

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 13 AL 20 DE OCTUBRE

Durante la semana se presentaron lluvias, principalmente en la Vertiente Pacífica.

En la figura 1 se puede observar el acumulado de lluvias sobre el territorio nacional. De acuerdo a los registros disponibles para cada día, los mayores acumulados de precipitación se reportaron los días lunes y domingo.

Los reportes de lluvia acumulada semanal de más de 400 mm se encontraron en la costa de la Península de Nicoya, en los alrededores de Santa Teresa, Mal País, Playa Coyote y Marbella.

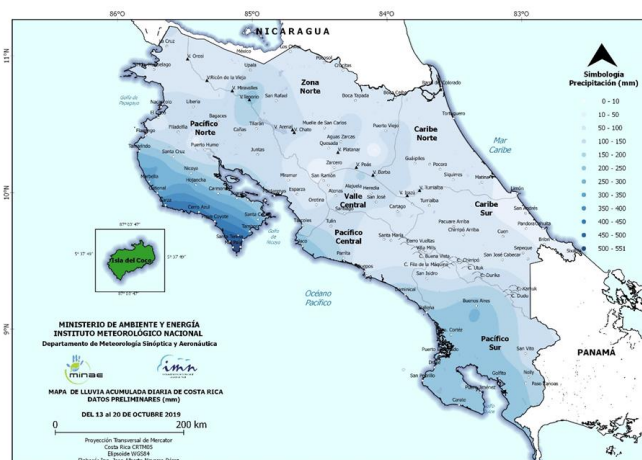


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 13 al 20 de octubre (generado utilizando datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 21 AL 27 DE OCTUBRE

Se presentaron lluvias en todo el territorio nacional durante esta semana.

La figura 2 muestra el acumulado semanal de la lluvia. Los mayores acumulados de precipitación se reportaron el día viernes seguido del jueves y el sábado.

Los acumulados de lluvia semanal superiores a 200 mm se reportaron en los sectores montañosos de Potrero Grande en el Pacífico Sur y en Garza en el Pacífico Norte.



Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 21 al 27 de octubre (generado utilizando datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO 28 DE OCTUBRE AL 3 DE NOVIEMBRE

La semana inicia con condiciones lluviosas en la vertiente Pacífica, condición que se mantendrá y se intensificará durante la semana. El Valle Central y Pacífico Norte tendrán lluvias aisladas durante la semana, con sus máximos el fin de semana; mientras que la Vertiente Pacífica, el Caribe y la Zona Norte presentarán un aumento de las lluvias conforme avance la semana.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 28 DE OCTUBRE AL 3 DE NOVIEMBRE

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 del Valle Central Este y el Valle Central Oeste serán las más lluviosas de la semana. La Región Norte, Puntarenas, Guanacaste Este y Guanacaste Oeste mantendrán las condiciones más secas; la Región Turrialba y la Región Sur tendrán sus condiciones más lluviosas a mediados y fin de semana, respectivamente.

Las regiones Valle Central Este y Valle Central Oeste, Guanacaste Este y Guanacaste Oeste presentarán los máximos de velocidad del viento en la semana. Todas las regiones mantendrán amplitudes térmicas relativamente constantes durante la semana.

“La primera semana de noviembre se esperan condiciones propias de la transición a la época seca.”

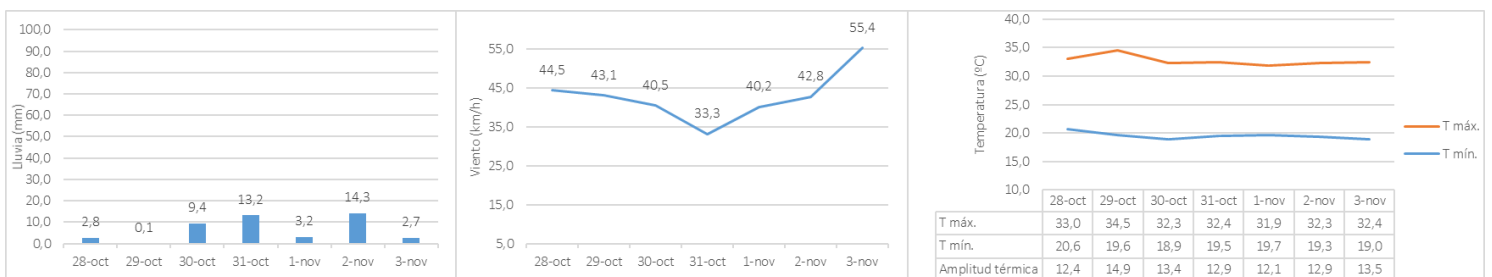


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Guanacaste Este.

