

Periodo 14 de agosto al 27 de setiembre de 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 DEL 31 DE AGOSTO AL 06 DE SETIEMBRE

En la figura 1 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los distritos que sobrepasaron los 200 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Sabanilla de Alajuela, San Pedro de Santa Barbara y Río Nuevo de Perez Zeledón.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 89 estaciones meteorológicas consultadas muestran al domingo como el día más lluvioso, mientras el lunes presentó los menores acumulados, con un 13% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

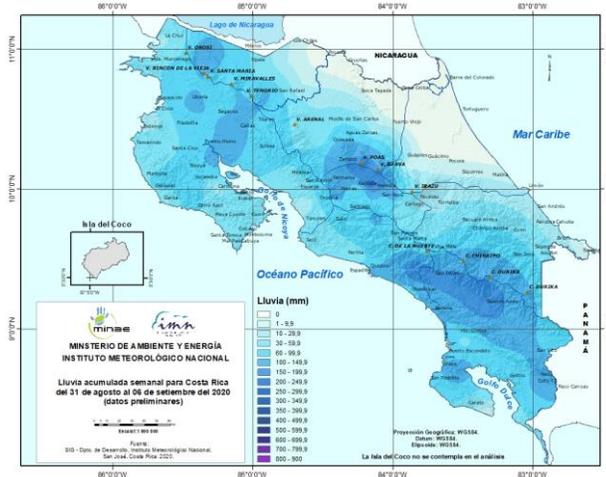


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 31 de agosto al 06 de setiembre del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 07 DE SETIEMBRE AL 13 DE SETIEMBRE

En la figura 2 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los distritos que sobrepasaron los 150 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Santa Elena, Bagaces, Tamarindo, Jaco, Río Nuevo, Cajón, Palmar y Corredores, así como San Pedro y Santo Domingo de Santa Barbara.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 125 estaciones meteorológicas consultadas muestran al sábado como el día más lluvioso, mientras el jueves presentó los menores acumulados, con un 22% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

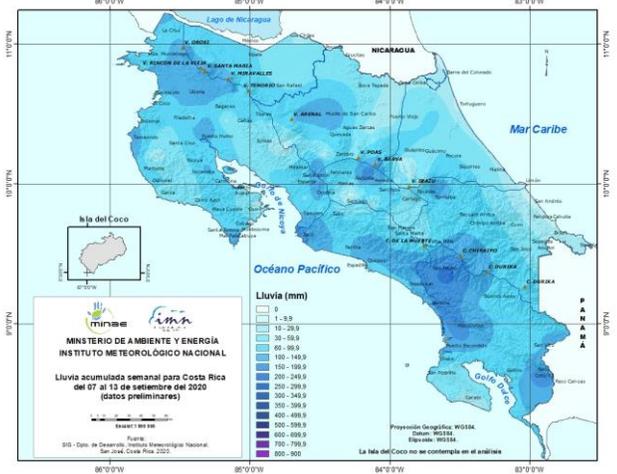


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 07 de setiembre al 13 de setiembre del 2020 (datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 14 DE SETIEMBRE AL 20 DE SETIEMBRE DE 2020

Durante la semana se esperan condiciones levemente más lluviosas de lo normal en la vertiente Pacífico, Zona Norte, Valle Central, mientras la vertiente Caribe presentarán condiciones ligeramente menos lluviosas de lo normal. En cuanto a la temperatura media, esta se mantendrá normal en la vertiente Caribe, Valle Central y Zona Norte; mientras la vertiente Pacífico evidenciará condiciones sutilmente más frías de los normal.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 14 DE SETIEMBRE AL 20 DE SETIEMBRE DE 2020

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. Se prevé un inicio de semana con condiciones menos lluviosas, seguido de un incremento de las lluvias, principalmente para el Valle Central Este, Valle Central Oeste y Turrialba. Las regiones cañeras en general mantendrán un leve incremento en la velocidad del viento a inicio de semana seguido de una reducción paulatina en la segunda mitad de la semana, a excepción de la Zona Norte que presentará su máximo a inicio de semana. Las áreas cultivadas tendrán amplitudes térmicas homogéneas, con los valores superiores de la temperatura máxima y temperatura mínima a mediados de semana.

“Se espera un fin de semana más lluvioso que el inicio de semana.”

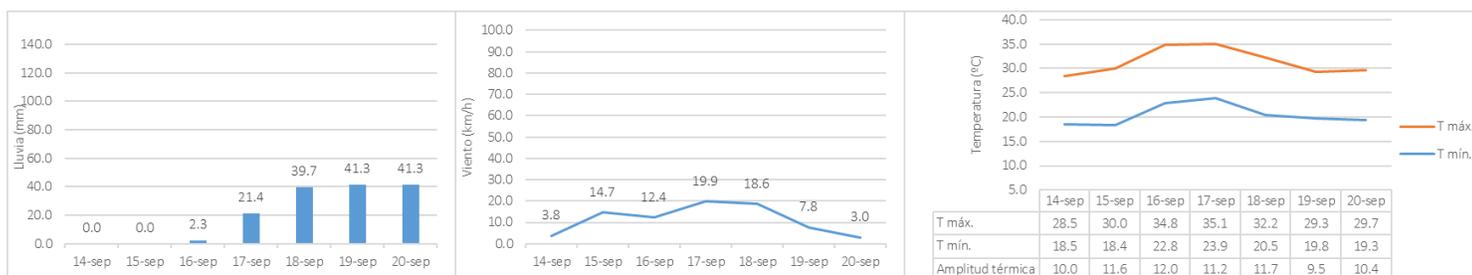


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Guanacaste Este.

