

Periodo 09 de noviembre al 22 de noviembre 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 26 DE OCTUBRE AL 01 DE NOVIEMBRE

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

Los distritos que sobrepasaron los 240 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Parrita, Quepos, Savegre y Palmar.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 125 estaciones meteorológicas consultadas muestran al jueves como el día menos lluvioso de la semana, con 20% del total de lluvia reporta el sábado, día con los mayores acumulados.

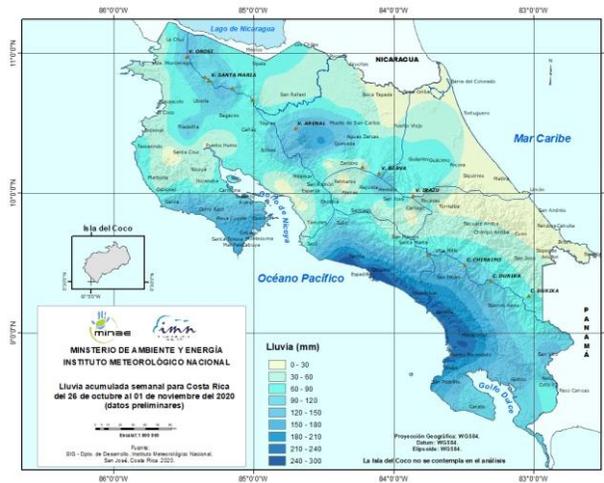


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 26 de octubre al 01 de noviembre del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 02 NOVIEMBRE AL 08 DE NOVIEMBRE

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

Los distritos que sobrepasaron los 500 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Sabanilla de Alajuela, Puerto Carrillo de Hojancha, Río Nuevo de Perez Zeledón, Savegre de Aguirre, Guaycara de Gofito y Corredores.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 120 estaciones meteorológicas consultadas muestran al domingo como el día menos lluvioso de la semana, con 3% del total de lluvia reporta el miércoles, día con los mayores acumulados.

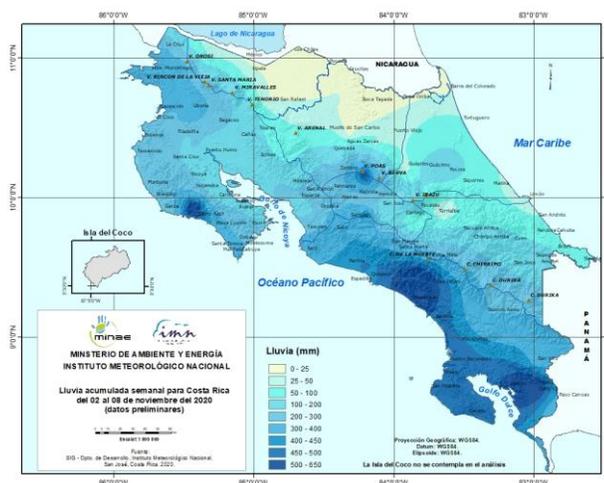


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 02 de noviembre al 08 de noviembre del 2020 (datos preliminares).

Noviembre 2020 - Volumen 2 – Número 23

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 09 NOVIEMBRE AL 15 NOVIEMBRE DE 2020

Durante la semana se esperan condiciones mínimamente más lluviosas de lo normal en la vertiente Pacífico; mientras la vertiente Caribe y la Zona Norte presentarán condiciones entre normal y parcialmente menos lluviosas de lo normal. En cuanto a la temperatura media, ésta se mantendrá levemente más fresca de lo normal en la vertiente Caribe y Zona Norte; mientras el resto del país presentará temperaturas sutilmente más cálidas de lo normal.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 09 NOVIEMBRE AL 15 NOVIEMBRE 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 una semana con condiciones más lluviosa en la segunda mitad de esta, donde las regiones de Turrialba y Zona Sur serán quienes perciban mayores precipitaciones. Las regiones cañeras presentarán un incremento en la velocidad del viento durante la primera mitad de la semana seguido de una reducción de esta hacia el fin de semana, a diferencia de la Zona Norte y Turrialba que mantendrán un incremento paulatino en la semana. Las áreas cultivadas tendrán amplitudes térmicas homogéneas, mostrando su extremo de la temperatura máxima entre miércoles y jueves; mientras Valle Central Oeste el viernes, así como Turrialba y Zona Sur no presentarán.

“La semana mantendrá condiciones típicas de época lluviosa, así como la presencia de la onda tropical #52 hacia el fin de semana.”

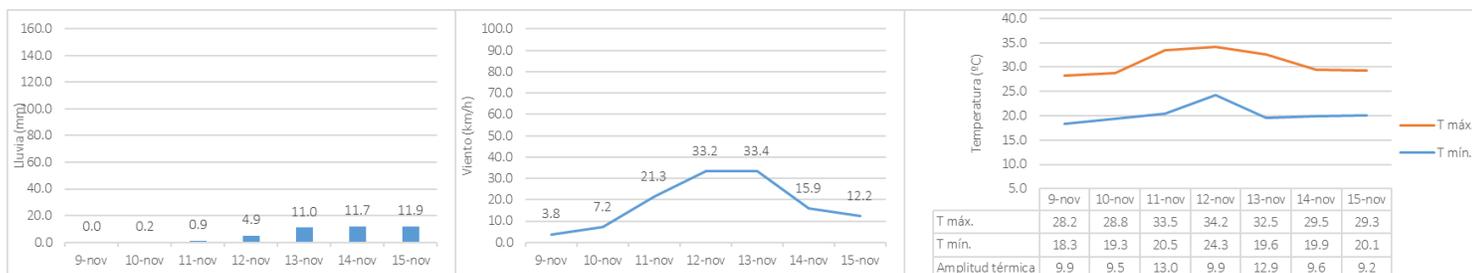


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Guanacaste Este.

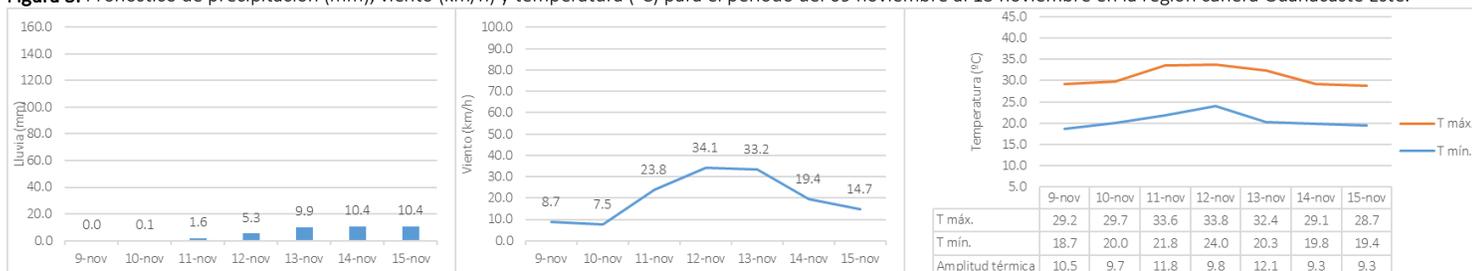


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

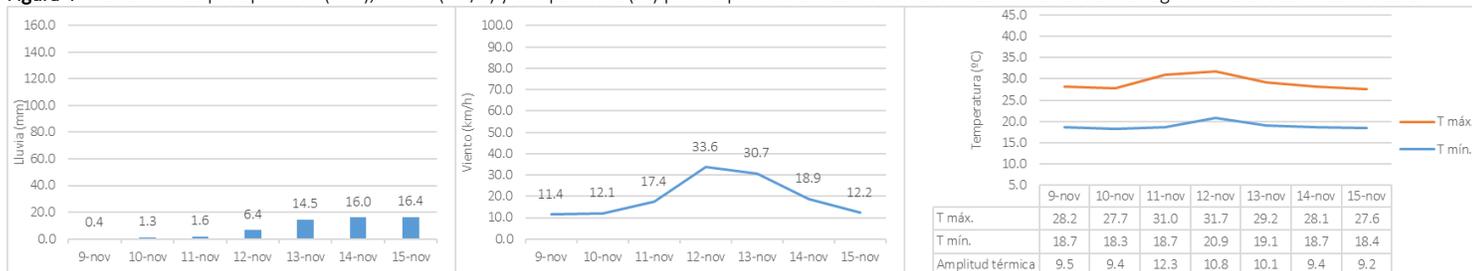


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Puntarenas.

