

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con el apoyo del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar de LAICA (DIECA-LAICA), presenta el boletín agroclimático para caña de azúcar.

En este se incorpora el análisis del tiempo, pronósticos, notas técnicas y recomendaciones con el objetivo de guiar al productor cañero hacia una agricultura climáticamente inteligente.

## IMN

www.imn.ac.cr  
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17  
Barrio Aranjuez,

Frente al costado Noroeste del  
Hospital Calderón Guardia.  
San José, Costa Rica

## LAICA

www.laica.co.cr  
2284-6000

Avenida 15 y calle 3  
Barrio Tournón

San Francisco, Goicoechea  
San José, Costa Rica

## TENDENCIA SEMANAL PARA LAS REGIONES CAÑERAS EN FEBRERO 2025

Febrero, al día 6, no registra influencia de empujes fríos. Se prevén las condiciones relativamente normales para el mes de febrero, normalizándose las temperaturas e incluso las lluvias en gran parte de las regiones cañeras. El siguiente cuadro detalla semana a semana lo esperado para el mes en curso en cada región cañera.

Región cañera	Semana: 3-9	Semana: 10-16	Semana: 17-23	Semana: 24feb-2mar
<b>Guanacaste (Este y Oeste)</b>	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
<b>Puntarenas</b>	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
<b>Región Sur</b>	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvioso Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
<b>Región Norte</b>	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
<b>Valle Central (Este y Oeste)</b>	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal
<b>Turrialba (Alta y Baja)</b>	Seco Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal	Lluvia normal Temperatura normal Ventoso	Lluvia normal Temperatura normal Viento normal

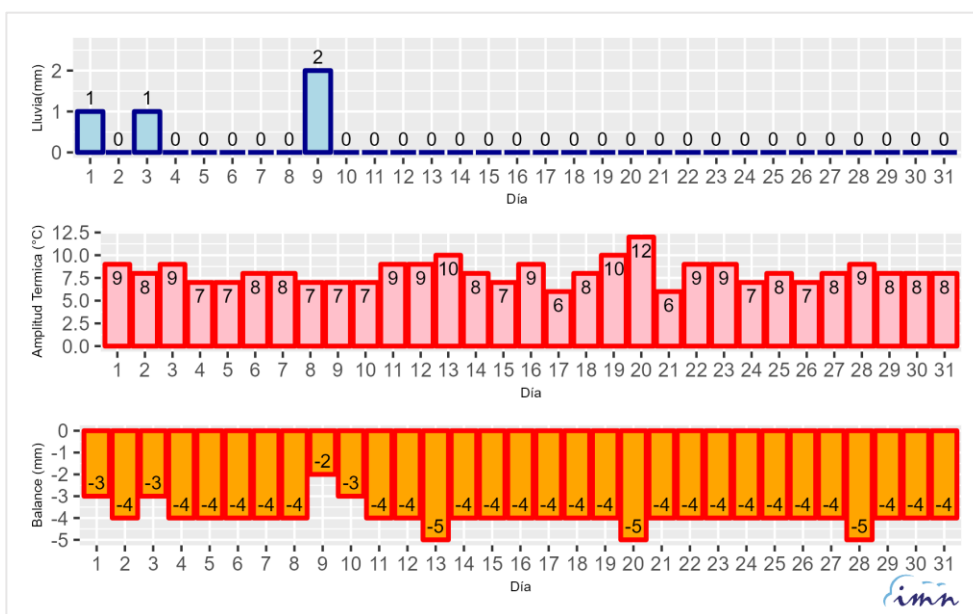
*“Sin influencia de empujes fríos previstos en la primera semana sobre el país.  
Sin presencia de polvo Sahariano, al menos hasta el día 13.”*

## CONDICIONES DEL MES PREVIO: ENERO 2025

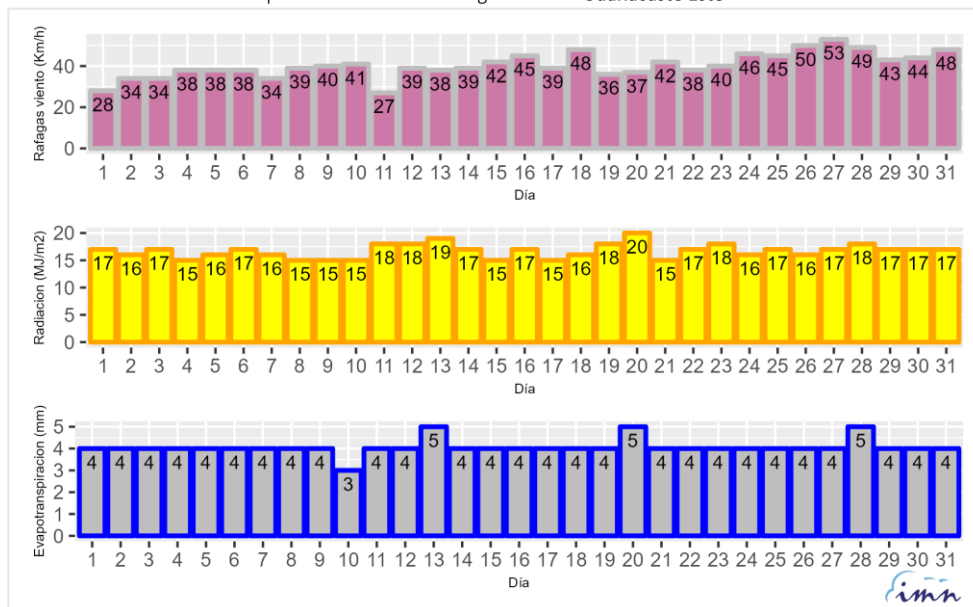
Enero registró tres empujes fríos afectando el territorio nacional, con aportes de lluvia que sobrepasan el 100% en todas las regiones climáticas del país. **Guanacaste (Este y Oeste)** presentó pocos días con lluvia que no supera 6mm, amplitud térmica 6-12 °C, ráfagas 29-63 Km/h presentándose las más extremas al Oeste y radiación solar 15-21 MJ/m<sup>2</sup>; así como evapotranspiraciones 3-5 mm; acumulando 382-409 °C grados día. **Puntarenas** mostró 13 días sin lluvia, amplitud térmica 7-15 °C, ráfagas 16-38 Km/h y radiación solar 16-24 MJ/m<sup>2</sup> y evapotranspiraciones 4-6 mm; acumulando 397 °C grados día. **Región Sur** presentó 5 días con lluvia de entre 1-17 mm, amplitud térmica 7-13 °C, ráfagas 16-44 Km/h, radiación solar 15-20 MJ/m<sup>2</sup> y evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 267 °C grados día. **Región Norte** evidenció 4 días sin lluvia, amplitud térmica 5-10 °C, ráfagas 16-55 Km/h y radiación solar 15-20 MJ/m<sup>2</sup> y evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 335 °C grados día.

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

**Valle Central** mostró 14 días con lluvia entre 1-10 mm, amplitud térmica 7-14 °C, ráfagas 30-58 Km/h y radiación solar 14-20 MJ/m<sup>2</sup> y evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 226 °C grados día. **Región Turrialba** exhibió 10 días sin lluvia, amplitud térmica 5-13 °C, ráfagas 28-45 Km/h y radiación solar 13-21 MJ/m<sup>2</sup> y evapotranspiraciones 3-4 mm; acumulando 172 °C grados día.



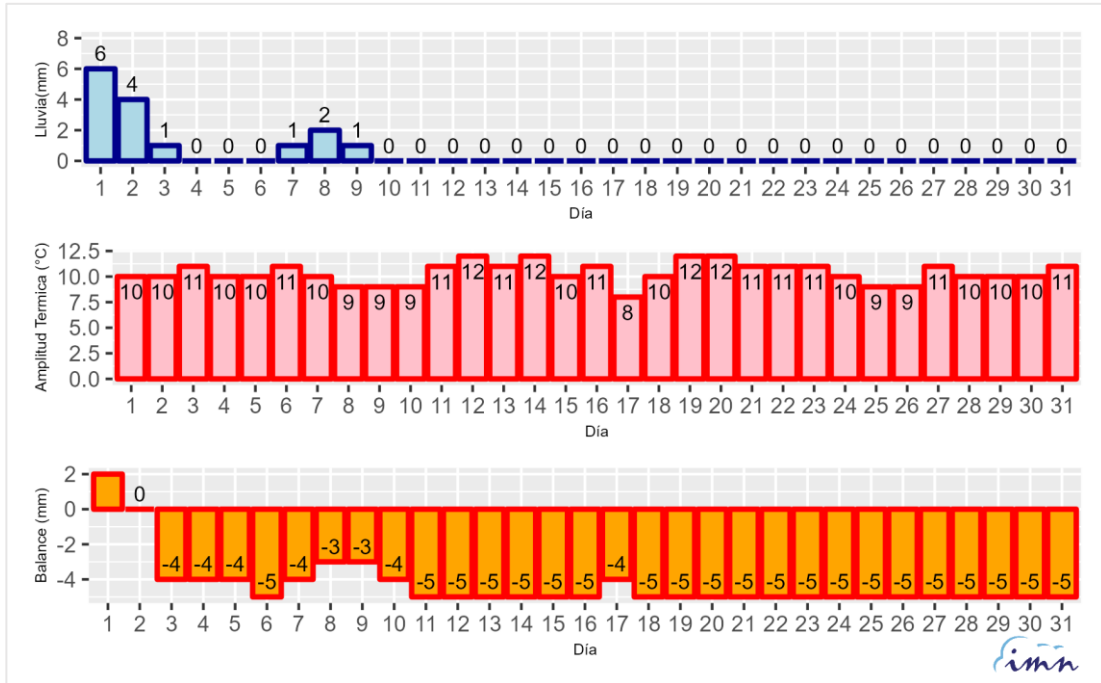
**Figura 1.a.** Promedio regional diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera Guanacaste Este.



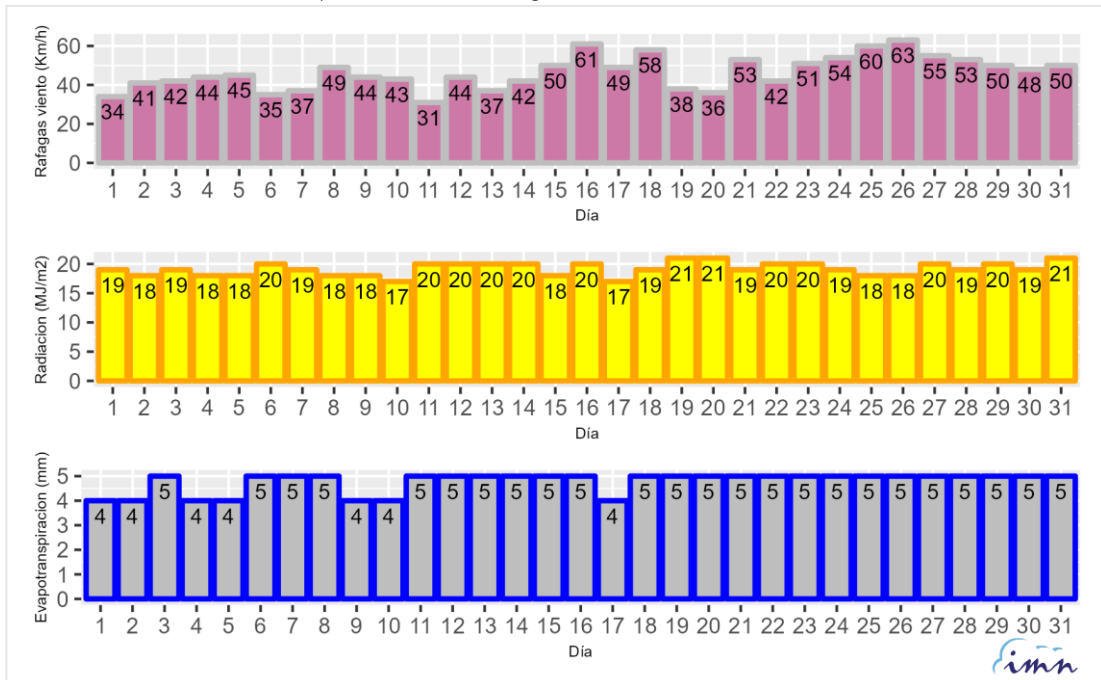
**Figura 1.b.** Promedio regional diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m<sup>2</sup>) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera **Guanacaste Este.**



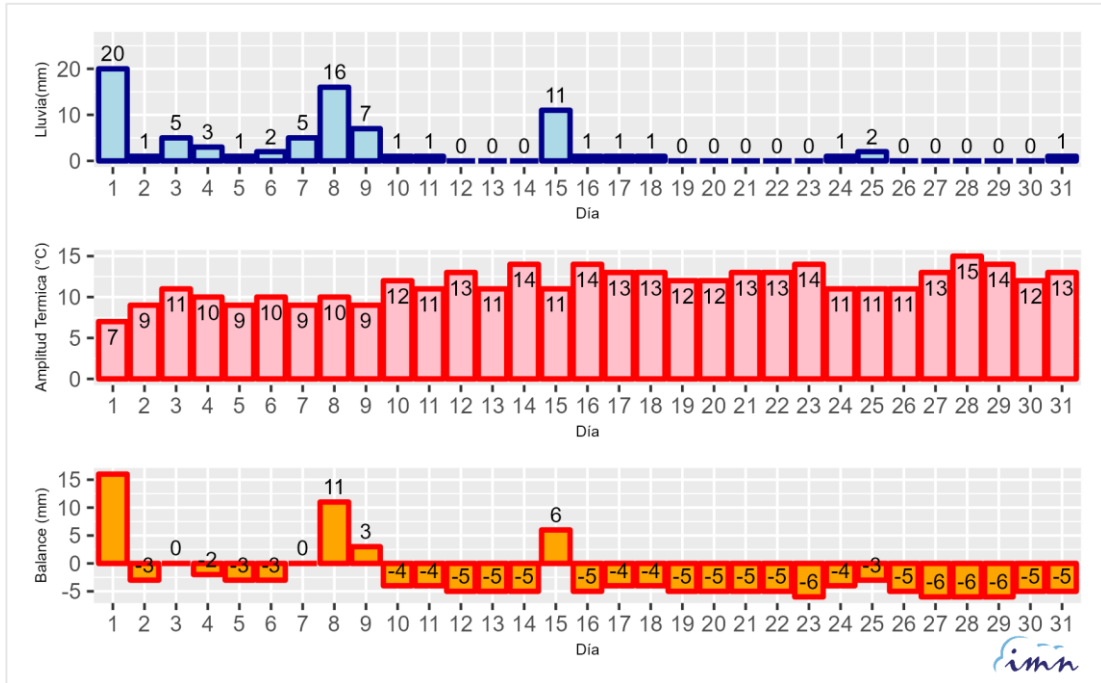
**Figura 2.a.** Promedio regional diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera **Guanacaste Oeste.**



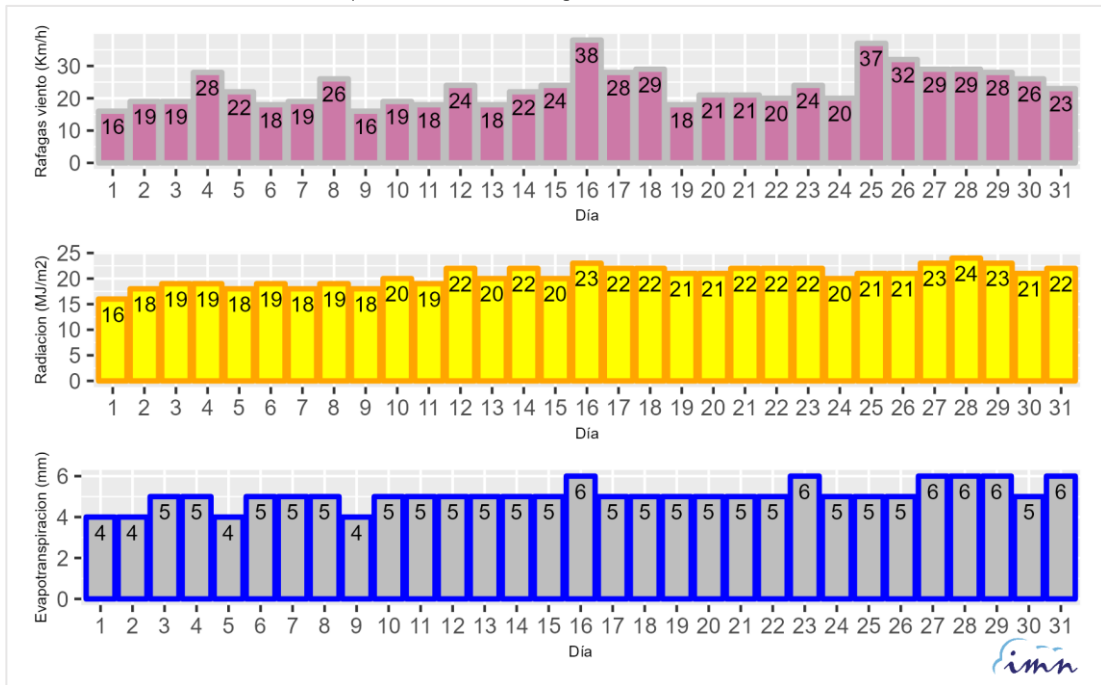
**Figura 2.b.** Promedio regional diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera **Guanacaste Oeste**.



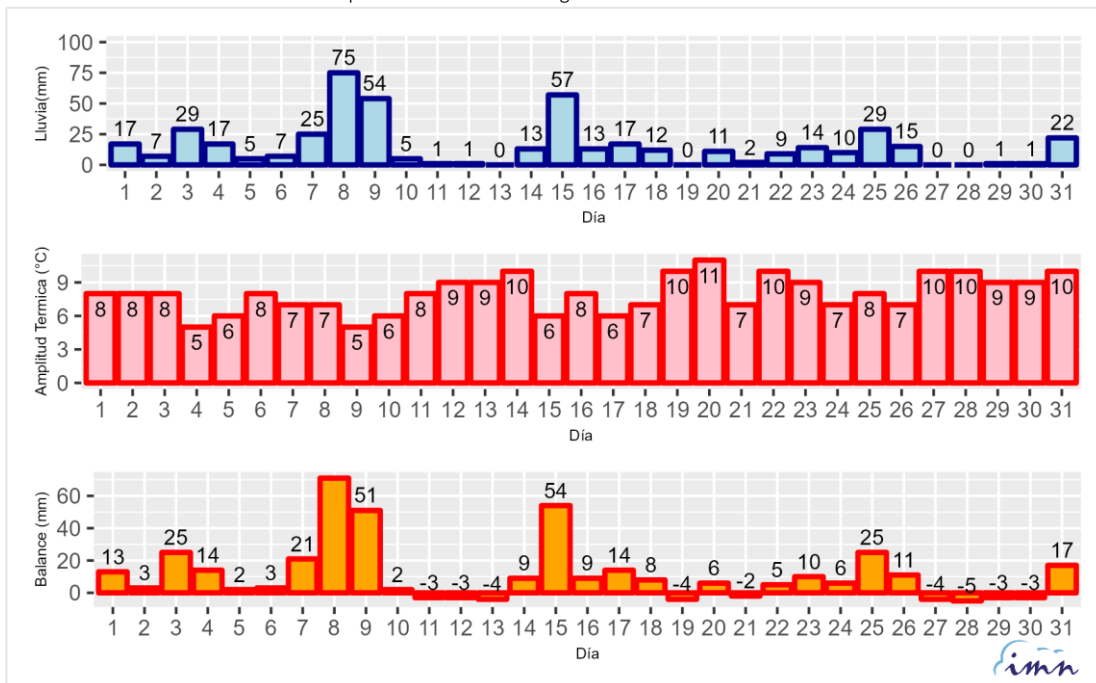
**Figura 3.a.** Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera **Puntarenas**.



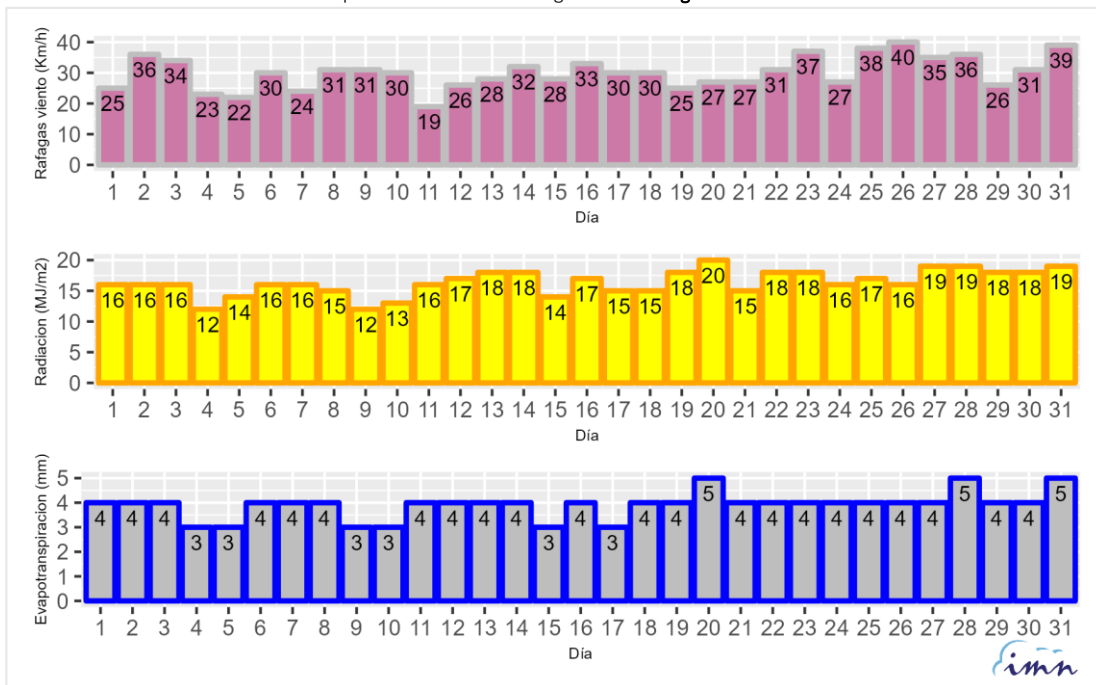
**Figura 3.b.** Promedio diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera **Puntarenas**.



