

Periodo 06 al 19 de enero del 2020

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, recomendaciones y notas técnicas, 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

## RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA 23 AL 29 DE DICIEMBRE

Durante la semana se presentaron lluvias en casi todo el país, las zonas menos lluviosas fueron el Pacífico Norte y Pacífico Central.

En la figura 1 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional. Las estaciones que sobrepasaron los 200 mm fueron Pococí de Guápiles, Sixaola, Rain Forest del Caribe Norte y el aeropuerto de Limón.

El día más lluvioso de la semana fue el sábado, seguido del miércoles, mientras que el día menos lluvioso fue el domingo.

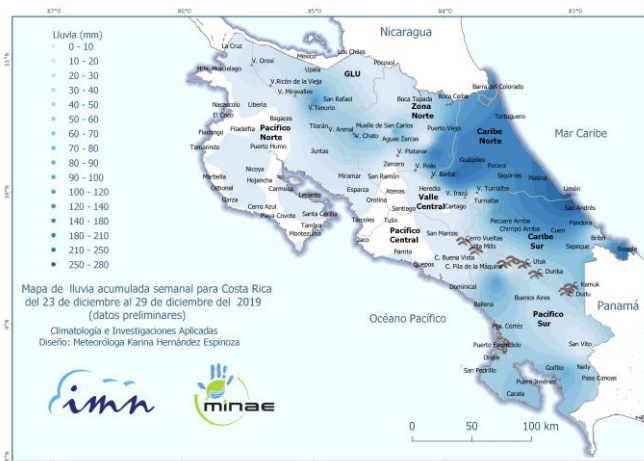


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 23 al 29 de diciembre (generado utilizando datos preliminares).

## RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 30 DE DICIEMBRE AL 05 DE ENERO

Durante la semana se presentaron pocas lluvias en casi todo el país, la zona más lluviosa fue el Pacífico Sur.

En la figura 1 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional. Las estaciones que sobrepasaron los 50 mm fueron Volcán Tenorio, Montecarlo de Pérez Zeledón, Hidroeléctrica de Horquetas en Las Horquetas y Rain Forest en Guápiles.

El día más lluvioso de la semana fue el domingo, seguido del jueves, mientras que el día menos lluvioso fue el miércoles.

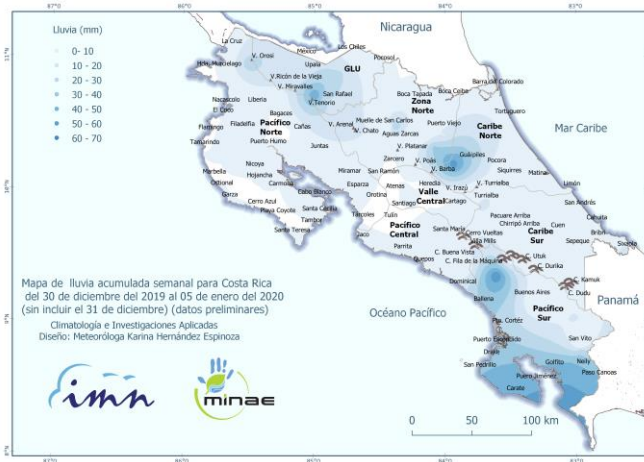


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana 30 de diciembre 2019 al 05 de enero 2020 (sin incluir el 31 de diciembre) (generado utilizando datos preliminares).

## PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 06 AL 12 DE ENERO

La semana mantendrá condiciones secas en la vertiente Pacífico y Valle Central, con algunas lluvias en la vertiente Caribe y Zona Norte a mitad de semana. Las temperaturas se mantendrán frescas en las zonas altas y cálidas en las costas, con condiciones muy ventosas.

## PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 06 AL 12 DE ENERO

De la figura 3 a la figura 10, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones cañeras. Las regiones presentarán condiciones con pocas lluvias durante la semana.

Las regiones cañeras Guanacaste Este y Guanacaste Oeste, así como Puntarenas y Valle Central Oeste presentarán un máximo del viento el miércoles. Todas las regiones mantendrán temperaturas máximas variables durante la semana, excepto la Zona Sur. Las temperaturas mínimas muestran una tendencia creciente en Guanacaste Este, Guanacaste oeste, Zona Norte y Turrialba.

*“Condiciones secas y muy ventosas durante la semana.”*

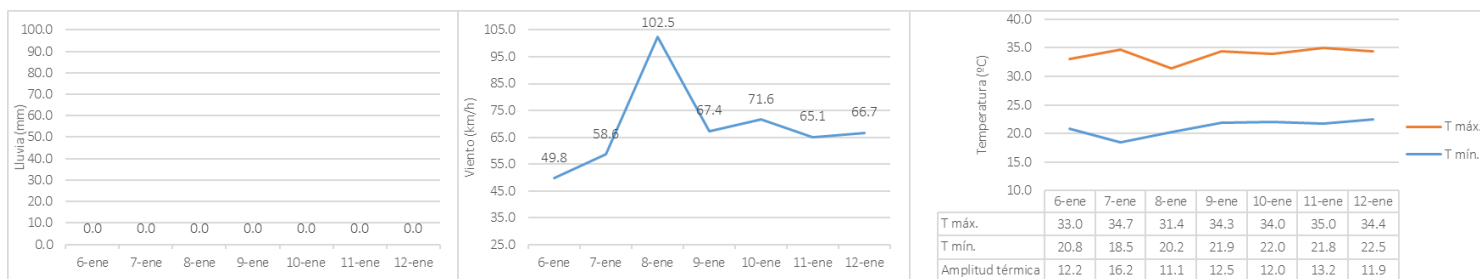


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Guanacaste Este.