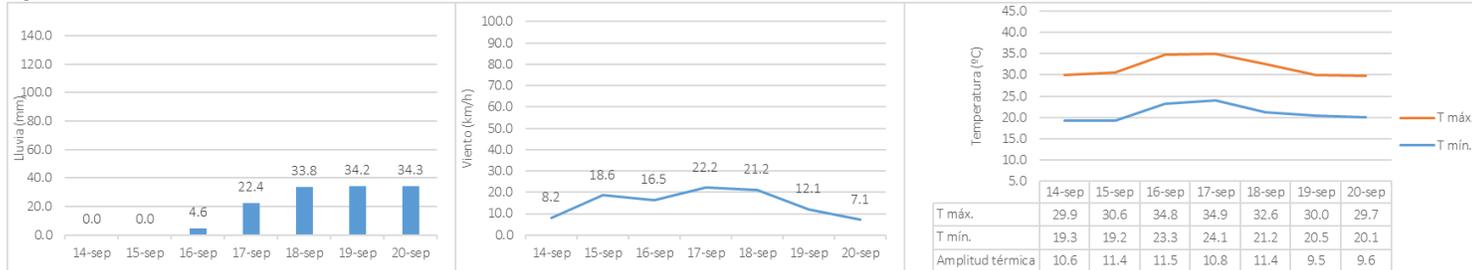


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

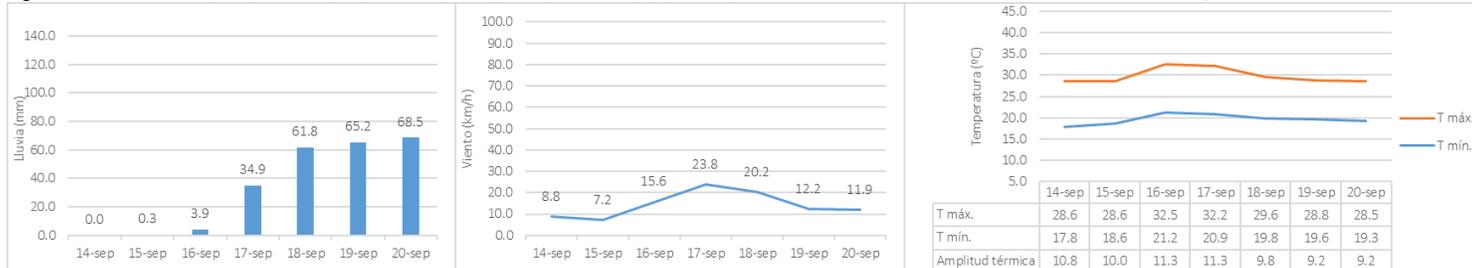


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Puntarenas.

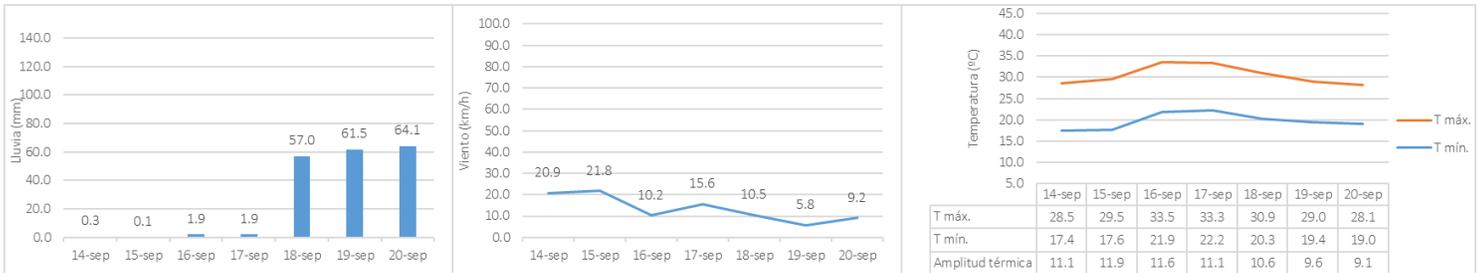


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Zona Norte.

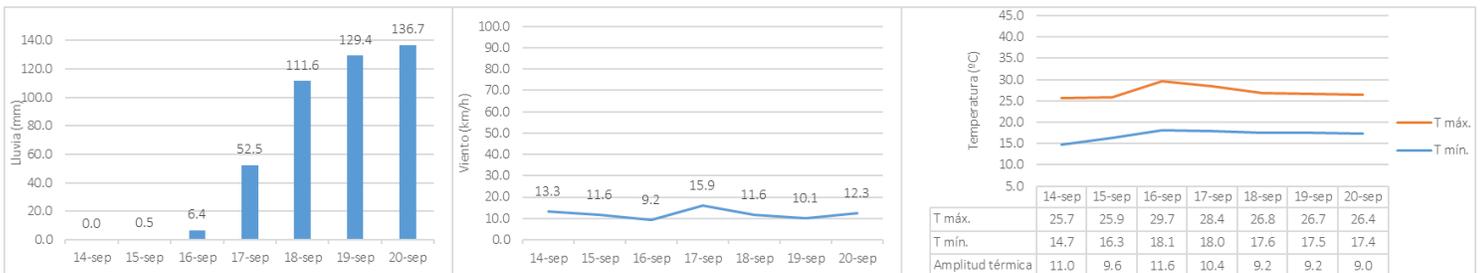


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Valle Central Este.

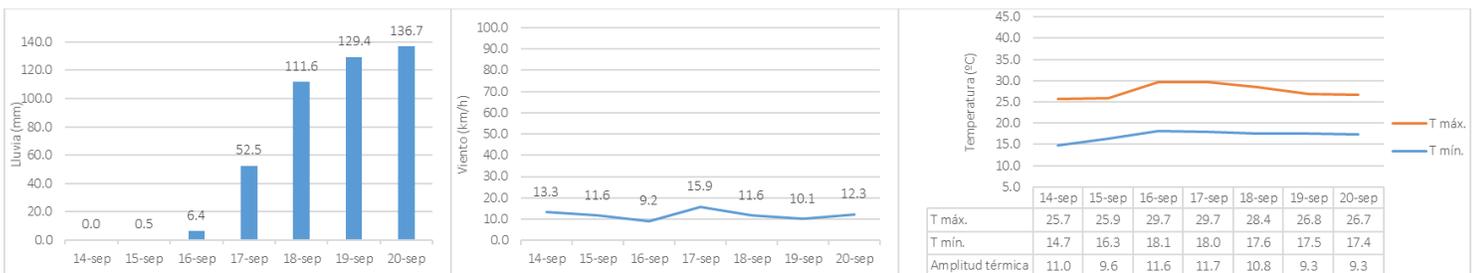


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Valle Central Oeste.

