

# Estudio regional de la producción del cultivo de caña de azúcar mediante simulaciones con DSSAT

Homero Lozza<sup>1</sup>, Santiago Bustos Revol<sup>1</sup>, Jonatan Mogadouro<sup>1</sup>, Álvaro Soldano<sup>1</sup>, Antonio Iriarte<sup>2</sup>, Mariana Minervini<sup>2</sup>, Cecilia Easdale<sup>2</sup> y Sergio Fadda<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE)  
Av. Paseo Colón 751, (C1063 ACH)  
Ciudad Autónoma de Buenos Aires  
<https://www.argentina.gob.ar/ciencia/conae>

<sup>2</sup> Empresa Ledesma SA  
Salta s/n, (4512)

Libertador General San Martín, Jujuy  
[www.ledesma.com.ar](http://www.ledesma.com.ar)

[hlozza@conae.gov.ar](mailto:hlozza@conae.gov.ar), [sbustos@sec.conae.gov.ar](mailto:sbustos@sec.conae.gov.ar), [jmogadouro@sec.conae.gov.ar](mailto:jmogadouro@sec.conae.gov.ar),  
[asoldano@conae.gov.ar](mailto:asoldano@conae.gov.ar), [airiarte@ledesma.com.ar](mailto:airiarte@ledesma.com.ar), [mminervini@ledesma.com.ar](mailto:mminervini@ledesma.com.ar),  
[CEasdale@ledesma.com.ar](mailto:CEasdale@ledesma.com.ar), [SFadda@ledesma.com.ar](mailto:SFadda@ledesma.com.ar)

**Resumen** Las predicciones sobre el rinde de cultivos en donde el riego es un factor económico de la producción tienen gran interés para los tomadores de decisiones privados como para las oficinas del Estado. Este trabajo emplea un modelo de cultivo basado en DSSAT para simular la producción de biomasa de caña de azúcar y proveer mapas de rendimiento en el departamento de Ledesma, Jujuy. Asimismo, describe la adaptación del modelo para llevar los cálculos de la escala del lote a la regional, y traza su implementación en Python3. Finalmente, muestra con un ejemplo su potencial como sistema de información para apoyar la toma de decisiones sobre el riego suplementario.

**Keywords:** Caña de azúcar · Modelos · Simulaciones · Mapas

## 1. Introducción

Desde los años 80 se trabajó en modelos con la capacidad de predecir la producción de los principales cultivos. Con estas herramientas, los agentes individuales u oficinas del Estado pueden adecuar las decisiones en base a los resultados disponibles a través de simulaciones. Dentro de las aplicaciones que se prevén para los modelos de cultivos resaltan los potenciales beneficios de una planificación del riego ajustada a la humedad de suelo del área analizada. En este sentido, la Comisión Nacional de Actividades Espaciales (CONAE) trabaja para mejorar el conocimiento del contenido de agua en el perfil e incorporarlo en sistemas para la toma de decisiones basados en modelos de cultivos. Particularmente, aquí se aborda el cultivo de la caña de azúcar que se practica bajo riego

y cuya optimización de su consumo de agua representaría un impacto doméstico y económico muy favorable.

Este trabajo, que se origina de un convenio de colaboración con la Empresa Ledesma SA, busca analizar los efectos de diferentes tratamientos con riego en la producción de biomasa de las cañas plantas y de las socas considerando las particularidades en los ambientes del departamento de Ledesma, en donde se elabora el 75 % del azúcar y el 85 % del bioetanol de Jujuy [1]. El objetivo es generar mapas de productividad de caña de azúcar por medio de simulaciones del crecimiento de las plantas en los diferentes tipos de suelos y bajo distintos esquemas de riego.

El trabajo está ordenado de la siguiente manera. La sección 2 expone las características del modelo de caña de azúcar, sus requerimientos de datos de entrada y el proceso para confeccionar los mapas. La sección 3 presenta los resultados de las simulaciones que buscan responder a la pregunta de cómo se comporta regionalmente el cultivo de caña para estrategias de irrigación diferentes. Por último, aborda las conclusiones.