Noviembre 2020 - Volumen 2 – Número 23

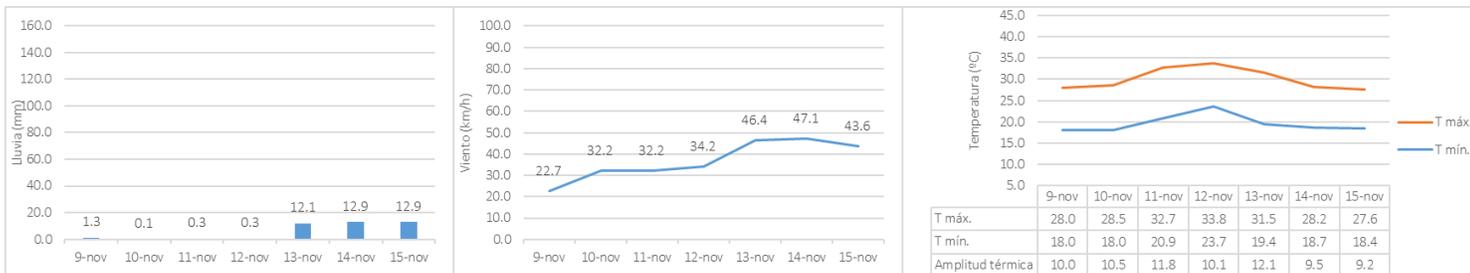


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Zona Norte.

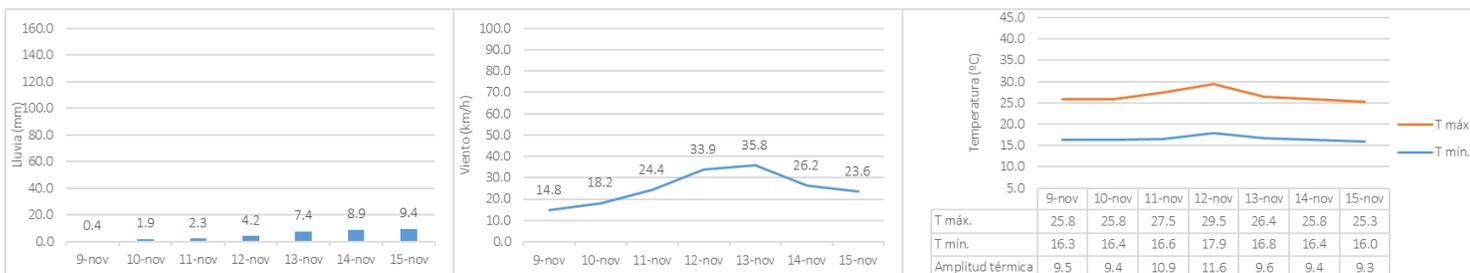


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Valle Central Este.

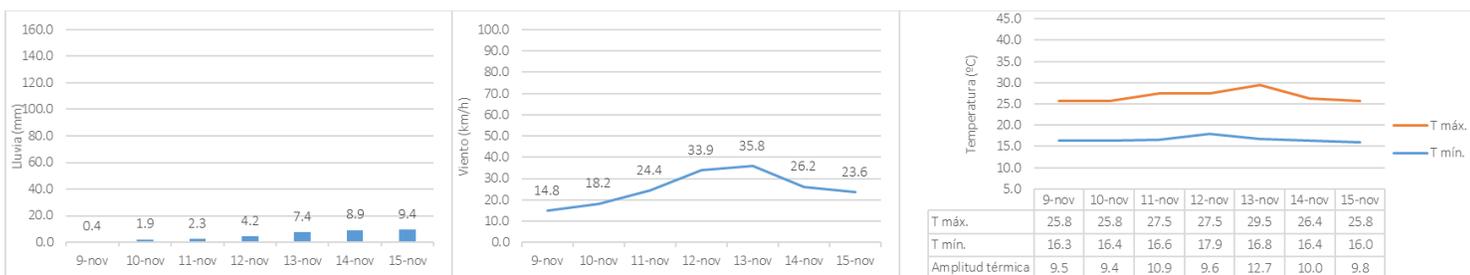


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Valle Central Oeste.

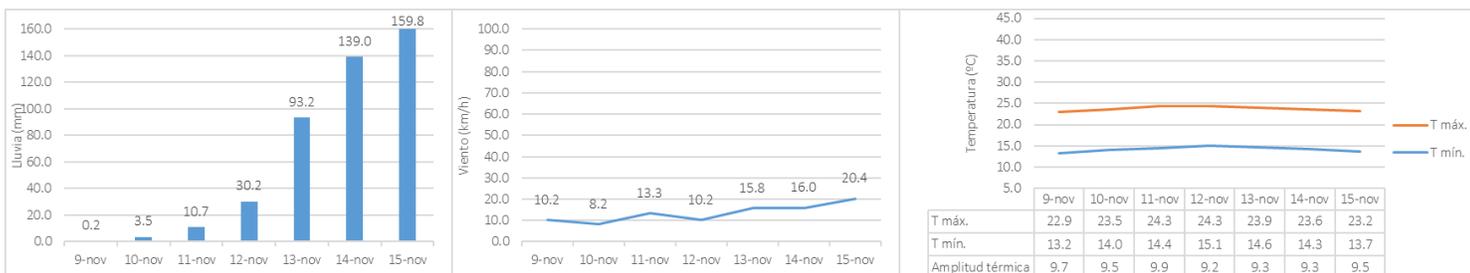


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Turrialba.

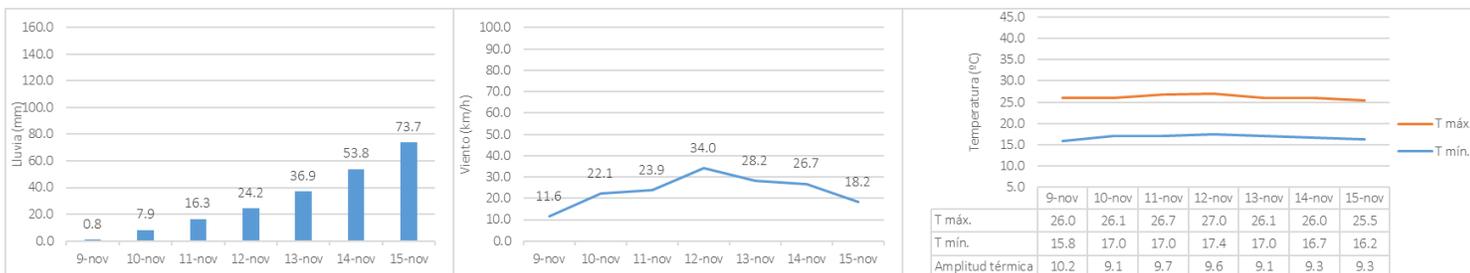


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 15 noviembre en la región cañera Zona Sur.