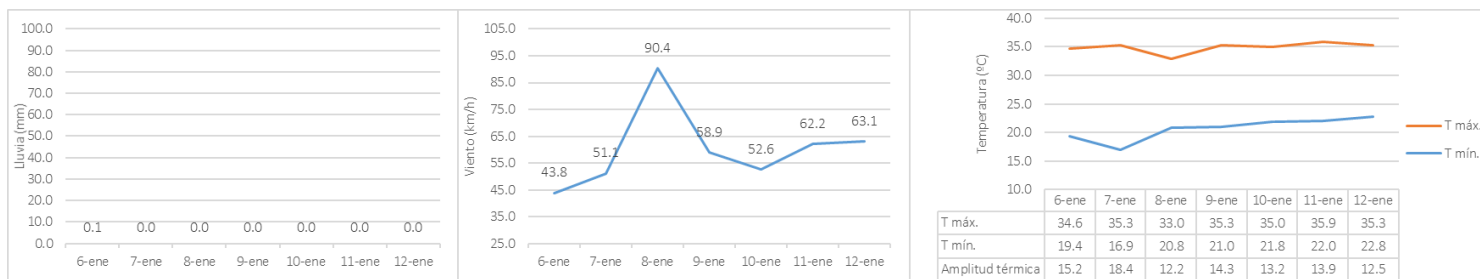


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Guanacaste Oeste.

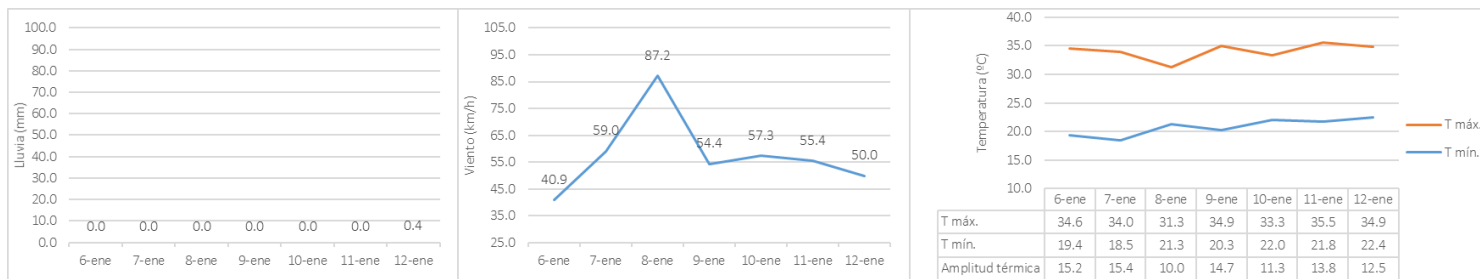


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Puntarenas.

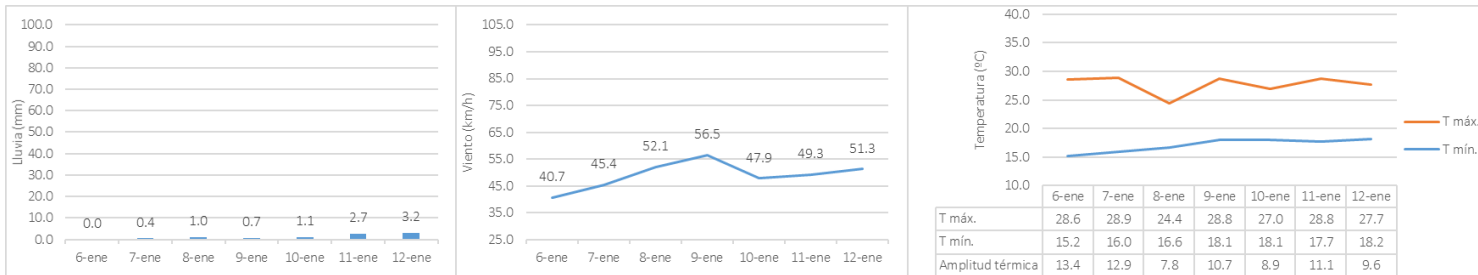


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Zona Norte.

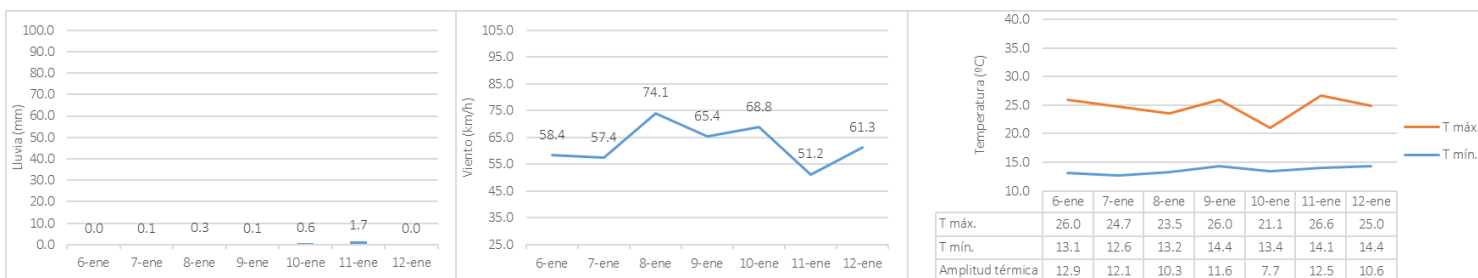


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Valle Central Este.

