

Periodo 20 de marzo al 02 de abril 2023

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 06 DE MARZO AL 19 DE MARZO 2023

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.

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 105 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región azucarera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 0-26.7 mm en la **Región Guanacaste Este**, por su parte **Guanacaste Oeste** registró entre 0-8.8 mm, en la **Región Norte** se reportó entre 0-28.1 mm. La **Región Puntarenas** presentó entre 0-36.7 mm. La **Región Sur** mostró entre 0-51.7 mm, la **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 0-31.4 mm, mientras la **Región Valle Central** tuvo entre 0-42.7 mm.

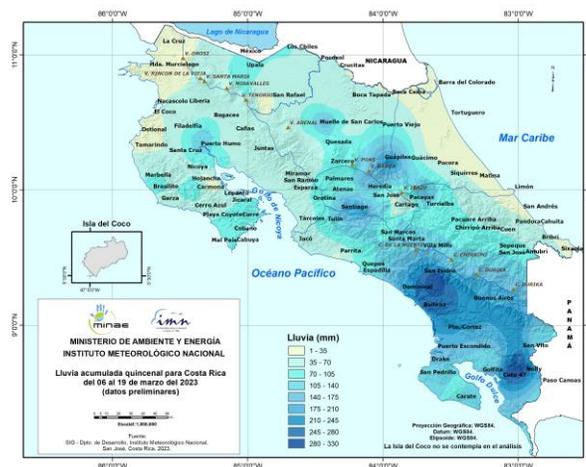


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 06 al 19 marzo del 2023.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 20 DE MARZO AL 26 DE MARZO

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras. La **Región Norte** mantendrá viento del Este con reducción el fin de semana, temperatura media más fresca de lo normal y menos lluvias de lo normal. La **Región Guanacaste (Este y Oeste)** tendrá viento del Este más acelerado de lo normal, con reducción el fin de semana; temperatura media más fresca de lo normal y menos lluvias de lo normal. En la **Región Sur** se espera viento variable (Este-Oeste); temperaturas medias más fresca y lluvias principalmente por las tardes y con mayor intensidad del fin de semana. El **Valle Central (Este y Oeste)** tendrá viento del Este más acelerado de lo normal, con reducción el fin de semana, temperaturas más fresca y posibilidad de algunos aguaceros por la tarde. Para la **Región Turrialba (Alta y Baja)** se prevé viento del Este más acelerado de lo normal, temperaturas normales y menos lluvias de lo normal. La **Región Puntarenas** mantendrá viento normal de la época, temperatura media más fresca y algunas lluvias aisladas.

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

“No se prevé afectación por frente frío, pero si efecto de una alta presión en el Mar Caribe. Sin presencia significativa de polvo Sahariano, pero si un inicio de semana con poca humedad.”

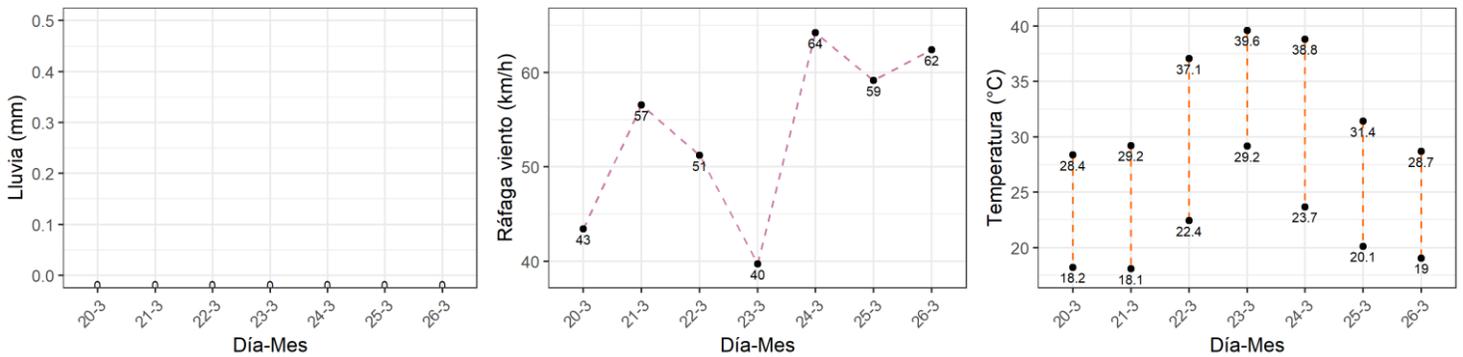


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Guanacaste Este.

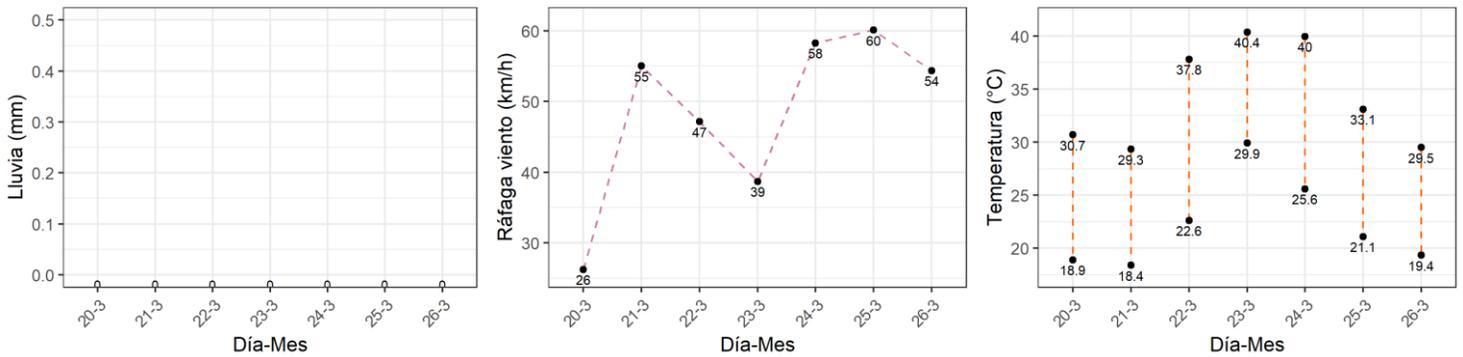


Figura 3 Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Guanacaste Oeste.