Noviembre 2020 - Volumen 2 – Número 23

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 16 DE NOVIEMBRE AL 22 DE NOVIEMBRE DE 2020

Se prevé una semana con condiciones entre normal y levemente bajo lo normal en todo el territorio nacional, excepto en el Pacífico Sur donde se perfilan lluvias mínimamente por arriba de lo normal.

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 09 de noviembre del 2020.

La Región Guanacaste Oeste presentan porcentajes de saturación que varía entre 45% y 90%, mientras que la Región Guanacaste Este tiene entre 45% y 75%.

Los porcentajes de la Región Puntarenas están entre 45% y 75%; los suelos de las regiones de Valle Central Oeste y Valle Central Este tienen entre 45% y 75%. La Región Norte está entre 30% y 75%.

La humedad del suelo en la Región Turrialba Alta (>1000 m.s.n.m.) está entre 45% y 90%, mientras que la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) se encuentra entre 45% y 75%. La Región Sur presenta porcentajes de saturación entre 30% y 90%

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. Favor mantenerse al tanto de los avisos emitidos por el IMN.

Por mantenerse activa la temporada de frentes fríos se encuentra activa, se recomienda tomar medidas preventivas y de amortiguamiento en cuanto al incremento de los vientos y bajas temperaturas que prevalecerán durante aquellos días con efecto directo. Favor mantenerse al tanto de los avisos emitidos por el IMN.

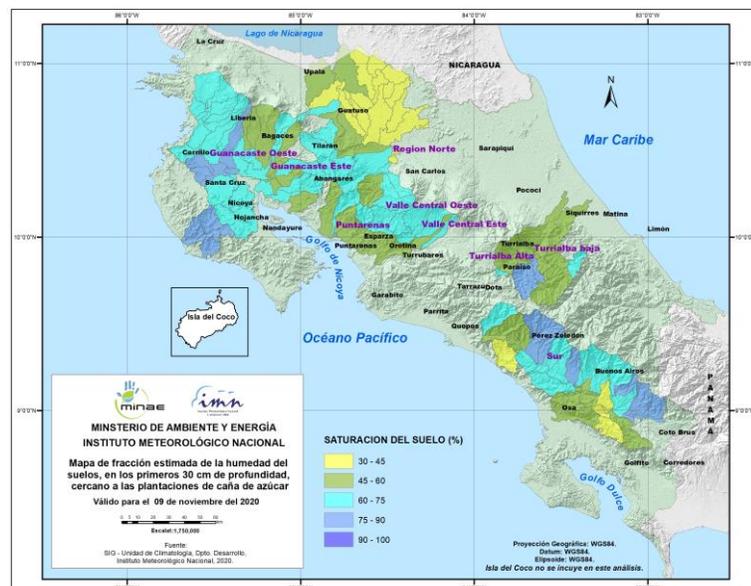


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 09 de noviembre del 2020.

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 CLIMÁTICA

Trimestre de noviembre del 2020 a enero del 2021.

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 del 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 noviembre del 2020 a enero del 2021. 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 29 de noviembre, seguido de Pacífico Central y Valle del General que concluirán las lluvias cerca del 29 de diciembre; en tanto que el Valle Central tenderá a finalizar la época lluviosa el 5 de diciembre; mientras el Pacífico Sur verá la finalización de su época lluviosa en 2020; 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	[27 nov - 1 dic]	[2 - 6] nov
Valle Central	[2 - 6] dic	[12 - 16] nov
Pacífico Central	[27 - 31] dic	[7 - 11] dic
Valle del General	[27 - 31] dic	[7 - 11] dic
Pacífico Sur	NA	[27 - 31] dic
Zona Norte Occidental	[20 - 24] feb	[5 - 9] feb

La COENOS-IMN pronostica un trimestre conformado por los meses de noviembre del 2020 a enero del 2021 con condiciones entre 10-30% más húmedas de los normal en el Pacífico Norte y Valle Central; en tanto que Pacífico Central y Pacífico Sur será la región más lluviosa con lluvias entre 30-50% por arriba de lo normal; mientras la zona GLU (Guatuso, Upala, Los Chiles), el Caribe Norte y Caribe Sur presentarán lluvias normales para la época. El detalle mensual se aprecia en el cuadro 2 y la perspectiva trimestral se identifica en la figura 1.

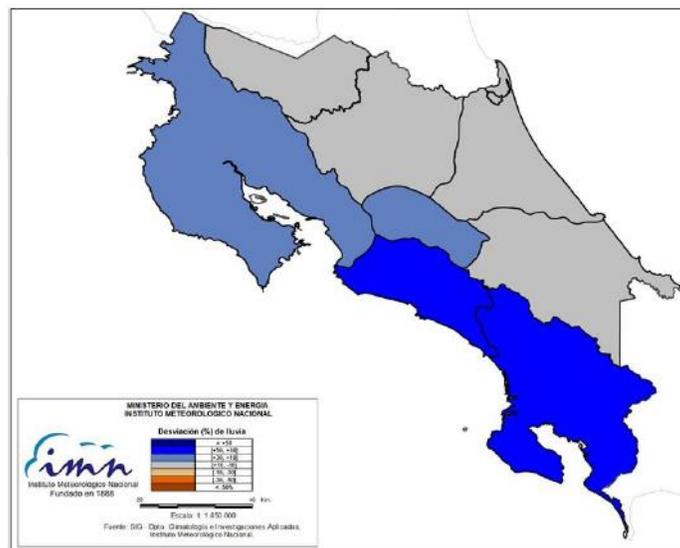


Figura 1. Pronóstico de lluvias para el trimestre de noviembre del 2020 a enero del 2021. (Fuente: IMN)

Para la temporada de frentes fríos que se desarrolla normalmente entre noviembre y febrero con un promedio de 17 (± 3), de los cuales 11 (± 3) suelen ingresar al Mar Caribe, se espera que entre 2 y 3 de estos afecten nuestro país.

Cuadro 2. Perspectiva de lluvia mensual y trimestral.

REGION	NOV	DIC	ENE	NDE	
Pacífico Norte	Blue	Blue	Blue	Blue	
Valle Central	Blue	Blue	Blue	Blue	
Pacífico Central	Blue	Blue	Blue	Blue	
Valle del General	Blue	Blue	Blue	Blue	
Pacífico Sur	Blue	Blue	Blue	Blue	
GLU	Grey	Grey	Grey	Grey	
Zona Norte	Grey	Grey	Grey	Grey	
Caribe Norte	Orange	Orange	Orange	Orange	
Caribe Sur	Orange	Orange	Orange	Orange	

ALERTA CLIMÁTICA

Afectación en caña de azúcar por Huracán Eta

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)

Met. Karina Hernández Espinoza, M.Sc.

khernandez@imn.ac.cr

Coordinadora Boletín Agroclimático (IMN)

De manera la verdad inesperada, aunque no sorpresiva, el país ha recibido durante por casi una semana los duros y crudos embates provocados por las fuertes lluvias que de manera persistente e intensiva han afectado a casi todo el país sin distinción de actividades ni consideraciones de índole social, comercial, económico o geográfico. No es sorpresiva porque aún está activa la temporada anual de huracanes con origen en la zona atlántica, la cual inició el 1 de junio y finalizará oficialmente el 30 de noviembre próximo, por lo cual la posibilidad de formación de un evento de esta naturaleza está aún abierta; lo que demuestra que la formación de ciclones tropicales es posible en cualquier momento del periodo.