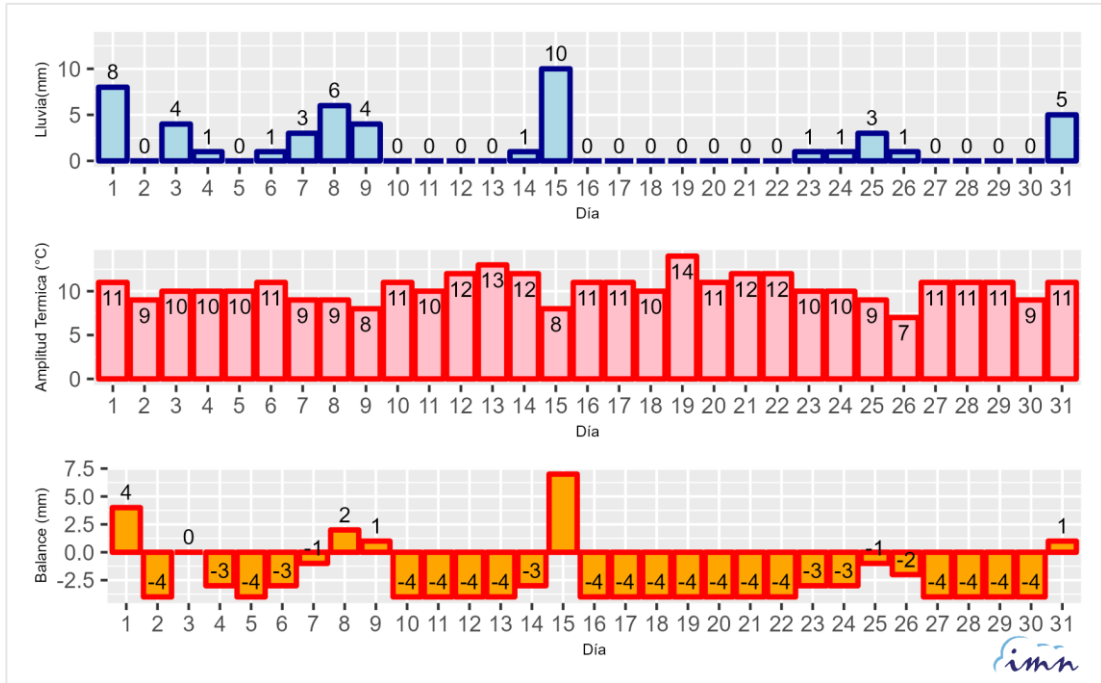
**Figura 4.a.** Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera **Región Norte**.



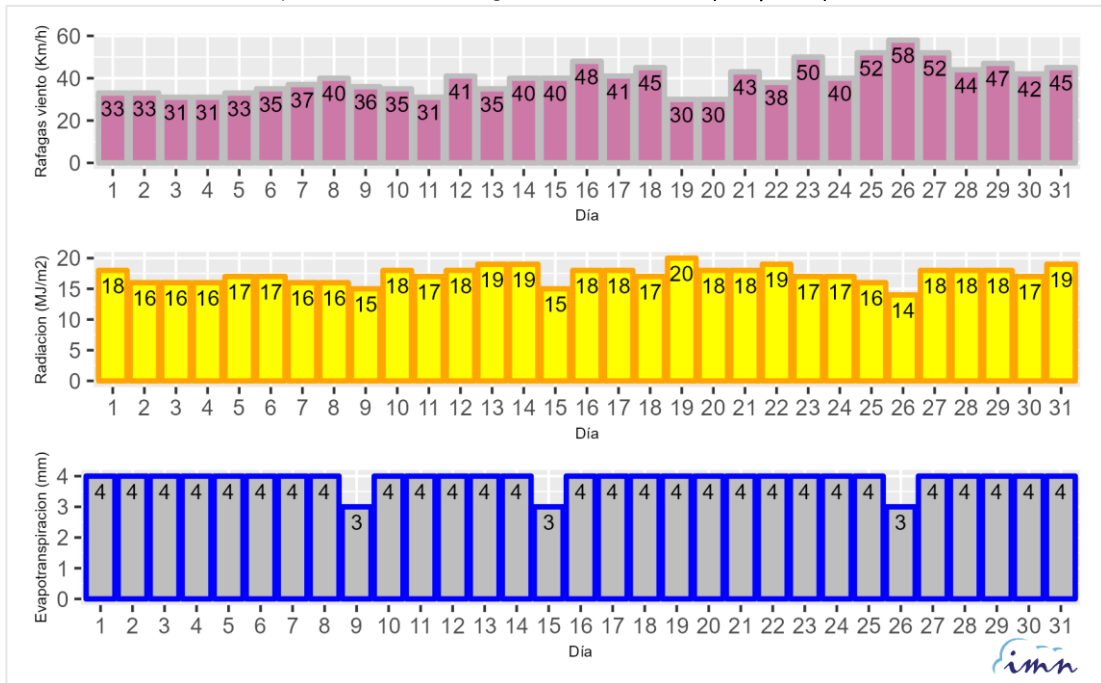
**Figura 4.b.** Promedio diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera **Región Norte**.



**Figura 5.a.** Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera **Valle Central (Este y Oeste)**.



**Figura 5.b.** Promedio diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

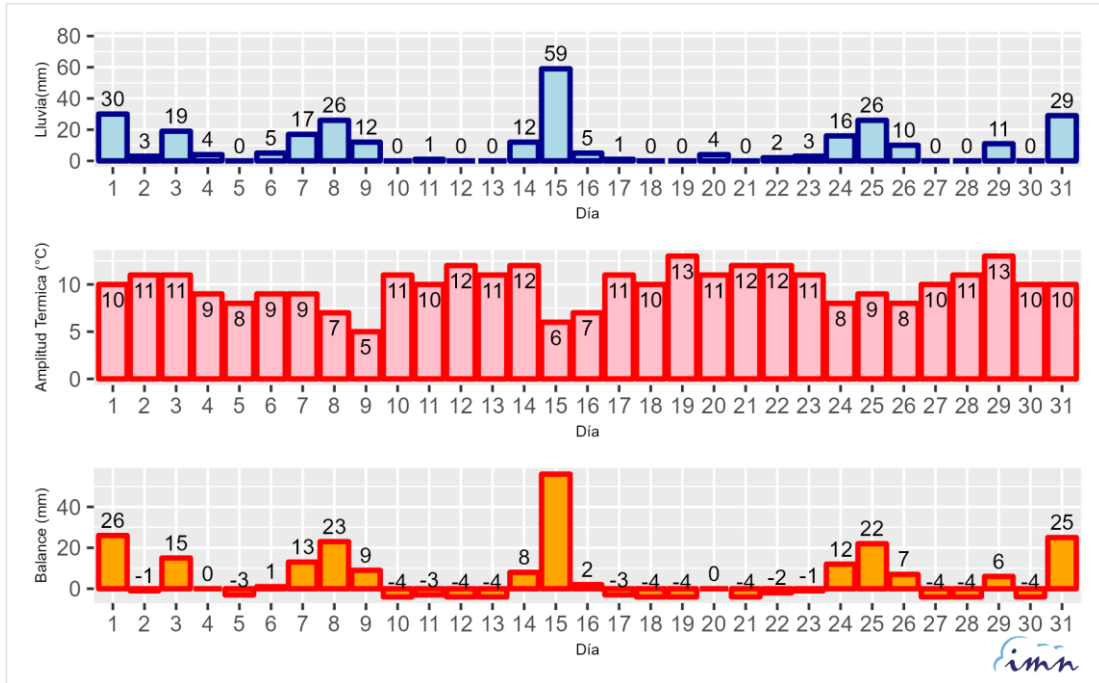


Figura 6. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

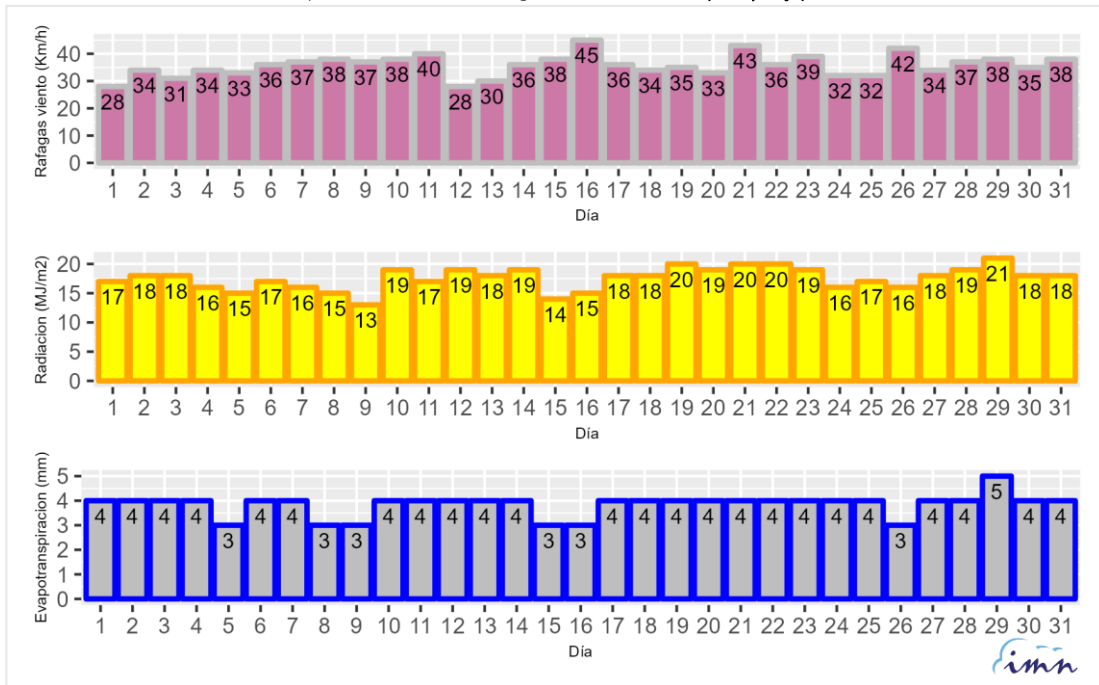


Figura 6. Promedio diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm)

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

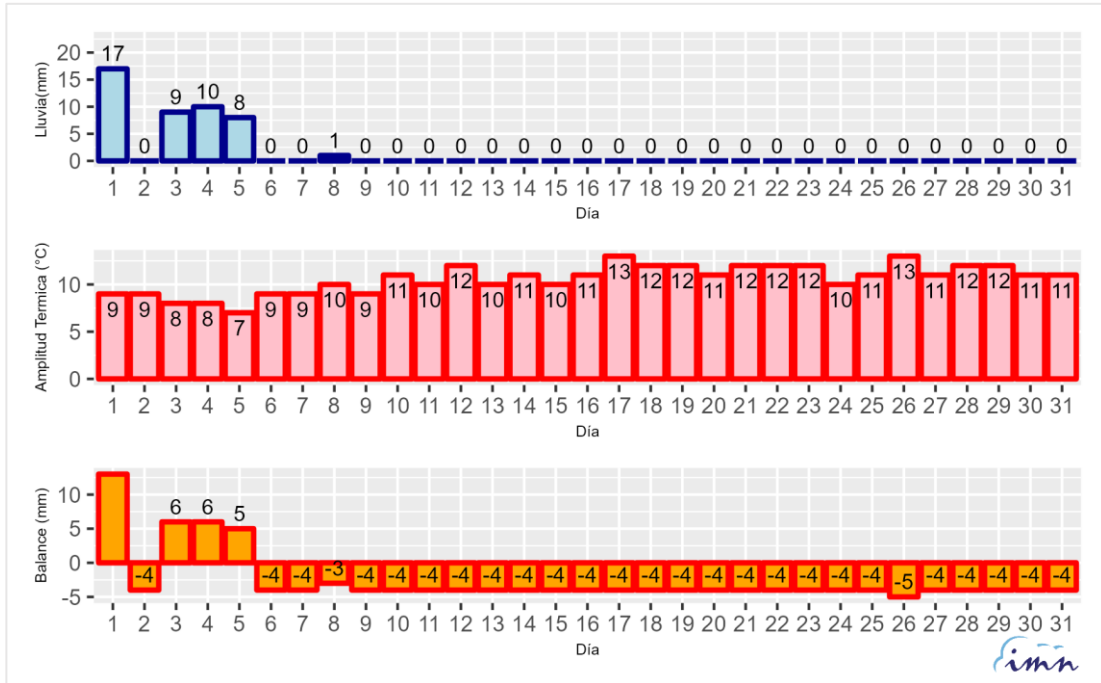


Figura 7.a. Promedio diario de precipitación (mm), amplitud térmica (°C), balance hídrico (mm) para enero 2025 en la región cañera **Turrialba** (Alta y Baja).

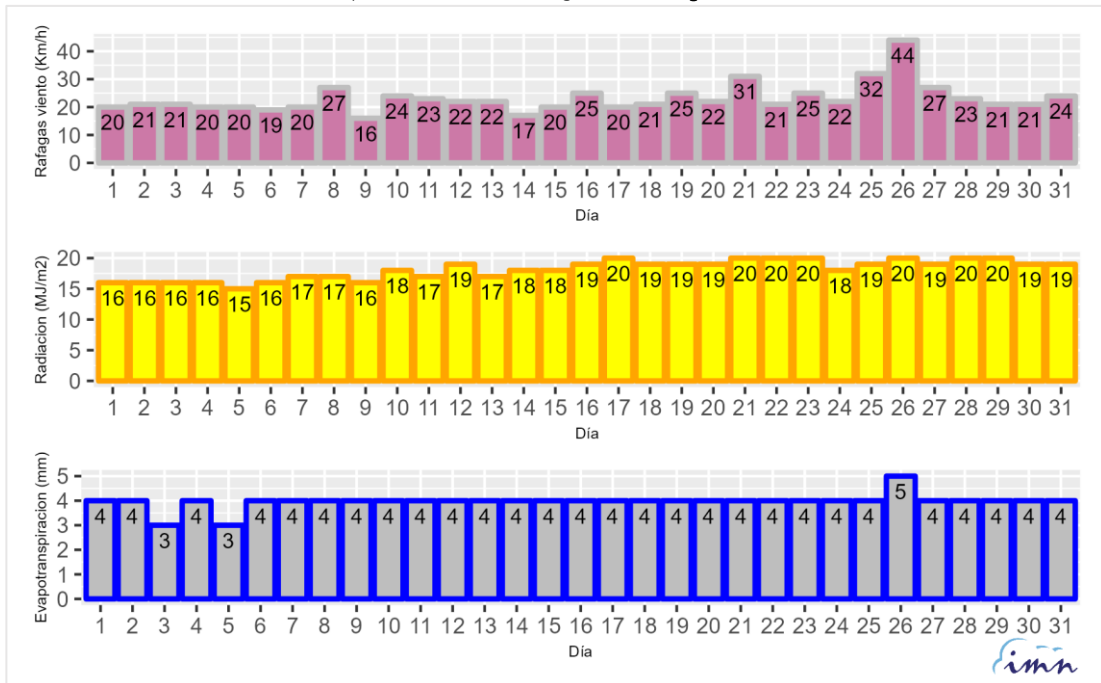
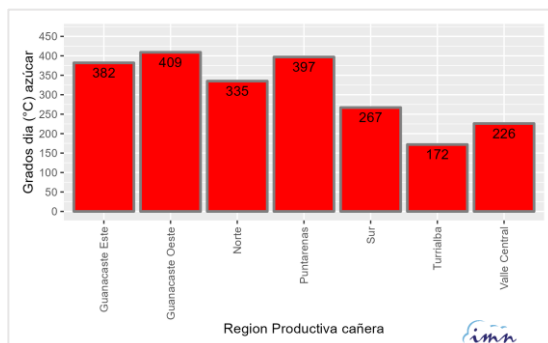


Figura 7.b. Promedio diario de viento máximo (Km/h), radiación solar (MJ/m²) y evapotranspiración referencia (mm) para enero 2025 en la región cañera **Región Sur**.



Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

para enero 2025 en la región cañera **Región Sur**.



**Figura 8.** Grados día (°C) por región cañera para enero 2025 en la región cañeras.

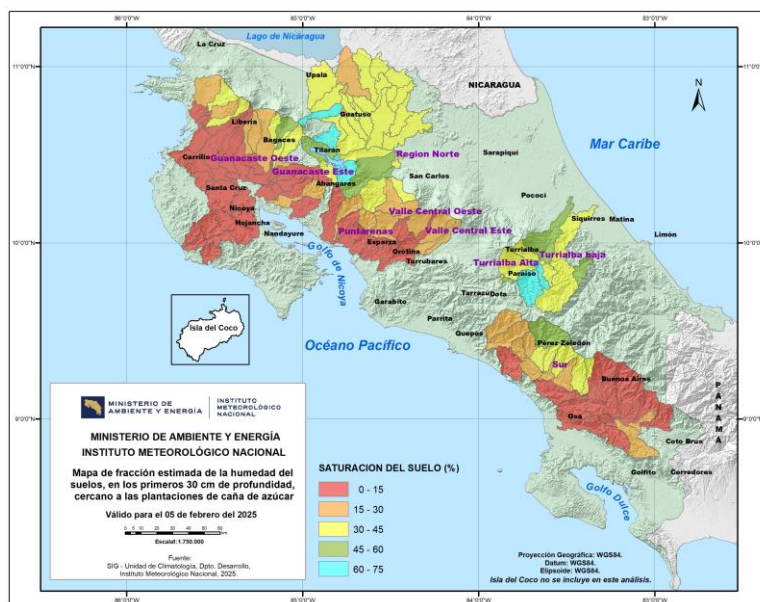
Las figuras 1 a 8 muestran a detalle el comportamiento diario durante enero, promediado por cada región productiva cañera del país, específicamente de aquellos elementos climáticos de interés para el sector cañero nacional. Donde las variables observadas son lluvia y humedad relativa; mientras las demás son estimadas. Para este mes en particular se utilizan datos con menos de 20% de datos faltantes, debido a la ausencia de registros completos del mes para variables como amplitud térmica, ráfagas de viento, radiación solar y evapotranspiración. A partir de este boletín las figuras de ráfagas de viento se expresan en unidades de Km/h, manteniéndose como el promedio de las ráfagas de la región productiva.

## HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, durante el periodo del 01 al 05 de enero, se presentaron al inicio condiciones de alta humedad en las regiones productoras Turrialba (de 65% a 100%), Región Norte (entre 30% y 100%) y Región Sur (entre 0% y 90%); mientras que las regiones de Guanacaste, Puntarenas y Valle Central tuvieron menor porcentaje de humedad, entre 0%-65%.

Del 06 al 12 de enero, la Región Norte y la región Turrialba presentaron alta saturación en los suelos, entre 65% y 100%. Las demás regiones cañeras mantuvieron bajas humedades, entre 0% y 65%

A principios del periodo del 13 al 19 de enero, la Región Norte y la Región Turrialba tuvieron condiciones de baja humedad, comparado con semanas anteriores; sin embargo, a finales del periodo la humedad aumentó llegando a tener



**Figura 7.** Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 05 de febrero de 2025.

saturaciones de hasta 100%. En las regiones de Guanacaste, Puntarenas, Valle Central y Región Sur, el porcentaje de humedad se mantuvo bajo, entre 0% y 65%.

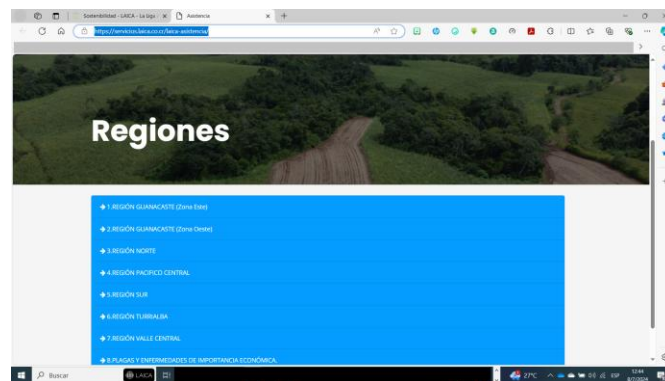
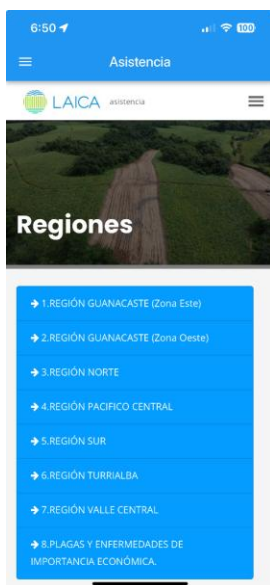
Para el periodo del 20 al 26 de enero, el porcentaje de humedad en los suelos de las regiones Guanacaste, Valle Central, Turrialba, Región Sur y Puntarenas se mantuvieron bajas, con saturaciones entre 0% y 85%. Sin embargo, la Región Norte presentó al inicio bajos porcentajes de humedad, pero a finales de la semana llegó a tener hasta 100% de saturación en algunas de sus zonas productoras. Del 27 al 31 de enero, todas las regiones presentaron muy bajos contenidos de humedad, entre 0% y 85%, la Región Norte fue la que presentó mayor cantidad de zonas con porcentajes entre 0,65% y 0,85%

Como se observa en la figura 7, la Región Guanacaste Oeste está entre 0% y 60% de saturación mientras que la Región Guanacaste Este tiene entre 0% y 45%. La Región Puntarenas presenta entre 0% y 30% de humedad, la Región Norte está entre 15% y 75%, la Región Valle Central Oeste tiene entre 15% y 45% y la Región Valle Central Este entre 0% y 30%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) tiene entre 30% y 75% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) está entre 30% y 60%. La Región Sur varía entre 0% y 60% de humedad.

## LAICA LE RECOMIENDA

Acceder a nuestra herramienta de Asistencia Técnica a través de la aplicación Cultivando Futuro, disponible en Apple App Store y en Google Store, o por medio de la web <https://servicios.laica.co.cr/laica-asistencia/>.

En esta herramienta encontrarán información actualizada y de primera mano para la atención del cultivo en las diferentes regiones cañeras, así como información sobre plagas y enfermedades. Es una aplicación abierta al público para consulta general con información clara y concisa. Con gusto invitamos al público en general a utilizar esta herramienta que sabemos será de mucha ayuda.



## IMN LE RECOMIENDA

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:



@IMNCR



@InstitutoMeteorologicoNacional



## NOTA TÉCNICA

**Productividad agroindustrial cañero-azucarera en Costa Rica ¿Dónde estamos? ¿Qué hemos logrado? ¿Hacia dónde transitamos?**

**Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc.**

***chavessolera@gmail.com***

***Especialista en el cultivo de la Caña de Azúcar***

### Introducción

Como fue oportunamente abordado y ampliamente desarrollado en dos artículos anteriores vinculados con el tema de la productividad, el desarrollo tecnológico y de alguna manera con su vínculo y relación directa con la competitividad en la agroindustria cañero-azucarera, los cuales se intitularon “*Productividad: Concepto complejo y procurado alcanzar en la actividad cañero-azucarera mundial y nacional*” y “*Competitividad: Deseo, aspiración y meta empresarial y organizacional*” (Chaves, 2024bc); se pretende ahora proseguir con el análisis de la temática agroproductiva pero vista estrictamente desde la perspectiva nacional.