## **2. Materiales y métodos**

La meta es elaborar mapas que representan la producción de biomasa de caña de azúcar en el área de Calilegua, departamento de Ledesma, para diferentes esquemas de riego. Esta propuesta no sólo avanza sobre la modelación de un cultivo relevante para la región Noroeste sino, además, lleva las simulaciones del comportamiento de las plantas desde la escala del lote a una superficie de aproximadamente 20.000ha.

### **2.1. Modelo para caña de azúcar**

El modelo empleado pertenece a la familia DSSAT cuyo desarrollo se remonta a la década de 1980 [2] y que, particularmente, incorpora los avances del modelo Canegro originalmente ajustado al cultivo de caña de azúcar [3]. Resumidamente, es un modelo matemático que simula a las cañas plantas y socas penalizando su crecimiento por el déficit de agua en las sucesivas capas de suelo, y que permite incorporar las decisiones de manejo.

### **2.2. Datos auxiliares**

El modelo opera a paso diario y requiere, en cada sitio, los registros de estaciones meteorológicas, los atributos del suelo y los coeficientes genéticos. Particularmente, las temperaturas máxima y mínima diarias, y los acumulados diarios de lluvia y radiación solar se tomaron de una estación ubicada dentro del área considerada (23.823°S, 64.813°O). Las unidades cartográficas (UC) y los parámetros que describen los tipos de suelos fueron relevados por la Empresa Ledesma SA. Los coeficientes hidráulicos fueron derivados a partir de sus clases texturales.

La calibración de los coeficientes genéticos que parametrizan el crecimiento de las plantas es una tarea compleja que excede el alcance de este trabajo. Por esto, se consideró adecuado tomar los valores publicados en la literatura específica y optar por aquellos cuya respuesta lograra el mejor ajuste con las observaciones. Así, se optó por continuar con los coeficientes genéticos asignados a la variedad RB 835486 como los más representativos para las variedades cultivadas en el área [4].

### **2.3. Tecnologías para el procesamiento de los mapas**

Los mapas de rendimientos se construyen a partir de un recorrido secuencial sobre todas las UC. Las predicciones se realizan ejecutando el modelo de cultivo dentro de cada UC. El proceso busca simular el rinde considerando los atributos específicos del suelo de cada zona seleccionada. Un script de Python3 coordina el recorrido por cada UC, prepara los datos de entrada y captura las salidas de DSSAT [5]. Se empleó el paquete Geospatial Data Abstraction Library (GDAL) para operar con los datos geoespaciales [6]. Los tratamientos con riego se configuran dentro de un archivo experimental antes de la ejecución [3]. El producto resultante es un mapa en formato Shapefile en cuyos atributos incorpora la biomasa estimada de cañas plantas o de socas al momento de la cosecha.

## **3. Resultados**

La figura 1 ilustra la distribución espacial por UC de la producción de biomasa al momento de la cosecha de cañas plantas de invierno. Este ensayo simuló láminas crecientes de riego buscando conocer la respuesta marginal entre los tratamientos aplicados tomando como estudio de caso la campaña 2014-2015. Se simularon 6 riegos desde julio a enero espaciados cada 45 días con las siguientes láminas aplicadas: 50mm, 75mm, 100mm y 150mm. Se hace notar que la sensibilidad a láminas de riego mayores difiere entre UC. En muchas de las UC estudiadas, el cultivo deja de responder en los tratamientos con láminas de agua superiores a 100mm.

## **4. Conclusiones**

Este trabajo presenta un sistema de información que avanza hacia una gestión más eficiente del agua de riego. Asimismo, describe la cadena de procesamiento que, mediante un modelo de cultivo para caña de azúcar, permite generar los mapas de rendimiento. A modo de ejemplo, se simuló el crecimiento de las cañas plantas de invierno en el departamento de Ledesma, Jujuy. Particularmente, se encontraron sensibilidades al riego diferentes entre UC, y que los tratamientos con láminas desde 100mm representarían un nivel para el cual la producción marginal disminuiría en casi todas. Finalmente, la información generada por los mapas de rendimiento beneficiaría a asesores y productores agrícolas quienes contarían con una herramienta de soporte extra en la toma de decisiones, habilitándolos a evaluar estrategias de manejo alternativas.