El Huracán Eta se originó a partir de una fuerte onda tropical formada en la sección este del Mar Caribe que luego a finales de 31 de octubre se convirtió primero en una depresión tropical, luego en la tormenta tropical Eta intensificándose rápidamente y llegando a alcanzar el estado de huracán a principios del 2 de noviembre para luego debilitarse rápidamente de nuevo a estado de tormenta tropical a principios del 4 de noviembre. El nombre Eta deriva de letras del abecedario griego resultado de la gran cantidad de eventos acontecidos este año que agotaron de manera inusitada la lista de nombres comunes, rompiendo récord en el año 2020; esto por cuanto Eta surge a partir de la onda tropical #50 registrada a nivel nacional en la temporada 2020. En su recorrido por territorio Centroamericano ha ocasionado grandes destrozos y cobro de vidas en Costa Rica, Nicaragua, Honduras, afectando también El Salvador, Belice y parte de Colombia y Panamá, principalmente. El impacto se ha dado por causa del desbordamiento de ríos, destroz de infraestructura vial y habitacional, afectación de zonas urbanas y el comercio en general. La agricultura no quedó exenta de sufrir un golpe muy fuerte que cuando se haga el recuento oficial de daños, no hay duda que será de repercusiones productivas y económicas muy significativas para todo el país y

particularmente para algunas localidades ubicadas en la vertiente Pacífico.

Los efectos del sistema Eta a nivel nacional se registran entre el 1 y el 6 de noviembre del año en curso, siendo la vertiente Pacífico la más afectada de las regiones climáticas del país. El acumulado de lluvias del temporal ocasionado por Eta registra valores máximos que alcanzan incluso los 624 mm de lluvia en el Pacífico Central, así como 597 mm de lluvia en la región climática Pacífico Norte y 571 mm de lluvia en el Pacífico Sur (Figura 1).

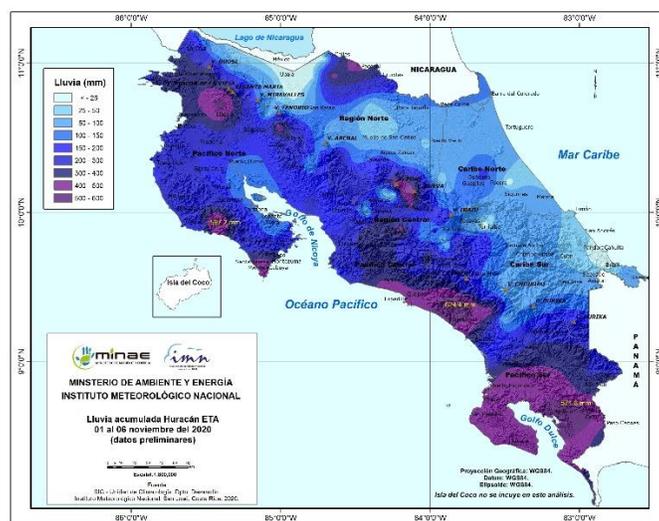


Figura 1. Lluvia acumulada total durante el evento Eta en Costa Rica.

A nivel nacional el miércoles presentó las mayores lluvias del temporal ocasionado por Eta. La Tormenta Tropical Eta, previo a convertirse en el Huracán Eta, acumuló durante el domingo hasta 127 mm en la región climática Zona Norte, además de montos superiores a los 120 mm en el Pacífico Central y Pacífico Sur. Una vez convertido en el Huracán Eta registró montos máximos de 75 mm en la vertiente Pacífico durante el día lunes; así como acumulados de hasta 187 mm en el Pacífico Norte y más de 150 mm en el Pacífico Sur, durante el martes. Ya el miércoles el

sistema se degradó a Tormenta Tropical Eta, registrando las mayores lluvias en el Pacífico Sur y Pacífico Central respectivamente, con montos importantes incluso en el Valle Central. Para el día jueves el sistema se había transformado en Depresión Tropical Eta, mostrando las principales lluvias en el Pacífico Sur, con montos de hasta 214 mm; mientras el viernes los mayores acumulados diarios producto de la Depresión Tropical Eta fueron de 75 mm, momento en que se dejó de percibir su influencia sobre el país. Durante todo el temporal ocasionado por Eta, en sus diferentes etapas, se evidencia que la vertiente Caribe fue la menos afectada en cuanto a precipitaciones excesivas.

La caña de azúcar es una de las actividades tremendamente afectadas por Eta virtud de que los efectos indirectos provocados por el huracán fueron muy intensos en la vertiente pacífica, particularmente en la zona cañera de Puntarenas y Guanacaste, la cual proceso en la última zafra 2019-2020 el 66,8% de la materia prima a partir de la cual se fabricó el 67,6% de toda el azúcar nacional. El Valle Central y la Zona Norte fueron también afectados en magnitud variable, aunque en menor grado, de lo cual tampoco quedaron ajenas la Zona Sur y la Región cañera de Turrialba-Jiménez.

Efectos provocados y esperados en la caña

La pregunta es realmente inquietante virtud de que aún es muy temprano para poder realizar estimaciones bien fundamentadas y con algún grado de certeza válido y aceptable, para lo cual habrá inexorablemente que esperar en primera instancia que las aguas reduzcan su presencia, su intensidad disminuya y sobre todo bajen su nivel para poder ingresar al campo a evaluar la situación y establecer las proyecciones agroindustriales del caso. La experiencia que por antecedente histórico ha tenido el sector cañero-azucarero en materia de casos fortuitos y de fuerza mayor es muy significativa, muchos de los cuales corresponden a casos vinculados precisamente con huracanes, tormentas tropicales, sequías e inundaciones.

Con base en antecedentes y experiencias anteriores y considerando la magnitud y duración de las lluvias es de esperar entre otros efectos en los sembradíos de caña de azúcar, los siguientes:

- 1) Retraso y posposición en el inicio de la molienda 2020-2021: considerando que la molienda inicia precisamente en la región del Pacífico Seco, ya está planteado un traslado de la fecha de arranque fabril originalmente prevista. En

principio se tenía anunciado el inicio de la operación de cosecha y molienda en el Ingenio Taboga (Cañas) el próximo 2 de diciembre y de los Ingenios CATSA (Liberia) y Azucarera El Viejo (Carrillo) el día 8, lo cual sugiere que la misma deberá ser trasladada por razones de fuerza mayor para luego del día 15 de diciembre; a los cuales se sumará también posiblemente Azucarera El Palmar (Puntarenas). El espacio de tiempo calendario y administrativo disponible para movilizar procesos agrícolas e industriales no es muy amplio, por lo que el inicio debe darse aun arrastrando limitantes y efectos detrimentales para los intereses empresariales de los afectados. Estos cambios provocan grandes desajustes y perjuicios en todos los ámbitos: administrativo, productivo, proyecciones y expectativas, servicios, recursos logísticos, etc. La planificación inicial debe por ello movilizarse y ajustarse en prácticamente toda la agrocadena.

- 2) Deterioro de la maduración: la alta humedad prevaleciente es de esperar que provoque una disminución en los contenidos de sacarosa acumulada en los tallos de caña; esto por causa de la inversión del disacárido en sus azúcares básicos (Glucosa + Fructuosa) para utilizar la energía derivada en sus procesos metabólicos vitales.
- 3) Aplicación tardía e ineficiente de madurantes: buena parte de las plantaciones comerciales de la zona baja reciben inducción y estímulo de su maduración por medio de la aplicación de madurantes químicos y también de efecto fisiológico, lo cual no ha sido aún posible de realizar en muchas plantaciones por las limitaciones condiciones climáticas prevalecientes; productos que requieren en condiciones normales de 6-7 semanas para activar y ejercer efecto en la planta y favorecer acumulo para cosecha. Como se infiere y en asocio con los programas establecidos para inicio de la cosecha, es muy posible que acontezca un impacto sobre la cantidad de sacarosa recuperada en la fábrica, valorada en kilogramos de azúcar por tonelada de caña molida (kg/t).
- 4) Campos inundados y anegados: El grado de saturación y cantidad de humedad presente en los suelos es tan alta que pasará mucho tiempo para que los mismos lixivien, percolen y evacúen la misma, pudiendo alcanzar un estado que mantenga y asegure un grado de maduración satisfactorio. La situación se agrava en la región de Guanacaste donde la presencia de suelos de textura difícil por su alto contenido de arcillas del orden Vertisol, conocidos como “sonzocuitles” es muy significativa, lo que

limita su capacidad de drenaje rápido (Figura 2). Se estima que los Vertisoles representan en Guanacaste un 31,2% de toda el área cultivada con caña. De igual manera hay que considerar que la zona baja posee la mayoría de sus plantaciones comerciales en altitudes menores a 90 m.s.n.m lo que favorece un “nivel freático” muy elevado que mantiene el estado de saturación activo. El perjuicio se da sobre el sistema radicular, el cual presenta condiciones de “anoxia” con lo que reduce por condición de estrés (falta de aire) y cierre de estomas su metabolismo deteniendo consecuentemente la absorción nutricional.