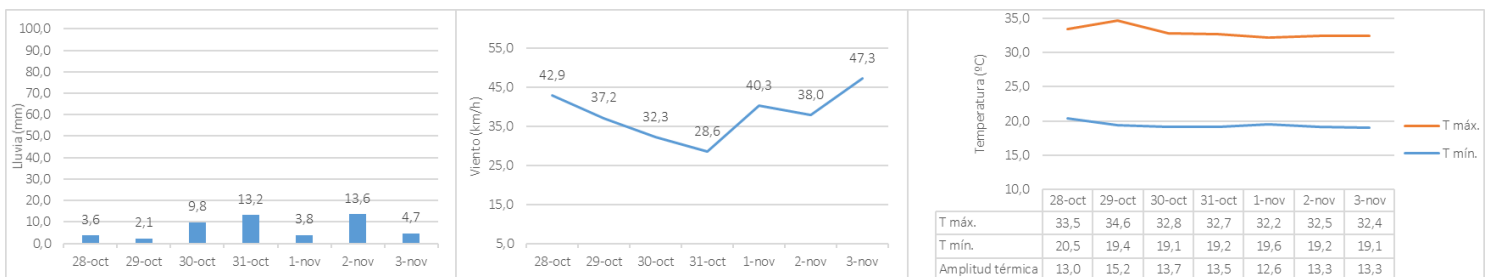


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

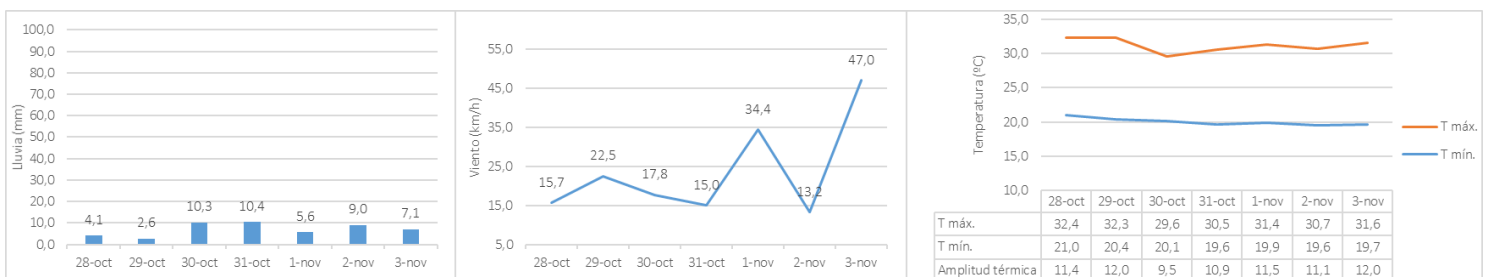


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Puntarenas.

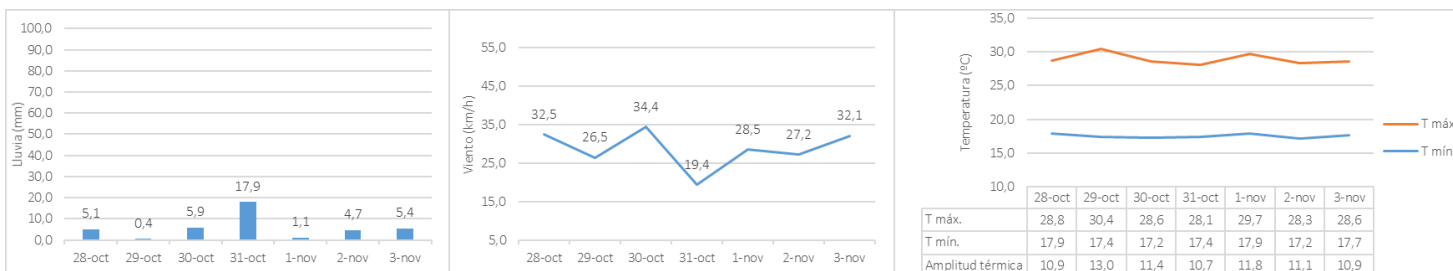


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Zona Norte.