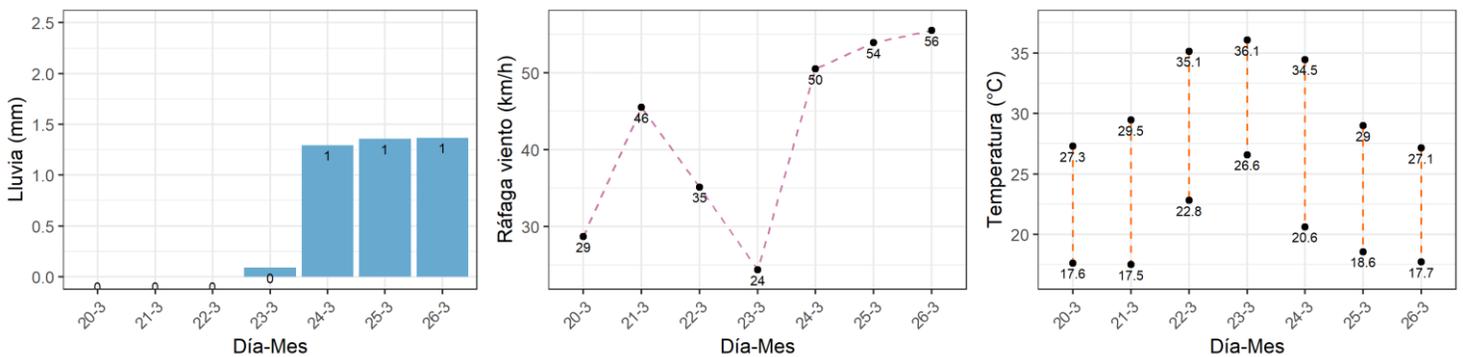


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Puntarenas.

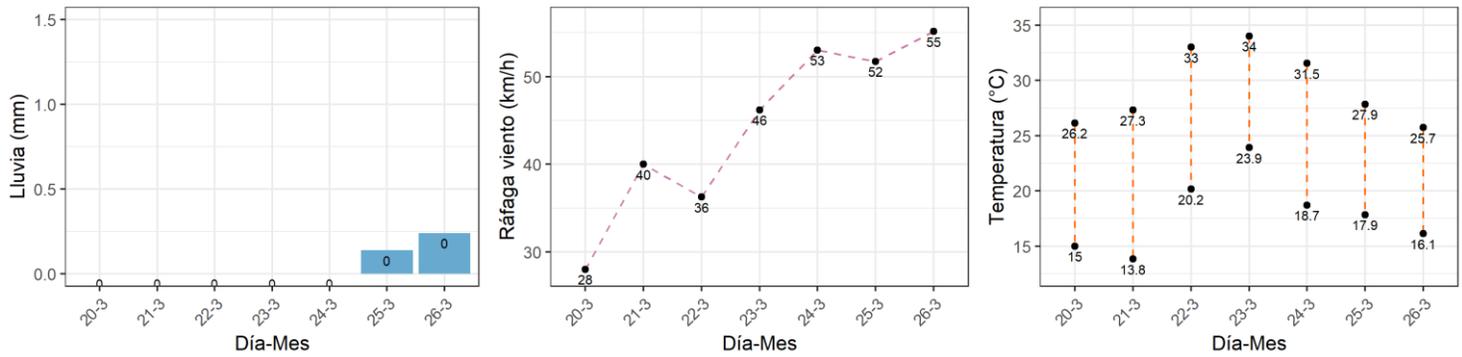


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Región Norte.

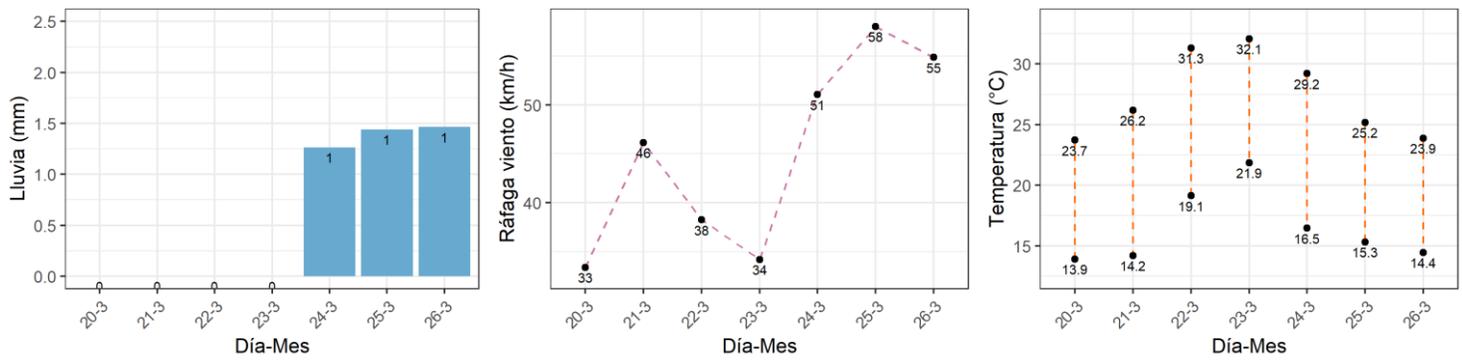


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

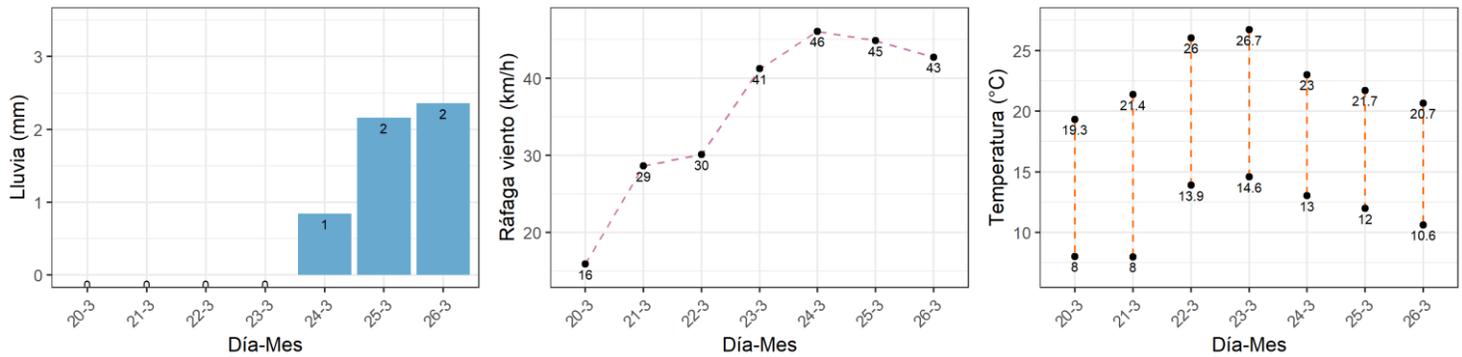


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

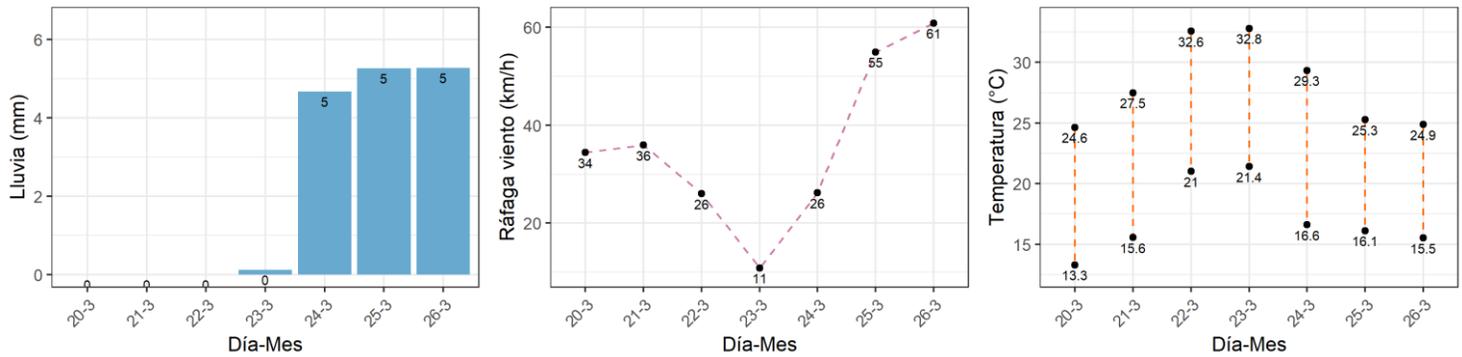


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 20 al 26 de marzo en la región cañera Región Sur.