(a)



(b)

Figura 2. (a y b) Plantaciones de caña de azúcar impactadas por huracán Eta en Guanacaste.

- 5) Volcamiento de plantaciones: es común que en zonas con algún grado de pendiente o donde las aguas encuentren salida, se producirá el volcamiento de los tallos por arrastre y con ello se genera un efecto muy grave de “cementación y pegamiento de barro e impurezas en los tallos” que son de muy difícil eliminación, lo que provoca por lo general pérdida de la caña por la dificultad de extraerla y limpiarla o no ser recibida en el Ingenio (Figura 3). Aquí la pérdida económica es doble pues el producto debe cortarse y no aprovecharse.



Figura 3. Volcamiento caña. Pérez Zeledón.

- 6) Mecanización de la cosecha: el ingreso de los equipos se ve impedida y caso de poder hacerlo dificultada en su operación normal. Esto corresponde a cosechadoras, alzadoras de caña, chapulines, carretas, autovolteos, camiones, entre otros. En la zona baja más del 85% de la cosecha se realiza mecánicamente lo que visualiza un impacto importante por este concepto. El problema se genera por el denominado “falta de piso o piso falso” que inhabilita la operación de los equipos, o en su caso, cuando ingresan el corte del tallo se convierte más bien en desgarre y arranque de la cepa por cuanto las mismas están debilitadas y falseadas.
- 7) Calidad de la materia prima: el concepto de materia prima es integral y corresponde a la capacidad de la caña

producida, cosechada y procesada de satisfacer indicadores de calidad muy específicos que facilitan los procesos de corta, carga, transporte, limpieza, molienda, extracción y fabricación del azúcar. Cuando hay inundación o excesos de humedad sucede que esta calidad se ve severamente deteriorada pues no hay despaje, la corta y limpieza es deficiente, la caña se llena de barro, ocurren afectaciones fitosanitarias, se generan raíces adventicias en los tallos y, las yemas laterales “lals” se activan la concentración de sacarosa se reduce, todo lo cual se traslada al ingenio donde la eficiencia es menor y los costos superiores (Figura 2).



(a)



(b)

Figura 4. (a y b) Inundación de campos sembrados con caña en Guanacaste.

- 8) Daño al cultivo y las plantaciones: es un hecho que la extrema cercanía y proximidad de inicio de la zafra limita poder esperar a que los suelos drenen y eliminen la humedad presente, lo cual provocara, aunque preventivamente se procure mitigar el impacto, un daño importante a los suelos favoreciendo su compactación y también sobre las plantaciones afectando las cepas de caña. El tipo de suelo arcilloso agrava la situación. Este es posiblemente uno de los daños más severos y difíciles de cuantificar, pues se reflejará a futuro en la caída significativa de los rendimientos agroindustriales y el acortamiento de la vida y utilidad comercial de las plantaciones (Figura 4).
- 9) Impacto sobre la infraestructura: no hay duda que las intensas lluvias provocan escorrentía, arrastre de materiales, destrucción de caminos y pérdida de la infraestructura de riego, drenaje y cultivo establecida con un gran perjuicio para los intereses empresariales. La reposición de la misma no es fácil, rápida ni barata.
- 10) Fitosanidad: la alta humedad, las condiciones en principio de reducción y luego de oxidación del medio favorecen un ambiente negativo en términos de presencia de plagas y enfermedades, lo cual se favorece en la generación y prevalencia de estados fitosanitarios inconvenientes que inducen y promueven contaminación de la materia prima, que luego debe atenderse y resolverse en el ingenio, con un incremento importante en el gasto que por concepto de bactericidas y productos para su control se debe incurrir.

Todas las zonas cañeras del país se han visto impactadas de una u otra manera y en grado variable por los efectos indirectos provocados por el huracán Eta en su paso por el país, lo cual en un entorno productivo y económico difícil como el actual favorecido por la Pandemia Covid-19, con costos altos, precios del azúcar deprimidos y una situación incierta de disponibilidad de mano de obra para la zafra que recién inicia, vendrá indudablemente a deteriorar aún más la comprometida situación financiera del sector y sus integrantes. Quedan por ver y valorar aún los efectos e impactos provocados por el evento atmosférico, lo cual implicara todavía algún tiempo de espera que permita medir indicadores representativos. No cabe la menor duda que el paso del huracán Eta por Centroamérica con efectos indirectos para Costa Rica, será recordado por mucho tiempo por la ruta de destrozo y tristeza que causó.

NOTA TECNICA

Frentes fríos, vientos navideños y concentración de sacarosa en la caña de azúcar

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

mchavez@laica.co.cr

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

Met. Karina Hernández Espinoza, M.Sc.

khernandez@imn.ac.cr

Coordinadora Boletín Agroclimático (IMN)

La proximidad de la navidad reviste cambios profundos y hasta esperados en todos los sentidos, por lo general asociados a sentimientos de complacencia generadores de gozo, deleite y satisfacción: las familias y los amigos se acercan, es momento de festejar; se dinamiza el comercio y las compras se incrementan; los nuevos y renovadores planes y proyecciones para el nuevo año que se avecina están en boga; inicia el verano luego de superar las inclemencias del duro e impactante invierno; llegan por fin los siempre esperados “aires navideños” como señal inequívoca de que el cambio llegó. Uno de los aspectos que más se rememoran y evocan con esta linda fase del año, es sin lugar a dudas la llegada de los vientos fríos, las lloviznas pasajeras, un sentido aumento en la velocidad del viento, los días cortos y oscuros que caracterizan la época desde mediados del mes de noviembre y diciembre.

En el tópic climático son múltiples y muy variados los cambios que sin ser especialista en la materia cualquier persona percibe fácilmente, motivo por el cual resulta imperativo profundizar y conocer con mejor criterio ¿Qué es en realidad lo que acontece con el clima en esta época tan particular del año? pero sobre todo y específicamente apreciado desde una perspectiva agronómica ¿Cómo se afectan las plantas? En lo particular resulta de mucho interés mediático abordar el tema, proyectarlo y delimitarlo al caso particular de la caña de azúcar. Con ese objetivo se plantea realizar un abordaje simple y entendible que seguidamente se hará sobre el asunto en mención.

¿Qué cambios acontecen al final del año?

Responder esta pregunta no resulta tan simple y fácil como en principio pareciera, pues las marcadas y significativas diferencias que existen en materia de clima tanto entre como intra regiones productoras de caña en el país, establecen diferencias que obligan a realizar un abordaje casi específico de

cada localidad como lo ha mostrado Chaves (2019abcdefg, 2020ab). Sin embargo, es viable aun reconociendo el sesgo implicado establecer algunas tendencias que se suman a la de por si dinámica variabilidad natural de la variable ambiental.

En principio podrían establecerse por la naturaleza de la materia evaluada varios criterios válidos para juzgar con mejores elementos el tema y que permiten un acercamiento importante a la realidad (Chaves et al 2020):

- ❖ Piso altitudinal: existen tres pisos diferenciados que reúnen la totalidad de las 62.630 hectáreas que se estima están actualmente sembradas de caña en el país; los cuales van de 0 a 400 m.s.n.m con un 83,4% del área nacional, de 401 a 1.000 (11,6%) y sobre 1.001 m.s.n.m con una representación del 5,0% (figura 1).
- ❖ Vertiente: la Pacífica reporta un área del 79,5% del área sembrada con caña de azúcar y la Atlántica el 20,5% restante.

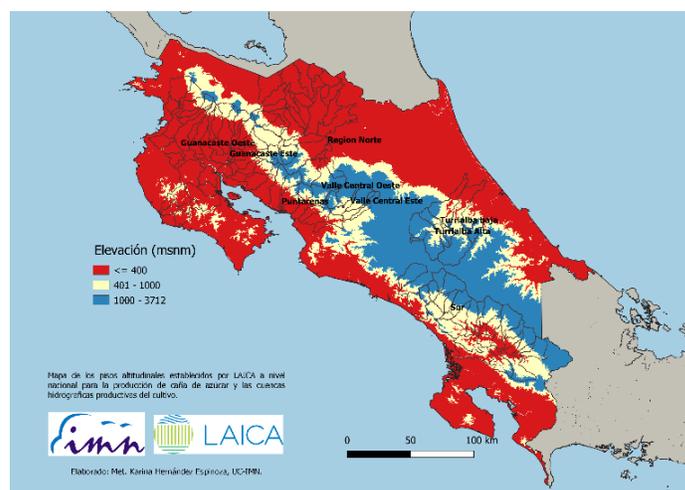


Figura 1. Pisos altitudinales (≤ 400 , 401-1000, ≥ 1001 m.s.n.m) y cuencas productoras de caña de azúcar.

Esos dos indicadores permiten concluir que la mayor parte de la caña (83,4%) está sembrada en la Vertiente Pacífica a una altitud inferior a 400 m.s.n.m y un 5% en la Vertiente Atlántica sobre los 1.001 m.s.n.m. Debido a las condiciones que dominan la atmosfera durante los últimos y primeros meses del año, se evidencian patrones bien marcados en el clima nacional, sin importar el piso altitudinal en el que se piense, ya que sobre este predomina la vertiente. Las regiones productivas de la Vertiente Pacífica y Valle Central presentan temperaturas cálidas que disminuyen levemente al final del año, con escasas lluvias, los días se tornan con más luz y los vientos adquieren mayor velocidad; mientras los cultivos de la Vertiente Caribe y Región Norte perciben condiciones muy lluviosas a finales de año que merman a inicios de este, acompañado de días cortos y temperaturas frías. Es importante señalar que en el mes de diciembre ocurre el denominado solsticio de diciembre, lo que significa que el día 21 es el más corto del año en el hemisferio norte con presencia de menos luz, y, por el contrario, el día más largo en el hemisferio sur; revirtiéndose el proceso a partir de esa fecha. En el caso de Costa Rica se espera recibir un periodo de 11 horas y 32 minutos de luz solar (IMN, 2020), cuando lo usual son 12 horas, lo cual tiene incidencia sobre la floración de la planta de caña, como lo indicara Chaves (2019c). El cambio en las condiciones climáticas acontecido es muy perceptible y característico de la época.

¿Qué son los frentes fríos?

Un frente es un área invisible donde se da la transición de dos masas de aire con distinta estabilidad, temperatura y humedad, entre otras; y específicamente un frente frío es aquel frente en el cuál intervienen masas de aire tropicales, con condiciones cálidas y calientes, y ya sea una masa polar continental, que es fría y seca, o una masa polar marítima, que también es fría pero húmeda. La interacción de estas masas fría y cálida genera que la masa de aire frío, proveniente del norte y perteneciente a un gran sistema de alta presión denominado “empuje frío”, desplace hacia latitudes menores al aire caliente, procedente del trópico (IMN, sin fecha).

Debido a nuestra ubicación geográfica somos influenciados por el empuje frío que conforma al frente frío, típico del periodo invernal del hemisferio norte, ver figura 2. Por esto durante la temporada de frentes fríos se identifican dos regímenes climáticos bien definidos en nuestro país; uno de ellos es la

época seca de la Vertiente Pacífica y del Valle Central, así como un repunte importante en la actividad lluviosa de la Vertiente del Caribe (Chinchilla, 2020).

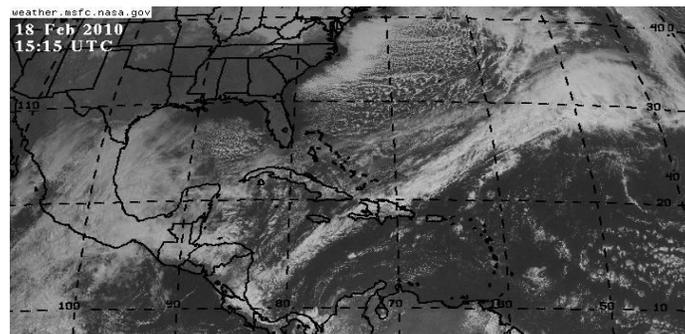


Figura 2. Imagen satelital del canal visible del 18 febrero de 2010, a las 9.15 am. Empuje frío en Centroamérica con su frente frío en el Mar Caribe alcanzando a Costa Rica. Fuente NASA

Los meses más activos de la temporada de frentes fríos son diciembre y enero, periodo en que se perciben la persistencia de los vientos acelerados, dicho periodo tiene una recurrencia de entre 4 y 5 frentes por mes, de los cuales en promedio al menos 2 logran llegar a Costa Rica y uno de ellos generar un temporal entre moderado y fuerte en la Vertiente Caribe (IMN, sin fecha).

Los frentes fríos son causantes de inundaciones en la Vertiente Caribe y conforman el evento extremo lluvioso más frecuente, aunque no es el que más lluvia aporta al acumulado de lluvia un el año promedio. Durante la temporada de frentes fríos que se desarrolla entre noviembre y febrero e inclusive marzo, las regiones climáticas que reportan mayores afectaciones son Caribe Norte, Caribe Sur, Zona Norte y la parte Oriental del Valle Central. En cuanto a la cantidad de eventos extremos asociados a frentes fríos se registran en promedio 4.4 de estos con duración media de 2.8 días de afectación sobre las regiones citadas (IMN, 2008). Generalmente el resto de país durante un evento de frente frío presenta condiciones frías, ventosas y secas.

Aires navideños y caña de azúcar

La caña de azúcar como ser vivo debe recorrer y superar obligadamente diferentes y complejos estadios fenológicos durante su prolongado ciclo biológico de vida (12-24 meses), el cual está constituido y expresado para facilidad comprensiva en

cuatro fases notoriamente diferenciables, que determinan y provocan cambios y transformaciones morfo fisiológicas precisas hasta completar satisfactoriamente su ciclo vital. Dichas fases referidas son en forma sucinta, según Chaves (2019a) las siguientes: Fase 1: sobreviene la germinación, emergencia y brotamiento de las yemas de la semilla (esqueje) en caña planta y el ahijamiento y retoñamiento en soca. Fase 2: se forma la “macolla” que concentra las plántulas emergentes del conjunto de yemas; define en buena parte la cantidad de biomasa (población de tallos) y perfila el posible tonelaje que tendrá a futuro la plantación. Fase 3: se da un crecimiento acelerado de los tallos (elongación y engrosamiento de entrenudos) conocido como “Período de Gran Crecimiento”, caracterizado por un acumulo importante de materia verde y seca que define el tonelaje esperado de la plantación (t/ha). Fase 4: ocurre el incremento sistemático en el contenido de sacarosa concentrada en los tallos (kg/t) y con ello la producción de azúcar recuperable por unidad de área (t/ha).