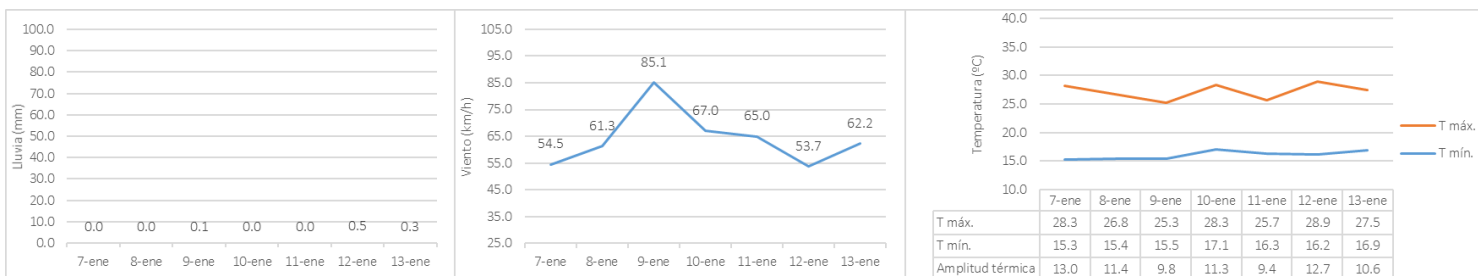


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Valle Central Oeste.

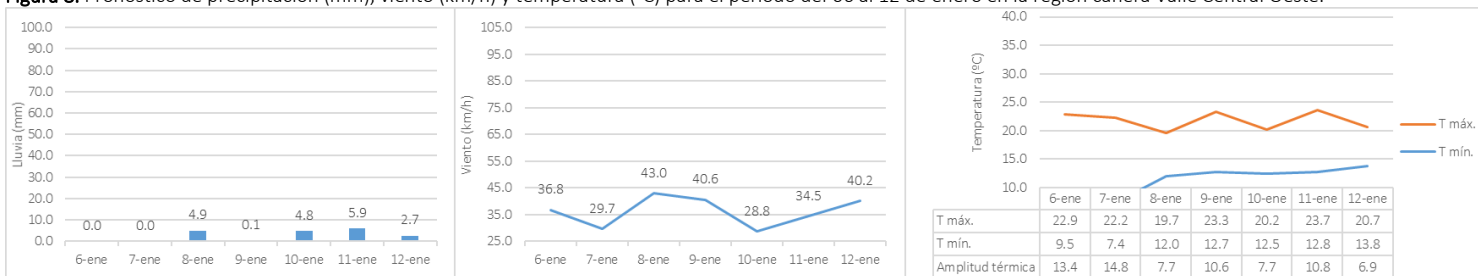


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Turrialba.

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)

Enero 2020 - Volumen 2 – Número 1

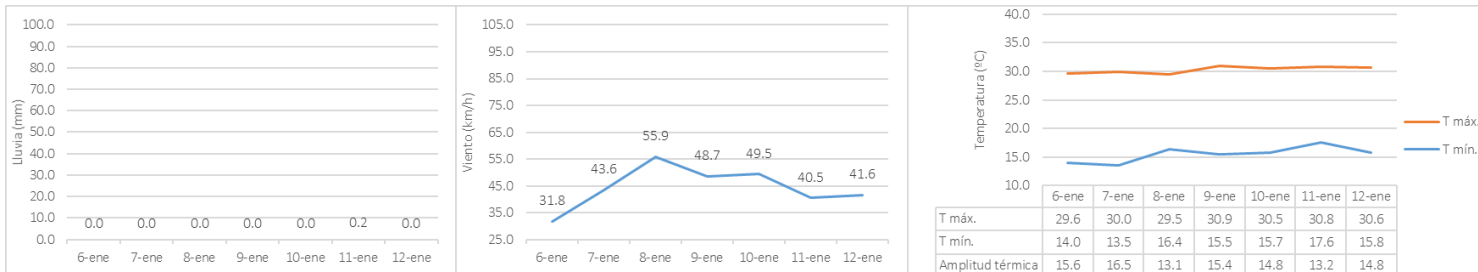


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 06 al 12 de enero en la región cañera Zona Sur.

## TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 13 AL 19 DE ENERO 2020

La semana mantendrá condiciones ventosas en todo el país asociado a condiciones secas en la vertiente Pacífico y la presencia de lluvias de poca intensidad en la Vertiente Caribe y Zona Norte.

## HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

En la figura 8 se presenta el porcentaje de saturación de humedad de los suelos (%) cercanos a las regiones cañeras, este porcentaje es un estimado para los primeros 30 cm del suelo y válido para el día 06 de enero del 2020.

Debido a las condiciones secas que se han presentado en la Vertiente del Pacífico, los suelos presentan porcentajes de humedad bajos. Guanacaste Oeste tiene entre 0% y 15% de saturación, mientras que Guanacaste Este está entre 0% y 60%; los suelos la Región de Puntarenas están entre 0% y 30% de humedad.

En la Región Norte se han presentado condiciones lluviosas, por lo cual la saturación de los suelos se encuentra entre 30% y 90%, aunque la mayor parte de la región está entre 45%-60%. En la Región Valle Central Este la humedad está entre 15% y 45% y en la Región Valle Central Oeste varía entre 30% y 90%.