Marzo 2023 - Volumen 5 – Número 06

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 27 DE MARZO AL 02 DE ABRIL

Se incluye un pronóstico diario de lunes a miércoles y una perspectiva de la semana completa para cada región productiva cañera. La **Región Huetar Norte** viento del Este más acelerado de lo normal, temperatura media más fresca y lluvias normales. La **Región Chorotega (Este y Oeste)** viento del Este más acelerado de lo normal, temperatura media más fresca y menos lluvias de lo normal. En la **Región Sur** evidenciará viento variable (Este - Oeste), temperaturas medias más frescas y menos lluvias. La **Región Valle Central (Este y Oeste)** mostrará viento normal, con temperaturas más frescas y lluvia normal. La **Región Turrialba (Alta y Baja)** presentará viento normal, temperatura media más fresca y lluvias normales. La **Región Puntarenas** mostrará viento variable (Este - Oeste), temperatura media normal y menos lluvias.

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 13 al 19 de marzo se tuvieron porcentajes bajos y medios en saturación en las regiones cañeras, a partir del martes los porcentajes de saturación aumentaron en la mayoría de las regiones cañera. Solamente la Región Sur presentó mayor humedad en el suelo durante toda la semana.

Como se observa en la figura 09, las regiones Guanacaste Oeste y Guanacaste Este tienen entre 15% y 60% de saturación. La Región Puntarenas está entre 15% y 45%, mientras que las regiones Valle Central Oeste y Valle Central Este presentan entre 30% y 45%.

La Región Norte tiene entre 15% y 45%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) tiene entre 15% y 30% y la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) presenta entre 15% y 60%. La Región Sur varía entre 15% y 75% de humedad.

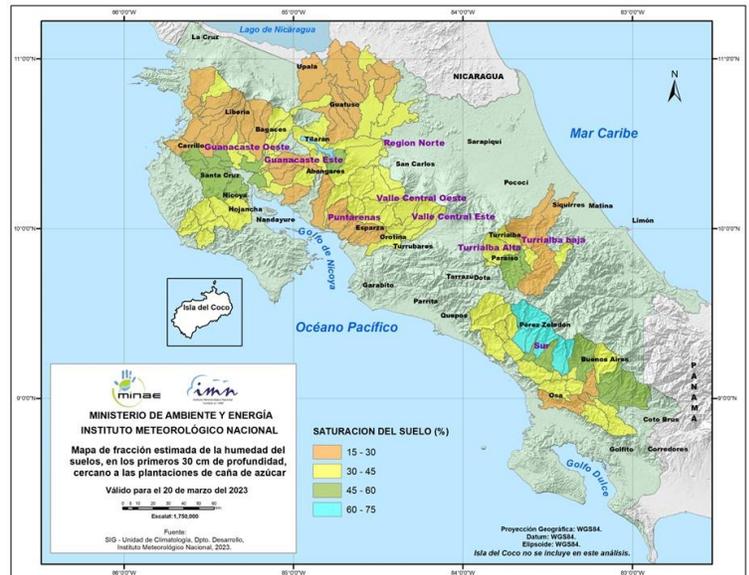


Figura 09. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 20 de marzo de 2023.

LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

- @IMNCR
- Instituto Meteorológico Nacional CR
- www.imn.ac.cr

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

NOTA TÉCNICA

Lluvias anómalas en el mes de marzo del año 2023.

Meteoróloga Karina Hernández Espinoza, M.Sc

khernandez@imn.ac.cr

Coordinadora del Boletín Agroclimático del IMN

Coordinadora de la Comisión Interinstitucional del Fenómeno ENOS (COENOS)

Meteoróloga Rosangelica Montero Acuña, Lic

rmontero@imn.ac.cr

Unidad de Climatología, IMN

¿Qué sucedió en la primera quincena de marzo?

Factores atmosféricos como la cercanía de la zona de convergencia intertropical, ubicada más al norte de lo que corresponde para el mes de marzo, provocando el efecto directo de un sistema de baja presión; así como vientos alisios (vientos que vienen del Este) debilitados, patrón típico del fenómeno ENOS en su fase La Niña; han provocado que la primera quincena del mes de marzo del año 2023 registre excedentes de lluvia sobresalientes, en regiones climáticas que se encuentran en temporada seca; que por tanto están asociados a acumulados de lluvia no tan grandes como nos puede hacer pensar la **figura 1**.

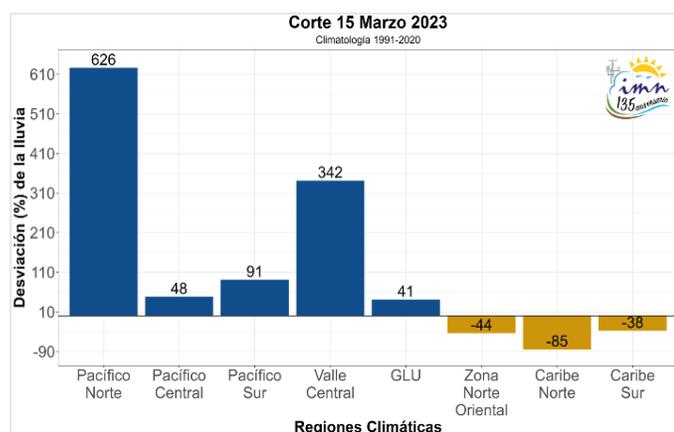


Figura 1. Desviación porcentual de lluvia de la primera quincena de marzo 2023, respecto al periodo climatológico 1991-2020, en las diferentes regiones climáticas del país. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña, UCLIM-IMN)

La **figura 1** fue elaborada con promedio de diferente cantidad de estaciones por región climática, donde dichas estaciones cumplen con un periodo climatológico más reciente que va desde 1991 hasta 2020.

Entre el 1 y el 15 de marzo del 2023, la región climática **Pacífico Norte** registro un excedente de lluvia respecto a lo normal (periodo 1991-2020) de más de 600%. Aunque parezca muy alto el valor porcentual solo en la primera quincena se acumularon 44 mm cuando normalmente se registran 6 mm en todo el mes de marzo y es por esto por lo que la anomalía porcentual es tan sobresaliente.