En principio el contexto desarrollado operó sobre tópicos un tanto teóricos pero necesarios conocer para juzgar e interpretar como corresponde conceptos tan complejos como son la productividad y la competitividad. Como se mencionó y argumentó en el primer artículo “*El tema de la productividad que inexorablemente conduce y se vincula con la rentabilidad y la competitividad no es fácil de abordar y menos de juzgar, virtud de su composición multifactorial e interdisciplinaria donde convergen muchos elementos que en interacción definen un resultado final.*”

No es por ello el objetivo del presente artículo entrar a debatir nuevamente sobre las formas de cómo entender mejor y medir la productividad en el agro, y, en este caso, aplicado propiamente a la agroindustria azucarera nacional. Sin embargo, si es esencial establecer una definición sobre la cual trabajar. La literatura experta coincide de manera simple en conceptualizar, concebir y definir la productividad, como:

***“Cantidad de producto por unidad de producción”***

lo cual frecuentemente puede ser muy cambiante dependiendo del sector involucrado y hasta el proceso, labor o actividad

analizada, como pueden ser en este caso el subsector agrícola (primario) y el fabril (transformación); lo cual en la práctica cañero-azucarera implica:

- a) Producir y cosechar más caña dada en toneladas por hectárea (t/ha).
- b) Que la caña cosechada y dispuesta a procesamiento (molienda) en el Ingenio concentre en sus tallos la mayor cantidad de sacarosa recuperable posible, dada en kilogramos por tonelada de caña molida (kg/t).
- c) La calidad integral de la materia prima cosechada y dispuesta a molienda sea máxima en cuanto a fitosanidad, limpieza, madurez, calidad de jugos, contenido de fibra industrial y frescura (tiempo transcurrido entre quema, corta y molienda) (Chaves, 1984).
- d) Que los jugos contengan un máximo de Brix, Pol en jugo, Pol % en Caña, Pureza y Fibra % en Caña.
- e) Que la conversión de Azúcares Totales (Brix) a Sacarosa sea muy alta lo que reduce consecuentemente la cantidad de Miel Final o Melaza recuperada en el proceso fabril (kg/t caña).
- f) La productividad de azúcar sea muy alta, lo mayor posible, dada en toneladas por hectárea (t/ha).
- g) Que todos los indicadores referidos y convertidos a unidad de área (hectáreas) sean muy altos.
- h) La Relación Caña/Azúcar sea lo más baja posible como evidencia de una alta calidad en la primera.
- i) Las pérdidas de Sacarosa en el proceso fabril en cachaza, bagazo, melaza e indeterminadas sean muy bajas favoreciendo con ello la máxima recuperación.
- j) El Bagazo generado (toneladas) sea suficiente para satisfacer las necesidades energéticas del Ingenio.

- k) La cantidad (t/ha) de Residuos Agrícolas de Cosecha o RAC sea baja, aunque el punto es relativo.
- l) Los costos unitarios relacionados con producción y fabricación sean lo mínimo posible.

Por este motivo, la evaluación pretendida realizar ahora buscando ser objetiva en su fundamento y razonamiento se concentra en conocer, exponer e interpretar lo vigente, lo actuado y lo logrado a la fecha por el sector azucarero nacional con visión retrospectiva; argumento irrefutable para juzgar integral y correctamente la situación del mismo y poder ofrecer de alguna manera respuesta cabal y satisfactoria al inquietante y perturbador cuestionamiento sobre ¿Dónde estamos? ¿Qué hemos logrado? para pretender entonces dilucidar con buen criterio ¿Hacia dónde transitamos? y ¿Qué podemos esperar a futuro? Para saber hacia dónde vamos debemos conocer en principio donde estamos y de dónde venimos.

A manera de motivación cabe rescatar y reiterar lo expresado por Chaves (2024c) al asegurar con contundencia, que *“En el campo propiamente agropecuario el mejoramiento de la calidad, el aumento de los rendimientos y la productividad en cualquiera de los diferentes indicadores que podrían establecerse como referentes medibles y cuantificables constituye un fin, un objetivo y una meta incuestionablemente obligada conseguir...”*

De previo a iniciar con el desarrollo del tópico planteado analizar en esta oportunidad es importante indicar virtud de sus implicaciones y significado, que en numerosas ocasiones y en diferentes momentos y contextos, la temática de la productividad, la rentabilidad y competitividad ha sido revisada y juzgada, lo que sirve de sustento y refuerzo para constatar y lograr una mejor interpretación de lo acontecido a lo interno del sector azucarero costarricense, como lo demuestran las publicaciones de Chaves (1993, 1996, 1997, 1998, 1999bcdefghij, 2002ab, 2003, 2006, 2008, 2010b, 2012bc, 2013, 2014ab, 2016, 2017cd, 2018a, 2019f, 2021b, 2022ab, 2023d, 2024bc), Chaves y Alfaro (1996), Chaves y Bermúdez (1996, 1999abc), Chaves *et al* (1998ab, 2002, 2008, 2018, ), Chaves y Jaramillo (1999), Chaves, Bermúdez y Pessoa (1999ab), Chaves y Chavarría (2013, 2021ab), LAICA (2022a), León y Arroyo (2012) y MAG (2023). Como aporte adicional, se deja en la literatura consultada y citada incorporada al final del presente escrito, una base documental rica en contenido disponible para consulta.

### Objetivos

Se busca como principio general atender y satisfacer a cabalidad los siguientes elementos temáticos:

#### a) General:

Revisar cronológicamente datos consecutivos del periodo 2012-2023 correspondiente a 12 zafras y con ello juzgar mediante los indicadores técnicos agroindustriales más reveladores el comportamiento productivo del sector azucarero costarricense, y estimar con buena aproximación su posible tendencia futura.

#### b) Específicos:

- 1) Establecer la posible tendencia seguida integral y consecutivamente por el sector azucarero costarricense en sus indicadores agrícolas e industriales nacionales más reveladores, durante el periodo de 24 años transcurrido entre las zafras 2000-2001 y 2023-2024.
- 2) Conocer el desplazamiento territorial sufrido con el tiempo por las áreas cultivadas con caña destinada a la fabricación de azúcar comercial.
- 3) Ubicar cuanto del área sembrada (has) es efectivamente cosechada y su materia prima destinada a los Ingenios nacionales.
- 4) Ubicar y contextualizar el tema territorial por región y zona productora.
- 5) Conocer la tendencia seguida regionalmente por la caña cosechada y molida y el azúcar fabricado en toneladas, durante el periodo de 12 zafras 2012-2023.
- 6) Contextualizar y situar territorialmente la concentración de sacarosa (kg/t caña) determinada y recuperada por los Ingenios nacionales en las últimas 12 zafras en la materia prima procesada.
- 7) Determinar el índice de productividad agrícola en toneladas de caña/ha y el rendimiento agroindustrial dado por las toneladas de azúcar fabricadas por hectárea para el periodo 2012-2023.
- 8) Conocer para el mismo periodo de tiempo la cantidad de miel final o melaza recuperada (kg/tonelada) a partir de la caña molida.
- 9) Comprobar la Relación Caña/Azúcar y con ello juzgar territorialmente la calidad industrial de la materia prima producida y procesada.

- 10) Comentar sobre otros indicadores técnicos complementarios de interés que permiten juzgar la eficiencia del trabajo en el campo y la fábrica.

### Origen de la información

Para poder desarrollar a cabalidad una temática tan seria, compleja, multifactorial y especializada como la aquí abordada se debió contar necesariamente con la información que oficial y periódicamente generan y difunden públicamente la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), el Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), la cual es recaba y replicada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), entre otros.

Los datos empleados para cumplir con los objetivos trazados corresponden a variables de uso común y ordinario en la agroindustria cañero-azucarera nacional y mundial, que permiten establecer con base técnico-científica comparativos estandarizados en todos los ámbitos con cualquier agroindustria afín del mundo. Dichos indicadores son de carácter agrícola, industrial y agroindustrial por su origen combinado; obviando otros de índole económico, comercial, laboral, social y ambiental, que por su naturaleza se salen de la pretensión y objetivo trazado por el presente documento. Es de todos conocido que la agenda de “desarrollo sostenible” que fija como premisa fundamental “*producir más respetando y cuidando los recursos naturales*”, está inmersa por razones legales en cualquier gestión, actividad y labor desarrollada por el sector azucarero costarricense.

La profusa, cuantiosa y diversa literatura aportada hace a su vez de manera específica referencia al origen de la información mencionada, lo que favorece y facilita su ubicación y comprobación. Las inferencias, conclusiones y comentarios aportados son crédito exclusivo del autor del documento.

### ¿Cómo interpretar la mejora tecnológica?

La pregunta planteada es de mucho fondo y muy compleja de responder si se desea dar una contestación satisfactoria en la misma dimensión, por cuanto son muchos los factores, variables y elementos involucrados que dan cuerpo y materializan los conceptos implicados. Las respuestas deben evitar la opinión

superficial y subjetiva sobre indicadores objetivos y medibles, que permiten estimar con buen fundamento su condición y evolución.

Lo primero es preguntarse ¿Qué tengo? y luego ¿A qué aspiro y para dónde transito? esto aplicado estrictamente al campo de la tecnología productiva del azúcar. En principio como sector agroindustrial participan dos subsectores muy específicos en sus actividades y objetivos particulares, los cuales se integran y articulan al final como agrocadena en un mismo objetivo común, cual es **“lograr fabricar la mayor cantidad de azúcar de alta calidad al menor costo unitario y con la mayor eficiencia posible”**.

Es necesario entonces para interpretar correctamente el estado tecnológico de la agroindustria cañero-azucarera costarricense, discrecionalmente valorar de manera independiente, lo concerniente al: 1) Campo Agrícola como actividad primaria, 2) Área Industrial como complemento de transformación y fabricación de la materia prima recibida del campo y 3) Desarrollo Comercial como generador de ingresos y capital de trabajo. Son entonces el campo y la fábrica donde se debe en primera instancia realizar la primera valoración para conocer su estado y grado de avance en materia tecnológica; esto sabiendo que el resultado final de éxito o fracaso lo establece la combinación, articulación e integración de ambas gestiones asociadas con la comercialización. No puede ni debe desconocerse que ambos segmentos de la agrocadena reciben influencia directa y son en alto grado determinados por el eslabón comercial que hace fluir los recursos para que el campo y la fábrica operen satisfactoriamente, como bien lo explicara Chaves (2024bc) en sus escritos.

**Sin rentabilidad económica el desarrollo tecnológico se torna difícil sino imposible de alcanzar en cualquier actividad y emprendimiento empresarial que se desarrolle, pues las posibilidades financieras y la motivación para invertir en incorporar mejor tecnología e innovación se torna por antieconómica muy difícil. Los precios de liquidación final como también los costos relacionados y el nivel de gasto involucrado definen el grado de rentabilidad y competitividad de la empresa en lo específico y la agroindustria como un todo.**

Por tanto, pretender interpretar y juzgar el grado de mejora tecnológica de nuestra agroindustria cañero-azucarera con los elementos y el espacio que aquí se dispone resulta temeraria, incompleta, parcial y la verdad insuficiente para ser confiable y

completa. Sin embargo, el análisis en el presente caso se restringe y limita estrictamente a valorar la evolución en materia productiva observada en un periodo de tiempo (12 zafras equivalente a años) que se estima muy representativo para establecer inferencias y conclusiones importantes.

Como ya se indicó, la evaluación es orientada en este caso al interior del sector y el país, pues para establecer comparadores y referentes válidos deben ubicarse otras agroindustrias competitivas de la región centroamericana, continental y mundial para tener el marco de correlación y comparación adecuado, lo cual será tema de otro artículo. Queda pendiente entonces definir ¿Contra quién me comparo y qué comparo?

### Índices de productividad agroindustrial

Para cumplir a cabalidad con los objetivos originalmente planteados por el estudio se definieron varios indicadores técnicos muy representativos y utilizados mundialmente, la mayoría conocidos y tradicionales en el ámbito cañero, que se estima permiten responder con buen criterio y fundamento técnico la pregunta de ¿Dónde estamos? ¿Qué hemos logrado? y ¿Hacia dónde transitamos? esto en materia de tecnología productiva.

Esos indicadores referentes permiten dictaminar tanto la situación actual como también la dinámica y la evolución acontecida en el periodo de 12 años continuos transcurrido entre las zafras 2012-2013 y 2023-2024, ésta como la última ya finalizada y consumada. Dichas variables valoran, estiman e interpretan correctamente lo sucedido en materia de: 1) Área sembrada y cosechada (has), 2) Caña cosechada y procesada (TM) en Ingenios, 3) Concentración de Sacarosa contenida y recuperada a partir de la caña molida (kg/t caña), 4) Azúcar fabricada (TM) en Ingenios, 5) Miel Final o Melaza recuperada a partir de la caña procesada (kg/t caña molida), 6) Productividad agrícola (t caña/ha), 7) Productividad agroindustrial (t azúcar/ha) y 8) Relación Caña/Azúcar. Además, se adjunta un cuadro comparativo que integra y expone todos esos indicadores con cobertura para las últimas 24 zafras consecutivas del periodo

2000-2023. Seguidamente se presenta un detalle de esa información:

### A.) Compendio de indicadores nacionales de rendimiento y producción

En primera instancia es muy importante poder reunir, integrar y unificar todos los indicadores técnicos de producción y productividad agroindustrial generados por el sector azucarero, exponiéndolos en un mismo plano, lo que permite una visión holística y una valoración en perspectiva muy necesaria para lograr una interpretación con vinculación de factores, evitando interpretaciones parciales que pueden sesgar el análisis y las conclusiones.

Con ese objetivo se presenta en el Cuadro 1 un detalle sucinto de los indicadores sectoriales más relevantes reportados oficialmente por LAICA como resultado de la gestión operativa desarrollada de manera consecutiva durante las últimas 24 zafras, correspondientes al periodo 2000-2023, evidenciando los profundos y significativos cambios acontecidos en diferentes momentos, promovidos y auspiciados por razones bióticas y abióticas de índole climático, edáfico, relieve, hídrico, fitosanitario, genético, tecnológico, económico, social y agronómico evidenciado en los diferentes sistemas de manejo de plantaciones prevalecientes, de tenencia de la tierra, capacidad de mecanización, economías de escala e inversión en tecnología, acontecidos a lo interno de cada región, zona, localidad y empresa productora de caña de azúcar, como lo apuntaron y demostraron Angulo *et al* (2020), Barrantes y Chaves (2020), Calderón y Chaves (2020), Chaves (1999a, 2008, 2010a, 2012a, 2018b, 2019ef, 2020agij, 2021a, 2022ghi, 2023f, 2024a), Chaves *et al* (2018), Chaves y Barquero (2020), LAICA (2022abc, 2024abcdefg), León y Arroyo (2012) y Subirós (1995). No cabe duda de que la agroindustria azucarera costarricense es muy heterogénea, variable, diversa e inestable en prácticamente todos los indicadores medibles y cuantificables, lo que se evidencia en su patrón productivo y de eficiencia técnica. Adelante se realizará un análisis específico de cada uno de esos indicadores comprobando lo aseverado.

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

Cuadro 1. Histórico de indicadores agroindustriales del sector azucarero costarricense. Periodo 2000-2023 (24 Zafras).

Zafra	Área Sembrada (ha)	Área Cosechada (ha)	Caña Procesada (t)	Azúcar Fabricada (t)	Caña (t/ha)	Industrial (kg Sacarosa/t)	Azúcar (t/ha)	Melaza (kg/t)	Relación Caña/Azúcar
2000-2001	49 900	47 200	3 398 282	369 413	72,00	108,71	7,83	35,80	9,20
2001-2002	48 500	48 000	3 474 331	364 930	72,38	105,04	7,60	39,36	9,52
2002-2003	49 100	48 000	3 462 338	364 259	71,99	105,42	7,59	39,71	9,49
2003-2004	50 400	49 000	3 959 185	413 388	80,80	104,41	8,44	38,94	9,58
2004-2005	51 200	49 200	3 804 075	404 658	77,32	106,38	8,23	38,88	9,40
2005-2006	52 600	49 300	3 615 584	382 824	73,34	105,88	7,77	36,62	9,44
2006-2007	55 600	53 300	4 152 799	417 439	77,91	100,52	7,83	40,62	9,95
2007-2008	54 550	52 500	3 561 379	373 193	67,84	104,79	7,11	36,89	9,54
2008-2009	53 030	49 030	3 492 232	361 836	71,23	103,61	7,38	37,94	9,65
2009-2010	55 730	51 850	3 918 882	390 176	75,58	99,56	7,53	44,50	10,04
2010-2011	57 480	54 300	3 320 596	355 078	61,15	106,93	6,54	37,35	9,35
2011-2012	57 600	53 700	3 823 114	415 075	71,19	108,57	7,73	40,53	9,21
2012-2013	63 316	58 980	4 340 603	458 382	73,59	105,60	7,77	45,42	9,47
2013-2014	63 205	58 742	4 492 123	481 494	76,47	107,19	8,20	41,28	9,33
2014-2015	64 676	59 161	4 422 451	465 702	74,75	105,30	7,87	44,66	9,50
2015-2016	65 485	58 225	4 396 458	445 988	75,51	101,44	7,66	46,13	9,86
2016-2017	64 250	56 355	4 343 890	452 160	77,08	104,09	8,02	41,59	9,61
2017-2018	60 000	55 070	4 054 141	431 109	73,62	106,34	7,83	36,84	9,40
2018-2019	62 630	54 548	4 025 447	442 187	73,80	109,85	8,11	40,89	9,10
2019-2020	62 604	56 689	4 092 123	440 393	72,19	107,62	7,77	39,23	9,29
2020-2021	60 668	55 357	3 995 020	425 178	72,13	106,48	7,68	36,85	9,40
2021-2022	59 836	54 848	3 897 888	429 036	71,07	110,70	7,58	39,19	9,37
2022-2023	58 917	53 231	3 422 767	361 950	64,30	105,75	6,80	38,66	9,46
2023-2024	58 715	53 414	4 139 275	423 967	77,49	102,43	7,94	44,28	9,76
<b>Total</b>	<b>57 500</b>	<b>53 333</b>	<b>3 900 208</b>	<b>411 242</b>	<b>73,11</b>	<b>105,53</b>	<b>7,70</b>	<b>40,09</b>	<b>9,50</b>

Fuente: LAICA (2024); Chaves y Bermúdez (2020); Chaves (2021b).

Para lograr un juzgamiento realista y ponderado de la información anterior se presenta el Cuadro 2 indicando la cantidad de Ingenios azucareros que operaron en cada una de las 24 zafras realizadas, notando una significativa reducción en el número de fábricas operativas con el tiempo, la cual pasó de 16 unidades fabriles en la zafra 2000-01 a solo 10 en la zafra 2023-24 para una disminución y cierre de 6 plantas equivalente a un significativo - 37,5%. Pese a esa significativa reducción industrial la cantidad de materia prima procesada (toneladas) fue sin embargo superior entre ambos periodos en un +19,1% correspondiente a moler 664.944 TM más de caña, lo que evidencia una mejora sustancial en la capacidad fabril instalada. Esa capacidad no fue impactada.

Es de igual manera necesario ubicar y contextualizar geográficamente para mayor comprensión y mejor interpretación las regiones agrícolas que producen caña para fabricar azúcar en Costa Rica, como lo exige la legislación vigente establecida por LAICA (1998, 2000) para ese fin. La legislación nacional establece las seis regiones que se anotan en el Cuadro 3.

### B.) Área sembrada y cosechada

Buscando profundizar en el conocimiento del área sembrada y también la efectivamente cosechada (hectáreas) para destinar su materia prima exclusivamente a la fabricación de azúcar, se presentan los Cuadros 4 y 5 y las Figuras 1, 2 y 3 que revelan la

tendencia seguida durante el periodo de 24 zafras con proyección nacional y de 12 zafras desagregada por región. Nótese en primera instancia un paralelismo en los últimos años entre área sembrada y cosechada que se ha venido ampliando, lo que revela más caña destinada a otros usos (semilla, pecuario, dulce, área perdida, etc.). Es notoria la reducción de áreas luego de la zafra 2015-16 cuando la siembra de caña alcanzó 65.485 hectáreas, máximo histórico nacional, y la cosechada 59.161 has en el periodo 2014-15 para luego decaer en ambos casos con tendencia errática de leves incrementos y disminuciones inducidas por varias circunstancias. La última zafra reportó un área sembrada de 58.716 has y cosechada de 53.414 has (91%).

**Cuadro 2. Ingenios operativos según zafra.**

Zafra	Ingenios (N°)	Zafra	Ingenios (N°)
2000-01	16	2012-13	13
2001-02	15	2013-14	13
2002-03	16	2014-15	13
2003-04	16	2015-16	13
2004-05	16	2016-17	13
2005-06	15	2017-18	13
2006-07	15	2018-19	11
2007-08	15	2019-20	11
2008-09	15	2020-21	10
2009-10	14	2021-22	11
2010-11	15	2022-23	11
2011-12	13	2023-24	10

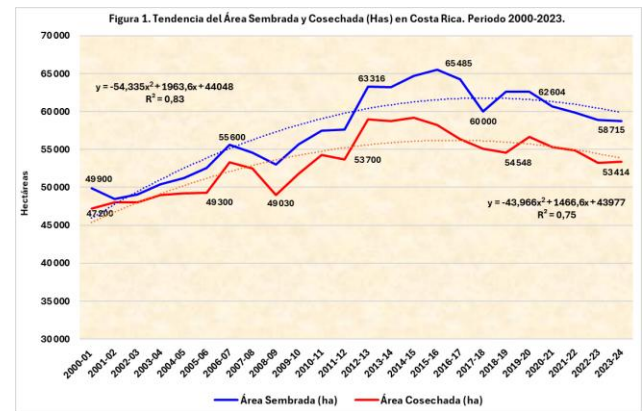
Fuente: Chaves y Bermúdez (2020).

Se refiere a las unidades fabrilmente operativas por zafra.

**Cuadro 3. Zonificación productiva de la agroindustria azucarera costarricense. 2025.**

Ubicación geográfica	Zona *	Ingenios (10)
Provincias de Cartago y Limón	A	Juan Viñas
Provincias de Heredia y Alajuela, con excepción de Orotina, San Mateo, San Carlos, Upala, Los Chiles y Guatuso	B	Porvenir Victoria
Cantones de San Carlos, Los Chiles, Guatuso y Upala Provincia de Alajuela	C	Cutris Quebrada Azul
Cantones Puntarenas, Esparza, Montes de Oro de la Provincia de Puntarenas; y los Cantones de Orotina y San Mateo Provincia de Alajuela	D	El Palmar
Provincia de Guanacaste	E	CATSA El Viejo Taboga
Cantón de Pérez Zeledón Provincia de San José; y Cantón de Buenos Aires Provincia de Puntarenas	F	El General

\* De acuerdo con la Ley N° 7818 de 1998 y el Artículo N° 363 de su Reglamento (LAICA, 1998, 2000, 2022b).

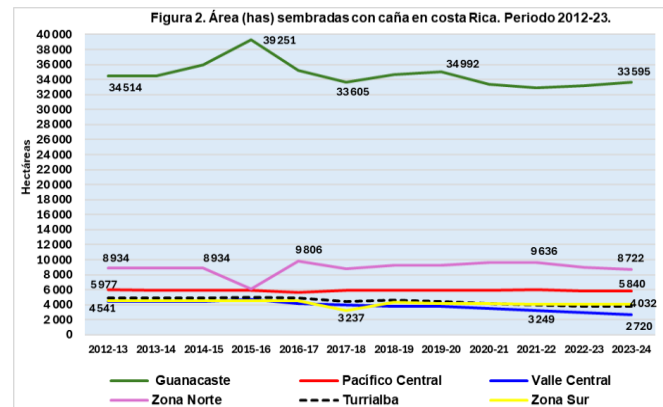


**Cuadro 4. Área de siembra (en hectáreas) de caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).**

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Valle Central	Zona Norte	Turrialba	Zona Sur	Total
2012-13	34 514	5 977	4 445	8 934	4 905	4 541	63 316
2013-14	34 480	5 947	4 398	8 934	4 905	4 541	63 205
2014-15	35 951	5 947	4 398	8 934	4 905	4 541	64 676
2015-16	39 251	5 888	4 693	6 092	5 020	4 541	65 485
2016-17	35 197	5 626	4 202	9 806	4 908	4 512	64 251
2017-18	33 605	5 884	4 021	8 812	4 440	3 237	59 999
2018-19	34 682	5 906	3 821	9 240	4 615	4 366	62 630
2019-20	34 992	5 969	3 770	9 248	4 482	4 205	62 666
2020-21	33 357	5 921	3 520	9 605	4 124	4 141	60 668
2021-22	32 887	6 005	3 249	9 636	3 956	4 103	59 836
2022-23	33 217	5 841	2 998	8 983	3 828	4 051	58 918
2023-24	33 595	5 840	2 720	8 722	3 807	4 032	58 716
Promedio	34 644	5 896	3 853	8 912	4 491	4 234	62 031

Fuente: Dieca (2024); Chaves (2017d, 2019f, 2022ab); Chaves y Chavarria (2013, 2021ab).

