

Periodo 23 de noviembre al 06 de diciembre 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, notas técnicas y recomendaciones 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 09 NOVIEMBRE AL 15 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 Cajón y Río Nuevo de Pérez Zeledón, Guaycara de Golfito y Corredores.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 125 estaciones meteorológicas consultadas muestran al lunes como el día menos lluvioso de la semana, con 13% del total de lluvia reporta el miércoles, día con los mayores acumulados.

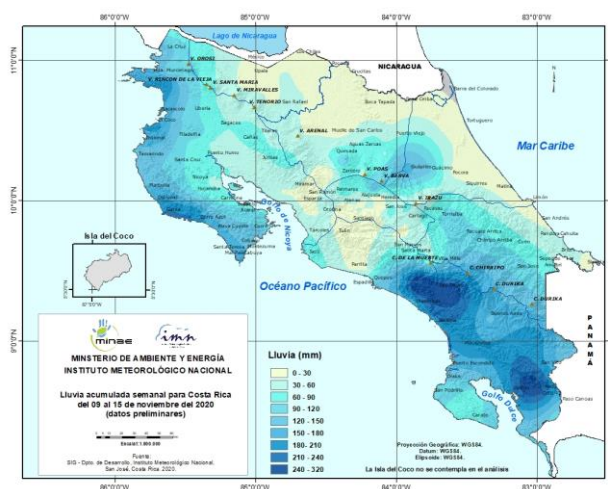


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 09 de noviembre al 15 de noviembre del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 16 NOVIEMBRE AL 22 DE NOVIEMBRE

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

Los distritos que sobrepasaron los 200 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Cuajiniquil de Santa Cruz, Nosara de Nicoya, La Fortuna de Bagaces, Florencia de San Carlos, Savegre de Aguirre, Río Nuevo de Pérez Zeledón y Cahuita de Talamanca.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 127 estaciones meteorológicas consultadas muestran al jueves como el día menos lluvioso de la semana, con 17% del total de lluvia reporta el domingo, día con los mayores acumulados.

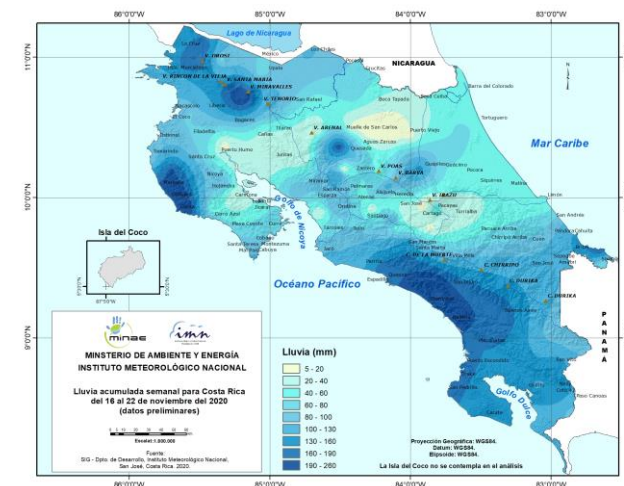


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 16 de noviembre al 22 de noviembre del 2020 (datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 23 NOVIEMBRE AL 29 NOVIEMBRE DE 2020

Durante la semana se esperan condiciones levemente más lluviosas de lo normal en todo el territorio nacional, asociado al retraso en la salida de la época lluviosa. En cuanto a la temperatura media, ésta se mantendrá levemente más fresca de lo normal en todo el país, donde la vertiente Caribe presentará las temperaturas más frescas.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 23 NOVIEMBRE AL 29 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 para todas las zonas productivas. Las regiones cañeras Valle Central Este, Valle Central Oeste, Turrialba y Zona Norte presentarán un incremento en la velocidad del viento a lo largo de la semana; a diferencia de la Zona Sur que incrementará el viento durante la primera mitad de semana para desacelerarse durante el resto de la semana; mientras las regiones Guanacaste Este, Guanacaste Oeste y Puntarenas mantendrán viento variable. La amplitud térmica se muestra homogénea a lo largo de la semana, a su vez que los valores máximos de la temperatura mínima se registrarán el día jueves para todas las zonas productivas.

“La semana inicia con la presencia de la onda tropical # 54, seguido del empuje frío #03 sobre el Mar Caribe y la onda #55 hacia el fin de semana.”

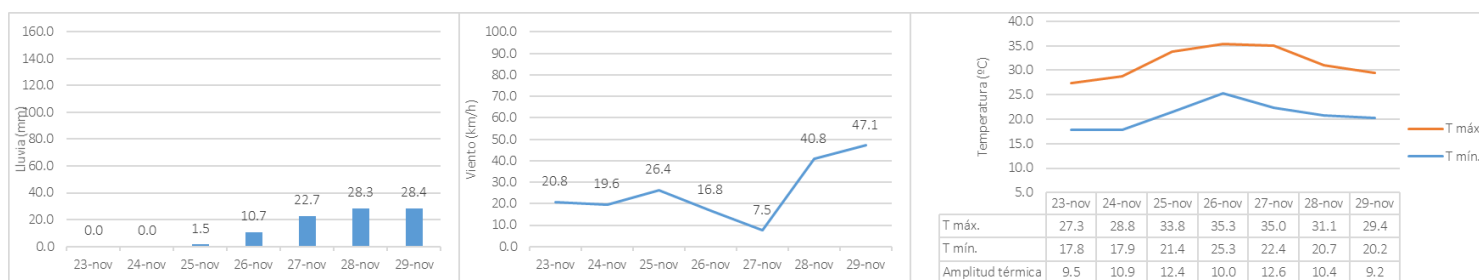


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Guanacaste Este.