Otro caso semejante es la región climática del **Valle Central** donde el excedente de lluvia supera el 300% debido a que normalmente llueven 24 mm en todo marzo y en 2023 solo la primera quincena ya registra 87 mm. De forma similar ocurre en las regiones climáticas del Pacífico Sur, Pacífico Central y Zona Norte Occidental (GLU).

Otras regiones climáticas que se encuentran en temporada seca y aun así registran excedentes son **Pacífico Sur**, **Pacífico Central** y **Zona Norte Occidental (GLU)**. Si calculamos la diferencia entre lo que llueve normalmente en estas regiones y lo que llovió en tan solo la primera quincena de marzo; se identifican excedentes de lluvia de 102 mm, 19 mm y 8 mm respecto a lo normal respectivamente. Con esto podemos evidenciar que las anomalías de lluvia del Pacífico Central y GLU atienden a montos de lluvia bajos.

Las regiones climáticas **Caribe Norte** y **Zona Norte Oriental** mantiene déficits que rondan el 40%; montos que aún pueden ser recuperados en lo que falta del mes. En cambio, el **Caribe Sur** mantiene la condición deficitaria que ha estado mostrando en los últimos meses.

Marzo 2023 - Volumen 5 – Número 06

Tan solo con los acumulados de lluvia de la primera quincena de marzo ya se reportan 10 récords de lluvia para marzo, 4 de ellos en Guanacaste, 1 en Puntarenas y 5 más en San José. Los principales, debido a la diferencia respecto al récord previo, se listan en el **cuadro 1**.

Cuadro 1. Récords de lluvia registrados con acumulados de lluvia de la primera quincena del mes de marzo 2023 y la diferencia respecto al récord previo. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña, UCLIM-IMN)

Récords I-Q de marzo 2023	Diferencia (mm)
San José de San José, 124 mm	91
Puntareas de Puntarenas, 106 mm	66
Goicoechea de San José, 66 mm	56
Montes de Oca de San José, 80 mm	41

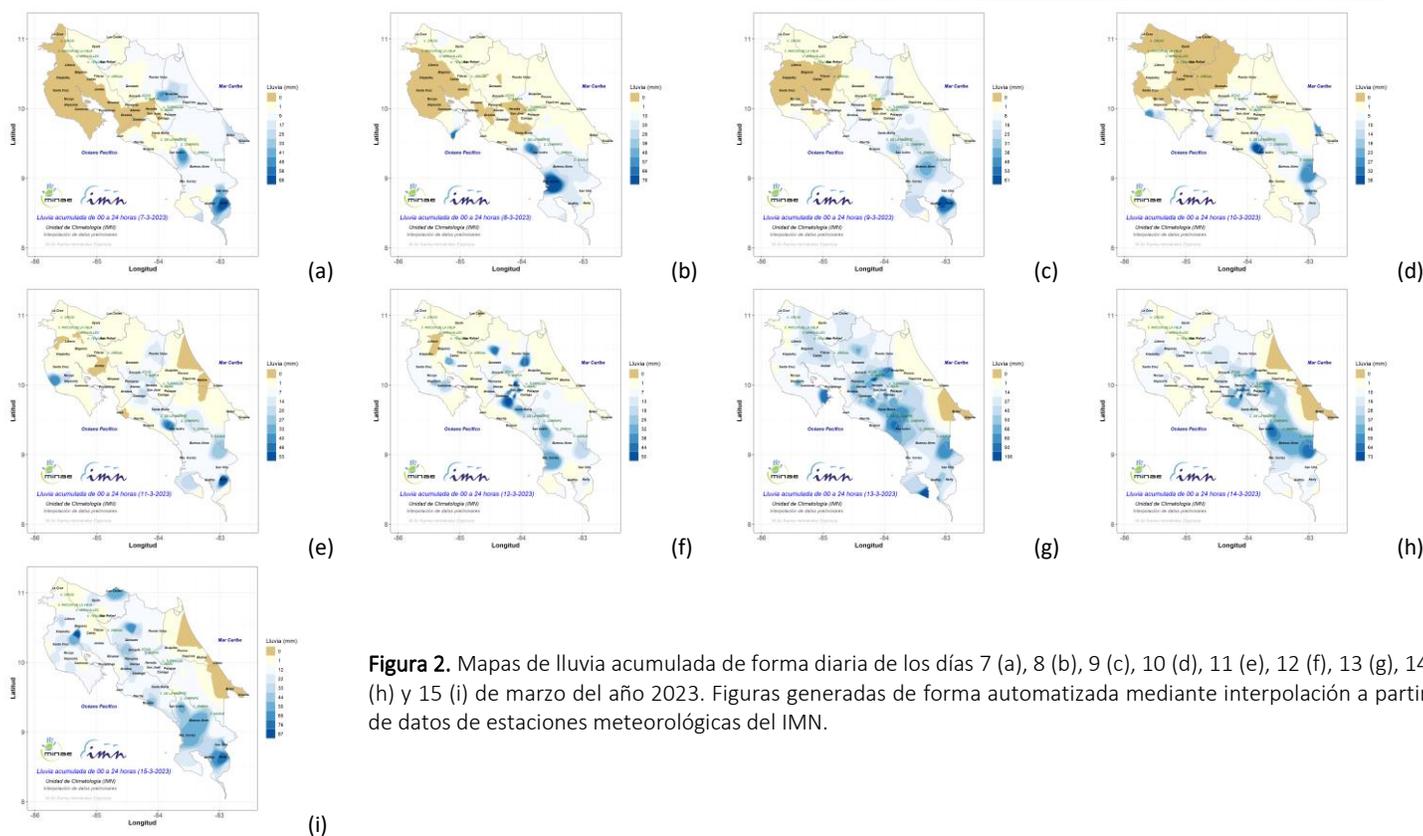


Figura 2. Mapas de lluvia acumulada de forma diaria de los días 7 (a), 8 (b), 9 (c), 10 (d), 11 (e), 12 (f), 13 (g), 14 (h) y 15 (i) de marzo del año 2023. Figuras generadas de forma automatizada mediante interpolación a partir de datos de estaciones meteorológicas del IMN.

En cuanto a la distribución diaria de las lluvias de la primera quincena del mes de marzo, la **figura 2** muestra mapas de lluvia diaria acumulada para nueve días, que van del 7 al 15 de marzo; siendo el 13 de marzo (**figura 2.g**) el día más lluvioso y con mayor cobertura espacial de las lluvias. El día 13 de marzo las condiciones lluviosas fueron generalizadas en el país, excepto por la región climática Caribe Sur. La vertiente Caribe y principalmente el Caribe Sur ni con este evento lograron romper la condición de sequía meteorológica que han estado presentando hace ya varios

meses. La seguidilla de imágenes de la distribución de lluvia, acumulada a nivel diario, muestra como la región climática del Pacífico Sur fue la más afectada en este evento; sitio donde se ubican algunos de los mayores acumulados de lluvia diaria. También es claro cómo, las lluvias fuertes dieron inicio al Sur del país, pero al avanzar los días las lluvias fueron cubriendo el país (excepto vertiente Caribe) alcanzando incluso la parte Norte del territorio nacional. La segunda región climática más afectada en este evento fue el Pacífico Central, tanto con

acumulados máximos como con cobertura espacial de las lluvias.