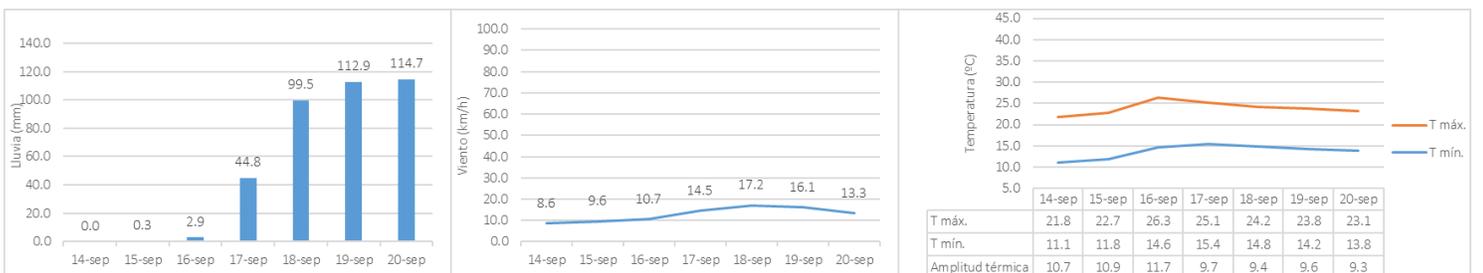


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Turrialba.

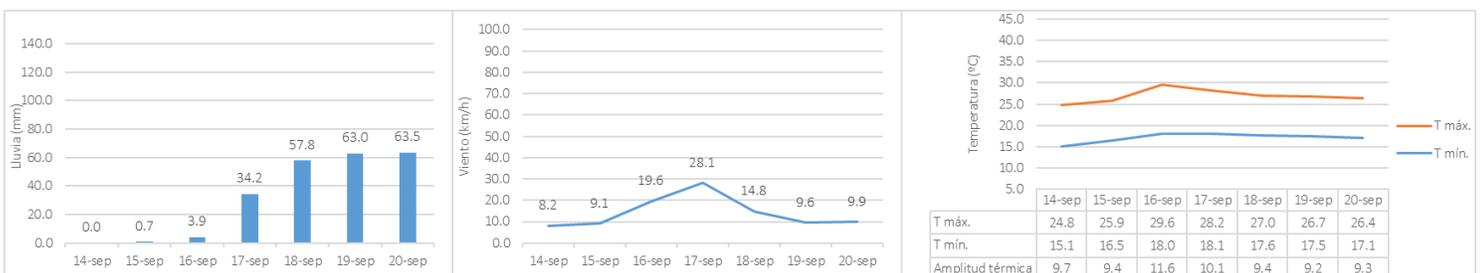


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 14 de setiembre al 20 de setiembre en la región cañera Zona Sur.

Setiembre 2020 - Volumen 2 – Número 19

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 21 DE SETIEMBRE AL 27 DE SETIEMBRE DE 2020

Se prevé una semana levemente menos lluviosa de lo normal en todo el territorio nacional, a excepción de las penínsulas de Nicoya y Osa que presentarán condiciones ligeramente más lluviosas normales.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

En la figura 11 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 14 de setiembre del 2020.

La Región de Guanacaste Oeste tiene entre 15% y 90%, la Región Guanacaste Este presenta porcentajes de que varía entre 15% y 100%. La saturación de la Región Puntarenas está entre 15% y 45%; los suelos de la Región Valle Central Oeste presentan entre 30% y 45%, mientras que los de la Región Valle Central Este tienen entre 15% y 45%.

La Región Norte está entre 0% y 90%. La humedad del suelo en la Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 15% y 100%, mientras que la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) se encuentra entre 15% y 30%. La Región Sur presenta porcentajes de saturación variables, que van desde 0% hasta 100%

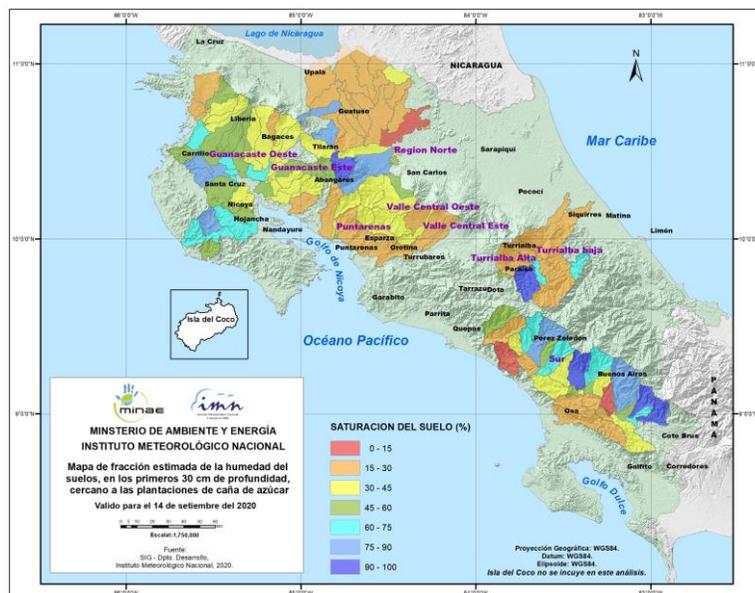


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 14 de setiembre del 2020.