Como se infiere, los “aires navideños” presentes desde finales de noviembre y todo el mes de diciembre provocan que las plantaciones comerciales de caña los reciban en condiciones donde los estados fenológicos de su ciclo vegetativo pueden ser diferentes, por razones como: 1) contar con una época de siembra y cosecha diferenciada, 2) existir significativas diferencias climáticas entre regiones y localidades productoras de caña y 3) se trate de plantaciones destinadas a semilla o en su caso comerciales. Estas diferencias plantean una proyección de cosecha muy dispereja durante el largo periodo destinado a ese fin que por tradición mantiene el país, el cual de acuerdo con Chaves (2020a) revela, que “Durante las últimas 9 zafra (2010-2018) ese periodo se ha extendido en sus extremos entre el 25 de noviembre (Taboga en 2012) y el 14 de agosto (Providencia en 2018) con una mayor actividad fabril entre los meses enero, febrero y marzo, que involucra un periodo de tiempo muy amplio que alcanza los 243 días de operación agroindustrial continua, para una media de 202 días (6,7 meses); tiempo en el cual las plantaciones están expuestas y sometidas a la influencia cambiante y estresante del clima.” Amplia el autor en torno al mismo tema señalando, que “Son evidentes y notorias las diferencias e inconsistencia entre y a lo interno de cada localidad entre zafra. Una revisión detallada de esa información, revela que el periodo fabril más prolongado en las últimas 9 zafra ocurrió en el Valle Central, propiamente

en el Ingenio Providencia durante la zafra 2017-18 con 243 días; el más corto se reporta en el Pacífico Central (El Palmar) con solo 82 días consecutivos en el periodo 2010-11. A nivel nacional esa condición sucedió en los mismos periodos con 243 y 187 días, respectivamente, para un promedio de 202 días (6,7 meses) en las últimas 9 zafra.”

Esa información es muy relevante para identificar y comprobar que la cosecha de las plantaciones comerciales de caña de azúcar inicia en Costa Rica por lo general en los meses de noviembre-diciembre en la región de Guanacaste; en diciembre en el Pacífico Central y Valle Central y en el mes de enero en la región cañera de Turrialba-Juan Viñas y las Zonas Sur y Norte. En cada una de ellas hay grandes diferencias entre ingenios por razones muy particulares vinculadas al origen y procedencia de la materia prima procesada, capacidad nominal y real de molienda en el ingenio y motivos estrictamente administrativos. Como es sabido, el inicio de la cosecha está fuertemente influenciada por las condiciones de clima prevalecientes en el lugar y determinada por la concentración de sacarosa contenida en los tallos industrializables. Ambos factores están estrechamente ligados en consideración de que se interrelacionan de manera tanto positiva como negativa.

El clima influye de manera determinante pero ambivalente sobre la maduración de las plantaciones de caña de azúcar en este periodo en particular (noviembre-diciembre), por cuanto puede tener dos efectos muy disímiles que deben entenderse e interpretarse de dos formas distintas y hasta opuestas, como se explica a continuación:

- a) Una salida temprana de las lluvias y la presencia de temperaturas mínimas bajas con oscilaciones y amplitudes altas respecto a la máxima del día previo a la cosecha, favorecen e inducen la concentración de sacarosa en los tallos.
- b) La presencia de lluvias en el mismo periodo complementada con temperaturas mínimas altas resulta contrarias al interés agroindustrial, pues desfavorecen el acumulo sistemático y sostenido de sacarosa.
- c) De igual manera, la presencia de lluvia durante la fase de cosecha provoca un enorme daño sobre el sembradío, propiamente sobre las cepas de caña por causa del movimiento de los equipos mecánicos dentro de la

plantación sea para cortar o extraer la materia prima, sobre todo si la corta es mecanizada; o en su caso, el alce es mecanizado y hay ingreso de camiones al campo para cargar la materia prima cuando la corta es manual.

- d) La afectación del suelo es en el mismo supuesto inminente y muy alto al favorecer compactación (Chaves 2019dg).

No hay duda que el inicio de la cosecha siempre es un periodo muy difícil en lo técnico y lo administrativo para cualquier ingenio y/o agricultor, pues por lo general algunas plantaciones no se encuentran aún en su mejor punto de concentración de azúcar, debido al comportamiento del clima o la dificultad de poder disponer de variedades de maduración temprana idóneas para cortar en esta fase, lo cual tiene serias repercusiones económicas de magnitud variable. Es también entendible que el programa de corte establece variaciones en el tiempo requerido para maduración entre lotes de caña de una misma finca. Por lo general se desconoce y muy pocas veces se reconoce, el enorme sacrificio que realizan los ingenios al arrancar molienda, pues la materia prima que deben procesar no siempre es de la calidad agroindustrial deseada, lo cual se mejora significativamente y estabiliza conforme avanza la cosecha en condiciones vegetativas y de clima más satisfactorias. Los entregadores de caña por razones obvias buscan hacer entrega de su materia prima cuando la concentración es óptima y preferiblemente máxima (Chaves 1982, 2019g).

Acontece por todo esto, que el cambio climático que ocurre y percibimos de manera especial al final de cada año y que nos trae los frentes fríos y esperados y agradables aires navideños, constituye un mensaje directo que de acuerdo a las condiciones y particularidades edafológicas de cada región productora de caña debe ser correctamente previsto e interpretado, virtud de las diferencias y heterogeneidad prevaleciente (Chaves 2019b). El efecto e impacto provocado sobre las plantaciones comerciales de caña de azúcar es en el caso de la agroindustria azucarera costarricense muy diferente para cada región, zona y localidad cañera del país, motivo por el cual se deben establecer y disponer los preventivos y preparativos pertinentes que mitiguen posibles impactos negativos en la cantidad de sacarosa recuperada en la fábrica.

Planteando la situación desde una perspectiva positiva y favorable, esa cuarta Fase del ciclo vegetativo resulta fundamental para el éxito de cualquier proyecto agroproductivo vinculado con la caña de azúcar, por cuanto constituye la apertura e ingreso a todo el proceso de cosecha. Es necesario y prudente por esta razón planificar y considerar varios elementos básicos, como son:

- a) Planificar, sistematizar y esquematizar el proceso de cosecha de las plantaciones en función de su edad fenológica como primer criterio, lo cual implica ajustar el plan de corta iniciando con los sembradíos que el año anterior fueron cosechados de primero y finalizando con los últimos, lo que asegura una edad no inferior a 12 meses.
- b) Ubicar las variedades de acuerdo con sus particularidades y características agronómicas respecto a la madurez natural, lo cual significa conocer su evolución en término de tempranas, medianas y tardías en cuanto a concentración de sacarosa durante todo el periodo de cosecha.
- c) Es administrativamente muy valioso formular un cronograma con el señalamiento de los lotes que requieren secuencialmente cortarse (frente de corta), buscando mantener un nivel conveniente de estabilidad productiva en lo concerniente a productividad agroindustrial. Debe existir una estrategia previa pues caso contrario es un caos técnico y financiero.
- d) Incorporar, atender y considerar elementos de carácter climático en las decisiones que sobre cosecha de plantaciones se adopten.
- e) Disponer todos los equipos y requerimientos logísticos (mano de obra, transporte, hidratación, etc) que sean necesarios para desarrollar la gestión sin tener distracciones innecesarias que conlleven y signifiquen retrasos o pérdidas de material y tiempo.