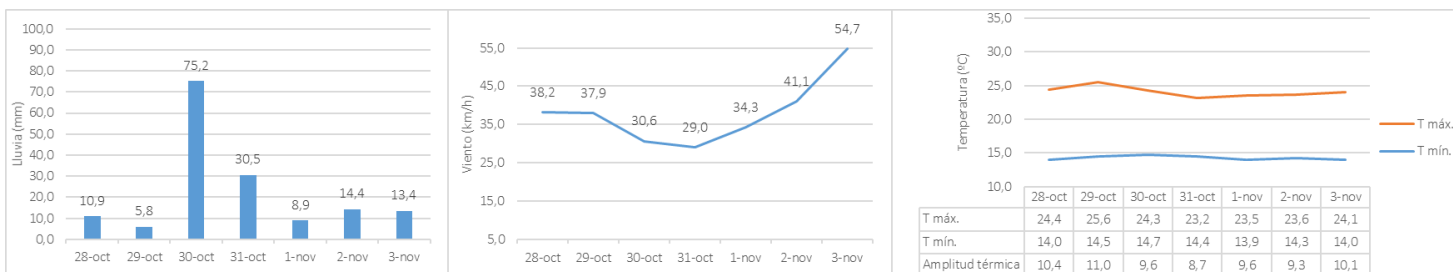


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Valle Central Este.

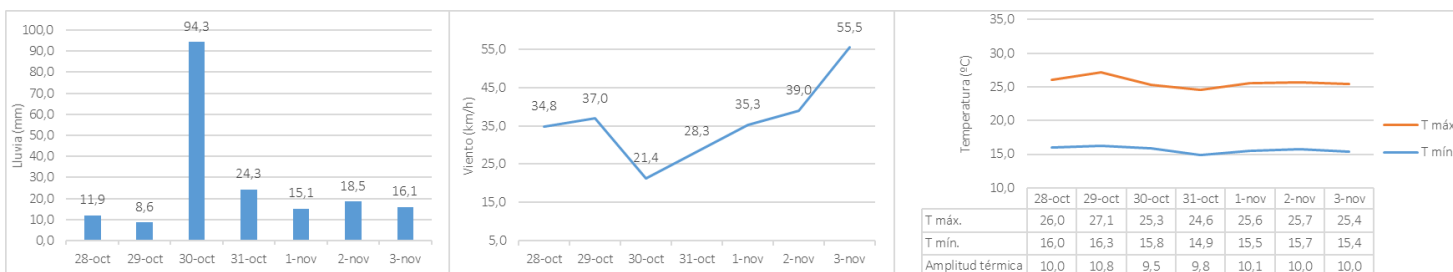


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Valle Central Oeste.

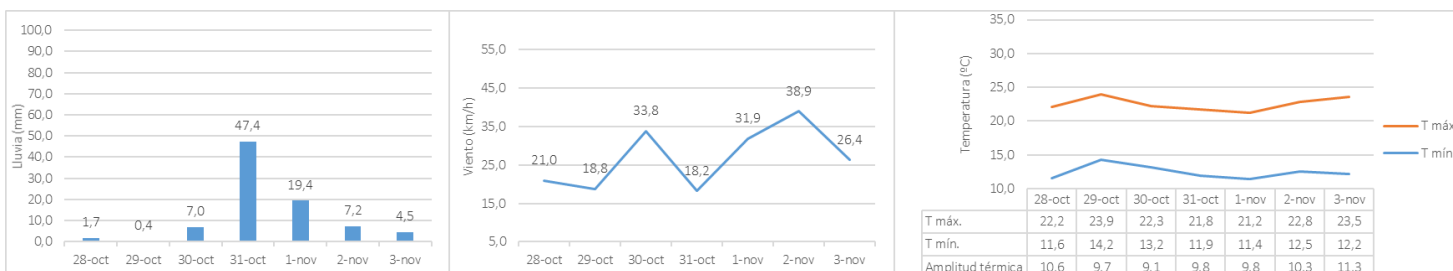


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Turrialba.