¿Qué esperar para lo que resta de la época seca?

Esta condición tan lluviosa en la primera quincena del mes de marzo de fue anómala y por tanto genero las estadísticas previamente mencionadas. Incluso en un análisis puntual de récords de lluvia en dos estaciones meteorológicas se registra el 13 de marzo como el día más lluvioso desde 1974 en la ciudad de Paquera acumulando 90 mm; mientras que el 14 de marzo fue el segundo día más lluvioso desde 1900 en la ciudad de San Jose (Fuente: Luis Alvarado Gamboa, Coordinador UCLIM-IMN).

Para los próximos días he incluso lo que resta del mes de marzo, se perfilan condiciones propias de dicho mes en toda la vertiente del Pacífico, Valle Central y Zona Norte Occidental. Este cambio de las condiciones de la primera quincena del mes de marzo tan lluviosas respeto a las condiciones secas que se esperan para lo que falta del mes; se debe al marcado incremento del viento procedente del Este, que estuvo debilitado en la primera quincena de marzo y actualmente se dio un incremento de dicho viento del Este. Aunado a esto el sistema de baja presión que estuvo incrementando las lluvias en la vertiente del Caribe en la primera quincena de marzo, ha dejado de afectarnos tan directamente, por lo que se esperan solamente algunas lluvias de corta duración e intensidad en la presente semana. Esta semana pasamos del efecto de esa baja presión en el Océano Pacífico al efecto de una alta presión

en el Mar Caribe. Dicha alta presión en el Caribe nos incrementa el viento procedente del Este dificultando el ingreso de humedad a la vertiente Pacífico y por tanto al Valle Central y Zona norte Occidental. Debido a que esta semana también tenemos masas de aire seco sobre el país, dichos Alisios (vientos del Este) no se espera que incorporen tanta lluvia en la vertiente Caribe como en otras ocasiones.

Durante el mes de abril, la región climática del Pacífico Sur inicia su transición hacia su época lluviosa 2023; por lo que en dicho mes es normal que se presenten días lluviosos. Las restantes regiones climáticas inician su época lluviosa posteriormente. Las fechas climatológicas del inicio de la época seca para cada región climática del país que tienen definido un inicio y fin de su época seca y lluviosa; se muestran en el **cuadro 2**.

Cuadro 2. Fechas climatológicas del inicio de la época lluviosa. Fechas estimadas a partir de un periodo base 1991-2020 para todas las estaciones meteorológicas disponibles por región climática. (Fuente: Karina Hernández Espinoza, UCLIM, IMN)

Región climática	Climatología
Pacífico Norte	10 - 15 May
Pacífico Central	4 - 9 May
Pacífico Sur	23 - 26 Abr
Valle Central	30 Abr - 8 May
Zona Norte Occidental (GLU)	11 - 13 May

NOTA TÉCNICA

¿Afectan las lluvias de los cafetaleros a la caña de azúcar?

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M. Sc.
chavessolera@gmail.com
Especialista cultivo de la Caña de Azúcar

Introducción

La magnitud e intensidad como se han presentado las lluvias que arrecian actualmente buena parte del país, han generado muchos comentarios y cuestionamientos sobre su “estado de normalidad”; provocando exhortaciones y advertencias que llegan inclusive a juzgamientos con resultados apocalípticos, que dan por sentado la proximidad de un inminente desastre climático global de graves consecuencias para la humanidad. Sin embargo, una valoración realista, objetiva y ponderada de la situación prevaleciente, basada en datos y antecedentes, demuestra que la situación no es tan caótica como algunos piensan, pues podría calificarse como normal, como lo ha comunicado con criterio calificado el Instituto Meteorológico Nacional (IMN).

Lo que si queda ratificado como está científica y suficientemente demostrado, es que el Cambio Climático es una realidad incuestionable e irrefutable que va en avanzada, y a la cual debemos prestarle toda la atención y prioridad necesarias, en procura de su mitigación y posible atenuación en el corto-mediano plazo, pues de lo contrario las consecuencias de sus impactos serán de alcance inusitado.

¿Lluvias veraneras?

La retentiva es corta y los eventos anteriores se confunden y pierden muchas veces en el tiempo; sin embargo, una revisión y repaso memorístico personal nos demuestra que las lluvias de marzo no son casualidad y mucho menos producto de contingencias climáticas extraordinarias en el orden de la anormalidad.

¿Quién no asocia la Semana Santa cuando se celebraba en nuestro país en el mes de marzo con lluvias? ¿Cuál agricultor no esperaba con ansias la llegada de estas lluvias para atenuar las necesidades hídricas y requerimientos de agua de sus cultivos y plantaciones? Aunque de corta duración y relativamente baja

magnitud, estas lluvias han coadyuvado y permitido por tradición atender necesidades de agua en muchas comunidades y contribuido con el llenando tanques y pozos receptores.

En un interesante artículo Coen (1973) menciona y evoca como parte del folklore costarricense ubicando por su temporalidad, la ocurrencia de los siguientes eventos climáticos:

- Del 1 al 12 y del 12 al 18 de enero ocurren las **PINTAS**.
- En la segunda quincena de febrero se presentan las **CABAÑUELAS**.
- Para la Fiesta de San José, 19 de marzo, ocurre el **AGUACERO DE LOS CAFETALEROS**.
- En abril se presentan **LAS LLUVIAS LOCAS**.
- A mediados de mayo es la **ENTRADA DEL INVIERNO** (Estación lluviosa).
- Para la Fiesta de San Juan, 23 de junio, acontece el **VERANILLO DE SAN JUAN**.
- A finales del mes de julio se presenta **LA PRIMERA CANÍCULA**.
- A principios de agosto, se presenta **LA SEGUNDA CANÍCULA**.
- En setiembre y octubre ocurren los **TEMPORALES DEL PACÍFICO**.
- Después del 4 de octubre viene **EL CORDONAZO DE SAN FRANCISCO**.
- A finales de octubre o inicios de noviembre **ROMPEN LOS NORTES**.
- En noviembre diciembre ocurren **LOS TEMPORALES DEL ATLÁNTICO**.
- Del 15 al 24 de diciembre se presentan **LAS LÁGRIMAS DE MARÍA**; pero si las lluvias ocurren entre el 24 y el 30 de diciembre se llaman **LAS AGUAS DEL NIÑO**.

De acuerdo con los registros nacionales de lluvia recabados y expuestos por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), no existe ninguna anormalidad con las mismas, aunque posiblemente en este año 2023 muestren grados de precipitación más elevados respecto a otros periodos anteriores,

como se ha podido percibir a la fecha. El reporte de contingencias atendidas por la Comisión Nacional de Emergencias (CNE) por esta causa en varias localidades del país ha sido importante llegando a declarar alerta verde en varias de ellas por incidentes de inundación, lo que demuestra la magnitud de los eventos de lluvia acontecidos.

¿Por qué lluvias de los cafetaleros?