DIECA E IMN LE RECOMIENDAN

Por mantenerse activa la temporada de ondas tropicales del océano Atlántico, se recomienda tomar medidas preventivas y de amortiguamiento en cuanto al incremento de las lluvias que prevalecerán durante aquellos días con efecto directo de ondas o tormentas tropicales. Favor mantenerse al tanto de los avisos emitidos por el IMN.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición del Departamento de Desarrollo
 Meteoróloga Karina Hernández Espinoza
 Ingeniera Agrónoma Katia Carvajal Tobar
 Geógrafa Nury Sanabria Valverde
 Geógrafa Marilyn Calvo Méndez

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

PERSPECTIVA CLIMATICA

Trimestre de septiembre a noviembre del 2020

Met. Luis Fernando Alvarado, Lic.

luis@imn.ac.cr

Coordinador Unidad de Climatología (IMN)

Met. Karina Hernández Espinoza, M.Sc.

khernandez@imn.ac.cr

Coordinadora Boletín Agroclimático (IMN)

La COENOS-IMN identifica la ocurrencia del fenómeno ENOS en su fase Niña acompañada de temperaturas cálidas en el Océano Atlántico durante el trimestre de setiembre a noviembre. Estos y otros análisis conllevan a las fechas mostradas en el cuadro 1 respecto a la finalización, tardía respecto a lo normal, de la época lluviosa del año 2020. Donde se espera que sea el Pacífico Norte quién inicie la salida de la época lluviosa alrededor del 24 de noviembre, seguido de Pacífico Central y Valle del General que concluirán las lluvias cerca del 24 de diciembre; en tanto que el Valle Central tenderá a finalizar la época lluviosa el 29 de noviembre; mientras el Pacífico Sur terminaría la época lluviosa próximo al 13 de enero del 2021; por su parte la Zona Norte Occidental concluiría con el periodo de lluvias rondando el 22 de febrero del 2021.

Cuadro 1. Finalización de la temporada de lluvias del 2020. (Fuente: IMN)

REGION	PRONOSTICO 2020	NORMAL
Pacífico Norte	[22 - 26] nov	[2 - 6] nov
Valle Central	[27 nov - 1 dic]	[12 - 16] nov
Pacífico Central	[22 - 26] dic	[7 - 11] dic
Valle del General	[22- 26] dic	[7 - 11] dic
Pacífico Sur	[11 - 15] ene	[27 - 31] dic
Zona Norte Occidental	[20 - 24] feb	[5 - 9] feb

La COENOS-IMN pronostica un trimestre conformado por los meses de septiembre a noviembre del 2020 con condiciones entre 10-30% más húmedas de los normal en el Pacífico Norte, Pacífico Central y Valle Central; mientras la zona GLU (Guatuso, Upala, Los Chiles) y el Caribe Norte presentarán lluvias normales de la época; por su parte el Caribe Sur mantendrán condiciones entre 10-30% menos lluviosas de lo normal y el Pacífico Sur será la región más lluviosa con lluvias entre 30-50% por arriba de lo normal. El detalle mensual se aprecia en el cuadro 2 y la perspectiva trimestral se identifica en la figura 1.

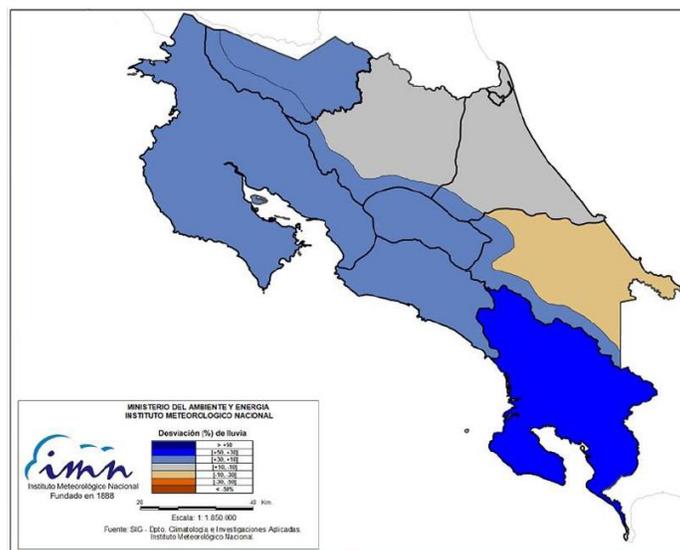


Figura 1. Pronóstico de lluvias para el trimestre de septiembre a noviembre del 2020. (Fuente: IMN)

En cuanto a la temporada de huracanes, Costa Rica mantiene posibilidades sumamente bajas de ser impactado por un huracán, pero si percibirá efectos indirectos de ciclones tropicales, que como es normal de la época, se seguirán desarrollando al menos hasta el 30 de noviembre tanto en el Océano Pacífico como en el Océano Atlántico.

Cuadro 2. Perspectiva de lluvia mensual y trimestral.

REGION	SET	OCT	NOV	SON	
Pacífico Norte					
Valle Central					
Pacífico Central					
Valle del General					
Pacífico Sur					
GLU					
Zona Norte					
Caribe Norte					
Caribe Sur					

ALERTA FITOSANITARIA

El azúcar se produce en el campo y extrae en la fábrica: *una verdad incuestionable*

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)

La agroindustria azucarera como cualquier actividad productiva y/o comercial donde intervienen e interactúan elementos sociales y culturales, posee por lo general una buena cantidad de conceptos, calificativos, criterios y opiniones alusivas a verdades y máximas posiblemente no escritas, que se convierten casi en principios y preceptos técnicos e institucionales, las cuales están fundamentadas por lo general en experiencias, prácticas y resultados. En el argot popular y tradicional de la agroindustria azucarera mundial, hay en esa tendencia principios y conceptos que se transfieren entre generaciones y consolidan como verdades, siendo uno de los más escuchados el que dicta, que *“El azúcar en el cultivo de la caña se produce en el campo y extrae en la fábrica”*, ampliado de manera contundente por el criterio de que *“La fábrica no puede extraer más azúcar de la que contenga la planta de caña”*.

Estas verdades que resultan en principio incuestionables generan sin embargo opiniones diferentes entre quienes participan de la actividad cañero-azucarera, según sea su área natural de formación y ejercicio laboral. Para los agricultores de caña el criterio no tiene ninguna discusión, sin embargo, para buena parte de los industriales del azúcar el mismo resulta excesivo y parcialmente cierto, pues es limitado en sus alcances. Un señalamiento que pareciera tan simple tiene sin embargo un trasfondo técnico inmenso, que resulta interesante y vale la pena escudriñar para comprobar las razones y motivos que generan el diferendo de opiniones.