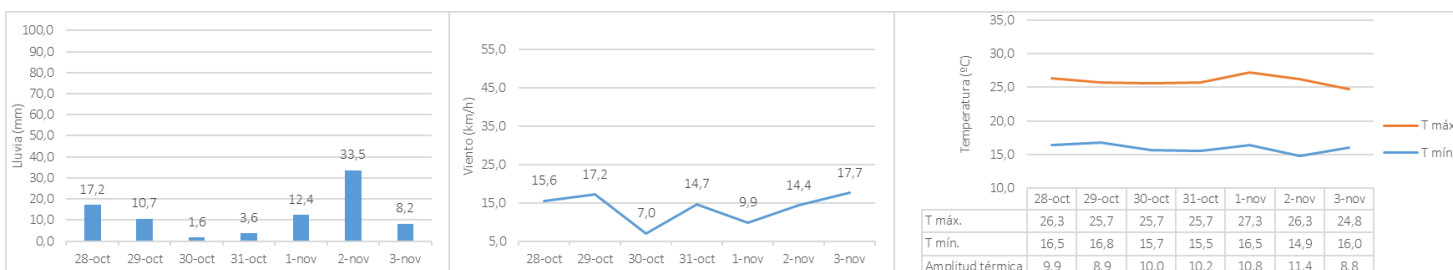


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de octubre al 3 de noviembre en la región cañera Zona Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 4 AL 10 DE NOVIEMBRE

La Zona de Convergencia Intertropical (ITCZ, por sus siglas en inglés) iniciará su alejamiento del territorio nacional, esto es propiciado por el empuje que generan sobre ITCZ los vientos Alisios propios del periodo de transición hacia la época seca; generando condiciones menos lluviosas en la Vertiente Pacífica y un incremento de las lluvias en la Vertiente Caribe.

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 zonas cañeras, este porcentaje es un estimado para los primeros 30 cm de suelo y válido para el día 28 de octubre del 2019.

Debido a las condiciones propias de la época lluviosa, el porcentaje de saturación de humedad es alto en algunas regiones cañeras. Las regiones de Guanacaste Este y Guanacaste Oeste presentan porcentajes entre 30% y 90%; los suelos de la Región Norte tienen humedades entre 45% y 100%.

Una de las regiones con menor saturación en el suelo es Puntarenas, la cual está entre el 30% y 60%. Los suelos de la región Valle Central Oeste y Este tienen porcentaje de humedad entre 45 y 100%.

El porcentaje de humedad del suelo en Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m) es de entre 45% y 75%, la región de Turrialba Alta (> 1000 msnm) tiene un porcentaje de saturación que va desde 45 a 90%. Los suelos de la Región Sur presentan porcentajes variables de humedad, que van desde 0% hasta 100%.

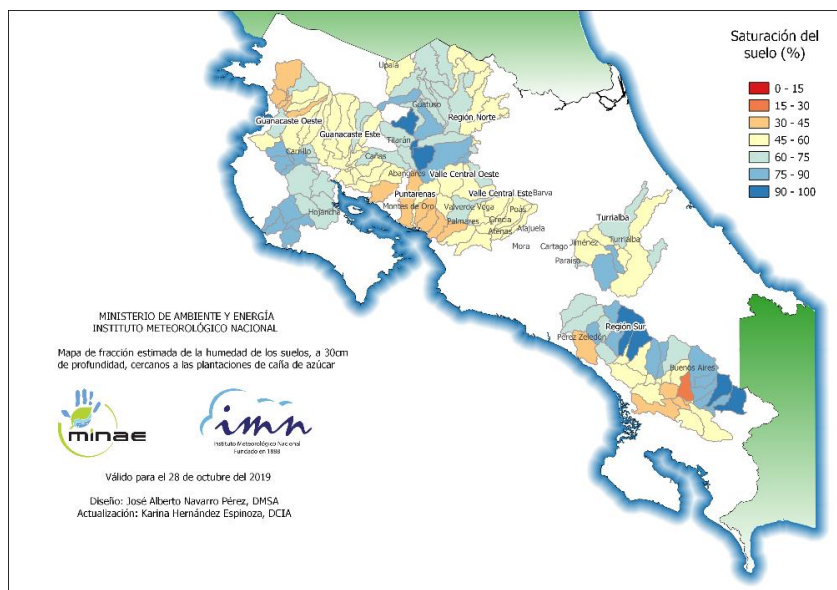


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 28 de octubre de 2019.