Como apuntara Coen (1973) con fundamento en la experiencia de campo, la presencia de lluvias durante el mes de marzo ha sido reconocida por tradición como parte del calendario climático nacional, lo que elimina cualquier carácter extraordinario a la existencia del evento observado recientemente, no así a la magnitud de este.

La denominación “Lluvia de los cafetaleros” responde a una coincidencia biológica natural con trasfondo y explicación fisiológica, que correlaciona la presencia de las lluvias con la floración del café, y con ello, con las buenas cosechas del cultivo. Hay por tanto establecida una asociación natural, incomprensible en su razón metabólica por la mayoría, entre las lluvias de marzo con la producción del grano de oro medida en cantidad y calidad.

Informa Solano (2023) en torno a la causa, que, “Los altos contenidos de humedad, que se acercan al país desde el sur del continente, sumados a vientos alisios débiles y a bajos valores de presión atmosférica al sur de Centroamérica, favorecen estos episodios de lluvia.”

Floración del café

La floración constituye el inicio de la fase reproductiva del cafeto y de su magnitud depende en gran parte la calidad de la cosecha resultante. El proceso comprende varias etapas naturales sucesivas como son: inducción, iniciación, diferenciación, crecimiento y desarrollo, latencia y antesis. Como es conocido para los cafetaleros, las plantas inician su fase de floración luego de 3-4 años de haberse plantado, con una duración de aproximadamente 2-3 meses. Cada yema floral puede desarrollar hasta cuatro flores, las cuales crecen en racimos a lo largo de la axila (tallo) de las hojas. Cuando las plantas florecen, emanan un agradable aroma rico a jazmín (Figura 1).

En Costa Rica es común durante los meses de marzo y abril observar los campos cultivados con café floreados y vestidos de blanco agradablemente perfumados. La floración de acuerdo con el Instituto del Café (ICAFE), ocurre y se concentra en esos dos meses principalmente en el Valle Oriental, Occidental y la zona de Los Santos, incluidas las localidades de Pérez Zeledón y San Vito de Coto Brus; sienta Turrialba el único lugar donde la florea

del café se da en todos los meses del año, debido a que presenta “veranos entre inviernos”, lo que provoca que la planta sufra estrés y floree durante todo el periodo.



Figura 1. Floración del cafeto.

La floración es calificada como un evento fisiológico particularmente estacional, que requiere para su manifestación de un estrés hídrico para el cultivo. La cantidad de flores de café se relaciona directamente con la cantidad de frutos formados y su tamaño depende de la cantidad de agua y nutrientes que disponga y pueda asimilar.

De acuerdo con Ramírez *et al* (2010), la floración del café es una respuesta fenológica de la planta que va asociada con cambios sucedidos en algunas variables agrometeorológicas determinantes, como son la disponibilidad de agua en el suelo, la temperatura del aire y el brillo solar presentes, entre otros. Esos investigadores encontraron y concluyeron en su estudio, que “Los resultados muestran que el número de botones florales se relaciona con los cambios de humedad del suelo, el tiempo térmico, cambios diarios de temperatura del aire y el brillo solar.” El exceso prolongado de humedad, las temperaturas nocturnas altas o bajas en el día, reducen la floración del café.

El estímulo externo de inducción es favorecido e incitado por el clima, a través de elementos como el fotoperiodo, la temperatura y el estrés hídrico, entre otros; los cuales están determinados a su vez por factores como la altitud (msnm), precipitación pluvial, temperatura, luminosidad o brillo solar,

humedad ambiente y vientos, además del tipo de suelo y grado de pendiente presentes en el lugar.

Las temporadas de floración varían significativamente en todo el mundo de acuerdo con las condiciones particulares del clima, pero la ocurrencia oportuna de lluvias es una etapa clave en el ciclo de vida estacional de la planta de café. Sin embargo, debido al incremento de las temperaturas, las sequías imprevisibles y los patrones de lluvia irregulares, predecir el tiempo de floración se está convirtiendo en un problema y un verdadero desafío para los productores.

Para lograr una floración uniforme, es necesario que las lluvias sean constantes y ojalá predecibles; sin embargo, como ocurre actualmente, los patrones de lluvia en los países cafetaleros entre ellos Costa Rica, son cada vez por el contrario más irregulares e impredecibles en su mayor parte, debido al impacto provocado por el indeseable Cambio Climático. Está comprobado que lluvias irregulares, generan patrones de floración irregulares que conducen a bajas producciones del grano y con ello, a graves problemas para el agricultor.

Para que eso ocurra, es necesario que exista un periodo de estrés hídrico de al menos dos meses sin lluvia, para dar paso a una precipitación posterior, cuyo ideal sería que fuera de al menos 30 mm en un día o fraccionada en dos días. A partir de esta provocación se espera que en el término de 11 a 13 días suceda el estímulo que habilita la fase de inducción, iniciación y diferenciación floral. Sin embargo, si la precipitación no se presenta o es insuficiente, la flor se marchita y adquiere un color rosado, interrumpiendo el proceso de floración y con ello la pérdida potencial de producción.

Lluvias, humedad y caña de azúcar

El viejo y conocido adagio de que *“lo que es bueno para el ganso es también bueno para la gansa”* no aplica en el caso de la agricultura; aún menos para la caña de azúcar, planta rústica y resiliente, pero susceptible y muy sensible a los cambios climáticos acontecidos durante su fase final de maduración y cosecha, lo que afecta la calidad de la materia prima producida al disminuir la sacarosa contenida y concentrada en sus tallos industrializables.

La planta de caña de azúcar es por naturaleza un vegetal de muy alto contenido hídrico y fuertes reacciones y relaciones osmóticas virtud de su condición taxonómica perteneciente a la Subtribu: *Sacarineas* y al Género: *Saccharum* con participación

de varias Especies en la formación de los cultivares de uso comercial, como lo apuntara Chaves (2018, 2020e).

Para interpretar correctamente el vínculo y la relación existente entre el factor hídrico con respecto al desarrollo general de la planta, es importante y necesario conocer las etapas fenológicas que conforman y operan en el cultivo, como indicara Chaves (2023) al manifestar, que *“Una planta de amplio y reconocido interés económico, energético y comercial como la caña de azúcar, presenta en su ciclo vegetativo de desarrollo natural diferentes fases, como fue ampliamente expuesto por Chaves (2019a). Dicho ciclo ha sido establecido y concertado en cuatro etapas diferenciadas y sucesivas: 1) desarrollo radical, germinación, emergencia y brotación de las yemas, 2) formación de macolla e ahijamiento hasta cierre de la plantación, 3) crecimiento acelerado del cultivo y 4) maduración y concentración de sacarosa en los tallos. La literatura ubica en algunos casos el ciclo apenas en tres fases al integrar la 1) y la 2) en una sola.”*

Como es comprensible entender, en las etapas fenológicas referidas como 1, 2 y 3, las necesidades de agua en los tejidos es máxima virtud de tener que acompañar los procesos metabólicos de fotosíntesis, respiración, división celular y crecimiento general de la planta; lo cual, sin embargo, se reduce significativamente durante la fase 4) de maduración donde la disminución de la humedad contenida en la biomasa por el contrario se maximiza para favorecer la concentración de azúcares.