Naturaleza agroindustrial de la actividad

Como muchas otras actividades agrocomerciales, la caña de azúcar es una práctica que posee un amplio desempeño que involucra varias áreas de gestión técnica, comercial, financiera, administrativa y tecnológica que pueden ubicarse en dos grandes contextos y dimensiones operativas, el agrícola y el fabril; esto sin involucrar el comercial (nacional e internacional) y de mercadotecnia asociados. La cadena vinculada con la actividad es muy amplia, dinámica y particular, constituida por diferentes eslabones estrechamente ligados, articulados y acoplados. La concepción de cadena y encadenamiento se concibe en el caso de la agroindustria azucarera, como el *“conjunto de actividades tendientes a lograr el aprovechamiento integral de la caña de azúcar, incluyendo la siembra, el cultivo, la cosecha, la industrialización de su materia prima, la fabricación y la comercialización del azúcar para consumo humano e industrial, de su miel final, derivados, residuos y subproductos con valor agregado”*. Cada sector nombrado y reconocido mundialmente como agrícola e industrial (figura 1), posee elementos que los tipifican y caracterizan, siendo cada uno de ellos influenciado, determinado e impactado por factores muy diversos en su naturaleza en grado e intensidad variable. Factores como el clima, la tecnología empleada, la sensibilidad de los procesos, las destrezas de las personas involucradas, la infraestructura y la inversión económica incorporada son solo algunos de ellos.



Figura 1. Cadena agroindustrial integral de la caña de azúcar.

Actividad agrícola

La sensibilidad de este componente es muy alta, motivo por el cual cualquier desequilibrio que pudiera surgir en alguno de los elementos que lo integran y condicionan tiene efectos directos sobre la productividad agroindustrial general del cultivo, provocando impactos de consecuencias significativas que pueden ir a favor o en su caso en contra, que es lo más común. Importante señalar que estas afectaciones varían de manera sustancial entre entornos y regiones agroproductivas, las cuales como se ha ampliamente documentado son muy heterogéneas y disímiles en el caso de Costa Rica (Chaves 2019b). Si a lo anterior agregamos el nivel de riesgo implícito e implicado la situación se torna aún más compleja, pues el grado de exposición que mantiene una plantación de caña en el campo es inmensa y sus efectos siempre se dan en ambos sentidos: *antagónicos y sinérgicos*.

La agro cadena de producción de la caña de azúcar es muy amplia y diversa en actividades y procesos, prolongada cuando valorada en términos de tiempo (12-24 meses desde siembra hasta cosecha) y sensible a la exposición e impacto de los factores bióticos y abióticos que lo intervienen, los cuales son en muchos casos generadores de estrés como lo apuntara Chaves (2019e, 2020cdef). La fase agrícola está representada por dos grandes determinantes que definen y condicionan el resultado final: 1) el tonelaje (t) de biomasa producido y 2) el contenido de azúcar concentrado y recuperado en los tallos

industrializables de la caña, medido por los kilogramos de azúcar fabricada por tonelada de caña molida(kg/tc).

En el campo ambos indicadores se desarrollan en etapas fenológicas muy diferentes, como lo establece su Ciclo Vegetativo natural, el cual ha sido desagregado para su mejor comprensión en cuatro fases bien definidas, como señalara Chaves (2019a), al referirlas como sigue “1) *germinación, emergencia y brotación de las yemas*, 2) *formación de macolla y ahijamiento hasta cierre de la plantación*, 3) *crecimiento acelerado del cultivo* y 4) *maduración y concentración de sacarosa en los tallos*”. Ampliando en torno a las mismas, menciona el mismo autor de manera específica que dichas fases “...*tienen una estrecha relación y mezcla entre lo biológico y lo comercial*. En la **Fase 1** ocurre la germinación, la emergencia y el brotamiento de las yemas de la semilla (esqueje) recién sembrada; puede tardar entre 30-50 días. La **Fase 2** se distingue por la formación de “macolla” donde se concentran las plántulas emergentes del conjunto de yemas; es importante pues define inicialmente la cantidad de biomasa (población de tallos) y con ello en principio el tonelaje futuro. Hay elongación inicial de tallos. Ocurre un aumento significativo del Índice de Área Foliar (IAF), favoreciendo el cierre del cañaveral. Su final se ubica con el cierre de la plantación cuando las plantas de los surcos alternos se contactan y el espacio entre los mismos se obstruye, lo que obviamente depende del distanciamiento de siembra empleado (1,40-1,80 m), la modalidad de siembra (surco paralelo, doble, escalera), la variedad cultivada y las condiciones ambientales del lugar (suelo, agua, luz,

temperatura, nutrimentos, etc.), lo que puede ocurrir entre los 4 y 6 meses. La **Fase 3** se caracteriza por el crecimiento acelerado de los tallos (elongación y engrosamiento de entrenudos), con un acumulo importante de materia verde y seca que define en alto grado el tonelaje esperado de la plantación. Es reconocida como “Período de Gran Crecimiento”. En los entrenudos que van completando su desarrollo se inicia el almacenamiento de azúcar. En esta fase se dan incrementos notables en altura y peso fresco (kg) de los tallos, la ampliación del área foliar y acontece una alta mortalidad por competencia en la población de tallos, determinando en parte el rendimiento agrícola final medido en toneladas métricas de caña. La floración marca el final de esta fase. El IAF en esta etapa varía entre 8-12 hojas verdes/tallo. Puede tener una duración de 5-6 meses. La **Fase 4** y final es determinante pues define el contenido final de sacarosa concentrada en los tallos y la producción de azúcar obtenida por unidad de área (t/ha). Se mide en términos de rendimiento industrial por los kilogramos de sacarosa recuperada en la materia prima procesada en la fábrica (kg/t). Erróneamente se nombra como de “maduración” aunque la caña por no ser un fruto no madura, solo acumula y concentra sacarosa, por lo cual esa acepción es más comercial que fisiológica. Su ocurrencia se relaciona con una reducción progresiva en el ritmo de elongación de los entrenudos del tallo y disminución paulatina del área foliar fotosintéticamente activa; puede ocurrir volcamiento de tallos.”