Nota: Se refiere al área total sembrada pero no necesariamente destinada a la fabricación de azúcar, pues incluye otros destinos (semilla, pecuario, dulce, área perdida, etc.).



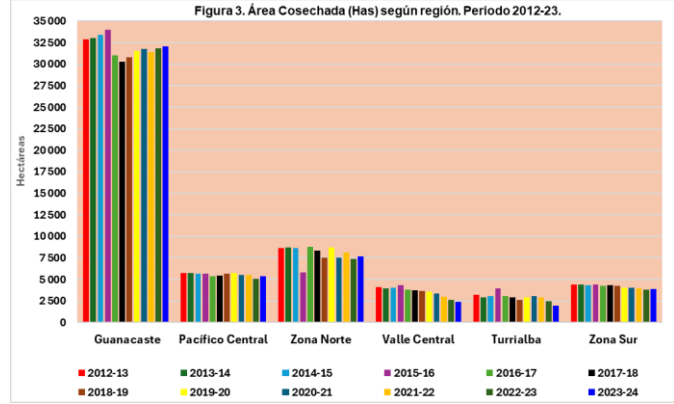


Cuadro 5. Área Cosechada (hectáreas) de caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba	Zona Sur	Total
	E	D	C	B	A	F	
2012-13	32 848	5 779	8 628	4 085	3 203	4 437	58 980
2013-14	33 032	5 727	8 693	3 979	2 920	4 391	58 742
2014-15	33 387	5 656	8 659	4 037	3 065	4 357	59 161
2015-16	33 996	5 655	5 839	4 369	3 976	4 390	58 225
2016-17	31 030	5 410	8 800	3 825	3 050	4 240	56 355
2017-18	30 245	5 433	8 362	3 753	2 957	4 320	55 070
2018-19	30 801	5 673	7 500	3 679	2 664	4 231	54 548
2019-20	31 555	5 785	8 743	3 569	2 958	4 080	56 689
2020-21	31 777	5 560	7 560	3 381	3 061	4 018	55 357
2021-22	31 386	5 496	8 138	2 999	2 894	3 936	54 848
2022-23	31 824	5 121	7 394	2 605	2 495	3 792	53 231
2023-24	32 073	5 350	7 682	2 439	1 997	3 874	53 414
Promedio	31 996	5 554	8 000	3 560	2 937	4 172	56 218

Fuente: Dieca (2024); Chaves (2017d, 2019f, 2022ab); Chaves y Chavarria (2013, 2021ab).

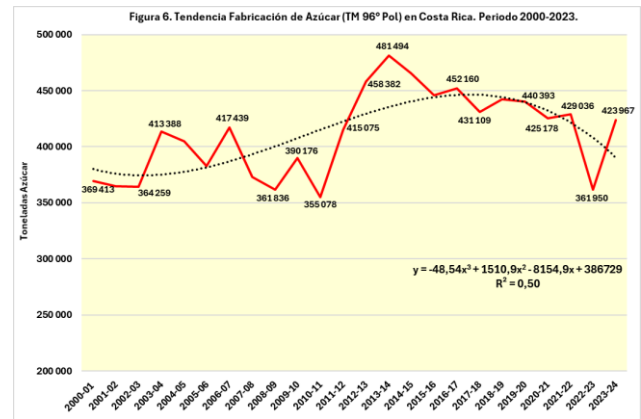
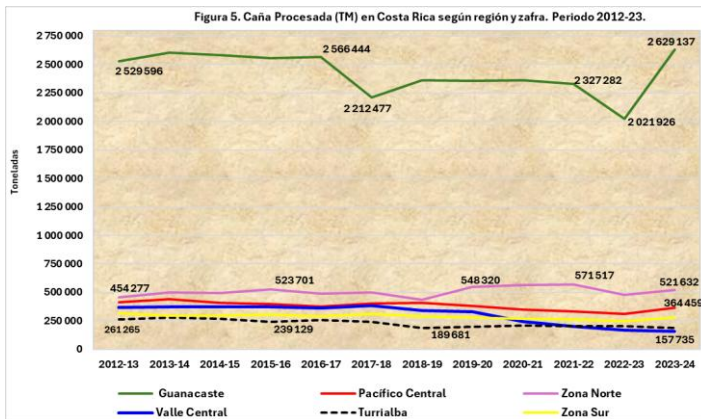
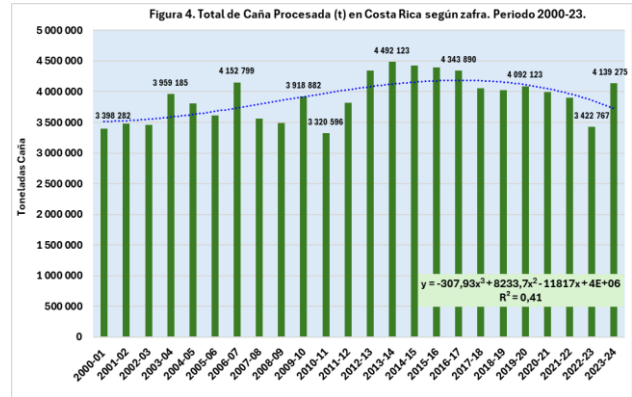
Nota: Se refiere estrictamente al área total cosechada y destinada exclusivamente a la fabricación de azúcar, NO incluye otros destinos.



Cuadro 6. Caña procesada (TM) en Costa Rica según zafra y región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba	Zona Sur	Total
	E	D	C	B	A	F	
2012-13	2 529 596	412 264	454 277	367 945	261 265	315 257	4 340 604
2013-14	2 605 332	442 280	500 768	370 598	277 618	295 526	4 492 122
2014-15	2 582 030	406 481	495 721	373 334	270 524	294 360	4 422 450
2015-16	2 554 218	397 802	523 701	374 490	239 129	307 118	4 396 458
2016-17	2 566 444	378 208	490 911	364 606	255 357	288 365	4 343 891
2017-18	2 212 477	403 974	501 160	382 742	243 360	310 428	4 054 141
2018-19	2 362 684	406 926	436 874	339 513	189 681	289 766	4 025 444
2019-20	2 355 412	379 362	548 320	329 207	199 663	280 159	4 092 123
2020-21	2 363 605	346 134	561 747	244 937	209 052	269 544	3 995 019
2021-22	2 327 282	334 092	571 517	201 154	201 954	261 888	3 897 887
2022-23	2 021 926	311 510	476 337	167 860	201 312	243 822	3 422 767
2023-24	2 629 137	364 459	521 632	157 735	186 267	280 044	4 139 274
Promedio	2 425 845	381 958	506 914	306 177	227 932	286 356	4 135 182

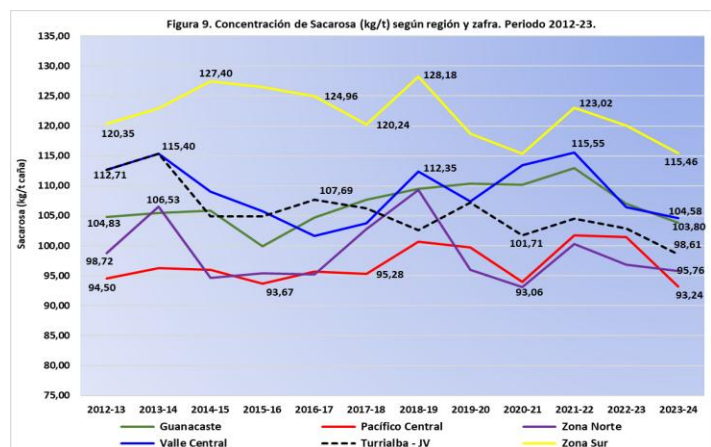
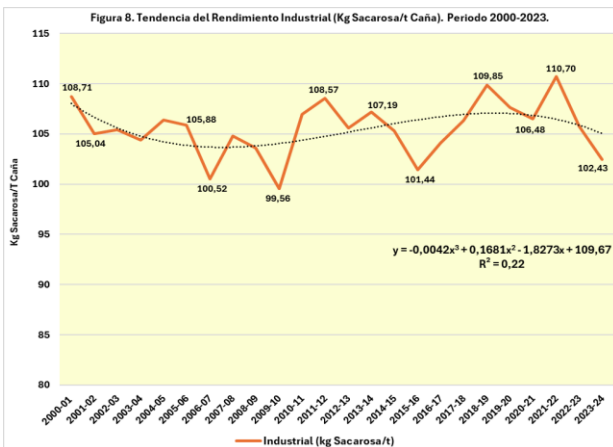
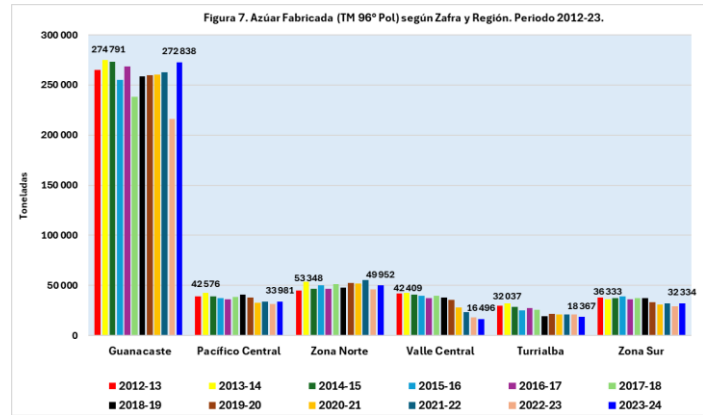
Fuente: Dieca (2024); Chaves (2013, 2019f, 2021b, 2022b); Chaves y Bermúdez (2020).



Cuadro 7. Total de Azúcar fabricado (TM 96° Pol) en Costa Rica según zafra y región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba	Zona Sur	Total
	E	D	C	B	A	F	
2012-13	265 185	38 959	44 848	42 007	29 447	37 941	458 387
2013-14	274 791	42 576	53 348	42 009	32 037	36 333	481 494
2014-15	273 216	38 995	46 905	40 715	28 369	37 502	465 702
2015-16	255 252	37 261	49 945	39 614	25 078	38 839	445 989
2016-17	268 618	36 176	46 761	37 073	27 499	36 034	452 161
2017-18	238 212	38 493	51 526	39 699	25 854	37 326	431 110
2018-19	258 707	40 967	47 754	38 146	19 469	37 144	442 187
2019-20	259 935	37 846	52 610	35 346	21 400	33 256	440 393
2020-21	260 423	32 517	52 084	27 781	21 262	31 096	425 163
2021-22	262 974	33 981	55 510	23 243	21 111	32 216	429 035
2022-23	216 341	31 611	46 144	17 867	20 711	29 274	361 948
2023-24	272 838	33 981	49 952	16 496	18 367	32 334	423 968
Promedio	258 874	36 947	49 782	33 366	24 217	34 941	438 128

Fuente: LAICA (2024); Chaves (2018a, 2019f, 2021b); Chaves et al (2018); Chaves y Bermúdez (2020).



Sobre áreas de siembra y cosecha puede concluirse lo siguiente:

- 1) A partir de la zafra 2013-14 proporcionalmente menos caña se destina a la fabricación de azúcar y más a otros fines alternativos. La diferencia entre área sembrada y cosechada se amplía con el tiempo.
- 2) La última zafra 2023-24 reveló una distribución del área sembrada como sigue según importancia: Guanacaste (57,2%), Zona Norte (14,9%), Puntarenas (9,9%), Zona Sur (6,9%), Turrialba (6,5%) y Valle Central (4,6%). El área cosechada para fabricar azúcar la tendencia fue algo similar: Guanacaste (60%), Zona Norte (14,4%), Puntarenas (10%), Zona Sur (7,3%), Valle Central (4,6%) y Turrialba (3,7%), respectivamente. Es sentida y

significativa la pérdida de área productiva en Valle Central y Turrialba.

- 3) Guanacaste mantiene la hegemonía en cuanto a áreas sembrada y cosechada con una representación nacional del 57,2% en siembra y 60% en cosecha durante la zafra 2023-24. Su tendencia es al incremento sistemático y continuo sin aparentes ni tampoco esperables cambios abruptos.
- 4) Regiones tradicionales y otrora hegemónicas como Valle Central y Turrialba observan una reducción sistemática y muy significativa de sus áreas de siembra, cayendo en un -38,8% y -22,4%, respectivamente, en los últimos 12 años (zafras). Su tendencia se orienta a la reducción del área con marcada y peligrosa pérdida en el caso del Valle

Central sin aparente posibilidad de recuperación por carecer de áreas para desplazarse. Turrialba tiende hacia la estabilidad con alguna posible disminución.

- 5) La región cañera Norte mantiene alguna variación e inestabilidad relativa entre zafras con leve tendencia a la baja en el área sembrada. La región dispone de territorios para desplazarse lo que está muy limitado en otras regiones. El tema por resolver es calidad, ubicación geográfica y valor de tierras.
- 6) El Pacífico Central y la Zona Sur mantienen mucha estabilidad en el área cultivada y cosechada, la mayor del país, esperando posiblemente un leve aumento futuro de la misma en ambas localidades.
- 7) La tendencia nacional de cultivo no pareciera evidenciar cambios futuros abruptos en el total del área sembrada, pero si en su distribución nacional, con propensión a una mayor concentración en la zona baja de Guanacaste y Puntarenas y pérdida territorial en el Valle Central y posiblemente Turrialba. Solo el tiempo lo dirá, pero la tendencia es clara. El crecimiento futuro será más vertical que horizontal.

### C.) Producción y molienda de caña

Esta es una variable agrícola muy importante y utilizada que en principio marca diferencia entre agroindustrias, empresas y zonas geográficas; la diferencia estriba y se concentra en la calidad de la materia prima producida y que en última instancia será procesada por los Ingenios. Como se aprecia en la Figura 4 este indicador recoge de manera directa y evidencia en buena forma las tremendas diferencias naturales y los impactos diferenciales acontecidos en el tiempo entre las diferentes regiones productoras de caña en el país. A lo anterior se suman y agregan las variaciones observadas en el área sembrada y cosechada entre periodos, como fue ya comentado, lo que inevitablemente induce la variación en la cantidad de caña cortada y procesada. La zafra 2013-14 fue “record de producción de caña” con 4.492.123 TM. Es notorio como desde esa zafra el sector azucarero nacional ha venido manteniendo inestabilidad productiva con una tendencia clara hacia la reducción sistemática en grado variable, mostrando un leve incremento (+1,7%) en el periodo 2019-20. La tendencia reductora se revirtió sin embargo en la última zafra 2023-24 con un significativo aumento productivo del +20,9% correspondiente a +716.508 TM.

El Cuadro 6 y la Figura 5 desagregan la producción de caña por región marcando en relevancia el siguiente orden durante la última zafra: Guanacaste (63,5%), Zona Norte (12,6%), Puntarenas (8,8%), Zona Sur (6,8%), Turrialba (4,5%) y Valle Central (3,8%). La tendencia productiva es cambiante con el tiempo influenciada por lo señalado. La mayor molienda “record histórico nacional” se presentó en la zafra 2013-14 con 4.492.123 TM (Cuadro 1).

La Figura 5 demuestra gráficamente que el aumento observado en la última zafra 23-24 fue inducido mayoritariamente en la región de Guanacaste con un impresionante incremento del +30% en la cantidad de caña producida y molida, secundado por el Pacífico Central (+17%), la Zona Sur (+14,9%) y la Zona Norte con +9,5%; mientras que en Turrialba-Juan Viñas y el Valle Central por el contrario hubo reducciones del -7,5% y -6%, respectivamente.

### D.) Azúcar fabricada

Desde una perspectiva y valoración técnico-económica ésta es posiblemente la variable agroindustrial más importante, mejor ponderada y más preciada por productores y empresarios cañeros y azucareros, ya que recoge e integra otros elementos del quehacer productivo operados en el campo y la fábrica. Por origen y dependencia directa, la cantidad total de azúcar fabricada dada en toneladas es el resultado y producto de la cantidad (TM) de materia prima que se procese en el Ingenio y la riqueza en Sacarosa que la misma tenga contenida en sus tallos, dada en kilogramos por tonelada de caña molida. Obviamente la eficiencia fabril de extracción y fabricación es también determinante en el resultado final. Todas las inclemencias, limitantes y obstáculos acontecidos en las fases de producción y fabricación, o por el contrario ventajas y beneficios, interceden e impactan esta variable, por lo cual se le considera un índice altamente intervenido y dependiente de otros factores bióticos y abióticos.

La Figura 6 presenta un detalle de la enorme y sentida disparidad, heterogeneidad y volatilidad acontecida entre zafras durante los últimos 24 años, lo que va en concordancia con los cambios observados en la cantidad de caña (TM) procesada (Figura 4), y como se verá adelante, en los contenidos de sacarosa recuperados en la materia prima molida en los Ingenios (Figura 8). Es igualmente evidente la reducción sistemática verificada en la cantidad de azúcar fabricada en el país luego del periodo 2013-14 y la recuperación en la última zafra con un aumento del +17,1%

equivalente a +62.017 TM (1.240.340 Bultos de 50 kg) respecto a la zafra anterior.

Buscando regionalizar y ubicar geográficamente la producción del endulzante en el país se presentan el Cuadro 7 y la Figura 7 donde se desagrega el azúcar fabricado por localidad agrícola. Resulta reiterativo señalar que la ruta y tendencia seguida es muy similar y consecuente con la mantenida por la caña procesada por las razones y circunstancias ya anotadas, cumpliendo con los mismos tiempos y movimientos de aumento-reducción. En lo particular Guanacaste es la región que más azúcar fabrica en Costa Rica, representando en la zafra 2023-24 el 64,3% del total nacional, seguida por la Zona Norte con el 11,8%, el Pacífico Central (8%), la Zona Sur (7,7%), Turrialba (4,3%) y luego el Valle Central (3,9%). Como se infiere la zona baja (<300 msnm) del denominado Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas) representó en ese periodo el 72,3%, valor altamente significativo y demostrativo del desplazamiento que viene sistemáticamente sufriendo el cultivo hacia esa región y condición.

La mayor producción histórica promedio y “record nacional en fabricación de azúcar comercial” en el país se presentó en la zafra 2013-14, con la elaboración de 481.494 TM de azúcar (9.629.880 Bultos), donde hubo una convergencia de factores favorables que permitieron una buena concentración de sacarosa en la materia prima molida (107,19 kg/tc) y un “record” en la cantidad de caña cosechada con 4.492.123 TM.

### E.) Concentración de sacarosa

Por su naturaleza ésta es una de las variables de rendimiento más sensibles y por tanto cambiantes aún en periodos de tiempo muy cortos, lo que viene directamente influenciado por los factores edafoclimáticos, hídricos, genéticos de la variedad sembrada, ciclo vegetativo de la misma y de manejo relacionados con el estado de madurez, la edad de cosecha y la fertilización nitrogenada, entre otras. Las temperaturas máximas-mínimas y su margen de amplitud, la humedad ambiente (relativa), del suelo y en tejidos y la radiación solar influyen sobre la concentración de sacarosa en los tallos, sea aumentándola o reduciéndola; como también otros factores estresantes. No debe aislarse tampoco la eficiencia del Ingenio, como lo señalaran Chaves y Bermúdez (1996), Chaves *et al* (1999b, 2018), Chaves (1999deh, 2019abcdef, 2020abcdefik, 2021b), Subirós (1995).

Esa condición tan particular de alta inestabilidad provoca que la variable reciba especial atención técnica y del agricultor buscando mitigar y eliminar impactos negativos y favorecer por el contrario los potenciales de mejora que pudieran existir, lo que ha conducido al uso comercial de productos madurantes de naturaleza química (herbicidas en bajas concentraciones) u orgánica que elevan la concentración de sacarosa en condiciones donde la naturaleza poco ayuda a su promoción. El ambiente ideal para inducir y favorecer la concentración de sacarosa en los tallos es contar con condiciones secas durante la fase final de maduración, temperaturas nocturnas bajas y una oscilación térmica máxima-mínima amplia que provoque una condición de estrés a la planta que limite la división celular, el crecimiento biomásico y reduzca el gasto de energía metabólica (glucosa), promoviendo su acúmulo en forma de sacarosa. Por el contrario, ambientes húmedos, con temperaturas altas y humedad relativa elevada por lo general las plantaciones concentran la sacarosa en muy bajas cantidades (Chaves, 2018b, 2020f, 2023b). Como expresara Chaves (2020h) *“El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica”*.

El Cuadro 8 presenta la tendencia seguida por la concentración promedio de sacarosa recuperada en la materia prima comercial entregada y procesada en los Ingenios nacionales durante el periodo de 24 años transcurrido entre las zafras 2000-2023. Es notoria y muy evidente la dispersión y volatilidad de las concentraciones en el tiempo, sin mostrar una tendencia definida consistente. El índice histórico promedio más alto se logró en la zafra 2021-22 con una concentración de 110,70 kg de sacarosa/tonelada de caña molida, y la más baja para el mismo periodo en la 2009-10 con apenas 99,56 kg/t, lo que marca una diferencia del 11,2% correspondiente a 11,14 kg.

Al llevar el análisis de las concentraciones de sacarosa al nivel regional, se aprecia en el Cuadro 8 y la Figura 9 la polarización y a su vez dispersión de valores; así como la fijación de ciertas tendencias mantenidas en el tiempo que caracterizan y tipifican algunas localidades productoras, sobre lo cual se infiere y concluye lo siguiente:

- 1) No es correcto ni acertado pretender fijar una tendencia de concentración nacional de sacarosa, pues las partes (regiones) que lo componen son altamente cambiantes e

- inestables; lo que obliga a independizar, ubicar, aplicar e interpretar geográficamente el criterio.
- 2) La consistencia (relativa) se da a lo interno de las regiones, pero no entre zafras nacionales.
  - 3) La variación de época entre periodo seco y lluvioso valorado e interpretado a través de la intensidad, frecuencia, cantidad, duración y presencia de eventos extremos en los elementos del clima (lluvia, temperaturas, luz, viento, humedad), provocan variaciones importantes que impiden generar estándares nacionales de concentración.
  - 4) El uso comercial y cultivo de materiales genéticos diferentes en maduración (temprana, media y tardía) induce diferencias virtud de la edad y condición de madurez en que se corten, lo cual no siempre es óptimo.
  - 5) Las regiones que emplean madurantes artificiales (Guanacaste, Puntarenas y en menor grado la Zona Norte) deberían llevar y mostrar alguna ventaja en concentración, lo que no siempre ocurre ni manifiesta en sus rendimientos industriales, como lo denotan los valores recabados (Cuadro 8).
  - 6) Por magnitud las concentraciones promedio de sacarosa recuperadas en las últimas 12 zafras es como sigue: Zona Sur (121,93 kg/t), Valle Central (109,0 kg), Guanacaste (106,85 kg), Turrialba-JV (105,78 kg), Zona norte (98,71 kg) y Pacífico Central (96,84 kg). La diferencia entre extremos es como se infiere abismal equivalente a 25,1 kg/t de caña, lo que, en un sistema de pago de la caña entregada valorada por su calidad, como el nacional, resulta muy crítico.
  - 7) La mejor concentración promedio de ese periodo de 12 años se alcanzó en la Zona Sur durante la zafra 2014-15 con 127,40 kg/t y la más baja en la Zona Norte en la 2021-22 con apenas 93,06 kg para una onerosa diferencia de 34,34 kg/t.
  - 8) La concentración muestra rangos de variación con ámbitos (máximo-mínimo) inferiores a 110 kg/t en Guanacaste, Puntarenas y Zona Norte; menores a 116 kg/t en Valle Central y Turrialba-JV y superiores a 115 kg/t caña en la Zona Sur. Esos ámbitos representan la expectativa de posible crecimiento.
  - 9) Catalogando y ubicando la tendencia nacional puede asegurarse que la Zona Sur está en cuanto a concentración de sacarosa en un nivel muy superior (121,93 kg/t), seguido de manera distante por el Valle Central, Guanacaste y Turrialba (media de 107,21 kg/t) y en la base inferior por la Zona Norte y el Pacífico Central (media de 97,77 kg/t).
  - 10) La capacidad industrial y eficiencia de proceso de la fábrica marca diferencia en esta variable.
  - 11) El control de madurez de las plantaciones y el manejo técnico de las variedades cultivadas de acuerdo con su condición de maduración, deben ser criterios inexcusables de conocimiento, control y operación.
  - 12) En Guanacaste y Puntarenas el empleo de madurantes artificiales provoca una mejora importante que no llega sin embargo a su superar lo que la naturaleza les ha otorgado a otras regiones.