Frío, maduración y sacarosa

Mucho se ha escrito en torno a esta relación ambiental natural tan benéfica para la agroindustria azucarera cuando ocurre en el momento, grado y condición necesaria, como lo ha señalado y demostrado Chaves (1982, 2019adefg, 2020ab) en múltiples ocasiones para el caso nacional. Como principio general, para

que ocurra incremento de la concentración de sacarosa en los tallos de la planta de caña, es necesario que se den condiciones inductoras favorables, como son:

- a) La planta cuente con la edad fisiológica requerida (12 meses o más).
- b) Se den los cambios hormonales que condicionan y adaptan el metabolismo al proceso.
- c) La tasa de crecimiento vegetal (de los tejidos) se reduzca y con ello el gasto energético vital implicado.
- d) Acontezca una condición edáfica y climática favorable, manifestada por la presencia de un estado estresante que incremente la relación acumulo/gasto valorada en términos de energía metabólica.
- e) Factores hídricos, térmicos y eólicos favorables coadyuvan a la maduración cuando manifestados en periodos secos, temperaturas bajas, variaciones térmicas altas entre temperatura máxima/mínima, vientos de velocidad media, entre otras.

Lo deseable en el caso de la temperatura es que las más bajas (mínimas) se presenten durante la etapa de maduración y cosecha (octubre a mayo) de las plantaciones comerciales, pues en otro momento (abril-setiembre) resultan contraproducentes para el desarrollo normal del cultivo afectando su crecimiento y con ello el tonelaje esperado. Es definitivo que los frentes fríos de final de año son muy importantes para la maduración.

Como expresara Chaves (2019f) en relación a la participación del factor térmico en la maduración el mismo resulta directo y determinante, al manifestar, que “La concentración o no del disacárido Sacarosa (C₁₂H₂₂O₁₁) en la caña pasa genéricamente por un proceso metabólico activo de acumulo, uso o no uso de energía metabólica (química), representada en este caso por los mono sacáridos Glucosa (C₆H₁₂O₆) y Fructuosa (C₆H₁₂O₆) durante el periodo fenológico senescente final de su ciclo vegetativo. En esa fase, establecida de manera aproximada en los tres últimos meses posteriores a la floración y previos a la cosecha, la planta reduce significativamente la actividad de división celular y con ello su dinámica de crecimiento; provocando que la energía sintetizada como carbohidratos (Glucosa y Fructuosa) se transporte y acumule como Sacarosa al no ser requerida por la

planta para ese fin, siendo por ello la Sacarosa, la reserva energética disponible en la planta para acompañar sus funciones vitales. El déficit o insuficiencia hídrica en el medio y las bajas temperaturas presentes en el mismo periodo, favorecen entonces el acumulo de la sacarosa al limitar el crecimiento y el gasto de energía metabólica implicada. Déficit hídrico y golpe térmico pese a ser eventos diferentes, provocan el mismo impacto fisiológico, el cual es superior cuando ambos operan simultáneamente; esto traducido en periodos secos y noches frías.”

Sobre el mismo asunto amplia Chaves (2019f), aseverando en relación al factor calórico “...que el “golpe térmico estresante” que se genera con cambios rápidos y bruscos surgidos entre ambas temperaturas en periodos relativamente cortos de tiempo, detienen la división celular y el crecimiento, provocando un acumulo de energía bioquímica en forma de carbohidratos (sacarosa). El efecto requiere para ser efectivo contar y satisfacer tres condiciones básicas fundamentales: a) Debe ser continuo en el tiempo y no apenas circunstancial y ocasional, b) Las temperaturas máximas y mínimas deben ser lo más disímiles y extremas posibles para que el diferencial sea amplio y c) Operar durante la fase de maduración previa a la cosecha.”

Conclusión

Queda demostrada una vez más la enorme y significativa relación de dependencia que las plantas, en el presente caso la caña de azúcar, tienen de los factores naturales como seres vivos que son, lo cual justifica la imperiosa necesidad de integrar con carácter prioritario los elementos bióticos y climáticos a la amplia y dinámica ecuación de la producción. No existe por tanto novedad ni sorpresa alguna. Esta inmensa verdad se torna aún más relevante en el caso nacional, donde los entornos agro ambientales donde se produce comercialmente la caña son altamente variables, dinámicos y diferentes en todos los sentidos, lo que justifica la valoración específica para cada condición particular; a partir de lo cual puede asegurarse que las generalizaciones no tienen cabida ni validez como criterios objetivos para juzgar una determinante variable y condición productiva.

El clima manifestado y expresado en sus diferentes elementos constituye una determinante primaria y estratégica como

factor de la producción, virtud no apenas de su influencia sobre los vegetales, sino también por su dinámica, movilidad y dificultad para poder controlarla y manipularla. La ambigüedad y variabilidad de sus efectos merece también consideración, pues cualquier juzgamiento e interpretación que se haga debe necesariamente para ser válida y aceptable, articularse con las fases del ciclo vegetativo y los diferentes estados fenológicos naturales que todo ser vivo debe recorrer.

La llegada de los conocidos y hasta esperados “frentes fríos” interpretados popularmente como “aires navideños” que caracterizan el final de cada periodo anual, y que coinciden no por casualidad con el inicio del periodo de cosecha de las plantaciones de caña en Costa Rica en el mes de diciembre, son favorables para estimular el acumulo y concentración de sacarosa en los tallos industrializables de la planta de caña; aunque paradójicamente, son desfavorables para promover el crecimiento y estímulo del tonelaje de biomasa procesable en los ingenios. Se ratifica nuevamente la imperiosa necesidad como acción estratégica primaria, de profundizar en la investigación individual e integral que tienen los elementos del clima sobre la biología del entorno agro productivo, la fisiología y el metabolismo de la planta de caña de azúcar. Es definitivo que la variable clima debe incorporarse al instrumental de criterios que determinan y utilizan en las decisiones que deben tomarse en la agricultura en procura de mejorar la productividad de manera rentable, sostenible y en un marco de eco eficiencia.

Literatura citada

- 1) Chaves Solera, MA. 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.
- 2) Chaves Solera, MA. 2019a. Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- 3) 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.
- 4) Chaves Solera, MA. 2019c. Clima y floración en la caña de azúcar. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 9, julio. p: 5-7.
- 5) Chaves Solera, MA. 2019d. Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
- 6) Chaves Solera, MA. 2019e. Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 16, octubre-noviembre. p: 5-9.
- 7) Chaves Solera, M.A. 2019f. Incidencia de las bajas temperaturas en la concentración de sacarosa en la caña de azúcar: el caso de Costa Rica. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(17): 6-10, noviembre-diciembre. p: 6-10.
- 8) Chaves Solera, M.A. 2019g. Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- 9) Chaves Solera, MA. 2020a. 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.
- 10) Chaves Solera, M.A. 2020b. Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- 11) Chaves Solera, M.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, A.; Barquero Madrigal, E.; Calderón Araya, G. 2020. Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2019. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 166 p.
- 12) Chinchilla, G. 2020. Empujes fríos. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(2): 5-7, enero.
- 13) Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2008. Clima, variabilidad y cambio climático en Costa Rica. San José, Costa Rica. p: 33-35.

- 14) Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2020. Salidas y puestas de Sol y Luna 2020. San José, Costa Rica. Recuperado de:
<https://www.imn.ac.cr/documents/10179/30506/sol-luna2020.pdf/b64e9b98-ad0c-4823-a5b0-976816b18efd>
- 15) Instituto Meteorológico Nacional (IMN). Sin fecha. Sobre algunos fenómenos meteorológicos de Costa Rica. San José, Costa Rica. p: 18-20.

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