La figura 2 visualiza con alto grado de detalle algunas de las actividades y labores (eslabones de la cadena) que están directa e indirectamente vinculadas con la cadena en su fase agrícola o primaria, en la cual se define la cantidad (t) y calidad (kg sacarosa/tc) de la materia prima que será producida, cosechada y procesada posteriormente en el ingenio, para extraer la sacarosa contenida en los tallos industrializados y poder fabricar con ella el azúcar comercial. Se infiere fácilmente a partir de dicha información, que existe una gran cantidad y diversidad de procesos asociados a las diferentes etapas fenológicas del cultivo, donde ocurren diferentes actividades fisiológicas y metabólicas propias del desarrollo de la planta de caña, como lo anotara Chaves (2019cd, 2020ag). Una valoración puntual revela que hay vínculos muy estrechos y directos con procesos particulares como son los siguientes: desarrollo radicular; absorción, transporte y asimilación nutricional; germinación de las yemas de la semilla recién sembrada; encepamiento y brotamiento de yemas en el ciclo de retoño; ahijamiento y retoñamiento; elongación y crecimiento de plantas; competencia entre plantas de la misma y especies diferentes; engrosamiento de tallos; floración en sus fases de diferenciación de tejidos y emisión de la panícula; concentración sistemática y acumulativa de sacarosa; inversión de azúcares, entre muchos otros. En todos esos procesos participan diversas enzimas, coenzimas, hormonas, elementos nutricionales, agua, sustancias simples y compuestos elaborados, favorecidos por los elementos del clima en especial la humedad, la temperatura y la luz.



Figura 2. Cadena agrícola (fase primaria) de la caña de azúcar.

Actividad industrial

En el caso de las industrias azucareras no cabe la menor duda que su gestión cumple un papel preponderante y fundamental en el ejercicio de toda la cadena agroindustrial, pues representa en lo pragmático la culminación de todo el proceso de producción primaria, procesamiento de la misma y extracción de la azúcar contenida, llevándola hasta las diversas y sofisticadas presentaciones comerciales que dominan los mercados nacional e internacional.

La gestión desarrollada en esta área es muy diferente a la emprendida en el campo agrícola, donde la exposición por tiempo prolongado a las inclemencias del tiempo y la ocurrencia de eventos de índole natural y antropogénico es máxima. Los procesos fabriles se dan mayoritariamente en dos escenarios: patio y fábrica, siendo dominantes los segundos; donde inclusive las agroindustrias modernas y eficientes ya no utilizan el patio para acumular materia prima de proceso. La fase industrial es altamente protocolaria, ordenada, sistemática, limpia y respetuosa de los procesos continuos que la operan, donde la articulación y armonización resultan esenciales para el éxito del proceso integral. La figura 3 presenta un detalle genérico de las fases secuenciales que conlleva la fabricación del azúcar, que como es lógico pensar contiene pasos intermedios vinculados a procesos alternos y complementarios asociados con el bagazo, la energía, la producción de melaza y cachaza, aguas industriales y eventualmente etanol, vinazas y otros derivados que pudieran producirse, aprovecharse y/o eliminarse.

El proceso industrial como se indico es continuo y sistemático en su operación, iniciando con el ingreso de la materia prima caña procedente del campo en camiones o carretas al área de recibo del ingenio, donde es pesada, muestreada para análisis de calidad y codificada para proseguir con su trazabilidad posterior. Las grúas de descargue la colocan en la mesa de alimentación donde opera un sistema conductor que permite la preparación de la caña para su procesamiento, en el cual se realiza la limpieza y lavado de la misma (si aplica), es nivelada y llevada hasta picadoras provistas de cuchillas que giran a alta revolución (≈ 650 r.p.m.), donde se cortan los tallos en trozos más pequeños que forman un colchón de caña que rompe y fracciona las celdas de los tallos molederos sin perder jugo, con

lo cual se facilita la extracción de la sacarosa contenida. La caña preparada llega al sistema continuo de molinos compuesto por varios juegos (4 o 5) de mazas metálicas, en medio de las cuales se pasa el colchón de caña que es triturado y sometido a presión extrayendo el jugo contenido que se recoge en tanques. El área de molienda está conformada por un sistema continuo de molinos (tándem) de 5 a 6 unidades, donde se extrae el jugo conteniendo la sacarosa. Durante el recorrido de la caña por el sistema de molinos se agrega agua para saturar la materia prima, imbibir la sacarosa en el agua y potenciar extraerla del material fibroso comprimido por las unidades de molienda. El grado de compresión se regula conforme se avanza en unidades de molienda. Hasta aquí ya se tiene el jugo de caña contenido en tanques. El residual ligno-celulósico conocido como bagazo que sale de la última unidad de molienda (molino), se conduce a las calderas sirviendo de combustible mediante incineración que produce vapor de alta presión que se emplea en las turbinas de los molinos para lograr su movimiento y en los turbogeneradores para producir la energía eléctrica requerida por el Ingenio. Aquí cabe la posibilidad de cogenerar energía eléctrica para vender al sistema público.

Superadas las fases de recibo, muestreo, preparación, molienda, extracción del jugo, generación de vapor y energía, prosigue propiamente la fase de fabricación del azúcar. El jugo extraído de los molinos se cuantifica (pesa) y calienta con vapor y altas temperaturas ($102-105$ °C) y luego se dispone en tanques clarificadores, donde los sólidos no azúcares son floculados por alcalización y calentamiento precipitando por gravedad en forma de lodo conocido como “cachaza”, residuo con alto potencial fertilizante en el campo. A esos lodos se les agrega “bagacillo”, cal y floculante para extraer y recuperar el azúcar contenido en la cachaza. Durante la clarificación del jugo se eleva el pH para reducir las pérdidas causadas por inversión de la sacarosa. Una vez que el jugo es clarificado se pasa por tamices finos para remover y retener partículas no deseadas, enviándolo luego a los evaporadores. Luego de efectuada la purificación el proceso genera jugo claro, que es azúcar disuelta en agua conteniendo impurezas, las cuales una vez separadas en buena parte, queda eliminar el agua por evaporación. Este es el objetivo básico y fundamental de la clarificación y obtención de la meladura.