Cuadro 8. Concentración promedio de Sacarosa (96° Pol) según región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

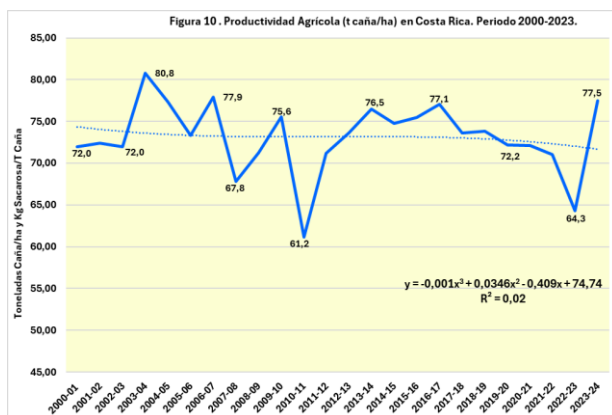
		Zafras												
Región	Zona	2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	Promedio
		Kilogramos de Sacarosa / TM de caña												
Guanacaste	E	104,83	105,47	105,81	99,93	104,67	107,67	109,50	110,36	110,18	113,00	107,00	103,80	106,85
Pacífico Central	D	94,50	96,26	95,93	93,67	95,65	95,28	100,68	99,76	93,94	101,71	101,48	93,24	96,84
Zona Norte	C	98,72	106,53	94,62	95,37	95,25	102,81	109,31	95,95	93,06	100,31	96,87	95,76	98,71
Valle Central	B	112,71	115,40	109,06	105,78	101,68	103,72	112,35	107,37	113,42	115,55	106,44	104,58	109,00
Turrialba - JV	A	112,71	115,40	104,87	104,87	107,69	106,24	102,64	107,18	101,71	104,53	102,88	98,61	105,78
Zona Sur	F	120,35	122,94	127,40	126,46	124,96	120,24	128,18	118,70	115,36	123,02	120,06	115,46	121,93
Promedio		105,60	107,19	105,30	101,44	104,09	106,34	109,85	107,62	106,48	110,70	105,75	102,43	106,07

Fuente: LAICA (2024); Chaves (2018a, 2019f, 2021b); Chaves *et al* (2018).

Zona: A = Turrialba-Juan Viñas; B = Valle Central; C = San Carlos; D = Puntarenas; E = Guanacaste; F = Zona Sur.

### F.) Productividad agrícola

Posiblemente en términos de campo ésta sea una de las variables técnicas más procuradas, conocidas y seguidas por parte del agricultor cañero por considerarla muy reveladora de lo acontecido durante la zafra en su plantación, tanto en términos de atención y manejo agronómico como el resultado de la inversión realizada en tecnología para la producción. De igual manera, es un indicador que muestra y evidencia cuantitativamente el impacto positivo o negativo del que fuera objeto la plantación comercial por causa de los elementos del clima. Es por otra parte un indicador con alcance técnico-económico sobre el cual se puede intervenir y de alguna manera conducir hacia su mejora y optimización. A diferencia del Rendimiento Industrial donde poco se puede hacer en el momento para mejorar la concentración de sacarosa en los tallos; con el Rendimiento Agrícola son muchas las formas viables y factibles de confrontar y reorientar un problema de productividad de campo como es mejorar la nutrición del cultivo, adecuar el suelo mediante prácticas efectivas como desaporca, aporca, subsolado y escarificado, incorporar riego, mejorar y habilitar drenajes, optimizar el control de malezas, inducir un estado fitosanitario aceptable mediante el control oportuno de plagas, hacer control de madurez, principalmente; todo lo cual puede realizarse en el mismo ciclo vegetativo. Como se indicó, con la concentración de sacarosa es muy poco lo que puede hacerse por intervenir factores del clima no manipulables, excepto aplicar madurantes.



La Figura 10 expone la tendencia seguida por la productividad agrícola concebida como las toneladas de caña industrializable cosechadas en el campo y procesadas en el Ingenio para extraer su azúcar. El indicador se obtiene de relacionar el total (TM) de caña

procesada (Cuadro 6) con respecto al área efectivamente cosechada (Cuadro 5). Como se aprecia la tendencia es errática con muchos altibajos en el corto tiempo producto de los efectos positivos y negativos ocurridos a nivel regional, y que se recogen, manifiestan y proyectan en el promedio nacional. Son notorias tres zafras donde la productividad de campo fue impactada muy negativamente por razones climáticas y económicas (alto costo de los fertilizantes), como aconteció en los periodos 2007-08, 2010-11 y 2022-23 donde los índices de productividad fueron muy bajos y salidos de contexto con valores de 67,8, 61,2 y 64,3 toneladas de caña/ha, respectivamente.

A partir de la zafra 2003-04 se viene verificando una caída sistemática en la productividad de campo con leves e inconsistentes repuntes hasta la zafra 2022-23 cuando cayó hasta 64,3 t/ha por presunta baja fertilización por su alto costo; para luego incrementarse significativamente en el último periodo de molienda y lograr un índice de 77,5 t/ha, que, aunque considerado bajo, se estima satisfactorio como evidencia, ojalá del inicio de una reversión de la tendencia anterior. Ese aumento equivale a un +20,5% y +13,2 t de caña/ha, lo que es muy significativo.

En el Cuadro 9 y la Figura 11 se presentan los estimados regionales de productividad agrícola para las últimas 12 zafras (2012-13 y 2023-24), denotando varios asuntos relevantes que destacar como son los siguientes:

- 1) Las diferencias entre regiones productoras de caña y zafras son altamente significativas, aun cuando valoradas al interior de una misma región lo que evidencia inestabilidad territorial y temporal por parte del indicador.
- 2) Pese a lo anterior se nota una tendencia medianamente sostenible a lo interno de cada región en el tiempo con presencia sin embargo de periodos muy fluctuantes (Figura 11).
- 3) Es importante mencionar que en la zona cañera alta de Juan Viñas ( $>1.000$  msnm) los ciclos vegetativos desde siembra hasta cosecha van de 18 a 24 meses, lo que da oportunidad a la planta de generar mayores productividades de caña, lo cual influye de manera importante sobre los rendimientos de esa localidad. En este caso la información generada esta anualizada.
- 4) De acuerdo con el promedio de 12 años consecutivos el índice de productividad agrícola regional es por

importancia el siguiente: Valle Central (84,3 t/ha), Turrialba-Juan Viñas (78,5 t), Guanacaste (75,8 t), Puntarenas (68,7 t), Zona Sur (68,6 t) y Zona Norte con 64,2 t/ha. La condición climática, de fertilidad de sus suelos y adaptación favorable de las variedades cultivadas en el Valle Central justifican los rendimientos alcanzados.

- 5) Lo anterior permite ubicar tres categorías bien definidas para el periodo de zafras evaluado: Alta productividad: Valle Central con una media de 84,3 t de caña/ha; Mediana productividad: Guanacaste y Turrialba-Juan Viñas con una media de 77,1 t/ha y Baja productividad: Puntarenas, Zona Sur y Zona Norte con un promedio de 67,2 t/ha, respectivamente.

- 6) Una valoración a lo interno de cada región permite dictaminar que la mayor productividad agrícola fue reportada en el Valle Central durante la zafra 2017-18 con un índice de 102,0 t/ha. La más baja se ubicó en la Zona Norte con 52,6 t/ha, para una diferencia abismal entre ambas de 48,4 toneladas correspondiente al 48,4%.
- 7) Durante la última zafra todas las regiones mostraron un incremento en su índice de productividad agrícola, a excepción del Valle Central donde fue leve (+0,4%) y poco perceptible.
- 8) Algunos Ingenios, no todos, mantienen por lo general productividades de caña superiores al promedio.

Cuadro 9. Productividad Agrícola (t de caña/ha) según zafra y región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba JV	Zona Sur	Promedio *		Diferencia**
	E	D	C	B	A	F	Estimado	Reportado	
2012-13	77,01	71,34	52,65	90,07	81,57	71,05	73,59	73,59	0,00
2013-14	78,87	77,23	57,61	93,14	95,07	67,30	76,47	76,47	0,00
2014-15	77,34	71,87	57,25	92,48	88,26	67,56	74,75	74,75	0,00
2015-16	75,13	70,35	89,69	85,72	60,14	69,96	75,51	75,51	0,00
2016-17	82,71	69,91	55,79	95,32	83,72	68,01	77,08	77,08	0,00
2017-18	73,15	74,36	59,93	101,98	82,30	71,86	73,62	73,62	0,00
2018-19	76,71	71,73	58,25	92,28	71,20	68,49	73,80	73,80	0,00
2019-20	74,65	65,58	62,71	92,24	67,51	68,67	72,19	72,19	0,00
2020-21	74,38	62,26	74,30	72,46	68,29	67,08	72,17	72,13	0,04
2021-22	74,15	60,79	70,23	67,07	69,78	66,54	71,07	71,07	0,00
2022-23	63,53	60,83	64,43	64,43	80,69	64,30	64,30	64,30	0,00
2023-24	81,97	68,12	67,90	64,68	93,29	72,30	77,49	77,49	0,00
<b>Promedio</b>	<b>75,80</b>	<b>68,70</b>	<b>64,23</b>	<b>84,32</b>	<b>78,49</b>	<b>68,59</b>	<b>73,50</b>	<b>73,50</b>	<b>0,00</b>

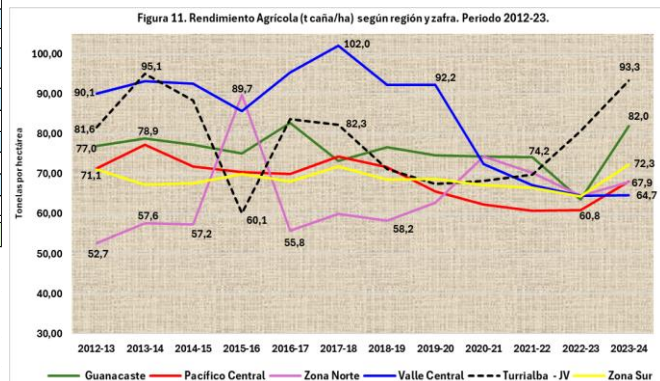
Fuente: Chaves (2019f, 2021b, 2022b).

Cálculo: Estimado por el autor con base en el Área cosechada (has) y la Caña Procesada (toneladas), Cuadros 5 y 6.

Nota: La estimación ubió, ajustó, incorporó y aplicó en el cálculo, la caña trasladada en el lugar donde fue realmente producida. Por ello, Zona Norte, Valle Central y Turrialba vieron intervenida la cantidad de caña estimada (t), fuera aumentándola o reduciéndola.

\* El promedio **Calculado** se estimó según lo indicado por LAICA-DIECA. El promedio **Reportado** corresponde a lo anotado y estimado en el Cuadro 1. El comparador coteja ambos criterios los cuales no muestran ninguna diferencia importante.

\*\* La diferencia es la relación establecida entre ambos promedios.



## G.) Productividad agroindustrial

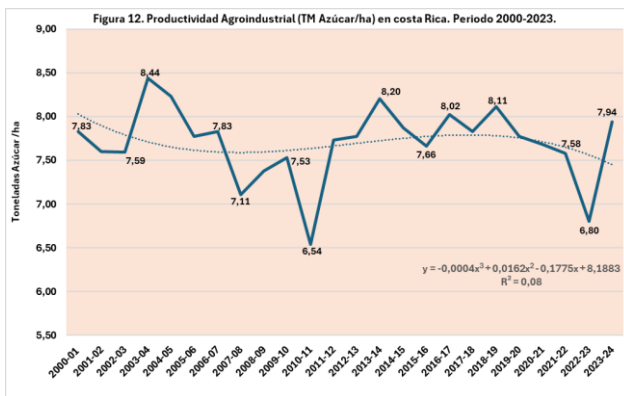
El ojo empresarial ubica este indicador como posiblemente el más revelador del resultado integral de toda la gestión comercial, administrativa y productiva emprendida durante la zafra, pues será en última instancia el factor que integra en una misma unidad la cantidad de azúcar fabricada (TM) por unidad de área (ha). La cantidad de azúcar fabricada por unidad de área dada en TM se obtiene de dividir las TM de azúcar fabricadas entre el área (en hectáreas) cosechada, como se indica en los Cuadros 5 y 7, respectivamente. En realidad, este indicador relaciona e integra en uno solo, la cantidad (TM) de caña cosechada en el campo y

molida en el Ingenio, la sacarosa contenida y extraída en la misma en la fábrica (kg/tc) con el área efectivamente cosechada (has), dando lugar a un indicador integrado considerado por esa razón de carácter agroindustrial; ahí su denominación.

Como se proclamó en el Punto D anterior aquí se arrastran y suman las ventajas, pero también los problemas y afectaciones observadas y acaecidas independientemente en esos tres índices particulares de producción, que como se demostró, son individualmente muy variables, disimiles y cambiantes aun en el corto-mediano plazo (Figura 1). Esa condición como se aprecia en la Figura 12 y aplica para el caso nacional fluctuó

significativamente durante las últimas 24 zafras del periodo 2000-2023, variando como promedio anual entre 6,54 y 8,44 toneladas de azúcar por hectárea, para una amplitud de 1,90 toneladas equivalente al 29% que es muy significativa.

El Rendimiento Agroindustrial observa tres zafras con declinación extrema en su grado de eficiencia como fueron los periodos 2007-08 (7,11 t/ha), 2010-11 como el más grave con 6,54 t/ha y una zafra más reciente 2022-23 con un rendimiento nacional promedio de 6,80 t de azúcar/ha. En la última zafra 2023-24 se observó una importante recuperación del rendimiento hasta 7,94 t de azúcar/ha. Es definitivo que no puede establecerse ni proyectarse una tendencia nacional consistente para este indicador, como lo ratifica la ecuación polinómica de tercer grado cuyo ajuste fue muy bajo, apenas del 8% como resultado de lo cambiante e inestable del largo periodo de 24 años evaluado. Puede asegurarse y ratificarse a partir de ese resultado lo ya conocido respecto a que *“Cada zafra es diferente”*.



En el Cuadro 10 se presenta una importante e interesante información de carácter inédito pues nunca se había estimado y expuesto de manera desagregada por región productora, siendo por ello esta la primera vez. A continuación, se plantean algunos comentarios sobre esta variable agroindustrial para el periodo 2012-2023:

- 1) Las diferencias entre regiones azucareras y entre zafras aun para una misma localidad es alta, evidenciando la inestabilidad y condición cambiante de sus variables originarias, como son: azúcar fabricada, caña procesada, sacarosa contenida y extraída y área cosechada.

- 2) Como eficiencia promedio los mejores rendimientos en azúcar fueron: Valle Central con 9,37 toneladas de azúcar/ha, Zona Sur con 8,37 t, Turrialba-JV con 8,26 t, Guanacaste con 8,09 t, Pacífico Central con 6,65 t y la Zona Norte con un índice de apenas 6,22 t/ha. El promedio nacional del periodo se situó en 7,79 toneladas/ha considerado bajo.
- 3) Una valoración genérica revela que el mejor Rendimiento Agroindustrial se logró en Turrialba-JV en la zafra 2013-14 con un índice de 10,97 t de azúcar/ha; en tanto que el más bajo lo mostró la Zona Norte en el periodo 2012-13 con un valor de 5,20 t/ha, para una diferencia entre ambas de 5,77 toneladas equivalente al 111% lo que dimensiona la magnitud de la diferencia. La media debería nacional debería ser por razones de competitividad mayor a 8,5 t.
- 4) La última zafra 2023-24 muestra un aumento variable en magnitud en todas las seis regiones productoras de caña, excepto en el Valle Central donde hay una ligera disminución de -1,5% (Figura 13).
- 5) El caso de la Zona Sur es muy interesante de comentar pues teniendo, sin objeción ni discusión las mejores concentraciones de sacarosa del país en su materia prima (Cuadro 8), sus índices de Rendimiento Industrial no son sin embargo los mejores, lo cual es debido a los bajos Rendimientos Agrícolas del lugar (Cuadro 9). Es por ello todo un reto procurar elevarlos para traducir la mejora en la obtención de más azúcar comercial/ha.
- 6) Siendo el Valle Central la región que potencialmente mejores condiciones ha demostrado tener para producir caña con eficiencia y concentrar azúcar en forma natural, es triste ver como esa condición es desaprovechada cayendo luego del 2020 a niveles de Productividad Agroindustrial muy bajos como lo muestran y evidencian el Cuadro 10 y la Figura 13. La región a perdido su ventaja natural.
- 7) Basados en la experiencia y el antecedente nacional pueden clasificarse y ubicarse para el periodo 2012-23 las regiones con base en su índice de Productividad Agroindustrial, como sigue: Alta productividad: Ninguna cumple ni satisface esa condición; Mediana productividad: Valle Central con una media de 9,37 t azúcar/ha; Productividad aceptable: Zona Sur, Turrialba-



JV y Guanacaste con una media de 8,24 t/ha y Baja productividad: Pacífico Central y Zona Norte con un promedio de 6,43 t/ha.

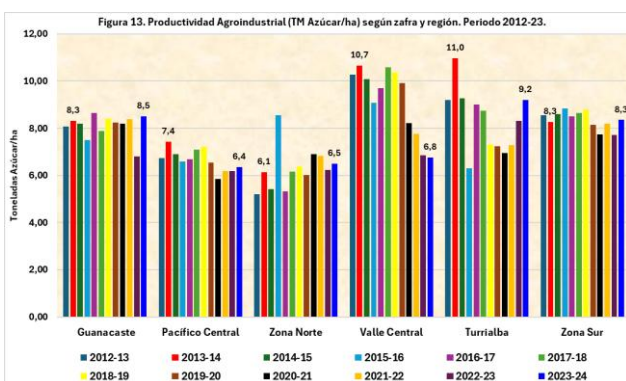
puede ser importante para el empresario agricultor (Chaves, 2008, 2023d; Chaves y Bermúdez, 1999b). La Melaza forma parte hoy día parte del negocio azucarero.

Cuadro 10. Productividad Agroindustrial (TM Azúcar/ha) en Costa Rica según zafra y región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba	Zona Sur	Promedio
	E	D	C	B	A	F	
2012-13	8,07	6,74	5,20	10,28	9,19	8,55	7,77
2013-14	8,32	7,43	6,14	10,66	10,97	8,27	8,20
2014-15	8,18	6,89	5,42	10,09	9,26	8,61	7,87
2015-16	7,51	6,59	8,55	9,07	6,31	8,85	7,66
2016-17	8,66	6,69	5,31	9,69	9,02	8,50	8,02
2017-18	7,88	7,09	6,16	10,58	8,74	8,64	7,83
2018-19	8,40	7,22	6,37	10,37	7,31	8,78	8,11
2019-20	8,24	6,54	6,02	9,90	7,24	8,15	7,77
2020-21	8,20	5,85	6,89	8,22	6,95	7,74	7,68
2021-22	8,38	6,18	6,82	7,75	7,29	8,19	7,82
2022-23	6,80	6,17	6,24	6,86	8,30	7,72	6,80
2023-24	8,51	6,35	6,50	6,76	9,20	8,35	7,94
Promedio	8,09	6,65	6,22	9,37	8,25	8,37	7,79

Fuente: LAICA (2024); Chaves (2018a, 2019f, 2021b); Chaves y Bermúdez (2020).

\* Es el producto de relacionar el Azúcar Fabricado (TM) con el Área efectivamente Cosechada (ha), según Cuadros 5 y 7.



La composición de las melazas es muy heterogénea pudiendo variar considerablemente en función de la variedad de caña de azúcar sembrada, las condiciones del suelo, el clima predominante, la naturaleza del ciclo vegetativo, el período de cosecha y estado de maduración de la plantación; también de la eficiencia de la operación de la fábrica, el sistema de ebullición del azúcar, el tipo y capacidad de los evaporadores empleados, entre otros. La melaza de caña se caracteriza por tener grados Brix o sólidos disueltos de 70% en promedio y un pH de 5,0-6,1%.

Los principales azúcares presentes en la melaza son la sacarosa (60% - 63% en peso), glucosa, dextrosa (6% - 9% en peso) o 3.500 cal/g, fructosa o levulosa 5% - 10% en peso. Asimismo, entre los denominados No azúcares, indica la literatura, que hay presencia en un 33% de sustancias inorgánicas ( $Fe_3^+$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $Zn^{2+}$ ,  $As_3^+$ ,  $Cd^{2+}$ ,  $Hg^+$ ,  $Pb^+$  y  $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) donde el 42% corresponde a sustancias nitrogenadas (aminoácidos, péptidos, colorantes); y el 25% restante a sustancias orgánicas libres de nitrógeno (ácidos carboxílicos, alcoholes, fenoles, ésteres, vitaminas, gomas y dextranos).

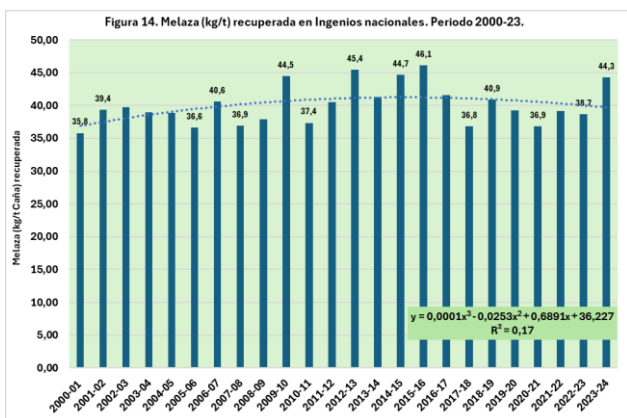
El proceso fabril de evaporación y cristalización suele repetirse varias veces hasta lograr alcanzar el punto en el cual el azúcar invertido y la alta viscosidad de las melazas ya no permitirán una cristalización adicional de la sacarosa contenida que sea rentable.