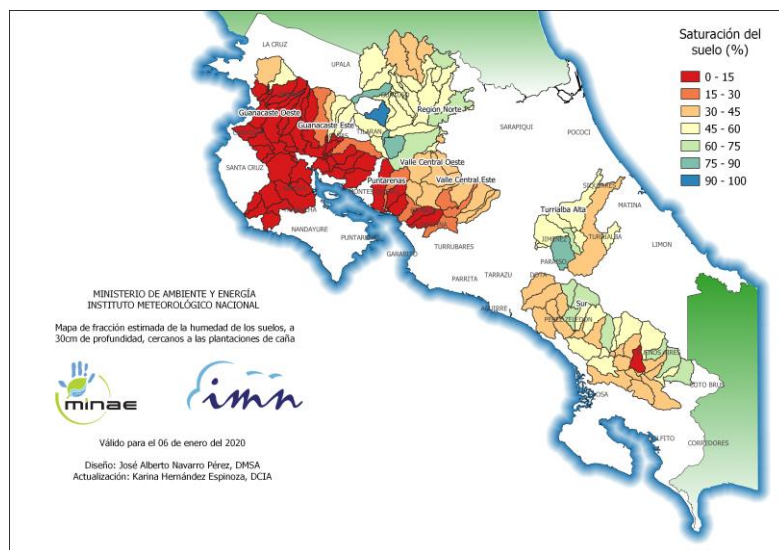


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 06 de enero del 2020.

La humedad del suelo en Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m) está entre 30% y 60%, en Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m) tiene entre 30% y 90%. La Región Sur presenta porcentajes variables de saturación, entre 0% y 75%; aunque se destaca que la mayoría de los suelos tienen entre 30% y 60% de humedad.

## NOTA TÉCNICA

## Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M.Sc.

mchavez@laica.co.cr

Gerente. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA-LAICA)

Uno de los términos recurrentes más empleados y más escuchados en la producción de caña de azúcar y casi en cualquier actividad humana, sea esta comercial o no, es el concerniente a la “calidad”; el cual, en el caso de la agricultura es aplicado en prácticamente todas las fases y etapas que conlleva establecer y finalizar exitosamente un ambicioso proyecto comercial en esa dirección. Desde su etapa de concepción y planificación inicial hasta el cierre de las reveladoras relaciones contables y financieras, la calidad se constituye en un deseo, un objetivo y una meta por alcanzar. Es por ello común escuchar en el lenguaje cañero-azucarero nacional e internacional el empleo de términos como: utilizar semilla de muy alta calidad y pureza genética, sembrar una variedad de caña con calidad agroindustrial demostrada, nutrición de calidad, utilizar insumos de calidad, efectuar una cosecha de la plantación de muy alta calidad, producir y cortar caña de calidad industrializable, fabricar azúcar con los más altos patrones de calidad, entre otros.

Pasar del deseo inicial a consumarlo en la realidad del campo no resulta la verdad nada fácil, pues son muchos los factores controlables y no controlables, bióticos y abióticos, agrícolas, industriales, administrativos y financieros que intervienen y determinan la calidad del producto final recuperado del campo y fabricado en el ingenio. Como es conocido, la actividad comercial vinculada con la caña trasciende el campo y llega hasta complejos procesos industriales donde se consume y recupera todo el esfuerzo productivo, tecnológico, administrativo y financiero realizado durante muchos meses. Estas son razones y motivos por los cuales se debe tener siempre presente que obtener azúcar de alta calidad corresponde a un “continuum”, donde quién siembra debe pensar que quién fabrica requiere disponer de la mejor materia prima para su proceso, y quién fábrica reconocer el enorme esfuerzo puesto de manifiesto por el agricultor en su prolongada y riesgosa faena de campo. Aquí es un claro Ganar-Ganar para todos. Asegura Chaves (1984) al respecto, que “Los problemas de la producción de azúcar no deben considerarse como problemas aislados, ya sea en el

*campo, en la infraestructura o en la tecnología de transformación, sino como problemas parciales de un sistema integral. Este sistema, caracterizado como sistema agroindustrial, contiene todas las consideraciones del caso, tanto la problemática de carácter agrícola como también la del proceso industrial, de tal forma que el proceso de producción debe ser considerado fundamentalmente la resultante del esfuerzo conjunto de la agricultura y la industria.”*

Prevalece sobre esta materia un reconocido mandamiento azucarero universal que dicta que, “el azúcar se hace en el campo y se recupera en la fábrica”, el cual conduce a otra gran e inobjetable verdad “la fábrica por más eficiente que sea no puede extraer más del azúcar que la caña contenga en sus tallos”. Esos grandes postulados ratifican a su vez aquello de que “un ingenio sin un buen campo que le provea buena materia prima para su operación es solo chatarra; y un buen campo con plantaciones apropiadas sin una buena fábrica que extraiga la azúcar contenida, es solo maleza.”

Toda esta integración, articulación y coordinación secuencial y sistemática de actividades de campo e ingenio conforman lo que denominamos y conocemos como “agroindustria azucarera”, que como fácilmente se infiere, viene fuertemente sustentada en la calidad de la materia prima que se produzca en el campo y la capacidad con que se procese en el ingenio. Por esta circunstancia, el abordaje correcto y oportuno de este tema tan trascendental para una actividad competitiva resulta determinante para el éxito agro comercial del emprendimiento empresarial desarrollado; lo cual se procurará plasmar en este corto espacio.