Queda claro entonces que la necesidad fisiológica y los contenidos de humedad varían con el estado vegetativo y la edad de los tejidos, siendo superiores al inicio y más bajos al final del ciclo de crecimiento, lo que invoca la conveniencia de que en su etapa final la planta pueda tener alguna deshidratación gradual y sistemática que no llegue a provocar estados severos e irreversibles de estrés hídrico. Por esta razón es que la cosecha de las plantaciones comerciales se realiza en caña de azúcar durante la época más seca cuando no hay humedad en el ambiente (suelo y atmósfera). Si por acaso las lluvias estuvieran presentes en esa época, la maduración y la concentración de sacarosa son favorecidas entonces por las temperaturas mínimas y su oscilación máxima-mínima, como acontece por ejemplo en las zonas altas de Turrialba y el Valle Central. Los factores agua y temperatura operan por vías diferentes generando un mismo efecto sobre la maduración de la planta, cual es reducir el crecimiento y el uso de energía metabólica (glucosa) en el vegetal, con lo cual dicha energía se concentra y acumula como sacarosa en los tallos de la caña.

Las Figuras 2 y 3 visualizan gráficamente los diversos eventos fenológicos y metabólicos que ocurren en torno a la planta de caña a nivel de campo, los cuales son promovidos, inducidos y regulados por factores de carácter ambiental, climático, edáfico y propios del manejo agronómico como ocurre con la nutrición del cultivo.

La madurez como etapa final del ciclo vegetativo consiste fundamentalmente en un proceso metabólico de cambios y reacciones fisiológicas favorecido por enzimas, por medio del cual la caña de azúcar detiene su crecimiento e inicia la acumulación sistemática de energía en forma de sacarosa en los entrenudos del tallo; siendo definido y concebido como la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta (Chaves 1982). Cuando hay presencia de humedad en el medio sea por aplicación de riego o caída de lluvia intempestiva en cantidades importantes como ocurre en el mes de marzo, el crecimiento vegetativo se reactiva y la sacarosa se desdobra en sus azúcares primarios glucosa y fructuosa para proveer la energía requerida por esos procesos.

Como se aprecia en la Figura 2 y de acuerdo con lo manifestado por Chaves (2019f), “Se ha encontrado que las **Enzimas Invertasas** ejercen control sobre la acción del azúcar en el crecimiento y su acumulación en los tejidos de almacenamiento de la caña; identificando dos enzimas solubles: a) **Invertasa Ácida** con máxima actividad en pH de 5,0 a 5,5 y b) **Invertasa Neutra** más activa a pH 7,0. La maduración se vincula con una mayor presencia de Invertasa Neutra y menos de la Ácida al disminuir el alargamiento y división celular. La Ácida promueve la hidrólisis de sacarosa limitando su almacenamiento en tejidos inmaduros. El crecimiento y elongación son consecuencia de la respiración por la energía que esta libera, proveniente de los hidratos de carbono acumulados; estableciendo un vínculo y relación directa entre: crecimiento /respiración /temperatura /almacenamiento de azúcares. El aumento sistemático en la concentración de sacarosa en los tallos previa su cosecha, va directamente asociada con una reducción en el contenido de humedad, también del Nitrógeno y la actividad de la Invertasa Ácida en la planta. La deshidratación promueve y favorece la conversión de azúcares reductores en no reductores (sacarosa).”

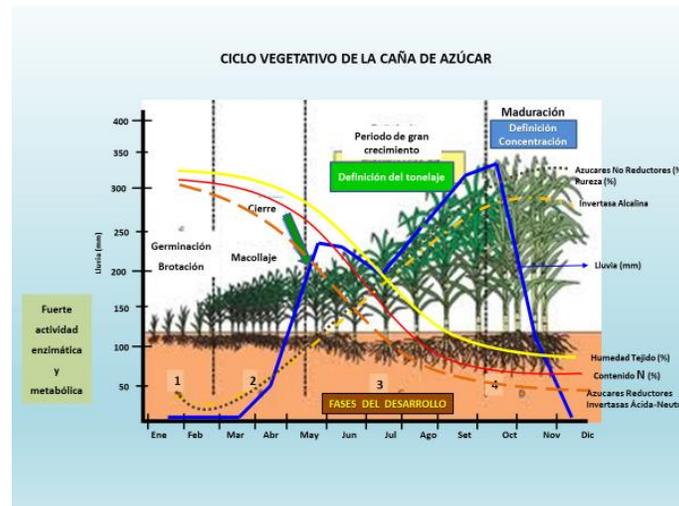


Figura 2. Procesos y actividades presentes en ciclo vegetativo del cultivo de la caña.

La Figura 3 expone de manera más didáctica y comprensible los mismos procesos indicados en la figura anterior vinculados con el ciclo vegetativo de la caña. Se observa como con el avance sistemático en las fases de crecimiento y producción de biomasa en el tiempo y en edad de la planta, el contenido de humedad y el nitrógeno (%) se reducen de manera importante, lo que se acompaña de una disminución en la concentración de la enzima Invertasa Ácida y con ello de los Azúcares Reductores o simples (glucosa, fructuosa) hasta aproximarse a la etapa de madurez (fase 4). Esa etapa caracterizada por la desaceleración y detención del ritmo crecimiento vegetativo favorecido por la conversión del meristemo de crecimiento en meristemo floral que precede la emisión de la panícula floral, eleva la presencia de la enzima Invertasa Alcalina, la concentración de Azúcares No Reductores o complejos representados por el disacárido sacarosa.

A nivel químico, un azúcar se considera "reductor" si reduce un agente oxidante (reactivo de Fehling) dentro de una reacción química; mientras que los que no reducen la oxidación se llaman "no reductores". Los azúcares reductores son cualquier azúcar que es capaz de actuar como un agente reductor porque tiene un grupo aldehído libre o un grupo cetona libre. Todos los monosacáridos son azúcares reductores

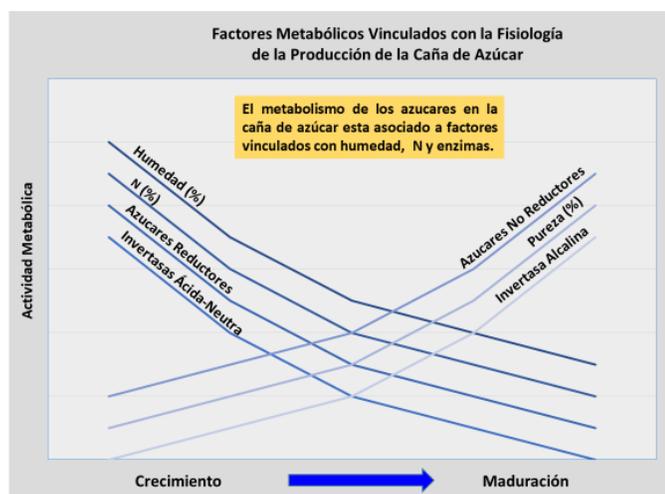


Figura 3. Tendencia de factores en el metabolismo de la planta de caña.

¿Cómo afectan las lluvias presentes durante el periodo de zafra?

La presencia de lluvias durante la época de cosecha de la caña como acontece actualmente con las denominadas “*lluvias de los cafetaleros*”, resultan inconvenientes y hasta desastrosas dependiendo de su magnitud, intensidad y duración; aunque eventualmente podrían contribuir y ser benéficas en algún grado en situaciones muy particulares.

En lo específico pueden identificarse varios efectos inducidos por la presencia de humedad por lluvia durante la época de cosecha, como son entre otros los siguientes:

- 1) La afectación alcanza en grado y magnitud variable tanto a Productores Independientes como también a Ingenios Azucareros.
- 2) La cosecha de la caña se ve limitada y hasta impedida al afectar la corta, carga y transporte de la materia prima a su lugar de procesamiento (ingenio).
- 3) No puede realizarse quema de la biomasa por cosechar, o la calidad de ésta es deficiente, lo que incrementa significativamente los costos generales de cosecha y procesamiento al tener que cortar, cargar, transportar y procesar material húmedo no azucarado de mayor peso.
- 4) La calidad de la materia prima (caña) cosechada se ve deteriorada al llevar e incorporar al proceso fabril un mayor contenido de basura (*trash*) e impurezas (barro, piedras, biomasa no azucarada), como lo apuntara Chaves (1984, 2020a).
- 5) La contaminación bacteriana (Gram-positiva *Leuconostoc mesenteroides*) y fungosa de la caña se ve incrementada, lo

que obliga incrementar costos asociados para su acondicionamiento en la fábrica de azúcar.

- 6) Los terrenos se ven anegados, con posibles encharcamientos y escorrentía de aguas.
- 7) La corta, carga y extracción de la materia prima del campo por medios mecánicos se ve severamente impedida por limitación en el accionar de los equipos.
- 8) Se provoca un grave daño a la plantación (afectación de plantas y arranque de cepas) y también al terreno (compactación) por causa del tránsito y movilización de los equipos de cosecha y transporte.
- 9) La infraestructura y diseño de la plantación (surcos, desagües, canales de riego, caminos de acceso) se distorsiona y deforma por circulación de maquinaria pesada.
- 10) La programación diaria de cosecha y molienda se ve distorsionada, lo que obliga replantear la planificación de todos los procesos, recursos y estimaciones.
- 11) En el caso de lluvias intensas el ingenio debe detener su labor con un altísimo costo financiero, como aconteció durante los días 13 y 14 de marzo 2023 con el ingenio Taboga, ubicado en la región de Guanacaste. Esta situación se genera por el impedimento de extraer del campo y suministrar suficiente materia prima a la fábrica para su procesamiento.
- 12) Dependiendo del grado de humedad prevaleciente en el medio la concentración de sacarosa contenida en los tallos de la caña se puede ver disminuida significativamente por inversión química y microbiológica (Chaves 2019fg, 2020gj).
- 13) Lotes de caña recién cosechados y carentes de riego pueden por el contrario verse muy favorecidos al contar con agua, lo que favorece la germinación, brotamiento y ahijamiento (Chaves 2020i).
- 14) Plantaciones de semillero previstas cosechar durante la fase de siembra y resiembra efectuadas por lo general entre abril y mayo pueden incrementar su tonelaje de biomasa y con ello su rendimiento.

Conclusión

La presencia de eventos que promuevan y favorezcan el crecimiento de la planta de caña durante su fase de maduración y cosecha, como acontece con las conocidas “*lluvias de los cafetaleros*” que se presentan habitualmente a mediados del mes de marzo, cuando la corta, recolección y procesamiento de la materia prima empleada en la fabricación de azúcar está en su apogeo, provocan si la duración y los niveles de lluvia son elevados, importantes perjuicios productivos y económicos a la agroindustria de la caña.

La cantidad de lluvia precipitada y la duración del corto pero intenso periodo observado en prácticamente todas las regiones

productoras de caña, particularmente en el Valle Central, Guanacaste y la Zona Sur ha sido importante, generando problemas de diferente magnitud que no cabe duda se reflejaron en los rendimientos de sacarosa recuperada en la materia prima próxima a moler. Sin embargo, el evento climático no resulta sorpresivo ni tampoco excepcional o atípico, lo que, si ocurre con la cantidad de lluvia caída, la cual ha superado a otros periodos anteriores como oportunamente podrá demostrar el IMN.

Literatura citada

- Coen, E. 1973. **El folklore costarricense relativo al clima**. Revista de la Universidad de Costa Rica Vol. 35. p: 135-145.
- Chaves Solera, M.A. 1982. **La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar**. En: Seminario de tecnología moderna de la caña de azúcar, 2, San José, Costa Rica, 1982. Memorias. San José, CAFESA/ATACORI/MAG/LAICA, setiembre. p: 28-40.
- Chaves Solera, M.A. 1983. **Es tiempo de iniciar el control de madurez de sus cañales**. Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 1, N.º 3, San José, noviembre. p: 2-3. *También en*: Revista El Agricultor Costarricense 43(3-4): 41-42. 1985. *También en*: Boletín Informativo DIECA. N° 23. Año 4. 1986. 3 p.
- Chaves Solera, M.A. 1984. **La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales**. Boletín Informativo DIECA. Año 2, N.º 7, San José, marzo. 3 p. *También en*: El Agricultor Costarricense 40(3-4):62-66.
- Chaves Solera, M.A. 2018. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de caña de azúcar**. En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, MA. 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. **Ambiente agroclimático y producción de caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, MA. 2019d. **Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 16, octubre-noviembre. p: 5-9.
- Chaves Solera, MA. 2019e. **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. 2019f. **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. 2019g. **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. 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, M.A. 2020b. **Estrés por calor en la caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(5): 5-12, marzo.
- Chaves Solera, M.A. 2020c. **Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. **Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2020e. **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. 2020f. **Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(24): 5-13, noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020g. **Ambientes climáticos y producción competitiva de la caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(26): 5-12, diciembre-enero.
- Chaves Solera, MA. 2020h. **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. 2020i. **Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.

Chaves Solera, M.A. 2020j. **El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica: una verdad incuestionable.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(19): 6-13, setiembre.

Chaves Solera, M.A. 2023. **Sistema fotosintético: motor natural de eficiencia de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(5): 5-18, marzo.

Ramírez B., V.H.; Arcila P., J.; Jaramillo R., A.; Rendón S., J.R.; Cuesta G., G.; Menza F., H.D.; Mejía M., C.G.; Montoya, D.F.; Mejía M., J.W.; Torres N., J.C.; Sánchez A., P.M.; Baute B., J.E.; Peña Q., A.J. 2010. **Floración del café en Colombia y su relación con la disponibilidad hídrica, térmica y de brillo solar.** Cenicafé 61(2):132-158.

Solano C., H. 2023. **Aguaceros de los caficultores se extendieron más este año.** San José, Costa Rica. Periódico La Nación, martes 14 de marzo del 2023.

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