La Figura 14 presenta la tendencia seguida por los rendimientos en melaza observados durante el periodo de 12 zafras consecutivas 2012-2023, la cual es al igual que las otras variables analizadas de baja consistencia y estabilidad en sus valores, los cuales están dados por los kilogramos de miel recuperada en una tonelada de caña procesada (kg/t caña molida). El promedio nacional de las últimas 24 zafras es de 40,1 kg/t de caña (Cuadro 1) y el de las últimas 12 zafras de 41,5 kg (Cuadro 11), muy similares. Son asimismo notorias y evidentes las bajas recuperaciones de melaza ocurridas en los periodos 2005-06 (36,6 kg), 2007-08 (36,9 kg), 2017-18 (36,8 kg) y 2020-21 (36,9 kg); y en contrario, las altas extracciones verificadas en las zafras 2012-13 con 45,4 kg y 2015-16 con 46,1 kg/t. La última zafra evidenció un valor promedio nacional de 44,3 kg/t de caña.

## H.) Miel final recuperada

La Miel Final o también denominada Melaza constituye un residuo/derivado obligado del proceso de extracción y fabricación del azúcar en el Ingenio, motivo por el cual se dice que "es el residuo de la cristalización final del azúcar". Algunos en consideración a su valor comercial lo califican como un subproducto. El derivado ha adquirido un interesante valor utilitario que le genera e incorpora intrínsecamente valor económico, que al agregar valor se maximiza como un ingreso que

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2



Al desagregar y regionalizar la información se aprecian variaciones muy significativas entre zafras y localidades productoras, lo que denota y demuestra la inestabilidad y fluctuación de la variable, lo que conduce a provocar la alta variación observada en el Cuadro 11; a partir de lo cual puede inferirse lo siguiente:

- 1) Es definitivo que cada región cañera mantiene un comportamiento muy diferente para esta variable.
- 2) Una valoración por periodo de zafra consigna las mayores recuperaciones de miel final en las zafras 2016-17 con una media nacional de 46,1 kg/t, el periodo 2013-14 con 45,4 kg, el 2015-16 con 44,7 kg y la zafra 2023-24 con 44,3 kg.
- 3) Los márgenes de variación entre valor máximo-mínimo de melaza recuperada son importantes de conocer por su magnitud en algunas regiones (Cuadro 11 y Figura 15), como acontece en el Valle Central al mostrar un rango de 15,6 kg/t, seguido por Puntarenas con 14,9 kg, Guanacaste con una amplitud de 14,3 kg, Turrialba-JV

(12,4 kg), Zona Sur (11,0 kg) y la Zona Norte como la de menor variación con 7,8 kg/t.

- 4) En valor nominal los promedios de recuperación de la miel final en las últimas 12 zafras son: Puntarenas (43,70 kg/t), Guanacaste (42,6 kg), Valle Central (42,5 kg), Zona Sur (40,7 kg), Turrialba-JV (35,5 kg) y Zona Norte con 34,8 kg/t.
- 5) El contenido extraído de miel más bajo se observó en la zafra 2014-15 en la región de Turrialba-JV con apenas 29,5 kg y el más alto en Puntarenas en el periodo 2015-16 con 54,0 kg/t.
- 6) La última zafra 2023-24 mostró valores record de melaza en Valle Central (53,0 kg), Zona Sur (47,3 kg) y Turrialba-JV (42,8 kg).
- 7) La presencia de un alto contenido de melaza revela que la concentración de azúcares totales (Brix) contenidos en la planta era posiblemente alta, pero estos no llegaron a cristalizar en Sacarosa generando por ello una baja Pureza; lo cual podría deberse a problemas de clima e inmadurez de la planta, como más importantes. Lo de alto/bajo es relativo y proporcional en cada región, nunca absoluto.
- 8) Lo ideal y deseado en torno a este tema es tener una alta concentración de azúcares totales (Brix) en la planta con una alta cristalización y recuperación de Sacarosa (alta Pureza); pues el objetivo final del negocio cañero no es la obtención de melaza sino de azúcar y ambas pueden ser contrarias.
- 9) La eficiencia de extracción y recuperación de miel final está directamente ligada con la capacidad y eficiencia de proceso de la fábrica, motivo por el cual varía entre Ingenios.

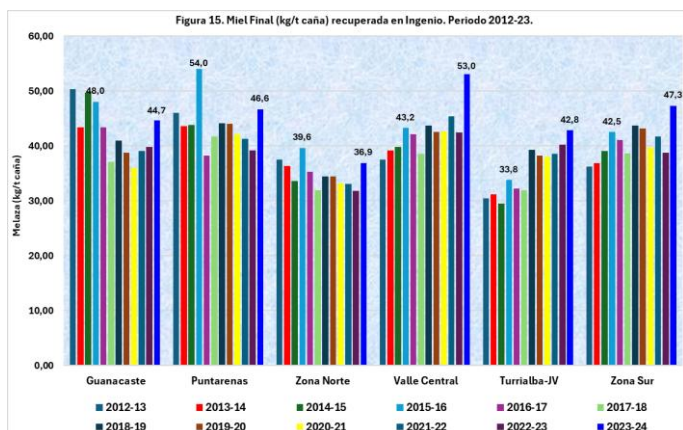
**Cuadro 11. Rendimiento de Melaza recuperada por Ingenio y región productora (kg/caña). Periodo 2012-2023 (12 Zafras).**

Ingenio	Zona	Total de Miel Final (kg/t) según Zafra												Promedio
		2012-13	2013-14	2014-15	2015-16	2016-17	2017-18	2018-19	2019-20	2020-21	2021-22	2022-23	2023-24	
Guanacaste	E	50,27	43,36	49,65	48,04	43,39	37,01	40,92	38,75	36,00	39,05	39,80	44,68	42,58
Puntarenas	D	46,01	43,55	43,77	54,01	38,24	41,65	44,08	43,96	42,15	41,24	39,12	46,63	43,70
Zona Norte	C	37,50	36,33	33,58	39,61	35,23	31,85	34,46	34,42	33,19	33,02	31,77	36,87	34,82
Valle Central	B	37,46	39,13	39,74	43,24	42,09	38,55	43,65	42,55	42,66	45,32	42,43	53,02	42,49
Turrialba-JV	A	30,41	31,18	29,52	33,75	32,16	31,90	39,24	38,16	38,03	38,49	40,16	42,80	35,48
Zona Sur	F	36,23	36,84	39,09	42,50	41,04	38,60	43,70	43,14	39,65	41,67	38,69	47,25	40,70
<b>Total General</b>		<b>40,53</b>	<b>45,42</b>	<b>41,28</b>	<b>44,66</b>	<b>46,14</b>	<b>41,59</b>	<b>40,92</b>	<b>38,75</b>	<b>36,00</b>	<b>39,05</b>	<b>38,80</b>	<b>44,28</b>	<b>41,45</b>

Fuente: LAICA (2024); Chaves (2019f, 2021f).

\* Considera solo las Zafras efectivamente realizadas.

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2



### I.) Relación Caña/Azúcar

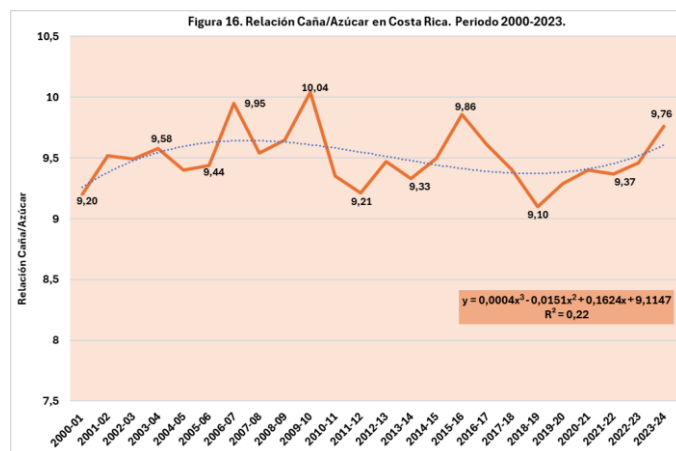
Procurando identificar y emplear nuevos indicadores numéricos que permitan valorar, juzgar y calificar con buena aproximación de manera integral y sencilla la calidad de la materia prima procesada por los Ingenios nacionales, se presenta la denominada Relación Caña/Azúcar, cuyo índice es capaz de satisfacer parcialmente ese objetivo como lo apuntara Chaves (1984, 1999i, 2019f). La define al menos en su riqueza en sacarosa.

Dicha relación vincula (divide) la cantidad de caña procesada contra la cantidad de azúcar fabricada en el Ingenio, dadas ambas en toneladas métricas, lo que la transforma en adimensional. El resultado aritmético y técnico de esa ecuación revela por su fondo **“la cantidad de caña que fue necesario moler para fabricar una tonelada de azúcar en el Ingenio”**. La relación se torna baja, que es lo deseable y procurado, si la caña requerida para fabricación es poca, lo que demuestra que la misma es rica en sacarosa. Por el contrario, una relación alta indica que es necesario moler más caña para obtener la misma unidad de azúcar comercial, por cuanto su riqueza en sacarosa es limitada. Movilizar más o menos caña implica obligadamente tener que cortar, cargar, transportar y procesar materia prima lo que adquiere un gasto variable que impacta los costos generales y con ello la rentabilidad final. Por esta razón, la relación tiene alcances financieros fáciles de percibir.

Los datos del Cuadro 16 muestran una variación importante e inconsistente en los cocientes de la relación aritmética estimada, evidenciando cambios bruscos y muy fluctuantes en el tiempo, con valores altos en las zafras 2007-08 cuya relación promedio

nacional fue de 9,95; seguida por la zafra 2009-10 con un índice de 10,04, el periodo 2015-16 con 9,86 y la última zafra 2023-24 con 9,76 como demostración de una pérdida de calidad en la materia prima producida y procesada en el país. El promedio de ese largo periodo de 24 zafras fue de 9,51 lo que indica que fue necesario moler 9,51 toneladas de caña para fabricar una tonelada de azúcar comercial.

Hubo sin embargo zafras con relaciones muy favorables como aconteció en el periodo 2000-01 con un índice de 9,20, la zafra 2011-12 con 9,21 y la zafra 2018-19 con 9,10 toneladas. póngale valor a cada TM y verá la diferencia.



La Figura 17 y el Cuadro 12 ubican y contextualizan geográficamente los cocientes de la relación demostrando el origen de las fluctuaciones, haciendo notar lo siguiente:

- 1) Por su origen, naturaleza y composición este indicador recoge e integra en uno solo todos los problemas, obstáculos y limitantes del campo y la fábrica; como también los elementos favorables y potenciadores de mejora que pudieran haberse presentado durante una zafra en una región o Ingenio.
- 2) En el periodo de 12 zafras 2012-2023 se alcanzaron valores extremos mínimo-máximo en la relación en el ámbito de 7,80 y 10,79 para un rango de 2,99 toneladas evidenciando las diferencias de calidad de la caña procesada. Tener que moler tres toneladas más de caña es financieramente muy significativo.
- 3) El índice más alto de la relación durante el periodo se observó en la zafra 2023-24 en la Zona Norte con 10,73

y el más bajo en la Zona Sur con 7,80 en la zafra 2018-19, para una diferencia del 37,6% (2,92 t).

- 4) Por eficiencia las regiones se ubican con promedios para las últimas 12 zafras como sigue: Zona Sur (8,21), Valle Central (9,19), Guanacaste (9,37), Turrialba-JV (9,47), Zona Norte (10,18) y Puntarenas (10,34); con un promedio nacional de 9,44 considerado muy alto.
- 5) La relación no mostró valores buenos en la última zafra 2023-24 ratificando la pérdida de riqueza en sacarosa de

la caña producida y procesada en el país en ese periodo particular.

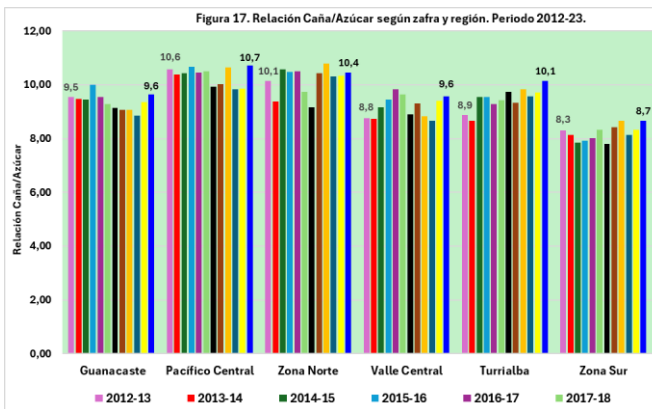
- 6) Caso se vincule y coteje la concentración y riqueza en sacarosa de la materia prima procesada (Cuadro 8) se encuentra un paralelismo en el comportamiento del indicador por las razones ya explicadas.
- 7) Por su naturaleza este indicador puede interpretarse desde una perspectiva económica dándole valor.

**Cuadro 12. Relación Caña/Azúcar en Costa Rica según zafra y región productora. Periodo 2012-2023 (12 Zafras).**

Zafra	Guanacaste	Pacífico Central	Zona Norte	Valle Central	Turrialba	Zona Sur	Total
	E	D	C	B	A	F	
2012-13	9,54	10,58	10,13	8,76	8,87	8,31	9,47
2013-14	9,48	10,39	9,39	8,74	8,67	8,13	9,33
2014-15	9,45	10,42	10,57	9,17	9,54	7,85	9,50
2015-16	10,01	10,68	10,49	9,45	9,54	7,91	9,86
2016-17	9,55	10,45	10,50	9,83	9,29	8,00	9,61
2017-18	9,29	10,49	9,73	9,64	9,41	8,32	9,40
2018-19	9,13	9,93	9,15	8,90	9,74	7,80	9,10
2019-20	9,06	10,02	10,42	9,31	9,33	8,42	9,29
2020-21	9,08	10,64	10,79	8,82	9,83	8,67	9,40
2021-22	8,85	9,83	10,30	8,65	9,57	8,13	9,09
2022-23	9,35	9,85	10,32	9,39	9,72	8,33	9,46
2023-24	9,64	10,73	10,44	9,56	10,14	8,66	9,76
Promedio	9,37	10,34	10,18	9,19	9,47	8,21	9,44

Fuente: LAICA (2024); Chaves (2019f, 2021a).

Nota: Revela la cantidad de caña (TM) que es necesario moler en el Ingenio para fabricar 1 TM de azúcar (96° Pol).



**Cuadro 13. Factores mesurables reveladores e indicadores de eficiencia en el manejo y procesamiento de una plantación comercial de caña de azúcar.**

N°	CAMPO	FÁBRICA
1	Labores, equipos y tiempos empleados en preparación del suelo	Días calendario de molienda
2	Densidad de semilla (TM) empleada en la siembra	Días efectivos de molienda
3	Germínación de la semilla en porcentaje	Molienda promedio TM/día
4	Grado de ahijamiento de la plantación recién sembrada	% Tiempo perdido % Tiempo Total
5	Grado de retoñamiento en ciclo soca	% Tiempo perdido % Tiempo Efectivo
6	Número de tallos industrializables desarrollados por metro lineal	Calidad integral de la materia prima recida para molienda
7	Enmiendas aplicadas en fuente, cantidad, época y forma	Rendimiento industrial de la materia prima (kg Sacarosa/caña)
8	Fertilizantes aplicados en fuente, dosis, época y forma	Permanencia de la caña en patio desde recibo a molienda
9	Conversión de fertilizantes en toneladas de caña	Caña perdida en patio (TM y %)
10	Comportamiento del Carbono Orgánico del Suelo (COS) en el tiempo	Agua invertida en el proceso fabril
11	Agroquímicos aplicados en tipo, fuente, dosis, época y forma	Calidad % de jugos en Brix, Pol Jugo, Pol en Caña, Fibra en Caña, Pureza
12	Porcentaje de control de malezas	Grado de inhibición de bagazo en proceso
13	Carga Química Activa incorporada (kg/ha)	Toneladas de azúcar fabricada por hectárea (Rendimiento Agroindustrial)
14	Fitosanidad integral de la plantación	Miel final o melaza recuperada por TM de caña molida
15	Pérdidas por razones fitosanitarias (ratas, plagas, enfermedades, etc.)	Cantidad (TM) de bagazo obtenido y procesado en calderas
16	Prácticas de conservación de suelos incorporadas	Cantidad de bagazo residual
17	Uso de riego en cantidad, época, forma y periodicidad	Cantidad (TM) de cachaza o torta de filtro obtenida
18	Porcentaje de floración y encorchamiento	Litros de agua utilizada por tonelada de caña procesada
19	Porcentaje de despaje de la plantación	Eficiencia energética en proceso de fabricación
20	Corta y carga manual y mecánica estimada por hora y hectárea	Pérdidas de sacarosa en bagazo, cachaza, melaza e indeterminadas
21	Calidad del corte (bajo-alto) de la caña en la cosecha	Tiempo transcurrido (Hr) entre molienda y salida final de producto azúcar
22	Cantidad de caña perdida durante transporte al Ingenio	Costo por tonelada de caña procesada
23	Cantidad (TM) de Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) en campo	Costo por azúcar fabricada (TM-kg)
24	Caña con potencial industrializable dejada en campo	
25	Horas máquina y horas hombre invertidas por hectárea	
26	Tiempo transcurrido (Hr) entre quema, corta y molienda	
27	Toneladas de caña cosechadas por hectárea	
28	Relación Caña/Azúcar	
29	Costo total de producción de una hectárea de caña	
30	Costo unitario por tonelada de caña y azúcar y kilogramo de azúcar	

Fuente: Elaborado por el autor

### J.) Otros indicadores

Como fuera oportunamente comentado existe otra buena cantidad de indicadores de naturaleza biótica y abiótica que pueden establecerse para dictaminar, juzgar y calificar con buen criterio y aceptable aproximación el grado de eficiencia y eficacia de una determinada agroindustria, empresa azucarera, unidad productiva y actividad o labor desarrollada. En el Cuadro 13 se identifican y exponen algunos de ellos organizados por su condición de origen al ser generados en el campo o en el proceso fabril.

Se identificaron un total de 53 indicadores siendo 30 (56,6%) elementos de campo y 23 (43,4%) de fábrica con posibilidad de ser medidos y/o estimados mediante el diseño, establecimiento y operación de un patrón apropiado y representativo de indicadores para cada variable en particular. Es definitivamente en el campo donde hay posibilidad de fijar más unidades de medición con potencial de dictaminar comportamientos, efectos e impactos, lo cual implica sin embargo tiempo y recursos. El trabajo en esta materia debe ser creativo, protocolario y ajustado estrictamente a las necesidades y posibilidades de la empresa de poder recabarlos, pues tampoco vale medir por medir sin un fin y destino utilitario. La calidad de las mediciones es determinante y definitoria de su representatividad y valor de uso.

#### Rentabilidad y competitividad

Como fue ampliamente comentado y demostrado por Chaves (2024bc) la rentabilidad y por ende la competitividad agroempresarial de cualquier empresa cañera o Ingenio azucarero empiezan por lograr alcanzar, imponer y sostener en el tiempo los mejores índices de productividad y rendimiento en todas las variables que de manera directa o indirecta intervienen en su definición; esto obviamente operado bajo estructuras de costos razonables y financieramente viables y factibles. Una inversión sin retorno es improcedente.

Los costos involucrados son incuestionablemente determinantes pues en materia de inversión en tecnología productiva podrían lograrse grandes cosas, incurriendo sin embargo en gastos onerosos salidos de contexto y realidad que establecen una relación antieconómica y de cuestionable retribución y necesidad real desde la perspectiva técnico-financiera. Muchos ejemplos pueden colocarse en este acápite, como son entre otros:

adquisición de equipos mecánicos de alta potencia y capacidad, cosechadoras mecánicas y equipos de transporte, sistemas de riego muy sofisticados, uso descontextualizado de agroquímicos, adquisición de equipos de apoyo como drones, incorporación de biotecnología y robótica de alta gama asociada con la agricultura de precisión.

Para evitar confusión y malas interpretaciones a la aseveración anterior, lo dicho no implica en absoluto que no puedan ni deban emplearse las tecnologías indicadas, lo cual debe sin embargo como se indicó, ajustarse estrictamente al contexto real de la unidad agroproductiva donde serán empleados, lo que puede verse cuestionado por circunstancias como son: ubicarse en una zona de fuertes y constantes impactos climáticos, disponer de una finca muy pequeña, contar con terrenos infértiles y degradados con potencial mecanizable muy limitado, carecer de fuentes acuíferas para riego, producir caña en una localidad cuyos antecedentes y condiciones no son los mejores. Algunas tecnologías deben implementarse cuando las limitantes básicas ya han sido superadas, pues de lo contrario poco aporte y solución brindarán a la pretensión de mejora; por ejemplo, si no se tienen variedades recomendadas, terrenos apropiados, potencial real de mejora y un manejo integral óptimo de la plantación, entre otros, cualquier gasto extraordinario solo vendrá a incrementar la deuda.

Como apuntara Chaves (2020I) con sentido realista en torno al tema *“La agroindustria azucarera costarricense debe enfocar y concentrar con carácter prioritario e imperativo, todos sus recursos y esfuerzos técnicos e institucionales para procurar restituir e incrementar la actividad biológica, la fertilidad natural y la condición agro-productiva de los suelos cultivados con caña de azúcar. Está comprobado que el uso comercial continuo e intensivo, la sobreexplotación, el uso de prácticas de manejo inconvenientes, el desbalance y desequilibrio entre lo que sale y retorna al sistema suelo-planta, han conducido a generar y establecer un estado preocupante e inconveniente de infertilidad, que obliga a utilizar medios e insumos complementarios y suplementarios para procurar su acondicionamiento, los cuales además de incrementar significativamente los costos implicados, no logran mantener niveles de productividad satisfactorios y sostenibles. Caso no se atienda y supere esta limitante, muy difícil resultara pretender incrementar y sostener los índices de*

*rendimiento y productividad agroindustrial en niveles competitivos, esa es la realidad.”*

Cualquier inversión en tecnología que se pretenda realizar debe contar insoslayablemente con una valoración previa, seria y objetiva en todos los enfoques que responda de manera favorable varias inquietudes que deben razonablemente considerarse, como son ¿Qué es realmente lo que requiero y ocupo para operar en mi condición particular? ¿Es el contexto y el ambiente agroproductivo dónde opero y me desarrollo el mejor para invertir? ¿Cuál será el grado de retorno productivo y financiero de esas inversiones? ¿Es sostenible en el tiempo la inversión pretendida? y lo más importante y trascendente ¿Puedo cubrir con solvencia la inversión por realizar?

Con fundamento en lo anterior queda claro que **pretender ser competitivo no es una moda, sino un objetivo y una meta que debe procurar alcanzarse con convicción fundada en la prudencia, la sensatez y la razonabilidad plasmada en todas las acciones que en esa orientación se desarrollen.**

#### En tecnología ¿Dónde estamos? ¿Qué hemos logrado?

El cuestionamiento aquí planteado es realmente inquietante, algo subjetivo y la verdad difícil de responder sin incorporar condicionamientos obligados considerando la enorme y demostrada heterogeneidad y variabilidad observada en prácticamente todas las variables que por antecedente tipifican y caracterizan al sector cañero-azucarero costarricense, tanto agrícolas como industriales, como fue debida y suficientemente confirmado en los *items* anteriormente analizados.