#### ¿Qué conceptualizamos como calidad de materia prima?

La calidad de la caña como materia prima para la extracción y fabricación de azúcar apegada a patrones también de muy alta calidad, está influenciada por su carácter agro industrial por muchos factores, motivo por el cual su definición e

interpretación se fundamenta en un principio holístico, amplio e integral de naturaleza y características diferentes. La legislación azucarera costarricense establece en su Capítulo II (LAICA 1998) estrictas regulaciones para la entrega y recibo de la caña en los ingenios, para lo cual se aplica (Sección I) actualmente en el país el Sistema Directo de Compra de la Caña por su Calidad, que en el Artículo 60 señala, *“El reglamento establecerá las disposiciones necesarias, que incluirán las normas técnicas y medidas complementarias para determinar la cantidad de azúcar que contenga la caña entregada por cada productor, convertida a 96° de polarización; asimismo, la miel final que se obtenga como resultado del procesamiento de esta materia prima. El conjunto normativo para regular lo anterior se denominará Sistema Directo de Compra de Caña por su Calidad. El reglamento mencionado establecerá y regulará la identificación de la caña, la toma de muestras de ella, los comprobantes provisionales que se extiendan a los productores, los métodos de evaluación, las condiciones mínimas de la caña, la forma de entregarla, los mínimos de eficiencia en molinos y fábricas, los equipos de laboratorio de los ingenios para aplicar el Sistema y ejercer tanto el control químico de fábrica como las funciones del departamento de la Liga que se encargará de vigilar todas las fases o etapas de la aplicación del sistema, las atribuciones de los inspectores de la Liga así como de los representantes de las asociaciones de productores de caña y, en general, las demás disposiciones que se consideren convenientes para los fines de este ordenamiento.”*

El Reglamento Ejecutivo de dicha Ley (LAICA 2000) establece por su parte en el Título Séptimo, en 6 Capítulos y 12 Secciones específicas, lo concerniente y pertinente a la *“Entrega y Recibo de la Caña”* con participación de los entregadores e ingenios y, en el Título Octavo en dos Capítulos *“De la Calidad del Azúcar”*. Lo concerniente propiamente al tema analítico, está contemplado y tutelado en el Capítulo Sexto de dicho Decreto en su Sección Primera sobre *“Disposiciones Generales”* (Artículos N° 244 al 247), Sección Segunda *“De la Toma de la Muestra”* (Artículos N° 248 y 249) y Sección Tercera *“De la Evaluación de la Calidad de la Caña”* en los Artículos que van del N° 250 al 257.

Señalan Chaves *et al* (2018) al respecto, que *“Para evaluar la calidad de la materia prima, se sigue un protocolo por medio del cual se mezclan muestras representativas de caña tomadas de la entrega, mediante sonda o cala mecánica inclinada u horizontal, que se homogeniza y prepara en el desintegrador y recoge luego*

*evitando contaminación y pérdida de humedad. De la misma se toma una muestra compuesta de 500 g que es sometida a presión (250 kg/cm<sup>2</sup>) en una prensa hidráulica durante 1 minuto, a partir de lo cual se obtendrá la Torta Residual (residuo fibroso) y el Jugo Extraído. Relacionando esos valores con factores constantes propios de la caña se calculan la Fibra % Caña y el Pol % Caña. Al jugo se le determina el porcentaje de Brix y el Pol a partir de lo cual y luego de varios procedimientos y cálculos se obtienen los kilogramos de Azúcar Recuperables (kg 96°/t caña) y los kilogramos de Miel Final Teórica (kg 96°/t). Posteriormente se determinan los Porcentajes de Adelanto de Azúcar y Miel Final (96°). Como se infiere la evaluación de este método depende de una metodología de laboratorio de fácil ejecución.*

*La calidad de la materia prima caña que nos conduce y vincula inevitablemente con la calidad del azúcar fabricado y el éxito de la empresa, es incuestionablemente un tema de primer orden y prioridad, sobre el cual permanente se hacen esfuerzos en todos los órdenes para procurar su mejoramiento continuo....”*

Como se infiere de lo anotado anteriormente la calidad está determinada por el cumplimiento cabal e ideal de los indicadores tecnológicos involucrados, procurando siempre su optimización, lo que se expresara y recuperara en un excelente rendimiento industrial y por ende en un mejor pago al agricultor por la caña producida y entregada al ingenio. *La visión del agricultor es producir la mejor caña posible, la perspectiva del ingenio que se le entregue la mejor materia prima para proceso y la del consumidor final, contar con el producto acorde con la calidad que requiere y por la que pagó.*

En el primer caso son muchos los requisitos que un productor de caña debe satisfacer para lograr alcanzar su meta: *mucha caña con mucha azúcar concentrada*. Desde que siembra su semilla en caña planta, debe asegurar un excelente desarrollo de raíces, una buena germinación de yemas, acompañada de un ahijamiento profuso con crecimiento acelerado que le aseguren una población de biomasa (tallos) que sirva de base para potenciar un tonelaje elevado. En el caso de caña soca el equivalente sería contar con un buen retoñamiento de tallos luego de la cosecha. Hasta los seis meses son determinantes la preparación óptima del terreno, el empleo de semilla de muy alta calidad, la fertilización acorde a las necesidades nutricionales y un control de malas hierbas inmejorable en tiempo y calidad; del agua no hay duda sobre su necesidad, sea adicionándola (riego) o

retirándola (drenaje). Del cierre de la plantación (6 meses) hasta su cosecha (12 meses) es indispensable que los tallos crezcan (m) y engrosen (cm) lo suficiente, lo que se manifestará en un tonelaje a cosecha alto (>90 toneladas) con caña sana. Al momento de corta y envío de la caña al ingenio debe haber ausencia de tallos no industrializables, contar con la máxima concentración de sacarosa (kilogramos por tonelada) posible, que la materia prima este fresca no deshidratada, muy limpia y sin deterioro o afectación patogénica de ningún tipo causada por hongos, bacterias, taladradores, ratas, etc. Tampoco los tallos deben poseer yemas germinadas ni raíces aéreas como muestra de inversión y pérdida de sacarosa por posible alta humedad ambiente y en el suelo. El ingenio por su parte, espera y aprecia mucho la limpieza de la entrega, esto es sin basura (*trash*) o materia extraña como técnicamente se le denomina, además que el tiempo entre corta y molienda sea mínimo (<24 horas) especialmente si la misma es quemada; siendo muy obvio lo del alto contenido de jugo y sacarosa en sus tallos. Lo anterior se debe complementar industrialmente con un periodo entre recibo, muestreo y molienda de la materia prima muy corto, que limite su permanencia en campo.

