Expresados como valores mensuales relativos al máximo. Se indica el período más adecuado y el más frecuente de zafra. Tomado de Romero *et al.* (2009).



**Figura 2.** Distribución quincenal de la molienda de caña de azúcar en Tucumán (promedio 2006-2013). Tomado de Fernández de Ullivarri *et al.* (2015).

Anticipar el inicio de la zafra permite mejorar la distribución de la molienda y adelantar el fin de zafra; aumentar el tiempo disponible para lograr un manejo cultural oportuno y adecuado y reducir las pérdidas de azúcar causadas por problemas de deterioro de la materia prima (quema, deshidratación de tallos, heladas), especialmente importantes en las fases final y tardía. Cuando la disponibilidad de caña es elevada, la demora en el inicio de la zafra significa que la molienda se extenderá más de lo aconsejable. Por otra parte, el ciclo de cosecha no se puede acortar. Al contrario, la tendencia en el mundo es que las zonas azucareras expandan el periodo de molienda como forma de disminuir los costos fijos de cosecha y fabricación de azúcar y alcohol para hacer más competitiva la agroindustria (Romero *et al.*, 2009).

De allí la importancia de monitorear las fechas y el modo en que se lleva a cabo la cosecha para priorizar zonas, de manera de optimizar la recolección según calidad de materia prima y minimizar pérdidas por heladas; también para ajustar las estimaciones de producción y para la adecuada planificación y manejo futuro del cañaveral.

Las tecnologías de información geográfica (TIG), entre ellas la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), han facilitado el seguimiento de las prácticas agrícolas. Las imágenes satelitales permiten una visión sinóptica de las zonas agrícolas y posibilitan un seguimiento temporal de las fases de desarrollo de los cultivos, en los cuales la dimensión temporal puede resultar clave para la interpretación de imágenes (Chuvieco Salinero, 2002). Como resultado del procesamiento de las imágenes satelitales se obtienen capas de información que pueden ser analizadas mediante la aplicación de técnicas de SIG, posibilitando la detección y análisis de cambios territoriales.

En el ámbito de las TIG relacionadas con la cosecha de caña de azúcar se destacan los estudios de Gers and Schmidt (2001), Markley *et al.* (2003), Lebourgouis *et al.* (2010) y Alves Aguiar *et al.* (2011), en los que utilizando metodologías de clasificación multispectral de imágenes satelitales y herramientas de SIG, distinguieron áreas co-

sechadas y no cosechadas.

La zonificación de las áreas agrícolas posibilita el tratamiento diferencial de cada zona de acuerdo a las variables que limitan el potencial productivo, requiere de la información de distintas campañas, la cual puede ser obtenida rápidamente mediante el uso de la teledetección y los SIG. A nivel local, Fandos *et al.* (2022) realizaron una zonificación del área cañera tucumana, según niveles de producción, y la relacionaron con las regiones agrológicas y el Índice de Productividad (IP) de esos suelos. Para ello utilizaron un análisis multitemporal de imágenes categorizadas.

La Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombes realiza anualmente el monitoreo de la cosecha de caña de azúcar en la provincia de Tucumán aplicando metodologías de teledetección y SIG, lo que permite la generación de capas temáticas geoposicionadas que facilitan su análisis en conjunto.

El objetivo del trabajo fue zonificar el área cañera de la provincia de Tucumán según periodos de cosecha, considerando la serie 2017-2021.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El área de estudio es la región cultivada con caña de azúcar en la provincia de Tucumán, que se concentra principalmente en las regiones de Pedemonte, Llanura deprimida y Llanura chacopampeña (Zuccardi y Fadda, 1985). La región pedemontana, el área de transición entre las montañas y la llanura, es una región libre de heladas, aunque estas pueden producirse en algunos años en forma excepcional. La Llanura deprimida se trata en general de una planicie con pendientes menores del 0,5%, afectada por la presencia de una capa freática a poca profundidad. La Llanura chacompampeña es una amplia llanura con pendientes largas y débiles, con valores que raramente sobrepasan el 1%.

La situación relativa del área de estudio se visualiza en la Figura 3.

Provincia de Tucumán  
República Argentina

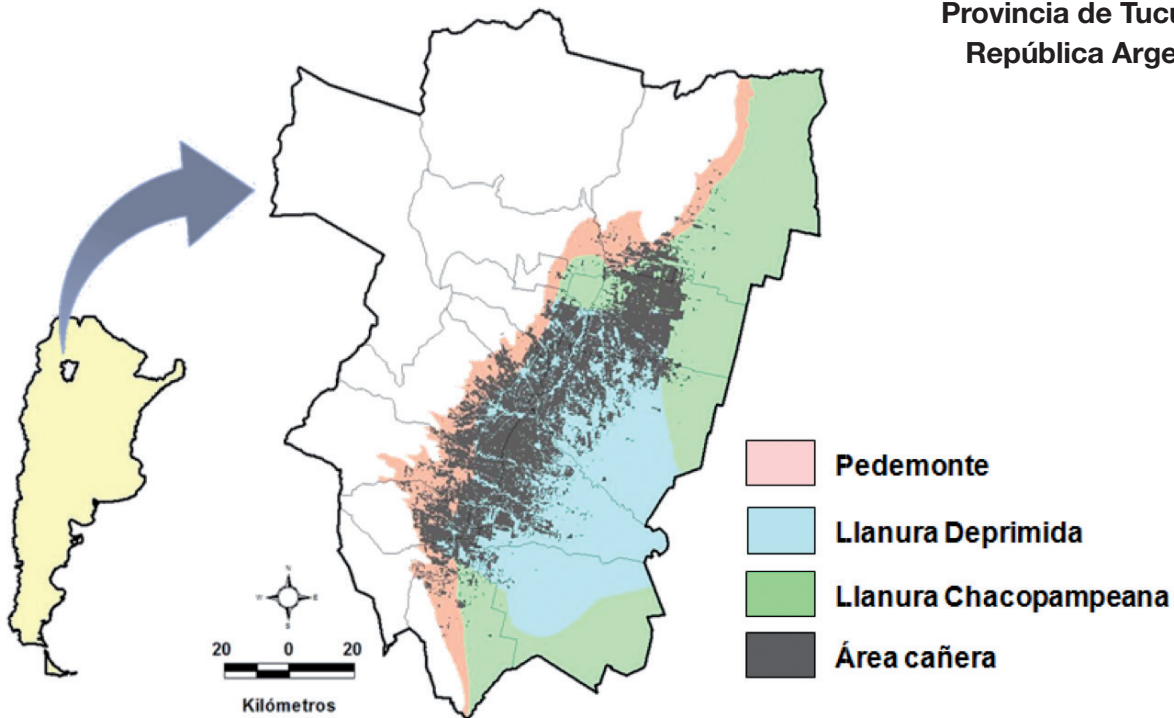


Figura 3. Situación relativa del área de estudio

El trabajo se realizó mediante un análisis multi-temporal de imágenes categorizadas (Chuvienco Salinero, 2002), empleando técnicas de SIG. Las coberturas temáticas utilizadas como base fueron las de avance de cosecha de caña de azúcar para la provincia de Tucumán, obtenidas para los años 2017 a 2021 (Fandos *et al.*, 2018; 2019; 2020a; 2020b; 2021). Dichas capas temáticas fueron generadas a partir de clasificaciones multiespectrales de imágenes satelitales Landsat 8 OLI y Sentinel 2A y 2B MSI, obtenidas de los sitios <https://catalogos.conae.gov.ar/landsat8/> y <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>, respectivamente.

Las capas temáticas base contenían cuatro categorías, según periodos de cosecha: inicial, intermedio, final y tardío. Para el análisis, a los pixeles correspondientes al período inicial se les asignó el valor 1, mientras que a los pixeles de los periodos intermedio, final y tardío se les asignó el 10, 100 y 1000, respectivamente.

Como resultado de la sumatoria de capas temáticas se obtuvo una capa resumen para las cinco campañas agrícolas consideradas, con valores de entre 1 y 4100, en la cual la unidad corresponde al periodo inicial, la decena al intermedio, la centena al final y la unidad de mil, al tardío. Ejemplo: la clase 2210 indicaba ningún año de cose-

cha en el periodo inicial, un año en el intermedio, dos años en el final y dos años en el tardío.