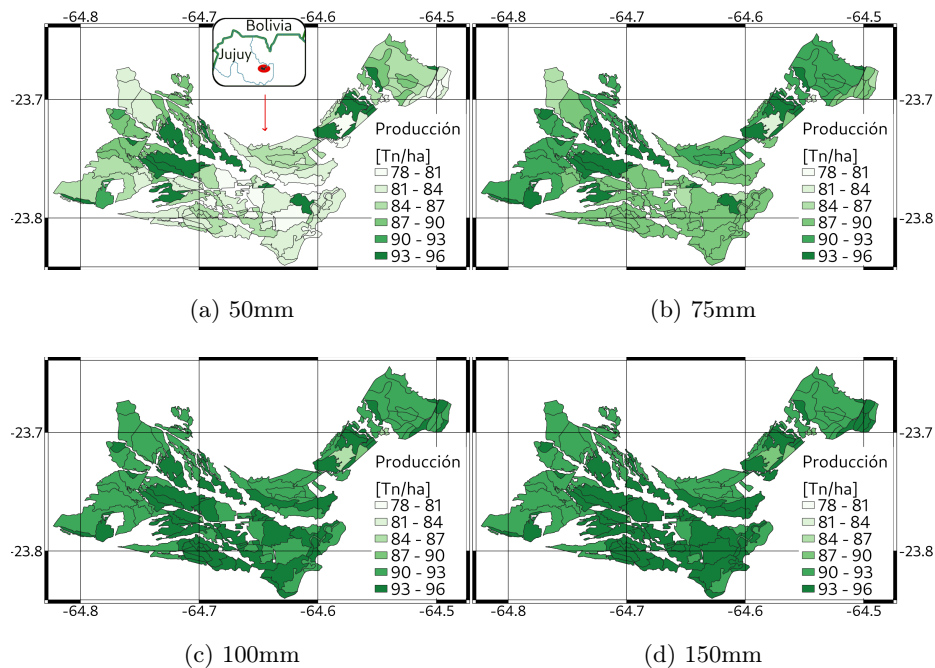


Figura 1: Evaluación de la respuesta en rendimiento a láminas de riego crecientes. El recuadro dentro de la figura (a) ubica el área de estudio en la provincia de Jujuy.

## Referencias

1. Jujuy: Informe productivo provincial, (2019). Recuperado desde Subsecretaría de Programación Microeconómica, Ministerio de Hacienda, el 20 de febrero de 2022, [https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro\\_informes\\_productivos\\_provinciales\\_jujuy\\_0.pdf](https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/sspmicro_informes_productivos_provinciales_jujuy_0.pdf)
2. Hoogenboom, G., C.H. Porter, V. Shelia, K.J. Boote, U. Singh, J.W. White, L.A. Hunt, R. Ogoshi, J.I. Lizaso, J. Koo, S. Asseng, A. Singels, L.P. Moreno, and J.W. Jones. 2019. Decision Support System for Agrotechnology Transfer (DSSAT) Version 4.7.5 (<https://DSSAT.net>). DSSAT Foundation, Gainesville, Florida, USA.
3. Jones, M. and Singels1, A., (2008). DSSAT v4.5 - Canegro Sugarcane Plant Module. User documentation. South African Sugarcane Research Institute. Mount Edgecombe, South Africa. International Consortium for Sugarcane Modelling (ICSM) <http://sasri.sasa.org.za/misc/icsm.html>
4. Coelho, A., Dalri, A.B., Filho, J., Faria, R., Silva, L., Pimenta Gomes, R. (2019). Calibration and evaluation of the DSSAT/Canegro model for sugarcane cultivars under irrigation managements. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 24. 7. 10.1590/1807-1929/agriambi.v24n1p52-58.
5. Lozza, H., PySpatialDSSAT, (2022), GitHub repository, <https://github.com/hlozza/PySpatialDSSAT>
6. GDAL/OGR contributors (2018). GDAL/OGR Geospatial Data Abstraction software Library. Open Source Geospatial Foundation. <http://gdal.org>