Como quedó anotado, la calidad tecnológica de la caña está definida entre otras cosas por el contenido de materia extraña que acompaña al tallo industrialmente aprovechable; por tanto, cualquier condición u operación que altere la proporción de caña limpia/materia extraña, contribuirá en un sentido u otro sobre la calidad de la caña. Así por ejemplo, el material extraño, especialmente el constituido por retoños (mamones), raíces, tallos secos, cogollos, hojas secas, hojas verdes y cualquier material (malezas) que posea clorofila tiene una alta incidencia sobre los niveles de color y de impurezas, expresado como: polisacáridos solubles, fenoles y amino-nitrógenos. Estos constituyentes químicos afectan el proceso de cristalización y con ello la calidad final del azúcar en relación con su color. El cogollo de la caña contribuye también al aumento de los niveles de color, encontrándose en algunas ocasiones, de cinco a ocho veces más precursores de color como los fenoles en esta sección de la planta, con respecto a la caña limpia. Adicionalmente, es posible encontrar en ellos incrementos hasta del 60% en el nivel de polisacáridos solubles, lo que afecta principalmente la evaporación y la cristalización del azúcar comercial (Rivera y Chaves 2003). Es definitivo que todo lo que no sea jugo de caña de alta pureza en sacarosa, no es comercialmente atractivo ni rentable, pues lo que se busca es fabricar azúcar y no apenas

obtener melaza y generar energía calórica para las calderas de proceso a partir de biomasa (bagazo, cogollo, hojas), lo cual es también incuestionablemente importante.

El ingenio requiere ser complementariamente eficiente y muy ágil en los procesos de recibo, molienda, extracción y fabricación del azúcar, pues en ellos se pueden perder cantidades importantes de esta, sea porque la caña queda durante mucho tiempo depositada en el patio expuesta a la intemperie y los elementos del clima (humedad, temperatura), mucho del azúcar sufre inversiones por hidrólisis, no es extraída perdiéndose en el bagazo, la misma queda contenida en la cachaza residual, se pierde jugo por fugas indeterminadas en tuberías, entre otras pérdidas. Las pérdidas en el proceso fabril son determinadas porcentualmente en el bagazo, la cachaza, la miel final y las consignadas como Indeterminadas que se integran, agrupan y nombran como Pérdidas Totales, como lo demostraran en el caso nacional Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019c).

Chaves (1984) indica y denuncia, que “*Algunas de las consecuencias que se producen debido a las entregas de materia prima de baja calidad (Foto 1) son:*

- *Reducción significativa de los rendimientos de caña y azúcar/ha y los kilogramos de azúcar/tonelada de caña molida.*
- *Incremento en los costos del transporte de la caña necesaria para producir una unidad de azúcar.*
- *Los molinos tienen que moler más caña por unidad de azúcar producida.*
- *La capacidad de la fábrica queda reducida debido a la mayor cantidad de impurezas que tiene que manejar.*
- *El jugo deteriorado produce azúcar de inferior calidad.*
- *Aumento significativo en los costos y consecuentemente pérdidas monetarias elevadas, tanto para el agricultor como para el industrial.”*

#### ¿Qué determina la calidad agroindustrial?

Entre las actividades agrícolas que emplean actualmente en Costa Rica grandes extensiones territoriales, la caña de azúcar ocupa según Costa Rica-SEPSA (2018) el cuarto lugar, como se anota seguidamente: pasturas (+1 millón de hectáreas), café (84.133 ha), palma aceitera (72.856 ha), caña de azúcar (64.250 ha), piña (44.500 ha), banano de exportación (42.921 ha), arroz (33.546 ha) y naranja (23.400 ha), entre otros. Esta condición

extensiva en área pero intensiva en productividad de campo, provoca que las plantaciones de caña deban desplazarse y ubicarse en condiciones muy disímiles entre sí en todos los aspectos, sean estos de corte climático, edáfico, relieve, disponibilidad y manejo del agua, potencial mecanizable, grado tecnológico incorporado, variedades sembradas, disposición de servicios básicos e infraestructura vial y potencial industrial diferente, con estructuras de tenencia de la tierra, proyección y visión empresarial variables, antecedentes agroindustriales versátiles, en fin, una heterogeneidad muy elevada y significativa en casi todas las variables interventoras, como lo han citado y demostrado fehacientemente Chaves *et al* (2018), Chaves (2017, 2018, 2019abcdehij).

Como se infiere de todo lo anterior, la cantidad de factores que participan e intervienen de manera directa e indirecta y determinan la calidad de la materia prima y el azúcar fabricada son muchos y de muy diversos orígenes y características, algunos de los cuales son controlables otros no. Es definitivo y necesario reconocer ante esta realidad, que la ubicación y geografía del lugar de producción, las circunstancias del entorno agro productivo (Foto 2), las condiciones de manejo de la plantación y del ingenio donde se fabrica el azúcar, son muy heterogéneas en Costa Rica lo que induce diferencias muy significativas en la calidad de la materia prima producida y procesada, como lo ha encontrado y señalado Chaves (2008, 2017, 2018, 2019j).

### ¿Cómo interviene el clima?

La caña de azúcar como tal, presenta características especiales que la asientan y confirman como una de las materias primas más sensibles y heterogéneas en cuanto a su composición físico-química definidora de la calidad agroindustrial, lo que torna muy sensitivo satisfacer a cabalidad sus indicadores básicos, como lo han revelado los estudios realizados por Chaves *et al* (2018), Aguilar y Chaves (2009) y Chaves (2008, 2019j). La calidad de la producción de caña en el campo está determinada de manera directa, definitiva y muy significativa por el clima y sus elementos básicos y fundamentales, los cuales deben ser contextualizados e interpretados correctamente en cada una de las diferentes fases y requerimientos propios del ciclo vegetativo del cultivo, el cual como señaló Chaves (2019b), es muy exclusivo, excepcional y particular por incorporar procesos metabólicos diferentes y hasta contrarios según el momento vegetativo.

El factor hídrico determina, sea por presencia y disponibilidad de agua en cantidad suficiente (mm) en las dos primeras etapas del ciclo vegetativo y reducción en el último, la cantidad de biomasa presente y con ello el tonelaje potencial por obtener en la cosecha. Por las temperaturas en sus componentes (máxima-mínima) con grados térmicos altos (>22-33°C) durante los procesos de brotación, crecimiento radical, encepamiento, retoñamiento, ahijamiento, elongación y engrosamiento de tallos; y bajos (<21°C) durante su fase final de maduración (Chaves 2019efg). La relación entre los factores hídrico y térmico debe conservar y proveer un balance ideal donde el grado de evapotranspiración debe controlarse, manteniendo un nivel de hidratación de la planta idóneo y permanente sin que ello provoque y mantenga condiciones inconvenientes de estrés al cultivo. Las condiciones de humedad ambiente pueden afectar la quema prevista si está planificado realizarla previa cosecha, lo que distorsiona los planes y estimaciones trazadas. La caña que está cortada y en patio previa molienda sufre mucho con la convergencia de estos dos elementos, lo que debe evitarse pues la calidad se reduce muy significativamente. La presencia de lluvia en cantidades apreciables durante la cosecha puede favorecer la inversión de la sacarosa a sus componentes básicos: glucosa + fructuosa con pérdida de la primera (Chaves 2019fi). La luz en calidad y cantidad siempre es importante que esté presente en todo el proceso de desarrollo vegetativo y fisiológico; además de que es determinante para inducir o no la floración (Chaves 2019dh). Como comentara Chaves (2019) con amplitud, las condiciones de clima que deben prevalecer durante la cosecha deben contribuir y coadyuvar a realizar con eficiencia y agilidad la corta, extracción y transporte de la materia prima del campo al ingenio; sin que ello afecte el terreno, provoque compactación del suelo y destrucción de la cepa de caña, lo cual resulta invaluable como daño casi irreparable o de muy alto costo al sistema productivo (Chaves 2017, 2019ac). La humedad y la temperatura favorecen y dinamizan el rápido deterioro de la materia prima, lo cual ocurre por deterioro fisiológico, tecnológico, microbiológico que provocan fermentación e inversión de la sacarosa, como tiene comprobado la experiencia.

Numerosos estudios de campo y laboratorio se han realizado en el país en procura de conocer la condición de calidad de la materia prima entregada por los productores de caña a los ingenios nacionales para su molienda, revelando que hay grandes diferencias en los contenidos y la calidad de la materia extraña identificada (Figura 1), lo cual viene determinado por la región y

localidad productora, la distancia (km) al ingenio, los sistemas de cosecha y transporte empleados, el uso o no de la quema para cortar, el tiempo transcurrido entre quema y molienda, la variedad de caña cultivada, la época de cosecha, pero sobre todo las condiciones de clima prevalecientes durante la cosecha, sobre todo referidas a lluvia, temperatura y humedad ambiente, como lo demostraron Salas y Chaves (1993) en Zona Norte; Angulo y Chaves (1999ab) en Cañas, Guanacaste; Angulo y Chaves (1999c) en Puntarenas; Chaves et al (2003) en Zona Sur, Turrialba, Zona Norte; Oviedo y Chaves (2002) en Zona Norte. Villalobos *et al* (1997) realizaron por su parte, un interesante estudio en la Zona Alta de Juan Viñas, donde evaluaron el deterioro sufrido por la caña de azúcar a través del tiempo, empleando cuatro modalidades de cosecha diferentes.



Figura 1. Entrega de caña con alto contenido de materia extraña.



Figura 2. Condiciones difíciles de cosecha manual en la Zona Sur, Costa Rica.

### Conclusión

No hay duda que todo proyecto de desarrollo cañero-azucarero tiene marcada como meta inmediata, motivación y derrotero empresarial fundamental, alcanzar grados satisfactorios de excelencia tecnológica, ambiental, productiva, económica y administrativa que lo hagan rentable, sostenible y competitivo en el tiempo. Esta pretensión requiere para poder ser cumplida a cabalidad, fijar metas intermedias, alcanzables y crecientes en términos de calidad agroindustrial, las cuales sin embargo están condicionadas y determinadas en su gran mayoría por el factor clima, manifestado en sus diferentes elementos. Esa participación del clima se torna positiva y favorable si estas son idóneas; o por el contrario, negativas y limitantes si acontece lo contrario. En una zona tropical de condiciones climáticas inestables y cambiantes, pese a su relativa estabilidad cuando se interpreta a nivel global, la situación se torna importante virtud de que los cambios imprevistos en periodos cortos de tiempo pueden provocar el éxito o fracaso de un proyecto productivo. Esta realidad obliga incorporar el tiempo climático como un indicador de consulta, revisión y análisis permanente, pero sobre todo, de adopción de medidas preventivas y contingentes que eliminen o al menos mitiguen cualquier contrariedad que pudiera surgir en el camino. Los elementos del clima operan de manera directa o indirecta por presencia o ausencia, por exceso o insuficiencia, por momento de oportunidad y por interacción y efecto conjunto. Es necesario y recomendable en primera instancia conocer muy bien el comportamiento del clima, pero sobre todo sus tendencias, calendarizado en tiempo, superponiendo el ciclo vegetativo y contextualizando los requerimientos fisiológicos y metabólicos del cultivo de tal manera que se integren y articulen clima-planta-suelo en una dinámica que asegure su optimización con alguna probabilidad de éxito. Los eventos extremos por su naturaleza de casos fortuitos o de fuerza mayor no podrán preverse con total certeza, por lo que forman parte del alto riesgo que la agricultura arrastra, pero al menos, muchos impactos indeseables podrán eliminarse o minimizarse en sus consecuencias si se llevan y estudian registros de clima representativos y de calidad.

### Literatura citada

Aguilar Segura, J.C.; Chaves Solera, M. (2009). *Determinación de los efectos e nueve tipos y cinco porcentajes de materia extraña (basura), sobre las variables de la calidad*

- industrial de la caña de azúcar, en Azucarera El Viejo, Costa Rica.* En: Congreso Azucarero ATACORI "Cooperativa Agrícola Industrial El General R.L.", 17, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2009. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 2 y 3 de setiembre del 2009.
- Angulo, A; Chaves, M. (1999a). *Efecto de la quema y la época de cosecha sobre los rendimientos agroindustriales de cinco clones de caña de azúcar en Cañas, Guanacaste. Promedio de tres cosechas.* En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 276. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 106. *También en:* Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 44-45.
- Angulo, A.; Chaves, M. (1999b). *Evaluación del contenido de materia extraña en caña de azúcar. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.* En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 347. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 203.
- Angulo, A.; Chaves, M. (1999c). *Contenido de materia extraña en la caña de azúcar cosechada bajo la modalidad de corta manual y mecánica, en el Ingenio Palmar en Miramar de Puntarenas.* En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 346. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 204.
- 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.
- Chaves Solera, M.; Rodríguez F., J.M.; Barrantes M., J.C., Calderón A., G. (2002). *Determinación del grado de variabilidad industrial en Costa Rica, verificado mediante el muestreo de materia prima comercial de caña de azúcar.* San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 26 p.
- 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. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), LAICA y Colegio de Ingenieros Agrónomos, 9 de octubre del 2008. 94 p.
- Chaves Solera, M.A. (2017). *Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica.* En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- 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, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree

- Resort by Hilton. 75 p. *También en:* Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- Chaves Solera, M.A. (2019a). *Humedad y compactación de suelos en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 6, junio-julio. p: 4-6.
- Chaves Solera, M.A. (2019b). *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. (2019c). *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.
- Chaves Solera, M.A. (2019d). *Clima y floración en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 9, julio. p: 5-7.
- Chaves Solera, M.A. (2019e). *Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
- Chaves Solera, M.A. (2019f). *Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 16, octubre-noviembre. p: 5-9.
- Chaves Solera, M.A. (2019g). *Incidencia de las bajas temperaturas en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar: el caso de Costa Rica*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 17, noviembre-diciembre. p: 6-10.
- Chaves Solera, M.A. (2019h). *Ambiente agroclimático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 18, noviembre-diciembre. p: 5-10.
- Chaves Solera, M.A. (2019i). *Clima, producción de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 19, noviembre-diciembre. p: 5-10.
- Chaves Solera, M.A. (2019j). *Resultado final de la Zafra 2018-2019: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 73 p.
- COSTA RICA. (2018). *Boletín Estadístico Agropecuario*. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria. Área de Estudios Económicos e Información. No 28. Serie Cronológica 2014 - 2017, abril. 226 p.
- LAICA. (1998). *LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998*. Diario Oficial "La Gaceta" N° 184. San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- 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.
- Oviedo Alfaro, M.; Chaves Solera, M. (2002). *Determinación de la cantidad y la calidad de la materia extraña presente en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en el Ingenio La Argentina, Grecia, Costa Rica*. En: Congreso de ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez", 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 183-189.
- Rivera Alfaro, D.; Chaves Solera, M.A. (2003). *Determinación de los contenidos de materia extraña en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica*. Cartago, Costa Rica. DIECA-Hacienda Juan Viñas S.A., setiembre. 109 p.
- Salas S., L.; Chaves S., M.A. (1993). *Determinación del efecto de la materia extraña sobre la calidad industrial de la caña de azúcar, en Quebrada Azul de San Carlos, Costa Rica*. En: Participación de DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. p: 158. *También en:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San

José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre, 1993. Volumen 11(1):47.

Villalobos Ortiz, M.; Chaves S., M.; Salazar Q., J.; Gómez M., M.; Osegueda R., U. (1997). *Valoración del deterioro de la caña de azúcar (Saccharum spp) a través del tiempo, en cuatro modalidades de cosecha en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica*. San José. LAICA-DIECA, noviembre. 62 p. *También en:* Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 2. p: 345. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 205.

#### CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

##### Producción y edición:

*Karina Hernández Espinoza*  
*Katia Carvajal Tobar*

Departamento de Climatología e  
Investigaciones Aplicadas  
Departamento de Meteorología  
Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO  
NACIONAL