Posteriormente se realizó la zonificación del área cañera según periodos de cosecha. La asignación de las clases a los cuatro periodos se realizó considerando el número con mayor valor, según este se localizara en la unidad, decena, centena o unidad de mil. Ejemplos: las clases 41, 230 y 1120 fueron asignadas al periodo intermedio, ya que el máximo valor se ubicó en la decena; las clases 201, 320 y 1211 al final; mientras que las clases 1000, 2111 y 3110, al periodo tardío. Las clases en las que no predominaba ningún valor fueron asignadas a otro grupo que se denominó período variable.

La Figura 4 muestra el flujo metodológico.

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

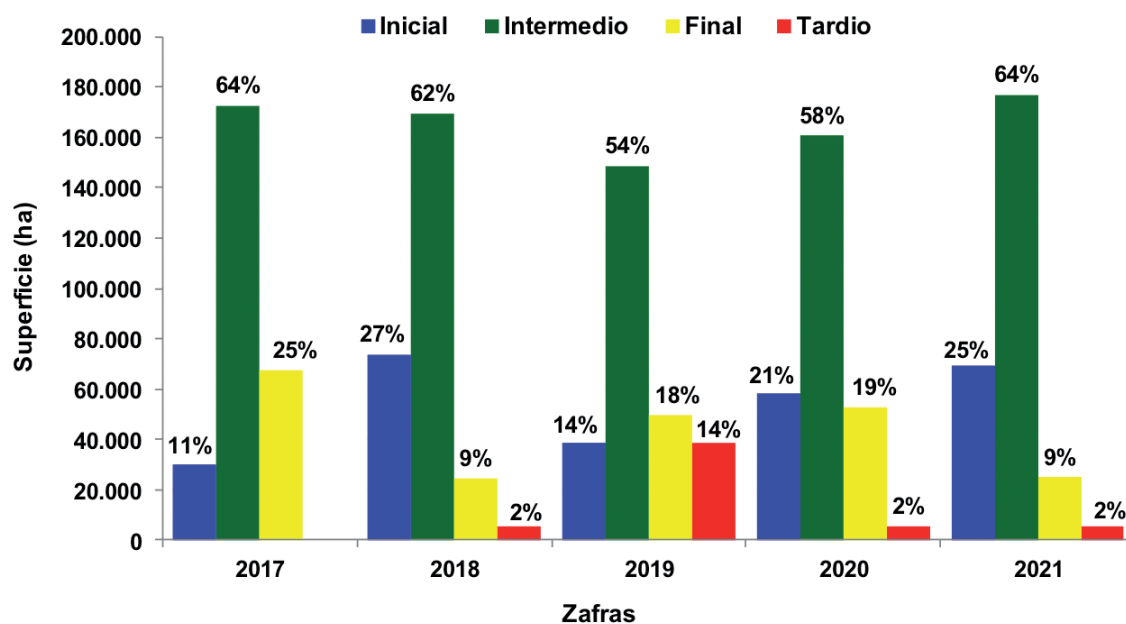
RESULTADOS

En la Figura 5 se expone la superficie cosechada de caña de azúcar según periodos, en hectáreas y en porcentaje, en la serie 2017-2021.

El análisis de la Figura 5 indica que la zafra 2017 fue la de menor duración, y coincide con la característica de



Figura 4. Flujo metodológico



**Figura 5.** Superficie recolectada según períodos de cosecha, en hectáreas y en porcentaje. Tucumán, zafra 2017 a 2021. Fuente: Elaboración propia con datos tomados de Fandos *et al.*, 2018; 2019; 2020a; 2020b; y 2021.

haber sido la de menor superficie en la serie considerada.

La zafra 2018 evidencia la mayor proporción de cosecha en el período inicial y la extensión de la recolección hasta el período tardío. En 2018 la molienda se desarrolló prácticamente sin interrupciones hasta setiembre. En octubre se registraron lluvias de carácter excepcional para la época, lo cual provocó la interrupción de la cosecha durante varios días y determinó la prolongación de la zafra hasta la segunda quincena de noviembre (Fandos *et al.*, 2019).