Prosigue realizar la sensible y trascendente labor de cristalización, la cual se desarrolla en los Tachos donde la meladura de alta pureza es evaporada hasta lograr un estado estable de sobresaturación que contiene líquido (miel) y cristales de azúcar, la cual se denomina Masa Cocida. En este punto, se adiciona la “semilla” que servirá como núcleo para la formación de los cristales de azúcar, y agrega más meladura conforme el agua se va evaporando. Prosigue luego la fase de centrifugación donde los cristales se separan del licor madre aplicando fuerza centrífuga en tambores rotatorios que contienen mallas interiores. Durante el centrifugado, el azúcar se lava con agua caliente para eliminar la película de miel que recubre los cristales y finalmente se descarga para conducirlos a las secadoras, que son tambores rotatorios inclinados en los cuales el azúcar húmedo que sale de las centrifugas se transporta por elevadores y bandas, entra en contacto con el aire caliente que viene en contracorriente. El azúcar seco sale por el extremo opuesto de la secadora, donde se instala una malla clasificadora para remover los terrones presentes. Como etapa final ocurre el empaque según sea el tipo de presentación.

Es importante señalar que dependiendo de los objetivos y características de los productos azucarados deseados comercialmente elaborar, se pueden suceder otros procesos como refinación y obtención de grados variables de tamaño del grano de azúcar, concentración en sacarosa, presentación comercial; así como su nivel de color. El mercado nacional

ofrece una gran gama de tipos de azúcar que satisfacen los diferentes gustos y necesidades de la exigente demanda, como son azúcar refinado, orgánico, blanco, oscuro, tipo Demerara de alto color y contenido de miel, azúcar como caramelo, en mezcla con el endulzante natural *Stevia* e inclusive azúcar líquido, entre otros. Importante destacar que todo el azúcar de consumo humano en Costa Rica esta por ley fortificada con Vitamina A como medida nutricional. La Vitamina se adiciona en las plantas emparadoras de LAICA en las tolvas que alimentan las unidades de empaque asegurando su homogeneidad; en el caso de los Ingenios se agrega en la salida de las centrifugas, entrada de las secadoras o entrada de las enfriadoras si existen.

Qué factores intervienen en la cadena agroindustrial

Tal como se aseveró con anterioridad los componentes agrícola y fabril de la cadena agroindustrial de la caña de azúcar (figura 4) presentan diferencias de fondo muy significativas en todos los sentidos, los cuales pueden derivarse para una valoración más objetiva en varios factores interventores y sus múltiples interrelaciones, como son: limitantes y problemas habituales, exposición al entorno; nivel de riesgo implícito, capacidad de control; tiempo implicado; sensibilidad de procesos, entre otros. Posiblemente cada quién dependiendo de su nivel de conocimiento, participación e injerencia tendrá su propia valoración e interpretación en torno al tema; sin embargo, se procura en este caso valorar con buen criterio lo pertinente y

correspondiente a cada componente, lo cual se expone en el cuadro 1 adjunto. Como se infiere son numerosos los factores de naturaleza biótica y abiótica que intervienen cada uno de los factores mencionados y por ende todo el proceso en su integridad.

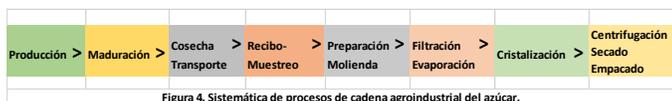


Figura 4. Sistemática de procesos de cadena agroindustrial del azúcar.

¿Dónde se produce entonces el azúcar?

Con base y fundamento en lo expuesto pareciera razonable entender que como dice con certeza y razón el viejo adagio popular, es definitivo que *“el azúcar se hace en el campo, extrae y fabrica en el Ingenio”*, motivo por el cual y de manera consecuente *“Un ingenio no puede extraer más del azúcar que la caña lleve contenida en sus tallos procedentes del campo”*. Con el corte de la planta durante la cosecha esta muere y detiene los procesos vitales de síntesis y concentración de sacarosa en sus tallos, motivo por el cual no puede haber más acumulo del endulzante, pudiendo habilitar por el contrario los mecanismos vinculados con la no deseada inversión y pérdida del disacárido por conversión hidrolítica a sus azúcares simples: *fructuosa y glucosa* (Chaves 2019cd).

Cualquier argumento en contrario por mejor fundamentado que se formule y donde se pretenda atribuir al ingenio una mayor producción de azúcar inducida y promovida en la fábrica resulta inaceptable, por las razones ya expuestas. El concepto genérico si resulta sin embargo muy cierto y válido cuando hablamos de aplicarlo a la eficiencia en el proceso fabril, pues es innegable que, entre dos fábricas de azúcar, la más eficiente en todas sus fases de procesamiento será la que más sacarosa extraiga, cristalice y fabrique como azúcar comercial.

De igual manera, resulta definitivo que los factores bióticos y sobre todo los abióticos como el clima, ejercen una gran influencia que determina en alto grado la cantidad y calidad de la materia prima producida y cosechada en el campo, lo cual se traduce inexorablemente en más o menos toneladas de caña industrializable con alto o bajo contenido de sacarosa en sus tallos, que es cortada y dirigida a procesamiento en la fábrica de azúcar.