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

NOTA TÉCNICA

CLIMA, MADURACIÓN Y CONCENTRACIÓN DE SACAROSA EN LA CAÑA DE AZÚCAR

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

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

Correo: mchavez@laica.co.cr

La culminación del esfuerzo productivo y empresarial desarrollado en torno a la disposición de materia prima de alta calidad agroindustrial para acompañar los procesos de elaboración del azúcar, se congrega en la obtención de la mayor cantidad posible de azúcar recuperable en el ingenio. Dicha meta es viable de alcanzar cuando la caña cosechada y molida mantiene una elevada concentración de sacarosa en sus tallos, lo cual depende de factores bióticos y abióticos ligados a elementos agrícolas asociados al clima, al manejo tecnológico y vinculados con la eficiencia industrial de extracción y fabricación. La calidad de la caña según Chaves (1984), está determinada por diversos “factores que inciden en la calidad de la materia prima y por ende en los rendimientos”, entre los que menciona: “variedad cultivada, prácticas de cultivo, control de madurez, quema, cosecha, transporte, tiempo de molienda y eficiencia en el proceso industrial.” Como se infiere, son varios y muy diversos los elementos interventores que requieren control, mitigación, moderación o estímulo, representando el clima posiblemente la determinante abiótica más incidente sobre la sacarosa concentrada en los tallos industrializables; la trascendencia del tema justifica profundizar en ese factor.

Maduración de la caña

Chaves (1982) expresa de manera simple que, la madurez “consiste en un proceso metabólico de cambios y reacciones fisiológicas, mediante el cual la caña de azúcar detiene su crecimiento e inicia la acumulación de energía en forma de sacarosa en los entrenudos del tallo.” Por su parte, Larrahondo y Villegas (1995), la definen como “la culminación del proceso fisiológico que conlleva a la máxima acumulación de sacarosa en la planta.” Es sabido que el proceso biológico implicado involucra

anatómicamente el crecimiento y engrosamiento de los entrenudos, seguido por un aumento en el contenido de materia seca y la acumulación de sacarosa en los entrenudos desarrollados, lo cual depende en alto grado de factores nutricionales y ambientales.

La concentración de sacarosa en la planta de caña ocurre en la última fase (IV) de su ciclo vegetativo, el cual según Chaves (2019a) “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.”

Esta fase vegetativa final que inicia (en teoría) aproximadamente tres meses antes de la corta de la planta, es muy particular en materia ambiental, pues los elementos lluvia, temperatura y luz, principalmente, la intervienen y determinan de manera concluyente. Larrahondo y Villegas (1995) ubican la maduración en tres estados: botánica, fisiológica y económica. Consideran que la caña está botánicamente madura luego de emitir su flor y contar con semillas que puedan originar nuevas plantas. La maduración fisiológica se logra cuando los tallos alcanzan su máximo potencial de almacenamiento y concentración de sacarosa. Como se sabe en este caso, la maduración botánica es anterior de la fisiológica; por lo cual la acumulación de sacarosa, según esos autores, se

mantiene activa por lo general, entre uno o dos meses más, luego de iniciar la caída de las semillas. El concepto de maduración económica, indican *“está sobre la perspectiva de las prácticas agronómicas. En este sentido, la caña se considera madura, o en condiciones para el beneficio industrial, a partir del momento en que presenta un contenido mínimo de sacarosa, y un «pol» por encima de 13% con base en el peso de la caña.”* El criterio económico es el más pragmático y conocido desde la perspectiva del agricultor, siendo condicionado por el entorno productivo como señala Chaves (2019c).

¿Cómo intervienen los elementos del clima?

El clima por las características y naturaleza de sus elementos, opera de manera directa, indirecta y por acción conjunta, sea por: 1) incidencia sobre la tasa de crecimiento de tallos, raíces y entrenudos, 2) inducción de la floración, 3) atenuación y/o promoción de condiciones estresantes, lo cual tiene alcances fisiológicos y metabólicos profundos al interferir sobre fitohormonas, enzimas, condición hídrica y nutricional de la planta, captación de luz, fotosíntesis y respiración, entre otros (Chaves, 1983, 2017, 2019ab; Van Heerden et al., 2014).