La zafra 2019 presentó la menor proporción de cosecha en el periodo intermedio y la mayor proporción en el período tardío. Tuvo un comienzo tardío debido a las precipitaciones registradas entre los meses de marzo y junio, que determinaron falta de piso en gran parte del cañaveral, situación que dificultó el ingreso de las máquinas cosechadoras. Las condiciones ambientales a partir de julio fueron en general benignas para el desarrollo de la zafra. Sin embargo, diversos problemas de funcionamiento de las fábricas azucareras determinaron que la capacidad de molienda de la industria azucarera no alcanzara su máximo potencial en todo el desarrollo de la zafra. Durante noviembre se registraron intensas lluvias, que provocaron falta de piso para la cosecha, lo que determinó el cierre definitivo de la zafra para algunos ingenios, y un retraso de la cosecha en otras fábricas azucareras, prolongando la zafra hasta la primera quincena de diciembre (Fandos *et al.*, 2020a).

Con respecto a la zafra 2020, se destaca un aumento en los porcentuales de los periodos inicial, intermedio y tardío con respecto a la zafra precedente. Las condiciones meteorológicas en dicha campaña, caracterizadas por las bajas precipitaciones en todo el período de cosecha, fueron óptimas para la recolección de los cañaverales, determinando que la zafra se realizara sin interrupciones (Fandos *et al.*, 2020b).

Finalmente, la zafra 2021 presenta similitudes con las proporciones en los diferentes periodos de cose-

cha registrados para la zafra 2018. Cabe mencionar además que las condiciones meteorológicas durante el período de cosecha fueron óptimas para la recolección de los cañaverales, determinando que la zafra se realizara sin complicaciones (Fandos *et al.*, 2021).

En la Figura 6 se exponen cada una de las clases detectadas, que indican las combinaciones de períodos de cosecha, ordenadas según superficie y fragmentadas en dos grupos para facilitar la visualización. La Figura 6 A expone las clases con superficie mayor a 2900 ha; y la Figura 6 B, las clases con superficie entre 2800 ha y 700 ha (se excluyen las clases con superficie inferior a 700 ha). Al focalizar el análisis en las categorías con más de 20000 ha resaltan las clases 40, 10 y 31, todas con predominio de cosecha en el período intermedio. Como se mencionó previamente, al periodo variable corresponden las clases sin un valor numérico predominante. El análisis de las categorías asignadas al período variable, con más de 5000 ha, revela que corresponden a combinaciones de periodos inicial e intermedio (clases 22 y 11) y periodos intermedio y final (220 y 110).

La agrupación de las clases en los diferentes periodos, con la correspondiente superficie ocupada, se expone en la Figura 7, mientras que la Figura 8 muestra el mapa temático resultante. Resalta el bajo porcentaje de cosecha en las etapas iniciales de la zafra y la excesiva concentración en el período intermedio. Entre las causas se pueden mencionar las dificultades operativas en la cosecha en etapas tempranas debido a la falta de piso; los bajos rendimientos fabriles, sobre todo cuando no se emplean maduradores; los altos niveles de trash, por excesivo follaje verde y mayor incidencia del despunte; y el bajo aporte de materia prima por parte de los productores cañeros, los cuales quieren evitar, además de los problemas antes citados, el potencial efecto negativo que tiene el corte temprano de los cañaverales en la producción del siguiente ciclo (Fernández de Ullivarri *et al.*, 2015).

Es importante mencionar que los factores am-

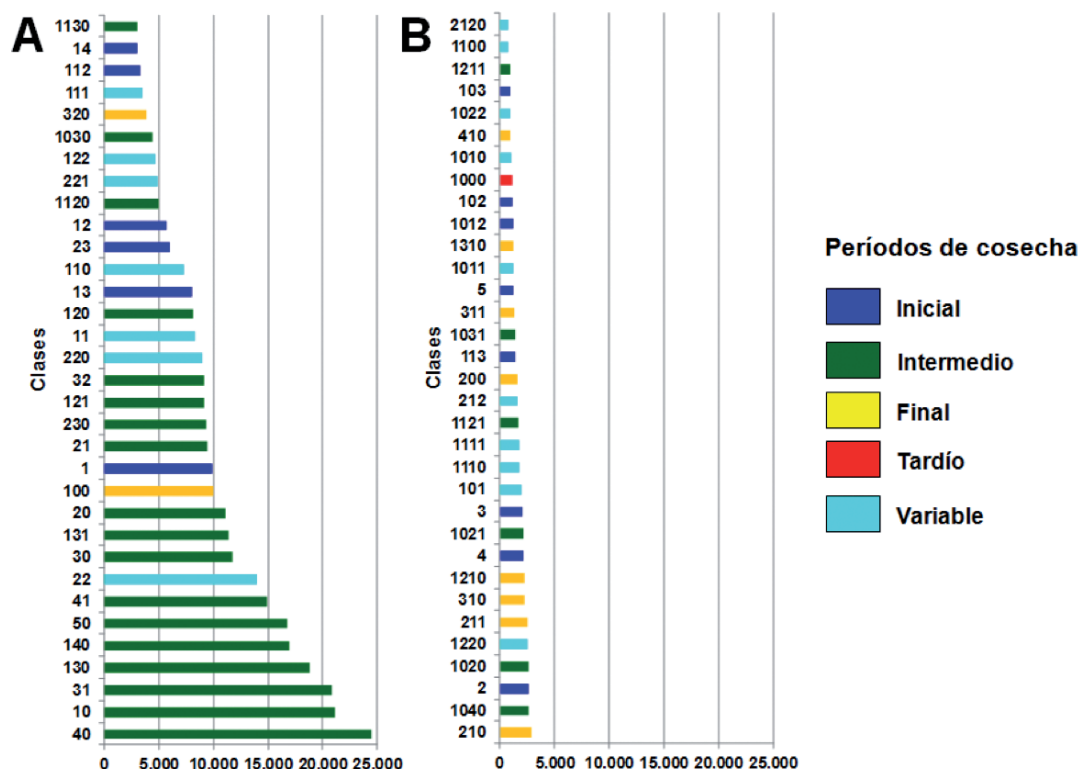


Figura 6. Clases correspondientes a combinaciones de periodos de cosecha. A: superficie mayor a 2900 ha. B: superficie entre 2800 ha y 700 ha.

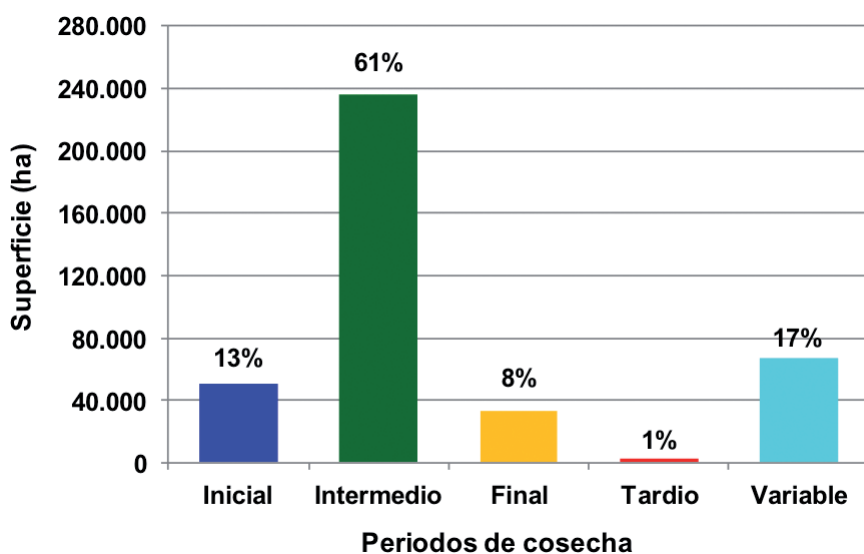


Figura 7. Superficie ocupada por los diferentes periodos de cosecha.

bientales que caracterizan cada etapa muestran una notable variabilidad entre años, e incluso en un mismo ciclo, entre zonas del área cañera. Así, los volúmenes, el número de días con lluvia y la humedad relativa ambiente para un mismo mes decrecen desde el oeste (Pedemonte) al este. Esta última zona tiene una mayor probabilidad de ocurrencia de heladas y de mayor severidad (Fernández de Ullivarri *et al.*, 2015). Lo mencionado previamente se corresponde con la distribución espacial de los periodos de cosecha. Se aprecia que, en la parte inicial de la zafra, la recolección se focaliza mayormente en los sectores noreste, este y sur del área cañera, situación razonable si

se considera que allí se concentran las áreas cañeras con mayor probabilidad de heladas, por lo que es conveniente su recolección de manera anticipada. Cabe mencionar, además, que en la fase inicial se cosechan los cañaverales destinados a la producción de azúcar orgánico, los cuales se encuentran mayormente situados en los sectores centro este y sur del área cañera.

El periodo intermedio muestra una distribución homogénea en toda la zona cañera, mientras que en el periodo final la recolección se concentra principalmente en los sectores norte y oeste del área cañera.

Con respecto al periodo tardío, se aprecia que se

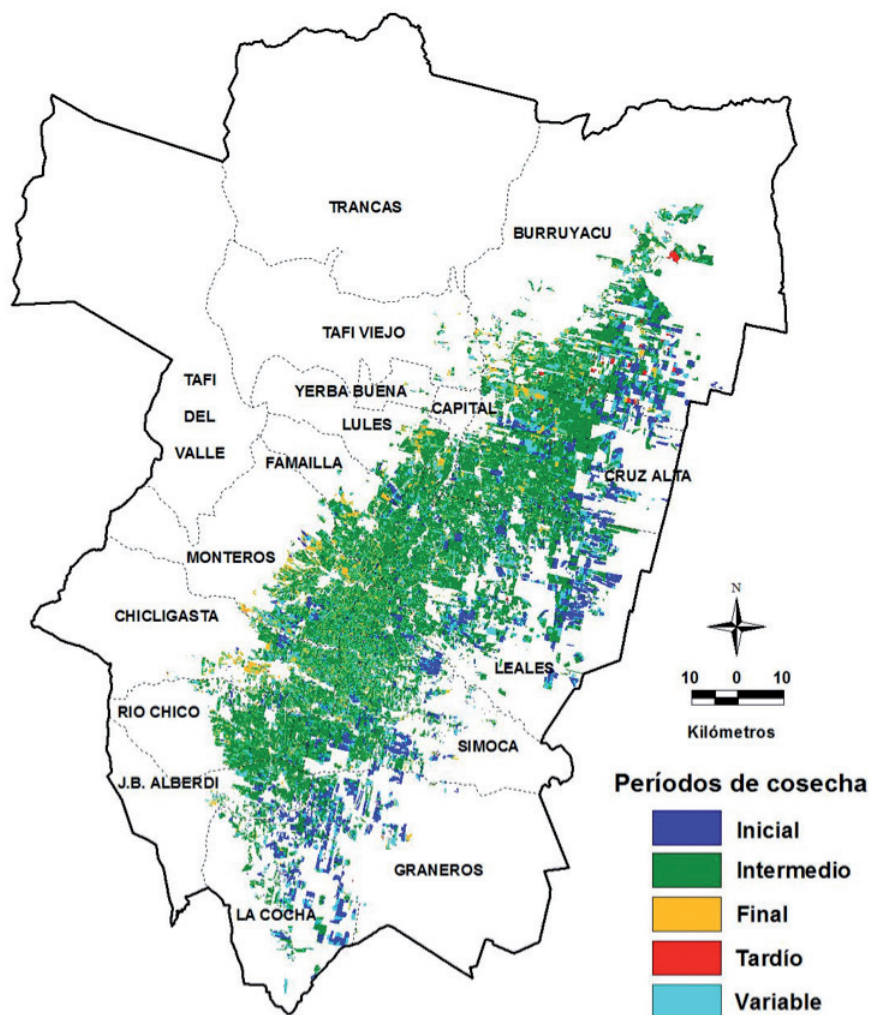


Figura 8. Disposición espacial de periodos de cosecha.

concentra mayormente en la parte oriental del departamento Burruyacu, zona de influencia de una de las principales fábricas sucroalcoholeras de la provincia, con una importante cantidad de hectáreas bajo su jurisdicción, que determinan la prolongación de la zafra en algunas campañas.

En cuanto al periodo variable, se observa que la disposición geográfica de gran parte del mismo es similar a la del período inicial, consecuente con las principales categorías que lo conforman y que combinan los periodos inicial e intermedio (Figura 6). Dicha variabilidad obedece mayormente a la ocurrencia de precipitaciones otoñales, que en algunas campañas ocasionan falta de piso, situación que dificulta el ingreso de las máquinas cosechadoras y provoca el redireccionamiento de los frentes de cosecha. Por otra parte, es importante agregar que la edad y productividad del cañaveral son factores que también contribuyen a la variabilidad en la época de cosecha en toda la zona cañera. La caña planta en general se recolecta en las etapas finales de la zafra, para lograr un ciclo de producción más extenso, según el riesgo de heladas, mientras que los cañaverales destinados a renovación son cosechados en las etapas iniciales.

## CONSIDERACIONES FINALES

La variabilidad en las épocas de cosecha en las diferentes zafras cañeras está relacionada con la superficie y el volumen de caña cosechados, con la funcionalidad de las fábricas azucareras y con las condiciones ambien-

tales durante la zafra, especialmente con la presencia de precipitaciones abundantes que ocasionan falta de piso para las cosechadoras y determinan el cambio de ruta de los frentes de cosecha, con el fin de asegurar el abastecimiento de materia prima a los ingenios.

La metodología utilizada permitió la identificación y cuantificación de las diferentes combinaciones de épocas de cosecha. Además, permitió la sectorización de zonas con periodos de cosecha frecuentes y de zonas con mayor variabilidad en la fecha de recolección.

El 13% de la superficie cañera correspondió al periodo inicial de cosecha, el 61% al intermedio, 8% al tardío y 1% al final, mientras que el 17% restante se asignó al período variable.

La distribución porcentual de los periodos de cosecha evidencia un aprovechamiento inadecuado de los meses iniciales y una acumulación excesiva de la molienda en la etapa intermedia.

La disposición espacial de las épocas de cosecha indica que en la parte inicial de la zafra, la recolección se focaliza mayormente en los sectores oriental y sur del área cañera, estrategia adecuada para anticiparse a los efectos negativos de las heladas; mientras que en la etapa final se centraliza mayormente en los sectores norte y occidental, este último coincidente en gran parte con la zona pedemontana del área cañera, que presenta menor probabilidad de ocurrencia de heladas severas.

Los mapas temáticos generados contribuyen a la planificación operativa de la cosecha y a la identificación

de los factores que modifican su desarrollo, y sirven de base para análisis posteriores que incluyan la zonificación productiva del área cañera y otras variables de tipo ambiental, agronómica o económica.

## BIBLIOGRAFÍA CITADA

- Alves Aguiar, D.; B. F. T. Rudorff; W. F. Silva; M. Adami and M. Pupin Mello. 2011.** Remote Sensing Images in Support of Environmental Protocol: Monitoring the Sugarcane Harvest in Sao Paulo State, Brazil. *Remote Sens.* 2011, 3, 2682-2703; doi:10.3390/rs3122682. [https://www.researchgate.net/publication/235704190\\_Remote\\_Sensing\\_Images\\_in\\_Support\\_of\\_Environmental\\_Protocol\\_Monitoring\\_the\\_Sugarcane\\_Harvest\\_in\\_SAO\\_Paulo\\_State\\_Brazil/link/57aa1b8e08ae42ba52ac1313/download](https://www.researchgate.net/publication/235704190_Remote_Sensing_Images_in_Support_of_Environmental_Protocol_Monitoring_the_Sugarcane_Harvest_in_SAO_Paulo_State_Brazil/link/57aa1b8e08ae42ba52ac1313/download) (consultado 30 noviembre 2021)
- Chuvieco Salinero, E. 2002.** Teledetección Ambiental. La observación de la Tierra desde el espacio. Editorial Ariel S.A. Barcelona. España.
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris y F. J. Soria. 2018.** Evolución de la cosecha de caña de azúcar en la provincia de Tucumán, Argentina – Zafra 2017. *Avance Agroind.* 39 (2): 28-31 Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=evolucion-de-la-cosecha-de-cana-de-azucar-en-la-provincia-de-tucuman-argentina-zafra-2017> (consultado 21 setiembre 2021).
- Fandos, C.; J. I. Carreras Baldrés; P. Scandaliaris; F. J. Soria y E. R. Romero. 2019.** Tucuman. Dinámica temporal y espacial de la zafra 2018. *Avance Agroind.* 40 (3): 42-45 Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=sensores-remotos-y-sistemas-de-informacion-geografica> (consultado 21 setiembre 2021).
- Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2020a.** Dinámica de la cosecha de caña de azúcar en Tucumán, zafra 2019. Reporte Agroindustrial EEAOC 178 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=ra-178-dinamica-de-la-cosecha-de-cana-de-azucar-en-tucuman-zafra-2019> (consultado 21 setiembre 2021).
- Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2020b.** Dinámica de la cosecha de caña de azúcar en Tucumán, zafra 2020. Reporte Agroindustrial EEAOC 200 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=ra-200-dinamica-de-la-cosecha-de-cana-de-azucar-en-tucuman-zafra-2020> (consultado 21 setiembre 2021).
- Fandos, C.; P. Scandaliaris; J. I. Carreras Baldrés y F. J. Soria. 2021.** Dinámica de la cosecha de caña de azúcar en Tucumán, zafra 2021. Reporte Agroindustrial EEAOC 229 [En línea] Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=dinamica-de-la-cosecha-de-cana-de-azucar-en-tucuman-zafra-2021> (consultado 27 enero 2021).
- Fandos, C.; F. J. Soria, P. Scandaliaris y J. I. Carreras Baldrés. 2022.** Zonificación del área cañera tucumana según niveles de producción y relación con las regiones agrológicas y el índice de productividad de los suelos. *Rev. Ind. y Agríc. de Tucumán* 99 (1): 21-27. Disponible en <https://www.eeaoc.gob.ar/?publicacion=zonificacion-del-area-canera-tucumana-segun-niveles-de-produccion-y-relacion-con-las-regiones-agrologicas-y-el-indice-de-productividad-de-los-suelos> (consultado 22 junio 2022).
- Fernández de Ullivarri, J.; M. Tonatto; E. R. Romero; J. Scandaliaris; F. Leggio Neme; L. G. Alonso; P. A. Digonzelli y S. Pérez Taboada. 2015.** Capítulo D4: Cosecha de la caña de azúcar. En: Guía técnica del cañero. Digonzelli, P. A.; E. R. Romero y J. Scandaliaris J. (eds.). EEAOC. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/281239697\\_Guia\\_Tecnica\\_del\\_Canero/link/55dc7a5f08ae9d659494f2d7/download](https://www.researchgate.net/publication/281239697_Guia_Tecnica_del_Canero/link/55dc7a5f08ae9d659494f2d7/download) (consultado 05 abril 2022).
- Gers, C. J. and E. J. Schmidt. 2001.** Using SPOT 4 satellite imagery to monitor areas harvested by small scale sugarcane farmers at Umflozi. *Proceedings of the South African Sugar Technologists' Association*, 45, pp. 158-164.
- Lebourgeois, V.; A. Begue; P. Degenne and E. Bappel. 2010.** Improving harvest and planting monitoring for smallholders with geospatial technology: the Reunion Island experience. *International Sugar Journal* 109, 1298 (2010) 109-119. Disponible en [https://www.researchgate.net/publication/265675530\\_Improving\\_sugarcane\\_harvest\\_and\\_planting\\_monitoring\\_for\\_smallholders\\_with\\_geospatial\\_technology\\_The\\_Reunion\\_Island\\_experience/link/552f89b10cf2acd38cbbffdd/download](https://www.researchgate.net/publication/265675530_Improving_sugarcane_harvest_and_planting_monitoring_for_smallholders_with_geospatial_technology_The_Reunion_Island_experience/link/552f89b10cf2acd38cbbffdd/download) (consultado 28 diciembre 2021).
- Markley, J.; A. Raines and R. Crossley. 2003.** The development and integration of remote sensing, GIS and data processing tools for effective harvest management. *Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technology*, 25, p. 5.
- Romero, E. R. y J. Scandaliaris. 1991.** Problemas asociados a la cosecha tardía y a la caña en pie. *Gacetilla Agroindustrial* 42. EEAOC.
- Romero, E. R.; J. Scandaliaris; P. A. Digonzelli.; M. J. Tonatto; J. Fernández de Ullivarri; J. A. Giardina; L. G. P. Alonso; S. D. Casen y M. F. Leggio Neme. 2009.** Capítulo 13: Cosecha de la caña de azúcar. En: Manual del cañero. Romero, E. R.; P. A. Digonzelli y J. Scandaliaris (eds.). EEAOC, Tucumán, Argentina, pp. 131-143.
- Zuccardi, R. B. y G. S. Fadda. 1985.** Bosquejo Agrológico de la Provincia de Tucumán. *Miscelánea* 86. 63 p. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la U.N.T. Tucumán. Argentina.