En otros estudios sobre el mismo tópico se ha procurado abordar el tema de las limitantes, obstáculos y problemas que sufren el agricultor y el empresario cañero en su gestión productiva, las cuales como apunta Chaves (2021c, 2022efg, 2023cef, 2024bc) que conceptúa y califica más bien como desafíos, luchas y retos, son muy variadas y de diferente naturaleza al tener elementos de índole biótico y abiótico contenidos en las áreas de jurisdicción afines, como son: *climática, edáfica, hídrica, biológica y de manejo agronómico de plantaciones; así como también las vinculadas con infraestructura, los servicios técnicos y públicos, económicos, comerciales y los relacionados con maquinaria y equipos, entre otros.* Ese autor identificó y enumeró un total de 141 asuntos potencialmente vinculados (Chaves, 2024b).

Responder ¿Dónde estamos? y ¿Qué hemos logrado? en el campo tecnológico obliga imperativa e insoslayablemente para ser consecuentes y medianamente objetivos, tener que discrecionalmente realizar una profunda valoración independiente para cada una de las regiones productoras de caña destinada a la fabricación de azúcar en el país. Esa interpretación geográfica proyectada luego de manera equitativa y ponderada respecto a la relevancia y peso relativo que cada localidad representa en el país en términos de caña procesada y azúcar fabricada (TM), puede generar un resultado más representativo, justo y veraz a la consulta planteada. Más aún, para lograr una mayor representatividad la valoración debería incluir por separado la situación tecnológica actual del productor independiente y el concerniente a las 10 unidades fabriles que operan en la actualidad.

Conscientes de que pretender realizar una valoración aceptable de esa dimensión y complejidad implica necesariamente diseñar y desarrollar sin objeción un estudio específico de casos, lo que no forma parte del objetivo central de este artículo. Se adjunta sin embargo como material y propuesta de trabajo por mejorar, una opinión personal calificada para cada región productora, empleando 27 indicadores considerados importantes y representativos para juzgar con buen criterio técnico la condición tecnológica prevaleciente, y también la potencialmente esperable encontrar virtud del contexto agroproductivo en que se ubican y desarrollan las plantaciones de caña de azúcar. Como se comprenderá existen relatividades en cada índice y variable propuesta, con márgenes de variación amplios en muchos casos, sobre todo en los de mayor sensibilidad, razón por la cual no pueden tomarse como absolutos para una región.

¿Dónde estamos? y ¿Qué hemos logrado? Puede responderse sin temor que en una posición satisfactoria pero no suficiente para participar con solvencia en los competitivos mercados mundiales, pues temas álgidos como productividad agrícola e industrial, costos unitarios, calidad y cantidad operan no siempre a nuestro favor. Existen muchas diferencias internas entre regiones y unidades fabriles en esas materias que deben armonizarse y estabilizarse para unificar un producto comercial común muy competitivo, donde los más competitivos no cubran las limitantes de otros. La inversión en tecnología viene a resolver mucho de este problema, aunque no las limitaciones ya anotadas sobre todo en el campo ambiental. Se ha logrado mucho pues en

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

materia organizacional y de gobernanza se cuenta con una institucionalidad consolidada que permite operar proyectos de mejora. En lo técnico ya se explicó suficientemente (Chaves, 2024c) que no basta con disponer de una buena tecnología si los

demás elementos (crédito, interés, rentabilidad, expectativa futura) no están armonizados para su adopción e implementación, como ocurre actualmente en el país.

**Cuadro 14. Aptitud y disposición regional a presentar problemas y limitantes a la producción competitiva.**

Limitante/obstáculo	Guanacaste	Puntarenas	Zona Norte	Valle Central	Turrialba-JV	Zona Sur
Tierras para desplazamiento	L	L	A	L	A	L
Tenencia de la tierra	B	B	M	A	M	A
Lluvias	M	M	A	M	A	M
Temperaturas	L	L	L	O	O	O
Viento	A	M	B	B	B	B
Degradación de suelos	A	A	A	M	A	A
Infertilidad de suelos	M	A	A	B	M	A
Recurso hídrico accesible	M	A	A	M	A	B
Potencial/inundación	A	A	B	B	B	B
Potencial/sequía	A	A	B	B	B	B
Potencial impactos climáticos	A	A	M	B	M	B
Potencial mecanizable	A	A	A	M	M	M
Fitosanidad de plantaciones	M	M	M	M	M	M
Variedades para siembra	M	M	M	O	M	O
Calidad integral de la semilla empleada	A	B	M	A	M	A
Disponibilidad de mano de obra	B	B	B	B	B	B
Problemas de cosecha	M	M	A	A	A	A
Calidad integral de la materia prima	M	B	B	A	M	M
Potencial de Productividad Agrícola	A	B	A	A	A	M
Potencial de concentración Sacarosa	M	B	B	A	A	A
Potencial Rendimiento Agroindustrial	A	B	B	A	A	M
Dispone de asistencia técnica	A	A	A	A	A	A
Uso de tecnología	A	M	M	M	M	M
Desarrolla programas de investigación	A	A	A	A	A	A
Inversión en tecnológica	A	M	M	M	M	M
Crédito accesible	A	B	B	B	B	B
Capital de trabajo	A	A	M	B	M	M

**Fuente:** Formulado con opinión exclusiva del autor considerando generalidades y no especificidades ni particularidades.

**Calificación:** Alta (A), Baja (B), Media (M), Limitante (L), Óptimo (O), Relativa (R).

### ¿Qué esperar a futuro? ¿Hacia dónde transitamos?

Si pretender saber en dónde estamos situados actualmente en materia de avance tecnológico es difícil y hasta temerario de estimar, el intentar proyectar que nos espera del futuro y hacia donde transitamos proyectados a partir de lo que tenemos hoy resulta aún más aventurado y hasta precipitado, casi propio para resolver por un pitoniso, un gurú o un visor del futuro. Sin embargo, el ejercicio con todos los sesgos, fluctuaciones e incertidumbre lógica e implícita que pueda generar por pretender conocer el futuro próximo siempre es posible

practicarlo, pues nadie está excepto ni limitado a soñar y especular sobre lo que desde su perspectiva personal y profesional cree pudiera acontecer. En el año 2002 Chaves practicó un ejercicio en esa orientación intitulado “*Futuro de la caña de azúcar en Costa Rica*”, con resultados no del todo satisfactorios como puede inferirse y comprobarse luego de transcurridos ya 23 años.

La certeza o incerteza del resultado proyectado se fundamenta en principio en tres elementos principales: 1) la naturaleza, sensibilidad y calidad de la o las variables involucradas y que

participan en la estimación, 2) el tiempo futuro proyectado, pues entre más prolongado mayor grado de error existirá y 3) el método o criterio empleado para llegar a estimaciones válidas con algún fundamento certero, evitando la falta de fundamento y justificación en las propuestas planteadas.

En todo esto es necesario y recomendable fijar elementos “condicionantes” que operen como un verdadero *ceteris paribus* al proceso de estimación, buscando fijar algunas variables que se estima por su solidez son poco variables, como pueden ser la estabilidad del sistema político vigente en el país, cambios razonables en la legislación, tendencias de cambio en el consumo alimentario con tránsito poco abrupto, nivel adquisitivo de la población muy similar al actual, vigencia del modelo nacional agroexportador, cambio climático poco agresivo respecto al ahora conocido, entre otros factores de los cuales nadie puede asegurar su estabilidad ni tampoco su cambio. Solo el tiempo, nadie más, demostrará si los sueños y proyecciones se hicieron realidad y las premisas de cambio aquí proyectadas se cumplieron (Foto 1).

Pese a esos imponderables y limitantes podría con alguna buena aproximación esperarse en un plazo de los próximos 15-20 años que pueda ocurrir lo siguiente:

- 1) Los cambios e impactos ambientales mantendrán siempre vigencia tornándose posiblemente más agresivos e intensos, lo que obliga a implementar medidas de control preventivo que mitiguen y atenúen sus efectos y consecuencias. El aporte a la mitigación de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y con ello al Cambio Climático deberá formar parte esencial de la agenda cañera como instrumento de comercialización (LAICA, 2022abc, Chaves, 2022cd).
- 2) La agroindustria cañero-azucarera posiblemente se comprimirá perdiendo espacio en la economía nacional ante el surgimiento de otras actividades más rentables y de mejor mercado.
- 3) La región baja del Pacífico Seco constituida por Guanacaste y Puntarenas llegará a concentrar entre el 85-90% de toda la producción nacional de caña cosechada y azúcar fabricada.
- 4) Es de esperar que queden vigentes y operativos solo 9 Ingenios con posibilidad a que sean apenas 8. Puede darse alguna fusión de empresas azucareras.
- 5) El Valle Central perderá vigencia en muy pocos años con posibilidades de quedar con un área apenas representativa, y como vestigio de lo que alguna vez por mérito propio fue.
- 6) Las áreas de cultivo operativas y funcionales estarán determinadas por elementos como potencial mecanizable, fertilidad de sus suelos y ubicación respecto a zonas urbanas, distancia (km) al Ingenio, entre otras.
- 7) Las variedades comerciales de caña empleadas serán mayoritariamente (80-85%) de origen y creación nacional, dejando espacio limitado a la importación e introducción de clones externos. La biotecnología desempeñará un papel relevante y la propiedad intelectual un costo poco accesible para adquirir este recurso en el exterior.
- 8) La disponibilidad de mano de obra calificada y suficiente se convertirá en muy pocos años en una sería limitante por superar.
- 9) La cosecha de plantaciones comerciales será mayoritariamente (≈90%) mecanizada en corte y alza.
- 10) La preparación de la plantación para cosecha prescindirá de la quema, por lo cual será realizada mayoritariamente en verde (cruda).
- 11) Es muy posible que en pocos años se llegue a prohibir el uso del fuego como recurso agrícola y con ello la práctica de quemar para cosechar, lo cual imposibilitará e inhabilitará algunas localidades al tornar la actividad productiva difícil y poco rentable.
- 12) La degradación sistemática de los suelos cañeros ya es una realidad, por lo que deberán adoptarse medidas para atenuar y estabilizar el proceso. La carbonificación del suelo mediante el uso de materia orgánica es una medida técnico-económica viable, factible y relativamente fácil de implementar.
- 13) El riego será un insumo obligado en la zona baja con época seca definida, lo que desarrollará y habilitará importante infraestructura para ese fin.
- 14) Se contará con agroquímicos más sofisticados, menos tóxicos y contaminantes y más eficientes de baja Carga Química Activa. Los bioinsumos y la fertilización verde cobrarán mucha importancia.
- 15) La nutrición del cultivo se racionalizará y efectuará mediante productos apropiados de lenta liberación, con uso de criterios de “aplicación variable y no fija”, nutrición integral incluyendo micronutrientes. Los bioinsumos tendrán gran espacio de uso.



- 16) El control de plagas se realizará mediante estrategias de control preventivo empleando además recursos biológicos y estrategias etológicas.
- 17) Las enfermedades más agresivas del cultivo se combatirán estrictamente con recursos genéticos mediante la liberación de variedades tolerantes. La presencia de plagas y enfermedades se debe tener claro, siempre estarán presentes impactando plantaciones pues forman parte del ecosistema.
- 18) El índice de productividad agrícola (toneladas de caña/ha) puede elevarse significativamente a promedios superiores a 82 toneladas en todas las regiones cañeras; con alguna limitación en Puntarenas y Zona Sur. Eso implica invertir en tecnología, infraestructura, profesionales calificados, investigación, asistencia técnica, equipos y maquinaria.
- 19) La concentración de sacarosa mantendrá posiblemente límites regionales (techo) difíciles de superar establecidos en rendimientos menores a 110 kg/tonelada de caña molida en la Zona Norte y el Pacífico Central; entre 110 y 120 kg/t en el Valle Central, Turrialba-JV y Guanacaste y superiores a 120 kg/t en la Zona Sur. Aún con el empleo de madurantes artificiales será difícil vencer lo que la naturaleza no da, aunque mucho se puede hacer al respecto por la vía genética y de manejo tecnificado de plantaciones.
- 20) El rendimiento agroindustrial nacional deberá elevarse a valores superiores a 8,5 toneladas de azúcar/ha para cualquier Ingenio y empresa azucarera que pretenda ser rentable y competitiva, ojalá por la vía menos onerosa del incremento de la sacarosa en la caña. Quién no satisfaga productividad y calidad simplemente quedará fuera del negocio.
- 21) La cantidad de Productores Independientes que entregan caña se reducirá severamente a grados poco representativos en sus entregas de materia prima (8-10%). La reducción será impactante en localidades como Pacífico Seco, Puntarenas, Valle Central y Turrialba. El efecto ya se nota y viene ocurriendo de manera dinámica y sistemática desde hace varios años, solo basta ver datos.
- 22) El pequeño productor de caña con entregas menores de 500 TM perderá espacio y la tendencia corre hacia su desaparición.
- 23) La productividad, la calidad y la rentabilidad serán los elementos que sin objeción determinarán la vigencia y permanencia de agricultores e Ingenios en la actividad; lo que implica atacar los costos y promocionar los ingresos.
- 24) Las economías de escala en una actividad de naturaleza extensiva en territorio e intensiva en actividad operativa como la cañero-azucarera resulta estratégica en la búsqueda de rentabilidad. Las grandes empresas impondrán este criterio para alcanzar su competitividad.
- 25) La ecoeficiencia, la eco-competitividad y el desarrollo sostenible tendrán un papel preponderante en la funcionalidad y operatividad del sector y la agricultura en general.
- 26) La responsabilidad social-empresarial tendrá igual relevancia para la sana coexistencia del cultivo y sus fábricas con las poblaciones y zonas urbanas aledañas.
- 27) La agricultura de precisión y la robótica tendrán gran espacio en todas las labores agroindustriales, desde el campo hasta la mesa.
- 28) El sector perderá la importante protección arancelaria (45%) que dispone hoy día y deberá competir en condiciones de libre comercio en los mercados nacional y global. La lucha por mantenerse no será fácil.
- 29) El comercio nacional del azúcar se moverá mediante pactos consignados en Tratados de Libre Comercio (TLC), Acuerdos Comerciales y próximamente por la Alianza del Pacífico (AP) y a través del Acuerdo Integral y Progresista de Asociación Transpacífico (CPTPP). Los bloques comerciales globales tendrán gran relevancia en el comercio mundial.
- 30) La industrialización e incorporación de valor agregado a los derivados y residuos agrícolas e industriales cobrará mucha importancia logrando que operen como verdaderos subproductos.
- 31) Los productos azucarados tendrán un importante y significativo mejoramiento integral en el área comercial (trazabilidad, calidad, marca, imagen, publicidad), como promoción para su adquisición.
- 32) El añejo concepto económico de inelasticidad del azúcar será superado y se tornará obsoleto, pasando su consumo por la valoración de su origen, de los gustos y preferencias del consumidor, razones alimentarias y dietéticas y de precios por su adquisición.
- 33) El consumo directo de azúcar y algunos productos azucarados se restringirá conduciendo el mercado a consumidores selectos y segmentados con productos

acordes con su expectativa personal. El azúcar orgánico cobrará relevancia.

- 34) El destino del producto nacional hacia la exportación tendrá relevancia debido a una sentida disminución en el consumo interno, en especial el directo y menos en el industrial.
- 35) En materia comercial la trazabilidad como ruta de origen, producción y transformación será determinante para su adquisición, permitiendo al consumidor demandante conocer ¿Quién lo produce? y ¿Cómo se produce?
- 36) La investigación mantendrá importancia y gran relevancia reorientándola a innovar y resolver asuntos problemáticos específicos de gran trascendencia vinculados con factores estratégicos de índole agroclimático, ambiental, biológico, hídrico y genético. El enfoque más que resolutivo será futurista sobre nuevas opciones, productos y alternativas de manejo.
- 37) El campo de la biología y la microbiología de suelos tendrá enorme relevancia por sus implicaciones ambientales y productivas.
- 38) El etanol como biocombustible alternativo no pareciera tener espacio en la sociedad costarricense; esto debido al pésimo manejo comercial operado por diferentes gobiernos. La cogeneración eléctrica a partir de fuentes renovables (bagazo de caña) si tendrá muy posiblemente acceso y relevancia en la política energética nacional, es asunto de tiempo (Chaves, 2024d).
- 39) La asistencia técnica y la transferencia de tecnología como opera hoy día sufrirá posiblemente una profunda transformación metodológica operando bajo mecanismos privados y servicios prestados por las grandes empresas azucareras. Los Ingenios tendrán un rol preponderante, dominante y decisivo en esta materia.
- 40) El concepto operativo de cadena agroindustrial global adquirirá alta relevancia lo que demanda integrar y articular operativa y funcionalmente todos los eslabones que conforman el encadenamiento del sector.
- 41) No sería extraño que se dé una tendencia a la centralización, la privatización y la gestión individual sobre la colectiva en detrimento de las organizaciones sectoriales actualmente vigentes, impulsada por los más poderosos y mejor posicionados comercialmente.

Menos colectividad donde nadie subsidia a nadie, nadie ayuda a la competencia, que cada quién defienda sus intereses pareciera lamentablemente ser la nota esperable en no mucho tiempo.



Foto 1. El futuro crea grandes expectativas que demandan cambios y ajustes.

### ¿Qué hacer? ¿Cómo actuar?

La actuación en el campo personal, empresarial, institucional y sectorial para confrontar con algún grado posible y relativo de éxito los nuevos y cada vez más exigentes y dinámicos escenarios productivos y desafíos comerciales futuros del entorno nacional, regional y mundial; debe desarrollarse en varias vías de gestión, como queda evidenciado por la naturaleza y magnitud de los asuntos por atender y resolver. Una revisión seria y objetiva de los problemas, limitantes y obstáculos que aquejan hoy y perfilan a futuro la actividad productiva demuestra que algunos de ellos son de posible intervención, mediación y solución; otros no, en razón de su naturaleza y complejidad. En el campo de las expectativas y áreas potenciales de gestión positiva sucede lo mismo, los espacios son limitados.

Solo queda actuar con visión de futuro sobre los temas álgidos y sensibles que significa y demanda proyectarse en el tiempo, lo que implica insoslayablemente generar y desarrollar escenarios alternativos posibles de actuación trazados en el corto (< 5 años), mediano (5-10 años) y largo plazo (> 10 años), empleando en el análisis indicadores y variables sólidas, representativas, reveladoras y ojalá medibles de lo que pudiera suceder en

circunstancias y entornos diferentes. Chaves (2017ab, 2020m, 2022f, 2023ae) y Chaves y Bermúdez (2020) generaron y propusieron algunos elementos interesantes para diagnosticar lo actuado y trabajar por el futuro.

En todo este ejercicio existen tópicos que pareciera están muy definidos y deben ser tomados en cuenta en cualquier análisis crítico que se haga sobre el futuro, como son entre otros los siguientes:

- a) El tema ambiental forma parte inalienable del tema comercial, razón por la cual debe integrarse como aliado en toda la agrocadena y no confrontarse como rival.
- b) Los conceptos de ecoeficiencia, sostenibilidad y eco-competitividad adquieren prioridad y enorme protagonismo.
- c) El criterio nutricional-dietético constituye un elemento decisivo de los gustos y preferencias del consumidor, lo que demanda incorporar formas creativas y convincentes de conceptualizar y comercializar los productos azucarados. Es el consumidor el que definirá ¿Qué quiere? y ¿Cómo lo quiere? No así quién produce como ocurría tiempo atrás.
- d) La inversión en tecnología productiva constituye un insumo y un activo obligado incorporar en cualquier emprendimiento o desarrollo agroempresarial que se implemente; no apenas en el campo o la industria sino también en la comercialización.
- e) Bajar costos y elevar calidad y rendimientos agroindustriales debe ser incuestionablemente un imperativo por desarrollar y metas por trabajar.
- f) La administración prudente, profesionalmente calificada, bien preparada y visionaria adquieren especial relevancia; lo que aplica también para los servicios técnicos.
- g) La institucionalidad vigente y activa del sector cañero azucarero costarricense representada por LAICA, FEDECAÑA, Cámara de Azucareros y Cámaras de Productores de Caña regionales, deben desarrollar con urgencia ejercicios críticos objetivos y realistas sobre el futuro inmediato en primera instancia para luego aspirar a sueños más largos. No se puede estar solo en el día a día resolviendo temas ordinarios esperando con relativa pasividad ver que sucede a futuro ¡Hay que actuar ya!

- h) La organización cañero azucarera nacional liderada por LAICA ha demostrado por 85 años continuos ser efectiva en el cumplimiento de sus fines y objetivos, lo que debe protegerse y potenciarse, generando e introduciendo los cambios y ajustes que los tiempos y las circunstancias por obligación demandan en procura de buscar siempre mejorar la representatividad, credibilidad, transparencia, equidad y acceso. Muchas son las fuerzas que operan actualmente contra las organizaciones, sobre todo si son exitosas, lo que debe llamar a la prevención de parte de su dirigencia.

### Conclusión

El amplio y detallado ejercicio matemático-estadístico desarrollado con la información concerniente a los indicadores básicos y fundamentales de producción y productividad del sector cañero-azucarero costarricense, permitieron comprobar nuevamente lo que desde años atrás se tiene por cierto y demostrado, como es que: 1) Las tendencias nacionales de producción son erráticas e inconsistentes en el tiempo llenas de fluctuaciones, 2) Entre regiones productoras de caña de azúcar persiste una importante y significativa heterogeneidad en todos los sentidos que las caracterizan y tipifican, 3) Cada zafra se torna un evento independiente y aislado aun a lo interno de la misma región, 4) Es la zona baja (<300 msnm) del Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas) donde en la zafra 2023-2024 se concentró el área sembrada (67,2%), se cosechó la mayor cantidad de caña (72,3%) y fabricó más azúcar en el país (72,4%), 5) Guanacaste es en lo particular la región agrícola que más área tiene sembrada (57,2%), más caña procesa en sus tres ingenios (63,5%), más azúcar fabrica (64,4%) y más melaza produce (64,2%), 6) El mejor índice de productividad agrícola de las últimas 12 zafras (2012-23) se verificó en el Valle Central (84,3 t caña/ha), 7) La mayor concentración promedio de sacarosa recuperada la mantiene de forma hegemónica la Zona Sur (121,93 kg/t caña), 8) El Valle Central es por su parte la región con mejor productividad agroindustrial con un índice de 9,37 toneladas de azúcar/ha, 9) Puntarenas es la zona agrícola que más melaza recupera (43,70 kg/t caña) y la Zona Norte por el contrario la menor (34,82 kg/t), 10) La mejor Relación Caña/Azúcar reveladora de la calidad de la materia prima procesada la presenta la Zona Sur (8,21) y la más deficiente Puntarenas (10,34).

Los índices de rendimiento y productividad nacional principales expresados por la cantidad de caña cosechada por hectárea (t/ha), la concentración de sacarosa (kg/t caña) contenida en los tallos de la materia prima procesada en los Ingenios y la cantidad de azúcar comercial (t/ha) fabricada, cuando comparados y cotejados respecto a otras agroindustrias competitivas como son la colombiana, guatemalteca, australiana revela niveles bajos y poco competitivos en relación a las mismas, salvando las diferencias extremas que existen entre las mismas. Es necesario trabajar arduamente en todas las áreas tecnológicas y regiones productoras por lograr rendimientos satisfactorios que debieran ser para el caso nacional superiores a 82 toneladas de caña/ha, 115 kg de sacarosa/t de caña y 8,5 toneladas de azúcar/ha.

Dicha heterogeneidad viene promovida por las significativas diferencias que los elementos del clima (lluvia, temperaturas, luz, viento, humedad), de relieve, fertilidad del suelo, recurso hídrico, estado fitosanitario (plagas y enfermedades), recursos genéticos plasmado en variedades, manejo agronómico de plantaciones, inversión en tecnología, estructuras de tenencia de la tierra, eficiencia fabril y capital de trabajo inducen de manera diferenciada en tiempo y espacio.

Esas diferencias tan marcadas, estables y consistentes tornan difícil pretender generar una tendencia nacional como algunos sugieren y tratan, pues lo correcto es partir de proyecciones regionales basadas en antecedentes reales y no solo en expectativas. Lo contrario independientemente del método empleado sea matemático o estadístico induce sesgo y error en las estimaciones como está demostrado. Cada región productora, cada unidad fabril y cada zafra son por tanto diferentes y así deben ser concebidas y tratadas, lo que obliga a la planificación estratégica con el objeto de ser más certero y eficiente en las estimaciones de producción que se realicen.

Un sector tan sensible, voluble en precios, regulado comercialmente, impactado por el clima, ambientalmente comprometido y cuestionado por algunos sectores, requiere necesaria e imperativamente desarrollarse y proyectarse sobre la base de la planificación y la buena administración como instrumentos y argumentos para lograr alcanzar la productividad, la rentabilidad y la competitividad agroindustrial; donde la ecoeficiencia y la eco-

competitividad resultan determinantes. Es por tanto insoslayable proyectarse al futuro sobre escenarios viables y factibles que requieren del análisis integral, serio y segmentado de toda la agrocadena en sus diferentes eslabones; esto es desde el campo hasta la mesa.

#### Literatura citada

- 1) Angulo Marchena, A.; Rodríguez Rodríguez, M.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Guanacaste.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 78 p.
- 2) Barrantes Mora, J.C.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Sur.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 75 p.
- 3) Calderón Araya, G.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Turrialba.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 95 p.
- 4) Chaves Solera, M.A. 1984. **La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales.** Boletín Informativo DIECA. Año 2, Nº 7, San José, marzo. 3 p. *También en:* El Agricultor Costarricense 40 (3-4): 62-66, 1984.
- 5) Chaves Solera, M.A. 1993. **Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcohólica costarricense.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, Hotel Corobicí, 18 al 22 de octubre, 1993. Memoria: *Sesiones de Actualización y Perspectivas.* San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen 1. 116 p. *También en:* Participación de DIECA en IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre 1993. p: 1-116.
- 6) Chaves, M. 1996. **Comportamiento de los rendimientos industriales de la agroindustria azucarera costarricense. Periodo 1980-1996.** En: Congreso "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Hotel Sol Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica, 5, 6 y 7 de setiembre, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 41. (CG-ATACORI).
- 7) Chaves, M.; Alfaro, R. 1996. **Distribución del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica, según región agrícola y tamaño de la unidad productiva.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, San

- José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 8 al 12 de julio, 1996. Memoria: *Agronomía y Recursos Naturales*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA. Volumen I. p: 367. También en: Congreso “*Cámara de Productores de Caña del Pacífico*”, 10, Hotel Sol Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica, 5, 6 y 7 de setiembre, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 48.
- 8) Chaves, M.; Bermúdez, L. 1996. **Comportamiento de los rendimientos industriales de la agroindustria azucarera costarricense. Período 1980-1996.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 8 al 12 de julio, 1996. Memoria: *Agronomía y recursos Naturales*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA. Volumen I. p: 370. También en: Congreso “*Cámara de Productores de Caña del Pacífico*”, 10, Hotel Sol Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica, 5, 6 y 7 de setiembre, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 41.
- 9) Chaves Solera, M. 1997. **Resumen del desarrollo histórico de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de ATACORI “*Roberto Mayorga C.*”, 11, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, Tilajari Resort Hotel, 30-31 de octubre y 01 de noviembre, 1997. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Tomo I. p: 112-121.
- 10) Chaves Solera, M.; Calderón A., G.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Chavarría S., E.; Rodríguez F., J.M. 1998a **Área cultivada y rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso de ATACORI “*Álvaro Chavarría P.*”, 12, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, Sol Playa Hermosa Beach Resort-Condovac La Costa, 2, 3 y 4 de setiembre, 1998. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 78-83.
- 11) Chaves Solera, M.; Calderón A., G.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Chavarría S., E.; Rodríguez F., J.M. 1998b. **Estimación del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica y determinación del índice de rendimiento agrícola, según región y rango de entrega de materia prima al ingenio.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 189 p.
- 12) Chaves Solera, M. 1998. **Eficiencia agroindustrial de la actividad azucarera costarricense.** En: Congreso de ATACORI “*Álvaro Chavarría P.*”, 12, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, Sol Playa Hermosa Beach Resort-Condovac La Costa, 2, 3 y 4 de setiembre, 1998. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). p: 87-90.
- 13) Chaves Solera, M.A. 1999a. **Tecnología en la agroindustria azucarera costarricense.** En: Seminario Técnico Cañero, 1, Aguadulce, Coclé, Panamá, 16 de octubre 1999. Memorias. Coclé, Compañías MONSANTO/MELO/ROCASA. 7 p.
- 14) Chaves, M. 1999b. **Competitividad agroindustrial del azúcar costarricense en el entorno internacional.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Aspectos Sociales, Económicos y Políticos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen I. p: 501. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 211.
- 15) Chaves, M. 1999c **Índices de productividad de la agroindustria azucarera centroamericana: Posicionamiento de Costa Rica.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Aspectos Sociales, Económicos y Políticos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen I. p: 499. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 212.
- 16) Chaves, M. 1999d. **Índices de producción y productividad de la agroindustria azucarera costarricense: Una visión en retrospectiva.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de

- Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 321-322. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 213-214.
- 17) Chaves, M. 1999e. **Caracterización estadística de los índices de producción y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1970-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 317-318. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 215-216.
- 18) Chaves, M. 1999f **Evolución del área sembrada y cosechada con caña para la fabricación de azúcar en Costa Rica, durante período 1969-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 315. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 222.
- 19) Chaves, M. 1999g. **Evolución de los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1969-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 316. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 223.
- 20) Chaves, M. 1999h **Grado de productividad agroindustrial del azúcar costarricense durante el período 1969-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 320. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 225.
- 21) Chaves, M. 1999i. **Uso de la relación caña/azúcar como determinante de la eficiencia técnico-económica en la agroindustria azucarera costarricense.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 325. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 226.
- 22) Chaves, M. 1999j. **Productividad agrícola de la caña de azúcar en 21 cantones de Costa Rica durante 1997.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 319. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 227.
- 23) Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999a. **Producción de caña para la fabricación de azúcar en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1980-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 326. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 217.
- 24) Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999b. **Producción de miel final en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1986-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Recursos*

- Naturales y Producción Animal.* San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen III. p: 424. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 219.
- 25) Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999c. **Fabricación de azúcar de caña en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1987-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, Campus Universidad de Costa Rica y Universidad Estatal a Distancia, 19 al 23 de julio, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos.* San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. Volumen II. p: 323. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 218.
- 26) Chaves Solera, M.; Jaramillo Gallego, C. 1999. **Situación actual de la agroindustria azucarera costarricense.** San José, Costa Rica. LAICA. 43 p.
- 27) Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999a. **Índice de rendimiento industrial en la producción de cachaza por parte de los ingenios azucareros de Costa Rica.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal.* San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica: EUNED. 19-23 de julio. Volumen III. p: 420. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 221.
- 28) Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999b. **Concentración de sacarosa en las entregas comerciales de caña de azúcar en Costa Rica, según región agrícola. Período 1980-1998.** En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 224.
- 29) Chaves Solera, M. 2002a **Crédito, producción y competitividad en la agroindustria azucarera.** En: Revista Entre Cantones (Grecia, Costa Rica), junio 12 (12): 8.
- 30) Chaves Solera, M. 2002b **Futuro de la caña de azúcar en Costa Rica.** Presentado en actividad “*Convenio de Financiamiento para Productores de Caña de Azúcar*”, organizado por el Banco Popular, Coopevictoria R.L. y las Cámaras de Productores de Caña del Pacífico y San Carlos. Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica, 17 de mayo 2002. Presentación Electrónica en Power Point 36 Láminas.
- 31) Chaves S., M.A.; Villalobos M.C.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Rodríguez F., J.M.; Calderón A., G.; Barrantes M., J.C.; Angulo M., A. 2002. **Situación de los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Costa Rica durante el año 2001.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 97 p.
- 32) Chaves Solera, M. 2003. **Importancia del mejoramiento de la calidad en la agroindustria azucarera costarricense.** Turrialba, Cartago, Costa Rica. Universidad de Costa Rica (UCR). LAICA-DIECA, diciembre. Presentación Electrónica en Power Point 83 Láminas.
- 33) Chaves Solera, M. 2006. **Perspectivas de la agroindustria azucarera costarricense: Una visión hacia el futuro.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 35 p.
- 34) Chaves Solera, M. 2008. **Variabilidad productiva agroindustrial en el sector azucarero costarricense: Un análisis estadístico de antecedentes.** En: Seminario “*Estimación y Proyección Productiva en la Agroindustria Azucarera*”, San José, Costa Rica, 9 de octubre del 2008. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), LAICA y Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica. 94 p. *También en:* Presentación Electrónica en Power Point 139 Láminas.
- 35) Chaves Solera, M.; Barrantes Mora, J.C.; Angulo Marchena, A.; Rodríguez Rodríguez, M.; Villalobos Méndez, C.; Bolaños Porras, J.; Calderón Araya, G.; Araya Vindas, A. 2008. **Informe técnico: Análisis de la disminución de la producción agroindustrial de azúcar en Costa Rica. Zafra 2007/2008.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. 95 p.
- 36) Chaves Solera, M. 2010a **Desarrollo tecnológico de la caña de azúcar en Costa Rica.** En: Congreso Tecnológico DIECA “*Sr. Francisco Marín Rojas*”, 4, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica, 22, 23 y 24 de setiembre, 2010. Memoria CD-ROM. San José, Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). Presentación Electrónica en Power Point 145 Láminas.
- 37) Chaves Solera, M. 2010b. **Comentarios al Informe “Desarrollo histórico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el Siglo XX: Aspectos económicos, institucionales y tecnológicos”.** Formulado por el

- Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE) de la Universidad de Costa Rica (UCR). San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica (UCR), Escuela de Economía, LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point 41 Láminas.
- 38) Chaves Solera, M. 2012a. **Organización y desarrollo tecnológico de la agroindustria azucarera en Costa Rica.** Orange Walk Town, Belize, febrero. Presentación Electrónica en Power Point. 95 Láminas.
- 39) Chaves Solera, M. 2012b. **Sector azucarero costarricense: Una agroindustria dinámica en activa evolución y crecimiento.** En: Congreso Azucarero Nacional ATACORI “Alex Soto Montenegro”, 19, Condovac La Costa, Guanacaste, Costa Rica, 4 y 5 de octubre del 2012. Memoria CD-ROM. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Presentación Electrónica en Power Point 115 Láminas.
- 40) Chaves Solera, M. 2012c. **Rentabilidad de la agroindustria azucarera costarricense: Estudio de casos.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point 85 Láminas.
- 41) Chaves Solera, M. 2013. **Productividad agroindustrial: Desafío permanente del sector cañero azucarero costarricense.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. Presentación Electrónica en Power Point 184 Láminas.
- 42) Chaves Solera, M.; Chavarría Soto, E. 2013. **¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica?** En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20, “MSc. Marco A. Chaves Solera”. Heredia, Costa Rica, Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, 11, 12 y 13 de setiembre, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). Tomo 1. p: 179-203.
- 43) Chaves Solera, M. 2014a. **Entorno comercial regional y competitividad azucarera costarricense.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point 50 Láminas.
- 44) Chaves Solera, M. 2014b. **Competitividad azucarera: Un concepto necesario materializar.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point 94 Láminas.
- 45) Chaves Solera, M.A. 2016. **Competitividad: Imperativo insoslayable para que el agro continúe vigente y crezca.** Revista Germinar, Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Año 6, Edición N° 19, mayo. p: 6-7.
- 46) Chaves Solera, M.A. 2017a. **DIECA: 35 años al servicio de la agricultura cañera costarricense.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 29 p.
- 47) Chaves Solera, M.A. 2017b. **Enfoque biotecnológico integral en DIECA: Pasado, presente y futuro.** Revista Entre Cañeros N° 7. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, enero. p: 5-18.
- 48) Chaves Solera, M.A. 2017c. **Productividad agropecuaria: Ruta correcta hacia la competitividad.** Revista Germinar, Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Año 7, Edición N° 20, febrero. p: 4-5.
- 49) Chaves Solera, M.A. 2017d. **¿Dónde se produce territorialmente la caña con que se fabrica el azúcar en Costa Rica?** Revista Entre Cañeros N° 8. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 6-26.
- 50) Chaves Solera, M.A. 2018a. **Cadenas Globales Agroindustriales: El caso del Azúcar en Costa Rica.** En: Seminario sobre Cadenas Globales Agroindustriales, Heredia, Costa Rica, 08 de noviembre, 2018. Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible (CINPE), Universidad Nacional (UNA). Presentación en Power Point 36 Láminas.
- 51) Chaves Solera, M.A. 2018b. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de caña de azúcar.** En: Congreso Tecnológico DIECA, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 29, 30 y 31 de agosto, 2018. Memoria CD-ROM. San José, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). 43 p.
- 52) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. **Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Periodo 2004-2016 (13 zafras).** En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, Hotel Double Tree Resort by Hilton, 5 al 7 de junio, 2018.



- Memoria CD-ROM. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI). 75 p. *También en:* En: Congreso Tecnológico DIECA, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica, 29, 30 y 31 de agosto, 2018. Memoria CD-ROM. San José, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). 75 p.
- 53) Chaves Solera, M.A. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (7): 5-6, julio.
- 54) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (15): 5-8, octubre-noviembre.
- 55) Chaves Solera, M.A. 2019c. **Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (16): 5-9, octubre-noviembre.
- 56) Chaves Solera, M.A. 2019d. **Incidencia de las bajas temperaturas en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar: El caso de Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (17): 6-10, noviembre-diciembre. p: 6-10.
- 57) Chaves Solera, M.A. 2019e. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (18): 5-10, noviembre-diciembre.
- 58) Chaves Solera, M.A. 2019f. **Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica.** En: Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica.* Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- 59) Chaves Solera, M.A. 2020a. **Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (1): 5-12, enero.
- 60) Chaves Solera, M.A. 2020b. **Estrés por calor en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (5): 5-12, marzo.
- 61) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Estrés por frío en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (7): 6-16, marzo-abril.
- 62) Chaves Solera, M.A. 2020d. **Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (8): 5-16, abril.
- 63) Chaves Solera, M.A. 2020e. **Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (9): 4-15, abril.
- 64) Chaves Solera, M.A. 2020f. **Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (11): 5-14, mayo.
- 65) Chaves Solera, M.A. 2020g. **Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (15): 5-13, julio.
- 66) Chaves Solera, M.A. 2020h. **El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica: Una verdad incuestionable.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (19): 6-13, setiembre.
- 67) Chaves Solera, M.A. 2020i. **Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (24): 5-13, noviembre.
- 68) Chaves Solera, M.A. 2020j. **Ambientes climáticos y producción competitiva de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (26): 5-12, diciembre-enero.
- 69) Chaves Solera, M.A. 2020k. **Arrancó la cosecha de caña y la fabricación de azúcar en Costa Rica ¡El tiempo, constituye un factor determinante a considerar y tener presente en esta operación agroindustrial!** Revista Entre Cañeros N° 14. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 4-19.
- 70) Chaves Solera, M.A. 2020l. **Participación del clima en la degradación y mineralización de la materia orgánica: Aplicación a la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2 (12): 6-17, junio.
- 71) Chaves Solera, M.A. 2020m. **Pasado, Presente y Futuro de DIECA. INFORME FINAL RENDICIÓN DE CUENTAS. Periodo 1990 - 2020 (30 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 133 p.

- 72) Chaves Solera, M.A.; Barquero Madrigal, E. 2020. **Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Zona Norte.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 135 p.
- 73) Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020. **80 Años de Vida Institucional del Sector Cañero-Azucarero Costarricense: Breve Recorrido por su Historia.** Revista Entre Cañeros N° 16. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, agosto. 37 p.
- 74) Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2021a. **Distribución geográfica de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica según altitud y localidad.** Revista Entre Cañeros N° 20. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, julio. p: 5-35.
- 75) Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2021b. **Estimación del área sembrada con caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 1985 - 2020 (36 Zafras).** Revista Entre Cañeros N° 22. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 5-39.
- 76) Chaves Solera, M.A. 2021a. **Deterioro de las variedades de caña de azúcar de uso comercial en Costa Rica: Afectación por clima.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3 (8): 5-20, abril.
- 77) Chaves Solera, M.A. 2021b. **Indicadores históricos de producción y productividad de la agroindustria azucarera costarricense: Análisis del periodo 1969-2019 (51 zafras).** Revista Entre Cañeros N° 19. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 9-67.
- 78) Chaves Solera, M.A. 2021c. **Desafíos, retos y aportes del sector agropecuario en el presente y en el futuro.** Moravia, Costa Rica. Presentada en "Semana Inaugural 80 Aniversario Creación Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica", 01 de noviembre. Presentación Electrónica en Power Point 80 Láminas.
- 79) Chaves Solera, M.A. 2022a. **Área sembrada con caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 2010 - 2020 (11 zafras).** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (2): 6-27, enero.
- 80) Chaves Solera, M.A. 2022b. **Productividad agrícola de la caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 2012 - 2020 (9 zafras).** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (4): 5-31, febrero-marzo.
- 81) Chaves Solera, M.A. 2022c. **Acciones estratégicas para mitigar Gases con Efecto Invernadero (GEI) en la fase de producción primaria de la caña de azúcar en Costa Rica: recomendaciones y sugerencias pragmáticas.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (6): 5-27, marzo.
- 82) Chaves Solera, M.A. 2022d. **NAMA como instrumento ambiental para mitigar Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura: el caso de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (10): 5-15, mayo.
- 83) Chaves Solera, M.A. 2022e. **Retos tecnológicos de la agroindustria azucarera costarricense en procura de lograr la ecoeficiencia y la eco-competitividad comercial.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (12): 5-21, junio.
- 84) Chaves Solera, M.A. 2022f. **Razones y circunstancias que motivan, determinan, potencian y condicionan el desarrollo y la adopción de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (16): 11-36, agosto.
- 85) Chaves Solera, M.A. 2022g. **Problemas y limitantes que condicionan y obstaculizan la gestión del productor independiente de caña de azúcar en Costa Rica: Valoración e interpretación en el tiempo.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (18): 5-25, setiembre.
- 86) Chaves Solera, M.A. 2022h. **Sistemas agrícolas de producción de caña de azúcar en Costa Rica: Primera aproximación.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (20): 5-26, octubre.
- 87) Chaves Solera, M.A. 2022i. **Zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar: Elementos básicos para su implementación en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4 (22): 5-29, octubre.
- 88) Chaves Solera, M.A. 2023a. **Transferencia de tecnología en el campo agropecuario: aplicación al sector cañero-azucarero costarricense.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (3): 5-18, febrero.
- 89) Chaves Solera, M.A. 2023b. **Sistema fotosintético: Motor natural de eficiencia de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (5): 5-18, marzo.
- 90) Chaves Solera, M.A. 2023c. **Desarrollo tecnológico: Mandamientos para el desarrollo y operación de una investigación efectiva, responsable y visionaria.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (12): 5-14, junio.
- 91) Chaves Solera, M.A. 2023d. **Residuos y derivados de la agroindustria cañero-azucarera ¿Qué se produce?**

- ¿Qué se genera? ¿Qué se aprovecha? Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (14): 5-29, julio.
- 92) Chaves Solera, M.A. 2023e. **Desarrollo tecnológico de la caña de azúcar en Costa Rica ¿Dónde estamos y para dónde transitamos?** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (22): 6-33, octubre.
- 93) Chaves Solera, M.A. 2023f. **Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica ¿Qué se ha hecho, dónde estamos y que es necesario?** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5 (24): 5-16, diciembre.
- 94) Chaves Solera, M.A. 2024a. **Genética de las variedades de caña de azúcar sembradas actualmente y con potencial comercial futuro en Costa Rica.** Revista Entre Cañeros N° 26. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, mayo. p: 45-77.
- 95) Chaves Solera, M.A. 2024b. **Productividad: concepto complejo y procurado alcanzar en la actividad cañero-azucarera mundial y nacional.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (7): 12-30, octubre.
- 96) Chaves Solera, M.A. 2024c. **Competitividad: Deseo, aspiración y meta empresarial y organizacional.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (9): 12-33, diciembre.
- 97) Chaves Solera, M.A. 2024d. **El bagazo de la caña de azúcar: Fuente potencial de energía renovable.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1 (3): 10-33, junio.
- 98) LAICA. 1998. **LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998.** San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- 99) LAICA. 2000. **DECRETO N° 28665 - MAG. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998.** Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.
- 100) LAICA. 2022a. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica.** Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 225 p.
- 101) LAICA. 2022b. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica. Manual Descriptivo y Operativo del Piloto Nacional.** Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 104 p.
- 102) LAICA. 2022c. **Resumen Ejecutivo NAMA Caña de Azúcar Costa Rica.** Edición y coordinación por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 30 p.
- 103) LAICA. 2024a. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Guanacaste Este.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 14 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 104) LAICA. 2024b. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Guanacaste Oeste.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 12 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 105) LAICA. 2024c. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Puntarenas.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 12 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 106) LAICA. 2024d. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Norte.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 13 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 107) LAICA. 2024e. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Valle Central.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 15 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 108) LAICA. 2024f. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Turrialba.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 15 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 109) LAICA. 2024g. **GUÍA TÉCNICA. Manejo del Cultivo de Caña de Azúcar. Región Sur.** San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), setiembre. 13 p. (IN-LAICA/DIECA).
- 110) León Sáenz, J.; Arroyo Blanco, N. 2012. **Desarrollo Histórico del Sector Agroindustrial de la Caña de Azúcar en el Siglo XX: Aspectos económicos, institucionales y tecnológicos.** San José, Costa Rica. Universidad de Costa

Febrero 2025 - Volumen 2 – Número 2

Rica: Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas. 256 p.

111) MAG-SEPSA. 2023. **Desempeño del Sector Agropecuario 2022**. San José, Costa Rica. Secretaría Ejecutiva de

Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), Documento Sepsa-2023-005, marzo. 12 p.

112) Subirós Ruíz, J.F. 1995. **El Cultivo de la Caña de Azúcar**. San José, Costa Rica. Universidad Estatal a Distancia (UNED). 441 p.

## CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

### Producción

*Karina Hernández Espinoza, Meteoróloga (Coordinadora y editora)*

*Katia Carvajal Tobar, Ingeniera Agrónoma*

*Nury Sanabria Valverde, Geógrafa*

DEPARTAMENTO DE DESARROLLO  
INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

### Recomendaciones agrícolas

*Erick Chavarría Soto, Ingeniero Agrónomo*

DIRECCIÓN DE INVESTIGACIONES  
LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Recuerde que puede acceder los boletines en  
[www.imn.ac.cr/boletin-agroclima](http://www.imn.ac.cr/boletin-agroclima) y en  
[www.laica.co.cr](http://www.laica.co.cr)

# BOLETÍN AGROCLIMÁTICO QUINCENAL

## ENERO 2025