La **lluvia** y con ello la disponibilidad de agua en el suelo, resulta determinante como promotora de la división celular, mantenimiento del balance hídrico interno de la planta, la apertura de estomas y la absorción nutricional, entre otros; sin embargo, la presencia de humedad en los tejidos durante la fase de concentración de sacarosa resulta contraproducente para favorecer ese mecanismo y con ello, para los intereses económicos del productor de caña. Por este motivo, lo deseable es una reducción sistemática pero significativa del agua y la humedad previa la cosecha de la plantación. Debe diferenciarse humedad en el suelo y los tejidos de la planta.

La **luz** interviene en el estímulo e inducción floral y con ello en la transición de meristemo apical a floral, reduciendo el crecimiento del tallo y la producción de biomasa (Chaves 2017). La energía actúa en forma de calor y luz.

La **temperatura** tiene una influencia muy importante y conocida sobre el acumulo de sacarosa, en particular las **temperaturas mínimas**, las cuales favorecen la

concentración cuando son bajas en este estado vegetativo, pues inciden y reducen el crecimiento favoreciendo el acumulo de energía como sacarosa. El **diferencial máxima-mínima** resulta efectivo para calificar con buena aproximación una condición favorable de concentración, donde un valor alto revela una situación estresante en favor del acumulo, por lo que aplica como indicador práctico en el campo.

El **viento** en esta fase fenológica induce el desecamiento de la planta, lo que puede en caso de no incurrir en velocidades dañinas, contribuir en algún grado con la maduración comercial. La **humedad ambiente** actúa en correlación directa con la lluvia, la temperatura y la luz mediante la **nubosidad** presente, lo cual influye sobre el crecimiento y la floración de la planta; de manera que a mayor nubosidad más humedad y más floración.

¿Qué afecta la concentración de sacarosa?

Son numerosos y muy variados en naturaleza e intensidad los factores que intervienen y afectan directa e indirectamente el acumulo de sacarosa en los tallos de la caña, hasta su cosecha en el campo y extracción en la fábrica. Elementos de naturaleza biótica como abiótica inciden de manera muy particular, por lo que deben ser correcta y prudentemente interpretados en función de la fase del ciclo vegetativo en que se encuentre la plantación, pues las mismas cambian en consideración del estado fenológico. Es así como el agua deseable y necesaria en las etapas de crecimiento y desarrollo vegetativo (fases I, II y III), se torna inconveniente durante la maduración (IV). Con las altas temperaturas ocurre algo similar, pues una mínima alta (>22°C) en fase de maduración resulta poco deseable para obtener altos rendimientos industriales. En caso que la humedad y el nitrógeno sean abundantes, la planta de caña no madura. La alta nubosidad también es desfavorable por promoción de flor.

La presencia de plagas (taladradores), fertilizaciones tardías y excesivas en nitrógeno y potasio, mal drenaje de terrenos, plantaciones ubicadas en depresiones o cercanas a fuentes de agua con prevalencia de alta humedad en el suelo, lluvias intensas y consistentes en el periodo de zafra, corta prematura de plantaciones sin completar ciclo

vegetativo, variedades tardías cosechadas en forma temprana, tiempo prolongado entre quema y corta, cosecha (corta, carga, transporte) defectuosa y ausencia de un programa de control de madurez, son factores que se traducen en pérdidas de sacarosa por dos vías: a) no concentración y b) inversión de lo acumulado que se da por vía química o bioquímica (hidrólisis por acción ácida, enzimática y efecto de la temperatura; polimerización por dextranas y descomposición por presencia de un medio alcalino prolongado en el proceso de industrialización).

El manejo poscosecha de la materia prima, es una fuente importante y muy significativa de pérdidas cuantiosas de sacarosa, mecanismo en el cual el clima es determinante, sobre todo la alta temperatura y la alta humedad en el medio, prolongación del tiempo entre quema-corta-molienda, contacto de la caña con el suelo que favorece contaminación con microorganismos (bacterias y hongos) e inversión del azúcar contenida, entre otros. La eficiencia del proceso fabril es una fuente de pérdida importante.