Conclusión

El título del presente documento parece simple y lógico en su contenido, aunque en la práctica agroindustrial pareciera que muchas veces las dudas y las posiciones esgrimidas por los representantes de los dos sectores no son conciliadoras. Lo importante sin embargo en este caso es el significado y el trasfondo que intrínsecamente conlleva el tema, cuyo contenido traducido pragmáticamente nos revela que la cantidad y calidad de la materia prima se forma y define en el

Factor incidente	Sector	
	Agrícola	Industrial
Problemas más comunes	Disponibilidad de tierra, elementos del clima (lluvia, luz, temperatura, viento, humedad), evapotranspiración, tipo de suelo, compactación, mecanización de terrenos, plagas, enfermedades, malezas, semilla de calidad, nutrición, quemas imprevistas, pérdidas post cosecha, mano de obra, equipo mecánico, tecnología, recursos financieros, infraestructura (vial, riego/drenaje, almacenamiento), etc.	Infraestructura, tecnología, equipamiento, agua, personal calificado, capacidad de procesamiento (molienda) y fabricación, calderas, vapor y energía, contaminación, inversión de azúcares.
Exposición al entorno	Muy alto. Las condiciones ambientales marcan pauta y determinan la cantidad, intensidad y resultado de los procesos vinculados: fotosíntesis, desarrollo, maduración, cosecha, calidad de la materia prima, efectos post cosecha, etc.	Importante. Particularmente en la primera fase de suministro y recibo de la caña, sobre todo cuando la misma se deposita y acumula en el patio. Intervienen en procesos de inversión de la sacarosa y deterioro de la calidad.
Nivel de riesgo implícito	Muy alto. Los cambios extremos que acontecen en los factores de la producción resultan la mayoría inesperados, dinámicos e incontrolables. Las pérdidas van de parciales a totales.	Alto. Los imponderables e imprevistos mecánicos y de proceso son constantes y permanentes. Por la naturaleza sistemática la totalidad del proceso puede verse intervenido y detenido.
Capacidad de control	Baja. Por la naturaleza imprevista de los eventos resulta muy difícil poder intervenirlos, contrarrestarlos, mitigarlos o eliminarlos. Otros asociados al manejo de la plantación resultan viables de conducir en algún grado.	Media. En lo concerniente a problemas de infraestructura y mecánicos, debe existir la previsión y dotación de repuestos requerida. Otras limitantes son en alto grado de resolución. El tema pasa por el tiempo implicado.
Tiempo implicado	Muy Prolongado. Una plantación de caña de azúcar debe necesariamente pasar en el campo entre 12 y 24 meses según sea la altitud (msnm), variedad cultivada y duración del Ciclo Vegetativo (plantasoca), desde siembra hasta cosecha.	Bajo. En Costa Rica la duración del periodo de molienda y fabricación de los Ingenios se ubicó en las últimas 9 zafras (2010-2019) entre 122 y 144 días consecutivos para una media de 130 días y entre 93-171 días entre regiones cañeras. Para fabricar azúcar el tiempo transcurrido desde que se muele la caña y sale el azúcar es de 6 horas en mazas de primera y de 24 horas en mazas de segunda y tercera.*
Sensibilidad de los procesos	Alta. Todo articula y conduce a reducir o perder la capacidad productiva de una plantación. Un suelo mal preparado, semilla de baja calidad, variedad inadecuada, no fertilizar, no controlar malezas, lluvia deficiente o en exceso, altas o bajas temperaturas, presencia de plagas o enfermedades, etc.	Alta. Un problema serio hace perder una tanda en proceso y detiene la labor de cosecha en campo. Situaciones menos graves atrazan los planes de molienda y fabricación.

* Comunicación del Ing. Quím. Jorge Sáenz Quesada.
Fuente: Chaves (2020b)

campo, motivo por el cual todo el esfuerzo empresarial, administrativo, financiero y técnico que se haga en realizar una buena preparación del suelo y siembra de la plantación, utilizar semilla mejorada de muy alta calidad y pureza genética de la variedad con mejor fitosanidad y adaptación a la localidad y entorno agro productivo particular, incorporar la nutrición requerida en cantidad, calidad y oportunidad resultan determinantes (Chaves 2020ah). A lo anterior debe agregarse como fórmula para alcanzar el éxito ejercer el control oportuno (pre emergente) de malezas, incorporar prácticas de riego/drenaje, conservación de suelos y manejo general de las plantaciones. La cosecha representa la culminación de todo el esfuerzo productivo, razón por la cual se debe mantener una planificación de tiempos (antes, durante y posterior) y procesos (control de madurez, corta y transporte) muy estricta que impida perder sacarosa por falta de maduración o inversión y peso de la caña por deshidratación, lo cual se traduce en dinero que se deja de recuperar. El conocimiento profundo del clima y comportamiento de sus elementos resulta obligado, pues no puede existir hoy en día una agricultura sostenible, rentable y competitiva, si no se aborda y actúa de forma consecuyente y respetuosa con los principios que lo regulan.

En el caso de la fase de industrialización no hay duda de que el proceso implicado debe ser virtud de la alta sensibilidad del material biológico procesado, muy rápido, continuo, limpio y eficiente, lo cual se traducirá en recuperar el máximo posible del esfuerzo realizado en el campo, traducido en azúcar.

Resulta oportuno y válido en este contexto, anotar y reseñar el adagio popular que dicta, que “Una excelente plantación de caña de azúcar que no cuente con un buen Ingenio para el procesamiento de su materia prima, representa simple maleza; de igual manera, un excelente Ingenio que no disponga de una materia prima de muy alta calidad procedente de una buena plantación de caña de azúcar, será simple chatarra”; así de fuerte y extrema puede ser la realidad. Lo cierto del caso es que, como partes de un mismo y único proceso, las áreas agrícolas y fabriles deben operar sin condicionamientos, en perfecta sincronía, armonía, articulación y bajo una visión única de integralidad y como sistema continuo; cualquier otra interpretación es errónea y deja pérdidas para todos. Se trabaja bajo una filosofía de “ganar-ganar” pues de lo contrario se obtendrá un inconveniente y nefasto “perder-perder”.

Literatura citada

- Chaves Solera, M.A. 2019a. *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2019b. *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. 2019c. *Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(15): 5-8, octubre-noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2019d. *Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
- 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.
- 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.
- Chaves Solera, MA. 2020b. *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.
- Chaves Solera, M.A. 2020c. *Estrés por calor en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(5): 5-12, marzo.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. *Estrés por frío en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(7): 6-16, marzo-abril.

Chaves Solera, M.A. 2020e. *Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.

Chaves Solera, M.A. 2020f. *Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.

Chaves Solera, M.A. 2020g. *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.

Chaves Solera, M.A. 2020h. *Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.

Recuerde que puede acceder los boletines en
www.imn.ac.cr/boletin-agroclima y en
www.laica.co.cr