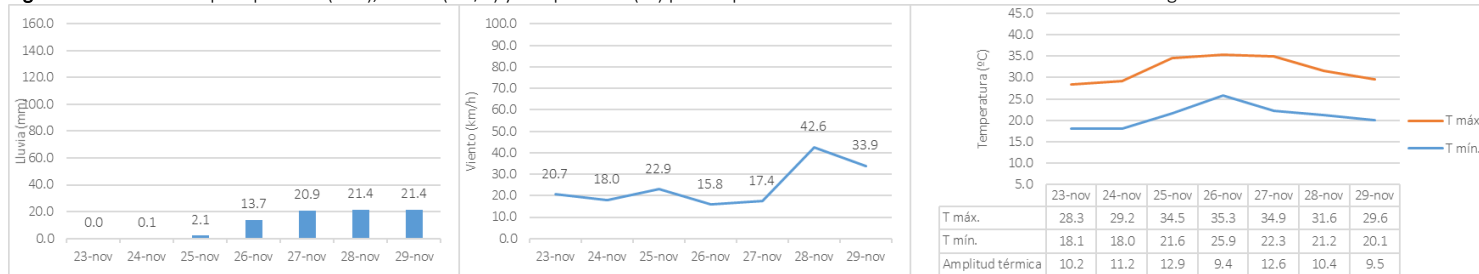


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

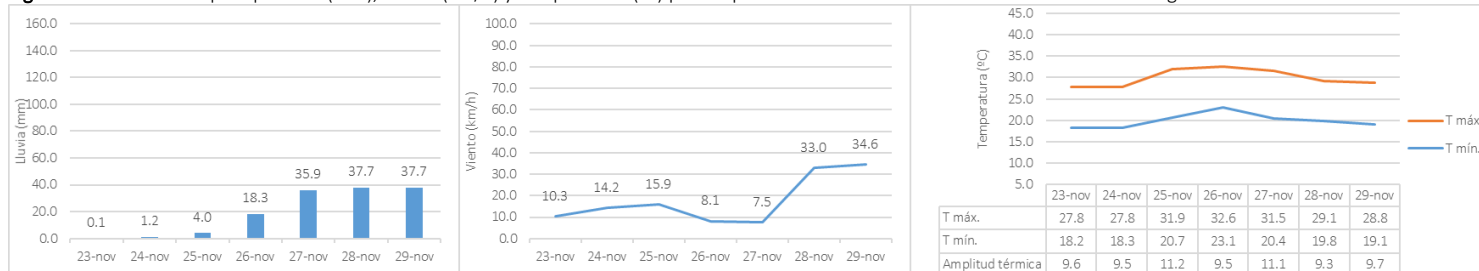


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Puntarenas.

Noviembre 2020 - Volumen 2 – Número 24

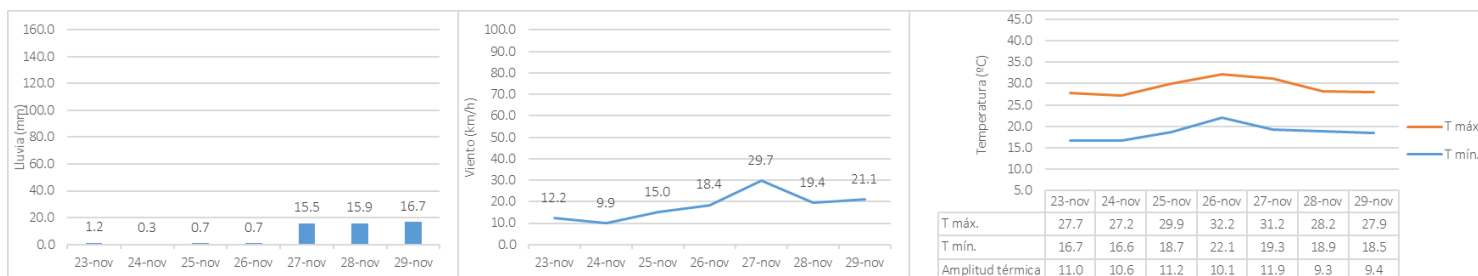


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Zona Norte.

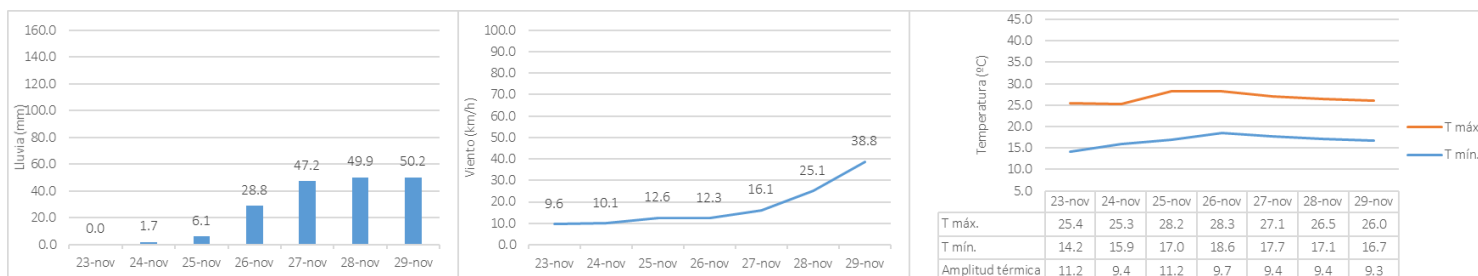


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Valle Central Este.

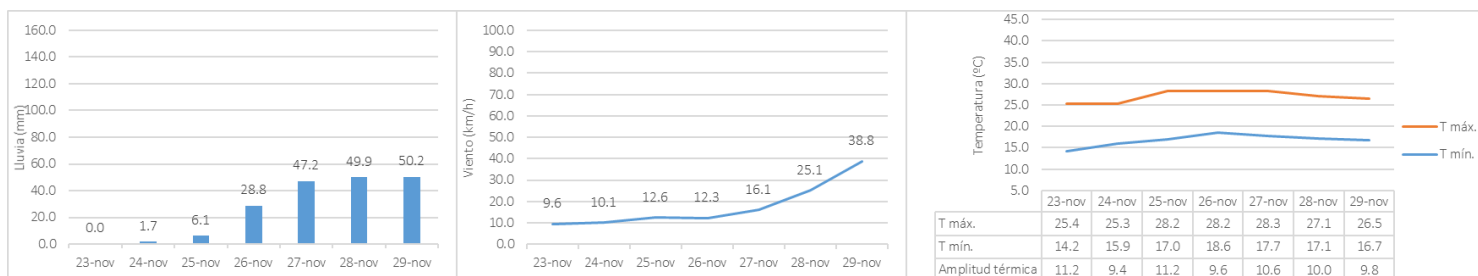


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Valle Central Oeste.

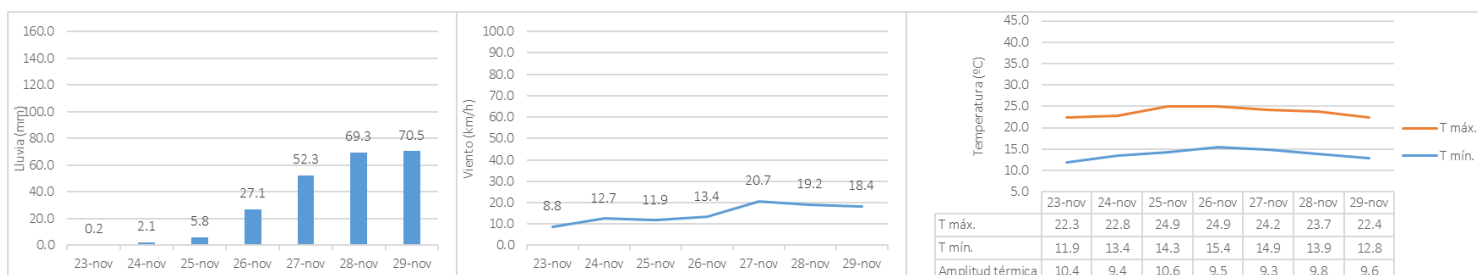


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Turrialba.

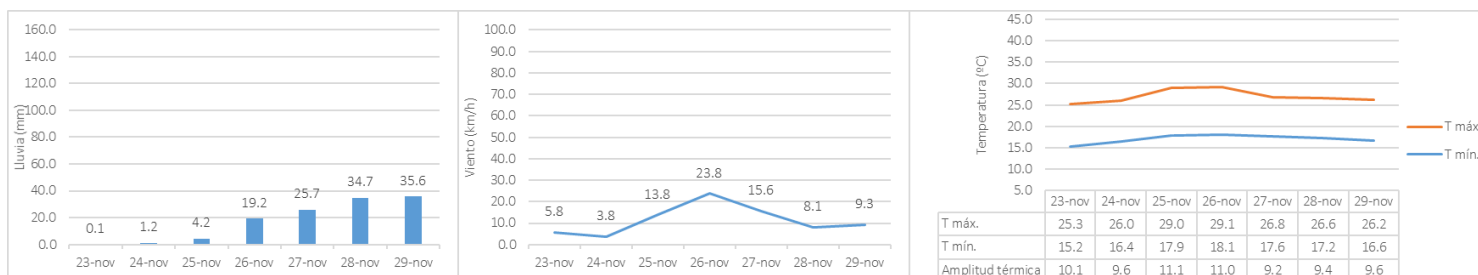


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 09 noviembre al 29 noviembre en la región cañera Zona Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 30 DE NOVIEMBRE AL 06 DE DICIEMBRE DE 2020

Se prevé una semana con condiciones levemente más lluviosas de lo normal en todo el territorio nacional, que será percibido en menor medida por las regiones climáticas del Pacífico Norte y la Zona Norte.

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 23 de noviembre del 2020.

La Región Guanacaste Oeste presentan porcentajes de saturación que varía entre 30% y 90%, mientras que la Región Guanacaste Este tiene entre 30% y 100%.

La saturación de la Región Puntarenas está entre 45% y 75%; la Región Valle Central Oeste tiene entre 60% y 90%, la Región de Valle Central Este presenta entre 45% y 90%. La Región Norte está entre 45% y 100%.

La humedad del suelo en la Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 45% y 100%, 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 15% y 100%.

DIECA E IMN LE RECOMIENDAN

La temporada de ondas tropicales del océano Atlántico aún se encuentra activa, se recomienda tomar medidas preventivas y de amortiguamiento en cuanto al incremento de las lluvias que prevalecerán durante aquellos días con efecto directo.

A la vez, ya dio inicio la temporada de frentes fríos, por lo que 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.

Puede mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

@IMNCR

Instituto Meteorológico Nacional CR

www.imn.ac.cr

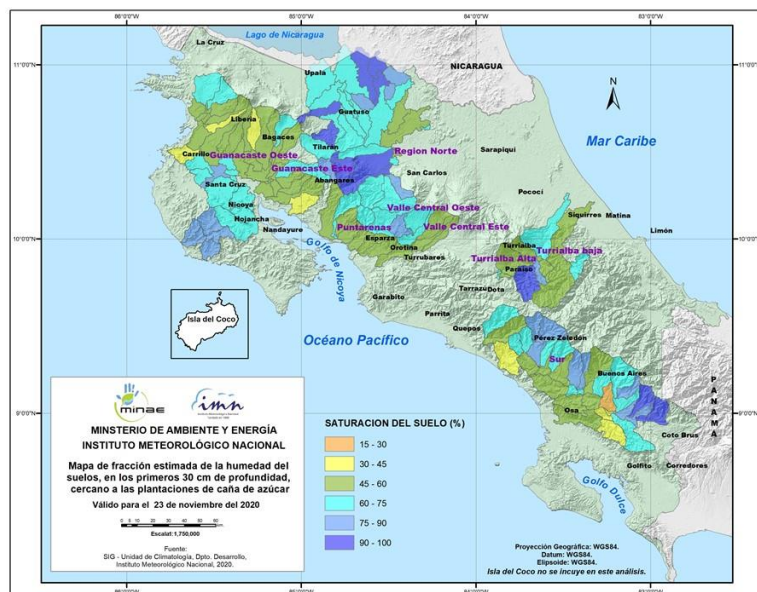


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 23 de noviembre del 2020.

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

NOTA TÉCNICA

Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica

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

mchavezs@laica.co.cr

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

La agricultura cualquiera sea su área de gestión y cometido productivo y empresarial, hay que reconocer y aceptar inequívocamente que es fundamentalmente un proceso de carácter biológico sobre el cual inciden e intervienen múltiples factores que lo determinan, potencian, condicionan e impactan. Los diversos y diferentes procesos implicados en la fase de producción primaria involucran y envuelven eventos de carácter biótico y abiótico cuya influencia es muy variable en todos los sentidos, tanto por orden de magnitud, intensidad, cantidad, oportunidad y momento fenológico del cultivo, la maleza, estadio de la plaga, la biota y la enfermedad que pudieran estar presentes o interviniendo el sistema agro productivo de caña de azúcar.

La agrometeorología se concibe y describe como la ciencia que se encarga de medir, estudiar e interpretar los indicadores que caracterizan y tipifican los eventos y las condiciones meteorológicas, climáticas e hidrológicas y su interrelación, que participan e intervienen y afectan, positiva y negativamente, los procesos de producción agrícola, en nuestro caso la caña de azúcar. La agroclimatología por su parte, se orienta a estudiar el tiempo atmosférico y proveyendo apoyo al desarrollo de las actividades y proyectos agrícolas; para lo cual opera mediante el levantamiento y la conducción de registros de las variables del clima utilizando criterios y métodos estadísticos que permiten obtener promedios, frecuencias, estimaciones, proyecciones empleando preferentemente probabilidades. Como se infiere este último concepto resulta más ajustado y aplica mejor al interés agrícola y productivo.

La relación y los antecedentes que históricamente han vinculado a la agroindustria azucarera nacional con el factor clima son antiguos y numerosos, generalmente asociados con impactos productivos y económicos negativos, que obligan a incorporar y profundizar en el tema climático como factor

inalienable asociado con la producción, motivo por el cual se pretende con el presente boletín abordar sucintamente el tópico para ponderar y justificar esa imperiosa necesidad.

¿Por qué es importante integrar la agrometeorología y la climatología?

Virtud de los graves eventos climáticos recientemente acontecidos en el país con el paso de los huracanes Eta e Iota (Chaves y Hernández 2020a), que impactaron severamente al sector azucarero nacional, como ha sucedido reiterativamente durante muchos años con diferentes elementos del clima manifestados como sequías-inundaciones, vientos huracanados, cambios térmicos, nubosidad, estados de evapotranspiración variable y extrema, revalidan nuevamente la validez y obligación de incorporar la agrometeorología y la climatología como instrumentos estratégicos de administración agro empresarial. Esta realidad resulta la verdad incuestionable y más que obvia, virtud de los severos impactos padecidos. Las empresas modernas, eficientes y visionarias dedican en la actualidad esfuerzo y recursos para disponer de información climática de calidad en tiempo real, que les permita la toma de decisiones oportuna y proyectista; los otros, simplemente se quedarán viendo para el cielo a ver cómo están las nubes y posteriormente a cuantificar los daños e impactos recibidos por falta de preparación y previsión.

En una actividad productiva tan amplia y dispersa territorialmente, compleja en lo biológico, agrónomicamente rica en labores y actividades orientadas al manejo del cultivo y muy sensible a la incidencia de los elementos del clima, incitan la imperiosa necesidad de tener conocimiento profundo sobre su comportamiento y tendencias. En los tiempos actuales resulta obligado para cualquier actividad empresarial y productor serio y eficiente, no exclusivamente agrícola,

mantener acceso y proximidad con la información de carácter climático y meteorológico; esto por cuanto geográficamente Costa Rica se ubica en una zona tropical donde los factores vinculados al clima resultan altamente volátiles y distorcionales en periodos cortos de tiempo, como la realidad del día a día lo tiene por demostrado.

Cuando hablamos de tecnología y particularmente de “tecnologías de punta”, donde la incorporación de conceptos modernos, eficientes y avanzados, ligados a la “agricultura de precisión y de sito”, orientados a favorecer el incremento de los índices de producción y productividad agroindustrial resultan imperativos; el factor clima constituye, entre otros, uno de los tópicos obligados incorporar al formar parte inalienable del sistema y estar estrechamente asociado con la tradicional ecuación de la producción agrícola, definida como se indica a continuación:

$$R = f(cl, p, h, s, t)$$

Donde:

R = rendimiento; cl = clima; p = planta; h = hombre; s = suelo y t = tiempo

Como se infiere, es claro que los rendimientos finales obtenidos en un sistema agroproductivo como el de la caña de azúcar, es el resultado de la conjunción, integración y articulación positiva de los factores que lo constituyen y también lo influyen, incitan y determinan; algunos son en este caso de naturaleza biótica, otros no.

Las cinco variables que conforman e integran la ecuación son en realidad factores genéricos, compuestos y multivariados en algunos casos, puesto que pueden a su vez desagregarse y subdividirse para formar otros factores más básicos y específicos. El caso del factor clima (cl) representa una de esas materias al estar compuesto por elementos como temperaturas, lluvia, luz, humedad y viento. Por su parte, el factor planta (p) está representado por el clon o variedad sembrada; el factor hombre por las diversas prácticas de manejo que van asociadas al cultivo, como son la arada, subsolada, siembra, fertilización, riego, drenaje, control de plagas y cosecha, entre otras. El factor suelo o edáfico por su parte, representado por elementos ligados al relieve y las

propiedades fisicoquímicas y biológicas del mismo y el factor tiempo que permanece igual.

Por esta razón, en lo específico el factor clima se compone de:

$$R = f(cl)$$

$$R = f(ll, t, l, h, v)$$

Donde:

R = rendimiento; f = factor; cl = clima; ll = lluvia; t = temperaturas; l = luz; h = humedad y v = viento

Es entendible que la representación de un proceso tan complejo como es el rendimiento mediante el algoritmo matemático expuesto solo pretende representar de forma gráfica lo que acontece en el campo. El valor de este concepto y representación es que permite dimensionar, ordenar y conceptualizar el complejo y dinámico proceso agro productivo que conlleva e implica desarrollar un sistema de producción en un entorno geográfico particular con posibles limitantes y restricciones, tornándolo eficiente, rentable y competitivo o en su caso todo lo contrario; en el cual el clima es en definitiva un factor incuestionablemente determinante.

Los potenciales y bondades que intrínsecamente pueda tener y aportar una variedad de caña por la excepcionalidad de su componente anatómico-genético, quedan supeditados e influenciados por los factores del entorno donde se ubica la plantación, motivo por el cual procurar maximizarlos resulta ser una labor de extrema importancia durante la fase de planificación. Es claro que una buena variedad de caña, por mejor potencial genético que posea, no podrá rendir los resultados esperados si no se ubica en el entorno más apropiado y conveniente (Chaves, 2018, 2019abg, 2020ag).

¿Qué debemos conocer del clima?

Son varios y muy diferentes los elementos asociados al factor clima que, de manera directa, indirecta y sobre todo bajo la acción ejercida mediante interacciones operan en un ambiente de producción agrícola en el campo y aún en sistemas de producción bajo “ambiente controlado”. Acontece que muchas veces los índices de productividad agroindustrial del cultivo son bajos e insatisfactorios, a pesar del empleo de niveles tecnológicos altos y conformes, lo cual deja profundas dudas,

inconformidad y sobre todo incrementa los costos de producción asociados. Los motivos que inducen muchas veces ese comportamiento corresponden a la insuficiencia o el exceso prevaeciente en los niveles de uno o varios elementos climáticos, aún debido a la posible interacción de estos operando bajo principios vinculados a efectos antagónicos y/o sinérgicos. Tampoco pueden omitirse en ese resultado los consabidos factores de carácter edáfico y de manejo que están presentes en todos los sistemas de producción y que actúan sobre limitantes ligadas con la degradación e infertilidad de los suelos como lo ha señalado reiteradamente Chaves (2017, 2019b, 2020hi).

La humedad del suelo constituye uno de los factores limitantes más comunes de encontrar en cualquier sistema agro productivo como factor limitante, sea porque su contenido es bajo e insuficiente o por el contrario alto y problemático, lo cual ocurre por causa de una mala distribución del agua en el tiempo cuando fenológicamente es requerida y no necesariamente porque el régimen y nivel precipitado fuera bajo; el factor edáfico es también determinante. La caña de azúcar es una planta significativamente influenciada y severamente impactada por el régimen de precipitación prevaeciente en el entorno donde se desarrolla, como lo demostraran Imman-Bamber y Smith (2005), quienes al estimar los impactos provocados por las deficiencias hídricas sobre la producción de la caña, determinaron y concluyeron que la variabilidad temporal de las condiciones hídricas del suelo causada por la irregularidad observada en el régimen de lluvias, fue, el factor que de manera independiente mayor influencia ejerció en la variabilidad de los rendimientos agroindustriales del cultivo.

Son varios los elementos del clima que pueden y requieren ser conocidos, medidos, documentados y de ser viable controlados, mitigados o incorporados al medio caso de ser deficientes, entre los cuales están la humedad del suelo en cantidad (mm) y distribución, las temperaturas (máxima, media, mínima y amplitud) del aire y el suelo, la radiación solar, el viento, la humedad del aire, la nubosidad, la evaporación y más específicamente la evapotranspiración, entre otras (figuras 1 y 2). Esos indicadores permiten caso sean bien utilizados y afanados prever, estimar y proyectar su posible presencia, actividad e impacto. Como es conocido, el clima viene fuertemente influenciado y determinado por macro factores

como son la latitud, longitud, altitud (msnm), las corrientes oceánicas, las masas de aire en movimiento y otros eventos muy comunes que afectan nuestro país, como son las ondas tropicales, las tormentas y los huracanes que por lo general se forman en el Mar Caribe durante el periodo junio-noviembre de cada año. Luego del año 1980 la afectación por causa del calentamiento de la superficie de las aguas ecuatoriales del Océano Pacífico Tropical han sido las inductoras y promotoras del Fenómeno de “El Niño” y su fase opuesta “La Niña” o fase fría del fenómeno ENOS que provoca el enfriamiento anormal de esas aguas. Estos eventos le han provocado cuantiosos daños a la agricultura, a la agroindustria azucarera y al país.



Figura 1. Impacto de plantaciones de caña por viento.



Figura 2. Daño por inundación de plantaciones.

¿Cómo es el vínculo clima - caña de azúcar?

La respuesta a tan importante e inquietante pregunta es muy simple y contundente: *fuerte y determinante*. Esto

fundamentado en las significativas y marcadas diferencias que existen en todos los ámbitos que conlleva e implica producir comercialmente caña de azúcar en Costa Rica, como lo ha demostrado Chaves (2019bgh, 2020adg), asociado a la sensibilidad que posee la planta hacia los elementos que componen el factor.

Mucho se ha enfatizado en identificar y señalar las importantes diferencias prevalecientes que auspiciadas por la heterogénea geografía nacional, caracteriza y tipifica las seis regiones designadas oficialmente como productoras de caña en el país, las cuales se manifiestan como apuntara Chaves (2019g), en variaciones significativas presentes en los elementos bióticos y abióticos que determinan la capacidad productiva del cultivo, al manifestar que *“...en lo concerniente a lluvia evaluada en 29 estaciones meteorológicas, marca variaciones muy significativas entre periodos (años), distribución mensual y localidades cañeras. La región baja (<400 m.s.n.m.) de Guanacaste y Pacífico Central presenta una precipitación muy inferior respecto al resto de zonas, pues en promedio fue de 1.618,4 mm en los últimos seis años (2013-2018) respecto a 2.689,8 mm del resto de regiones (401-1550 msnm), para una importante diferencia de +66,2%. Son evidentes las bajas precipitaciones verificadas durante los años 2013, 2014 y 2015 en el Pacífico Seco. La distribución durante el año es también muy diferente con altas precipitaciones en Turrialba-Juan viñas, Zona Norte y Sur en los meses de junio, julio y octubre y relativamente bajas entre febrero, marzo y abril, coincidentes con el periodo de cosecha. Las zonas cañeras Norte (2.835,1 mm) y Sur (2.710,4 mm) es donde más llueve y Guanacaste (1.532,5 mm) la de menor precipitación. En materia agrícola esto implica invertir, dotar y acondicionar plantaciones en infraestructura, equipos y sistemas de riego, drenaje y conservación de suelos. Las temperaturas medias (°C) por su parte, valoradas en 12 estaciones en su máxima y su mínima son también diferentes entre zonas productoras, mostrando un efecto contrario en torno a la lluvia, pues son altas en la zona baja. Temperaturas mínimas superiores a 21°C no favorecen la maduración natural del cultivo y con ello la concentración de sacarosa en los tallos (Chaves, 2019def). La acción conjunta de periodos de baja precipitación (estrés hídrico) coincidiendo con altas temperaturas del aire (estrés térmico) y elevada evapotranspiración, resulta detrimental y muy negativa para la caña, virtud de generar una condición de estrés general y “golpe*

estresante” de consecuencias agroindustriales negativas muy significativas por la caída en el tonelaje y la riqueza en sacarosa de la materia prima procesada en la fábrica.”

La relación clima-cultivo es directa, pues los elementos que lo conforman y accionan intervienen diferentes procesos, mecanismos y actividades fisiológicas, metabólicas, enzimáticas, hormonales, entre otras. En la planta de caña el clima influye sobre: la fotosíntesis; la división celular; la respiración; la germinación de las yemas; el desarrollo, elongación y crecimiento radicular; el ahijamiento; el retoñamiento; la formación de cepa; el crecimiento y la elongación de los tallos; el engrosamiento de los tallos; inducción y emisión de la flor; absorción, transporte, acumulo y empleo de nutrimentos; apertura y cierre estomático; regulaciones y balance hídrico; acumulo y concentración de sacarosa (disacárido) en los tallos; inversión de sacarosa en azúcares simples (glucosa y fructuosa). Como se infiere la participación de los elementos del factor clima son amplios, específicos y variables según el estado fenológico de la planta y las condiciones del entorno agro productivo (Chaves, 2019cdef, 2020abcefgj; Chaves y Hernández, 2020b).

Es definitivo que la agroindustria azucarera tiene límites, reservas y restricciones que debe respetar en materia climática si desea lograr resultados objetivos y representativos en su interpretación, en consideración de que esa pretensión no permite ni acepta:

- 1) Plantear conclusiones y recomendaciones basadas en generalizaciones regionales y zonales calificadas y concebidas como absolutas, menos aun cuando son de alcance y cobertura nacional.
- 2) Trabajar exclusivamente sobre promedios, pues las variaciones extremas (amplitud) son muchas veces muy significativas. Existen otras herramientas e indicadores estadísticos más apropiados para ese fin.
- 3) Establecer inferencias y conclusiones basadas en un solo factor (unívoco). Todo efecto climático es multivariado y así debe interpretarse, pues no solo corresponden ni son exclusivos al clima.
- 4) No valorar series de años de al menos cinco años para establecer alguna tendencia medianamente representativa y aceptable.

- 5) No excederse en utilizar series de datos muy amplias pues los cambios acontecidos en el clima en los últimos años han sido muy profundos y relevantes.
- 6) Deben imperativamente utilizarse datos procedentes de Estaciones Meteorológicas de calidad (Clase A) estratégicamente ubicadas en el territorio.
- 7) Se deben formular, asociar e interpretar efectos climáticos en función del estado fenológico de la plantación de acuerdo con el ciclo vegetativo particular de la localidad y la variedad sembrada.

Es fundamental conocer muy bien y con detalle el ciclo vegetativo de la planta de caña, tanto en su fase de planta como de soca o retoño, para poder ubicar, calificar, interpretar y juzgar con buen criterio técnico las implicaciones que cualquier actividad de manejo agronómico o evento climático que pudiera darse tenga sobre el desarrollo de la plantación y la producción (Chaves, 2019a). Un mismo factor puede de acuerdo con el momento fisiológico de la planta, ejercer influencia diferente, muchas veces extremas y divergentes, como tantos ejemplos podrían colocarse. Casos de conocimiento global y generalizado de los cañeros como suceden con la temperatura, pues cuando es alta ($>21^{\circ}\text{C}$) se favorece el crecimiento, pero no la maduración y el acumulo de sacarosa en los tallos; con la lluvia sucede lo mismo, pues alta humedad promueve crecimiento y daño de cepas, pero no maduración (figura 2). Cuando los índices de esos dos elementos (temperatura y lluvia) son bajos se promueve la maduración de la planta, sobre todo si ambos operan de manera conjunta y articulada manifestados por un periodo seco y un bajo factor térmico, como lo ha señalado Chaves (2019bdefh, 2020abcefg) en múltiples oportunidades.

En el cuadro 1 se exponen los datos promedio de lluvia (mm) y temperatura ($^{\circ}\text{C}$) en sus tres variables básicas: máximas, mínimas y promedio, para el periodo de cuatro años transcurrido entre los años 2016 y 2019. Los mismos son ubicados por mes para cada una de las seis regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica, incorporando adicionalmente la zona de Juan Viñas virtud (>1.000 msnm) por su notable diferencia en la duración de su ciclo vegetativo (18-24 meses) en relación con las otras (Chaves 2019a). Una valoración comparativa detallada del mismo demuestra las significativas diferencias que en todas las variables indicadas

existen, tanto entre regiones como entre meses del año, lo cual se extiende también a los años, lo cual se acentúa aún más si agregamos los factores edáficos y de manejo agronómico incorporado en el campo (Chaves, 2017). Es por esas y otras razones que las fechas de inicio y final del periodo de cosecha resultan ser muy diferentes entre regiones, lo que se proyecta aún para los Ingenios que operan dentro de una misma región agrícola, como lo demostrara Chaves (2020) en sus estudios.

Para Costa Rica los periodos de molienda de las últimas 9 zafras (2010-2018) se han desarrollado iniciando entre la cuarta semana del mes de noviembre y finalizando en la segunda semana de agosto para un total de 35 semanas (≈ 245 días). Como puede interpretarse a partir de dicho cuadro, virtud de las condiciones climáticas variables prevalecientes, los inicios y finales del periodo de cosecha y molienda de la zafra no pueden igualarse y estandarizarse entre regiones, zonas y aún entre años. En la región cañera atlántica es muy difícil pretender iniciar molienda en los meses de noviembre, diciembre o principios de enero por la cantidad de lluvia que cae en el lugar; como si es viable realizarlo y de hecho sucede en la región de Guanacaste y el Pacífico Central. Con los cierres de molienda pasa lo mismo, pues con motivo de la fuerte lluvia y el tipo de cosecha empleado (mecánico y semi mecánico y menos en el manual), que constituye una determinante ineludible de considerar, resulta difícil y técnicamente inconveniente que los equipos mecánicos penetren al campo para cortar y extraer la materia prima, pues el daño que provocan es muy alto (Chaves, 2019gh, 2020ad). Como se infiere y concluye a partir del análisis detallado del cuadro 1, son importantes y profundas las diferencias que en cuanto a lluvia y temperaturas existe entre regiones productoras de caña de azúcar, lo que influye sobre el crecimiento, la erosión, la maduración y la cosecha de las plantaciones; además de su intervención sobre el factor fitosanitario por presencia de plagas y enfermedades (figura 3). Es comprensible y válido entonces dimensionar el efecto e impacto a que está sometida permanentemente la agroindustria azucarera nacional por causa de la ocurrencia de eventos climáticos muchas veces extremos, lo cual somete la competitividad a duras pruebas de tolerancia, resistencia y adaptación.

Cuadro 1. Lluvia (mm) y Temperaturas (°C) por mes según región productora de caña de azúcar en Costa Rica. Promedio Periodo 2016-2019 (4 años).

Región	Factor	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Total	Promedio	Periodo Cosecha (semana)*
Guanacaste	Lluvia (mm)	2,4	0,1	0,0	35,7	299,3	208,6	113,0	187,8	254,6	384,0	78,6	24,5	1 588,7	132,4	4ta Noviembre a 4ta Abril
	Temp Max	33,0	34,2	35,0	35,7	33,9	32,7	32,6	33,1	33,0	31,6	32,1	32,3		33,3	
	Temp Med	27,7	28,7	29,5	29,8	28,9	28,2	28,0	28,1	27,9	27,2	27,1	27,2		28,2	
	Temp Min	22,5	23,2	24,1	24,0	23,9	23,6	23,4	23,2	22,9	22,7	22,2	22,1		23,1	
Puntarenas	Lluvia (mm)	4,7	0,0	0,0	72,3	334,5	229,3	132,7	163,4	326,9	501,8	114,6	60,9	1 880,2	170,9	2da Diciembre a 2da Abril
Zona Norte	Lluvia (mm)	132,9	71,8	44,9	41,6	237,5	358,5	413,2	285,5	285,0	304,4	283,3	277,6	2 736,2	228,0	2da Enero a 3ra Junio
	Temp Max	31,6	31,8	33,2	34,6	33,7	32,4	31,1	32,9	33,2	32,6	30,1	31,1		32,4	
	Temp Med	26,2	26,1	26,9	27,7	27,9	27,4	26,7	27,4	27,2	27,3	25,5	26,3		27,0	
	Temp Min	20,9	20,4	20,5	20,9	22,2	22,4	22,3	21,8	21,3	22,0	20,9	21,5		21,5	
Valle Central	Lluvia (mm)	2,9	2,7	0,4	71,4	402,5	322,6	207,0	261,6	494,4	375,2	209,5	74,0	2 423,9	202,0	2da de Diciembre a 2da Agosto
	Temp Max	30,0	30,6	31,7	31,4	30,3	29,8	29,9	29,6	29,4	29,0	29,0	29,5		30,0	
	Temp Med	20,9	20,9	21,9	22,5	22,9	23,0	22,5	22,6	22,4	22,1	21,5	21,4		22,1	
	Temp Min	11,8	11,3	12,2	13,6	15,5	16,3	15,0	15,6	15,3	15,3	14,0	13,3		14,1	
Turrialba	Lluvia (mm)	268,8	74,6	90,0	83,0	327,2	321,3	343,2	217,3	172,3	219,1	284,4	139,1	2 411,2	225,5	1ra Enero a 3ra Mayo
	Temp Max	29,3	29,6	29,8	31,3	31,5	31,2	30,4	30,8	31,0	30,9	29,7	30,0		30,5	
	Temp Med	22,4	22,5	23,0	24,1	25,4	24,9	24,1	24,5	24,6	24,6	23,7	23,3		24,0	
	Temp Min	15,6	15,4	16,1	17,0	19,4	18,7	17,8	18,2	18,2	18,4	17,8	16,6		17,6	
Zona Sur	Lluvia (mm)	50,2	9,1	54,9	195,0	352,3	327,6	210,6	287,4	442,7	500,3	281,4	85,3	2 796,7	233,1	1era Enero a 4ta Abril
	Temp Max	30,8	31,8	32,6	31,4	30,4	30,6	29,1	29,5	29,9	29,1	28,6	29,5		30,3	
	Temp Med	24,4	25,2	25,8	25,7	25,5	25,1	24,8	24,9	25,1	24,7	24,5	24,4		25,0	
	Temp Min	18,0	18,7	19,0	20,0	20,6	19,7	20,5	20,2	20,2	20,2	20,5	19,4		19,8	
Juan Vías	Lluvia (mm)	253,2	190,0	107,4	86,1	290,8	199,1	293,2	156,2	206,4	191,0	217,2	149,8	2 340,1	195,0	3era Enero a 4ta Junio
	Temp Max	23,2	23,4	23,8	25,0	25,5	25,3	24,5	25,2	25,5	25,3	24,2	23,9		24,6	
	Temp Med	18,7	18,7	19,3	20,3	21,2	21,1	20,5	20,8	20,9	20,7	20,2	19,5		20,2	
	Temp Min	14,3	14,1	14,8	15,6	17,0	16,8	16,5	16,4	16,2	16,1	16,1	15,1		15,8	
Costa Rica	Lluvia (mm)	75,7	36,3	33,2	83,2	325,2	282,1	232,9	228,1	328,5	379,1	196,9	119,3	2 300,8	194,1	4ta Noviembre a 2da Agosto
	Temp Max	30,4	31,0	31,8	32,3	31,5	30,8	30,1	30,7	30,9	30,3	29,4	30,0		30,8	
	Temp Med	24,1	24,4	25,0	25,6	25,8	25,4	24,9	25,2	25,2	25,0	24,3	24,3		24,9	
	Temp Min	17,7	17,8	18,3	19,0	20,2	19,9	19,8	19,7	19,4	19,6	19,1	18,6		19,1	

Fuente: Chaves (2019, 2020).

* Corresponde a la Semana de inicio y final de cosecha y molienda por Ingenios de la Zona durante el Periodo 2010-2018 últimas 9 Zafas (Chaves 2020).

La región cañera del Pacífico central no dispone de información de temperaturas accesible.

Temperatura Media (°C) estimada por cálculo de relación entre Máxima y Mínima.



Figura 3. Daño por lavado y escorrentía de aguas.

Conclusión

Por antecedente tenemos por cierto y demostrado en el sector azucarero costarricense, que la influencia del clima en el cultivo no depende ni está en absoluto restringido a las características climáticas particulares de las localidad en que están situadas las plantaciones, sino también en gran medida a las condiciones naturales y de manejo en que se desarrollan las mismas, lo cual incide de manera determinante sobre la producción y la productividad agroindustrial, y con ello, sobre la rentabilidad y competitividad de la agro empresa. Se tiene por demostrado también que tanta importancia tiene el nivel de exposición del cultivo al clima, como el nivel de riesgo y vulnerabilidad que este mantenga, lo cual es muchas favorecido e inducido por el propio agricultor involucrado, al situar y desarrollar sus plantaciones en localidades agrestes y sensibles que limitan y contravienen un desempeño satisfactorio de la iniciativa comercial. El cambio climático viene provocando en los últimos años importantes afectaciones de consecuencias significativas sobre las plantaciones, la calidad de la materia prima producida y procesada y la infraestructura productiva que atentan contra el esfuerzo y sostenibilidad de las iniciativas empresariales en desarrollo.

Por estas y otras razones se demuestra la ineludible necesidad e importancia que tiene procurar incorporar la medición e interpretación del clima como actividad ordinaria, en los procesos de planificación, implementación y desarrollo de los programas de producción comercial de caña, lo cual por razones obvias alcanza y compromete también la fase industrial de fabricación del azúcar, pues como bien lo concibiera Chaves (2020j) como verdad absoluta *“el azúcar se hace en el campo, extrae y fabrica en el Ingenio”, motivo por el cual y de manera consecuente “Un ingenio no puede extraer más del azúcar que la caña lleve contenida en sus tallos procedentes del campo.”*

Sopesado en términos mediáticos y no necesariamente en el largo plazo, la resultante demuestra que los cambios anómalos acontecidos en la temperatura, el viento y las lluvias, así como el aumento que se viene observando cada vez con mayor reiteración sobre la frecuencia e intensidad de las sequías e inundaciones, el paso de ondas, tormentas y huracanes tropicales como los recién sufridos con Eta e Iota (Chaves y Hernández, 2020a), están teniendo implicaciones estresantes serias y muy estimables en todos los ámbitos en el corto plazo, que inciden e impactan con severidad los indicadores de productividad atentando sobre los ecosistemas agrícolas, la viabilidad y sostenibilidad de los esfuerzos empresariales desarrollados.

Por estas y otras razones es que el beneficio y el aporte incuestionable que la agrometeorología y la climatología proveen a la agricultura y con ello a la agroindustria azucarera, radica en que por medio de ellas se pueden llegar a determinar y conocer con buena aproximación y representatividad las características y comportamiento del clima y sus elementos en una determinada región, zona o localidad productora, y con ello, saber cómo el clima cambia para proyectar y estimar sobre base sólida y con buena aproximación lo que puede acontecer a futuro; esto contabilizado tanto en favor como en contra. Es por este motivo obligado e ineludible en los tiempos actuales que cualquier emprendimiento empresarial agrícola moderno que procure y tenga como meta la competitividad, considere inexcusablemente incluir e involucrar el tema del clima como factor primario en sus inversiones, costos y actividades ordinarias. Lo contrario pone en duda, distrae y compromete el éxito pretendido. El tema climático debe sin condicionamientos abordarse institucionalmente con mayor especificidad en tres ámbitos muy claros: a) investigación, b) información y capacitación y c)

establecimiento de un sistema de medición integrado de medición, como el que en algún momento propusiera e impulsara DIECA para crear y operar una “Red Climática del Sector Azucarero” con información en tiempo real. Esa última iniciativa tecnológica fue avalada y aprobada en primera instancia por el Banco DEG de Alemania, lo que implicaba en primera instancia un aporte del 50% al costo total del proyecto. Por razones fundamentalmente financieras el proyecto fue desechado por LAICA. El proyecto debe virtud de su importancia y actualidad ser retomado y ejecutado con la mayor prontitud posible.

Literatura citada

- Chaves Solera, M.A. 2017. *Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018. *Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales 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, MA. 2019a. *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 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, MA. 2019c. *Clima y floración en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 9, julio. p: 5-7.
- 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.
- 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.
- Chaves Solera, MA. 2019f. *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. 2019g. *Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. 2019h. *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 por frío en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(7): 6-16, marzo-abril.
- Chaves Solera, MA. 2020d. *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. 2020e. *Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2020f. *Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.

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

Chaves Solera, M.A. 2020h. *Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(15): 5-13, julio.

Chaves Solera, M.A. 2020i. *Clima y erosión de suelos en caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(16): 7-16, agosto.

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.; Hernández Espinoza, K. 2020a. *Afectación en caña de azúcar por huracán Eta*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(23): 6-9, noviembre.

Chaves Solera, M.A.; Hernández Espinoza, K. 2020b. *Frentes fríos, aires navideños y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(23): 10-16, noviembre.

Imman-Bamber, N.G.; Smith, D.M. 2005. *Water relations in sugarcane and response to water deficits*. Field Crops Research, Amsterdam, v. 92, p. 185-202.

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