Cuando las condiciones de maduración son limitadas, el uso de madurantes artificiales (químicos y no herbicidas) es viable; los cuales actúan mediante modos de acción diferentes, como son: *reducción de los niveles de invertasa ácida, limitando el desdoblamiento de la sacarosa en glucosa y fructosa; inhibición en síntesis de aminoácidos y lípidos; sobre el metabolismo mediante supresión de la síntesis de ácidos nucleicos y proteínas vegetales; como regulador del crecimiento liberando etileno en el interior de la planta*, entre otros.

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 invertasa ácida, al disminuir el alargamiento y división celular. La invertasa 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).

¿Cuál es la situación nacional?

Las diferencias edáficas, climáticas, de manejo, tecnológicas y el potencial productivo agroindustrial existentes territorialmente entre regiones, zonas y localidades productoras de caña en Costa Rica, son máximas y extremas como lo demuestra Chaves (2019c), lo que condiciona la calidad de la materia prima producida y procesada. Para un periodo variable de años menciona amplitudes de lluvia entre 633-3.860 mm, para un promedio nacional de 2.237,2 mm anual y 186,8 mm mensual; temperaturas máximas entre 24,1 y 36,3°C y mínimas de 9,6 a 24,8°C para medias de 30,9 y 17,2°C, respectivamente; con un diferencial entre 6,9 a 16,0 y un promedio de 11,4°C. Hay localidades con condiciones severas de estrés hídrico y térmico. Como se infiere, las diferencias son significativas y explicativas de las disconformidades que hay en concentración de sacarosa en el país.

La condición ideal para la maduración de la caña de azúcar se da cuando se cuenta con un periodo de zafra seco, donde las temperaturas mínimas durante la fase IV sean bajas (<21°C) y las máximas altas (>28°C) generando un diferencial térmico amplio (>10°C), la humedad (≈73%) en la planta (sección 8-10) y el contenido de nitrógeno (≈0,25%) y potasio (≈0,70%) bajos, con viento leve (<6 km/h) y mucha luz (>7 horas). La variedad adecuada cortada en la edad óptima resulta determinante según necesidad de cosecha (maduración temprana, media y tardía). Esto explica porque la cosecha y molienda se realizan en el periodo más seco del año (Chaves y Salazar 1989).



Figura 1. Tallos molederos e industrializables de caña de azúcar y afectación por sequía.

Literatura citada

Chaves Solera, MA. (1982). *La maduración, su control y la cosecha de la caña de azúcar*. 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, MA. (1983). *Es tiempo de iniciar el control de madurez de sus cañales*. Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 1, Nº 3, San José, noviembre. p: 2-3. También en: Revista El Agricultor Costarricense 43(3-4): 41-42. 1985. También en: Boletín Informativo DIECA. Nº 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, Nº 7, San José, marzo. 3 p. También en: El Agricultor Costarricense 40(3-4):62-66.

Chaves S., M.A.; Salazar, J. (1989). *El uso de las concentraciones de N y K en la sección 8-10 del tallo, como criterio para determinar el estado de madurez de la caña de azúcar*. Congreso Agronómico Nacional, 8, Cartago, Costa Rica, 1989. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 59-61.

Chaves Solera, MA. (2017). *Floración en la Caña de Azúcar*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 68 p.

Chaves Solera, MA. (2019a). *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.

Chaves Solera, MA. (2019b). *Relación agua-suelo en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 10, agosto-setiembre. p: 5-7.

Chaves Solera, MA. (2019c). *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. 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.

Larrahondo A., JE.; Villegas T., F. (1995). *Control y características de maduración*. En. El cultivo de la caña en la zona azucarera de Colombia. Cali, Colombia. CENICAÑA. p: 297-313.

Van Heerden, PDR.; Eggleston, G.; Donalson, RA. . (2014). *Ripening and Postharvest Deterioration*. In. SUGARCANE: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology. / edited by Paul H. Moore, Frederick C. Botha. New York: Ed John Wiley & Sons, Inc. Iowa USA. p. 55-84.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición:
 Karina Hernández Espinoza
 Katia Carvajal Tobar

Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL