

Periodo 25 de mayo al 07 de junio 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 11 DE MAYO AL 17 DE MAYO

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

Las estaciones que sobrepasaron los 150 mm fueron: Montecarlo de Pérez Zeledón, Hidroeléctrica en Horquetas y Río Claro de Golfito; mientras que Ciudad Neily registró más de 200 mm.

A nivel nacional, los registros de lluvia de las 116 estaciones meteorológicas consultadas muestran que el día jueves como el más lluvioso y con un 24% de lo que llovió este día se identifica el lunes como el menos lluvioso.

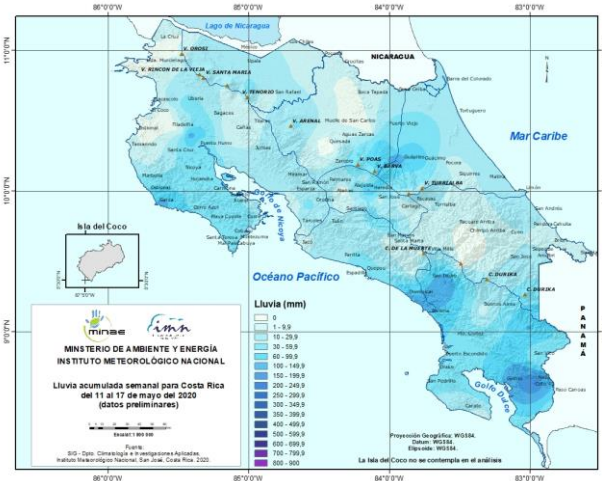


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 11 de mayo al 17 de mayo del 2020 (generado utilizando datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 18 DE MAYO AL 24 DE MAYO

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

Los cantones que sobrepasaron los 150 mm de lluvia fueron: Guápiles de Limón, Sabanilla de Alajuela, Filadelfia de Guanacaste, Cajón de San José y Palmar de Puntarenas.

A nivel nacional, los registros de lluvia de las 116 estaciones meteorológicas consultadas muestran que el miércoles como el día más lluvioso y con un 32% de lo que llovió este día se identifica el sábado como el menos lluvioso.

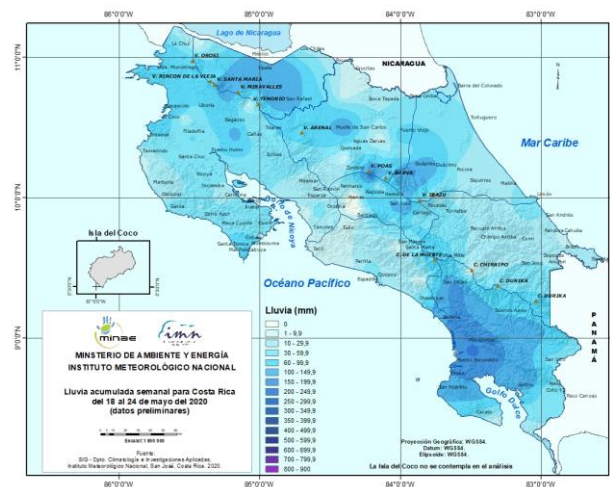


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 18 de mayo al 24 de mayo del 2020 (generado utilizando datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 25 DE MAYO AL 31 DE MAYO DE 2020

El periodo mantendrá condiciones húmedas que propiciarán lluvias en todo el territorio nacional. La vertiente Pacífico y Valle Central mantendrán lluvias de mayor intensidad a partir de mediados de semana. La vertiente Caribe y Zona Norte mostrarán lluvias ocasionales, con aguaceros en los sectores montañosos a mediados de semana.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 25 DE MAYO AL 31 DEL MAYO 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 prevén condiciones más lluviosas para todas las zonas cañeras en la segunda mitad de la semana. Las regiones cañeras presentarán un incremento en el viento a mitad de semana que volverá a disminuir para el fin de semana. Las áreas cultivadas sostendrán amplitudes térmicas bastante homogéneas, con los valores superiores de la temperatura máxima y temperatura mínima a mediados de semana.

“La onda tropical #2 alcanzará el territorio nacional hacia el fin de semana.”

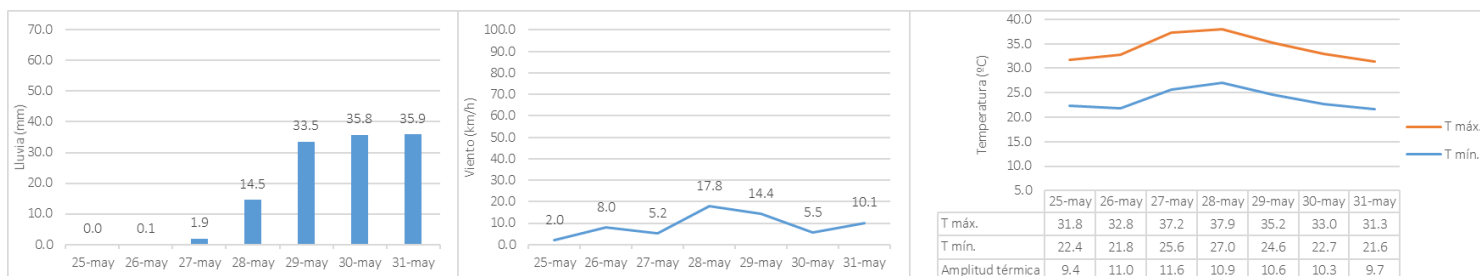


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Guanacaste Este.

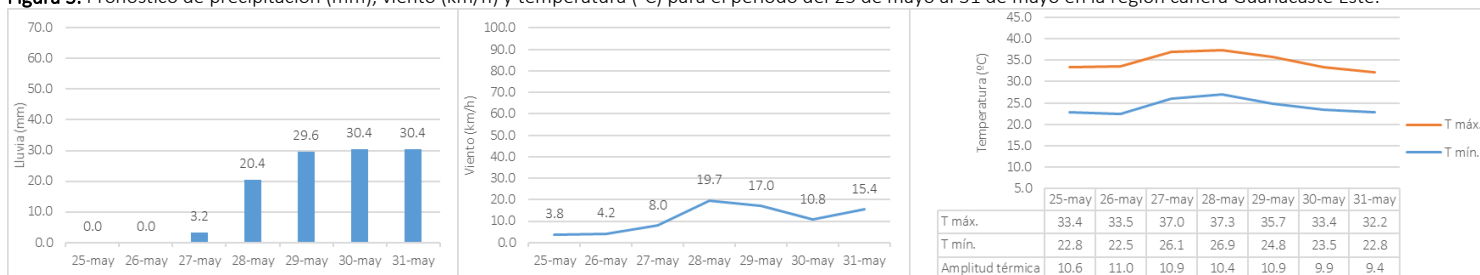


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Guanacaste Oeste.

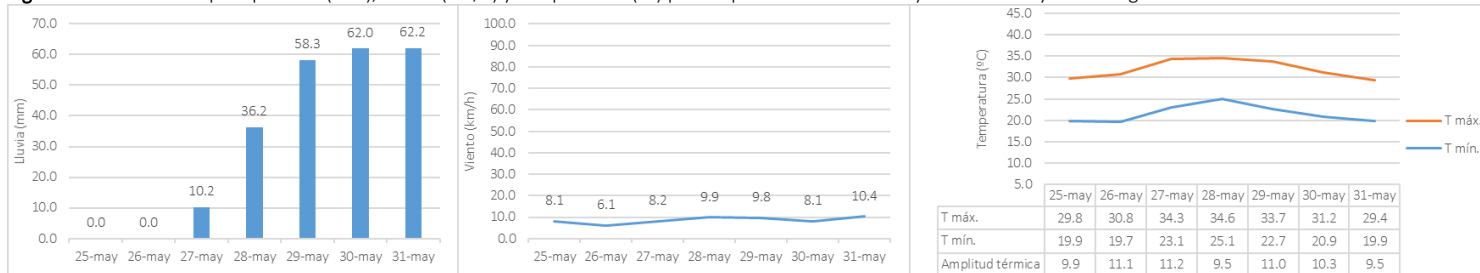


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Puntarenas.

Mayo 2020 - Volumen 2 – Número 11

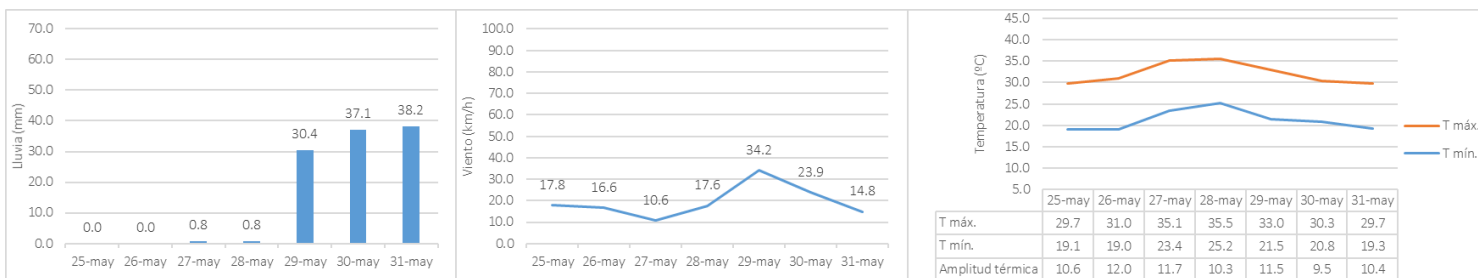


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Zona Norte.

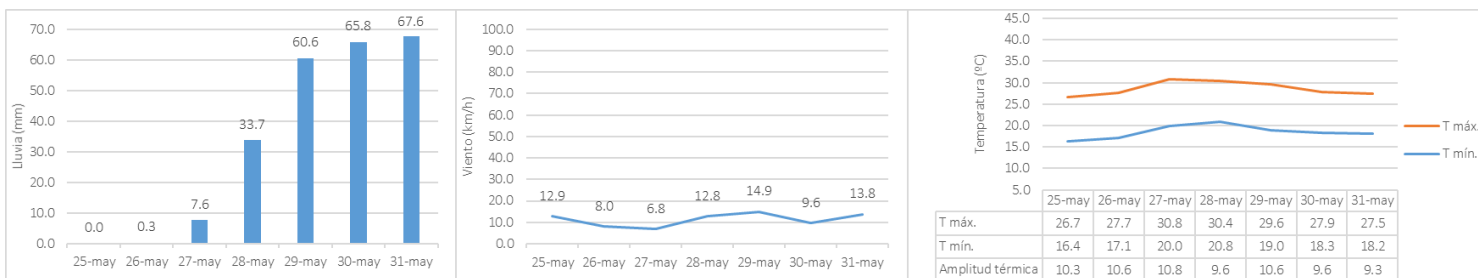


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Valle Central Este.

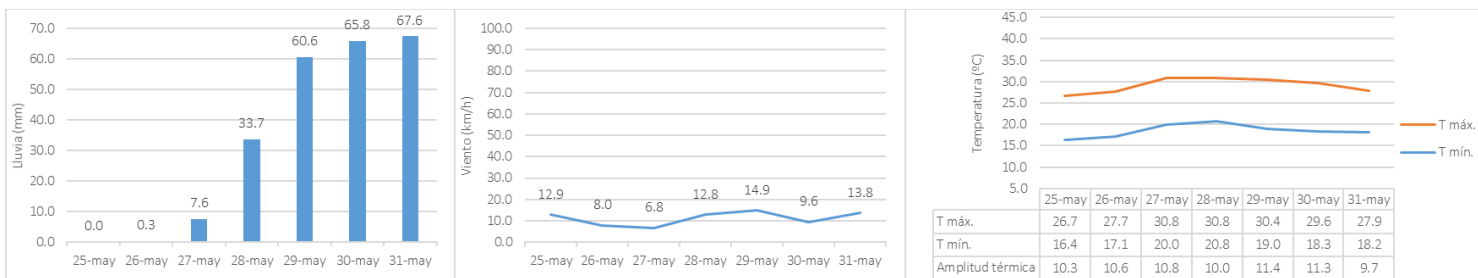


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Valle Central Oeste.

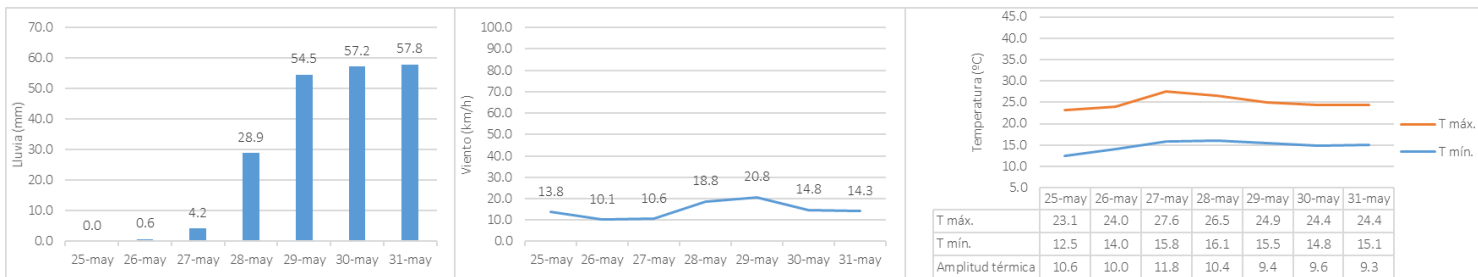


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Turrialba.

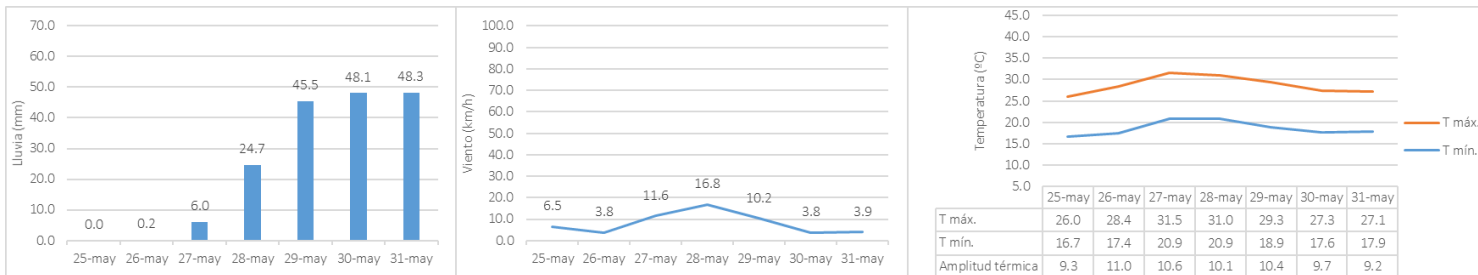


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 25 de mayo al 31 de mayo en la región cañera Zona Sur.

NOTA TÉCNICA

Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático.

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

mchavez@laica.co.cr

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

La variabilidad climática surgida de un año para otro y los cambios climáticos (de un decenio para otro) no hay duda de que vienen afectando de manera continua, sistemática y severa prácticamente todas las actividades humanas, sean económicas, sociales, infraestructura y de manera muy especial las agropecuarias, en consideración de ser una actividad que se desarrolla mayoritariamente en espacio abierto en los campos, donde está sujeta a sufrir la severidad del tiempo. Los impactos provocados por la convergencia de varias circunstancias se han tornado muy graves, particularmente durante los últimos 25 años cuando los fenómenos del Niño y la Niña han sido más manifiestos y sus repercusiones muy lamentables.

La caña de azúcar es una planta con características, propiedades y atributos exclusivos y muy especiales que contrastan y hasta confunden a quienes no tienen relación con la planta; esto por cuanto pareciera haber contradicción en algunas de sus particularidades. Por una parte, es reconocida su gran rusticidad y capacidad de adaptación a condiciones limitantes donde otras plantas no prosperan; pero a la vez, resulta ser un cultivo muy sensible a padecer de las inclemencias y los cambios acontecidos en los elementos del tiempo climático, aún en magnitudes y periodos muy cortos de tiempo. Esta paradoja conduce y obliga a la imperiosa necesidad de identificar, considerar y saber ponderar las fortalezas y también las debilidades que la planta posee, lo cual resulta determinante para cualquier desarrollo exitoso y competitivo de un proyecto agroempresarial donde participe la caña de azúcar.

Considerando la heterogeneidad y disparidad de las condiciones naturales prevaecientes en los entornos donde se cultiva comercialmente la caña en Costa Rica con el objeto de fabricar azúcar (Chaves, 2019c), es definitivo que el conocimiento pleno y completo no solo de los potenciales inherentes a la misma; sino también de las limitaciones bióticas y abióticas que las localidades ofrecen, resultan fundamentales en la pretensión de realizar con éxito un desarrollo de manejo sostenible de las plantaciones, por cuanto en algunos casos particulares las condiciones pueden ofrecer dificultades para su implementación que se traducen en mayores costos y menores productividades. El presente documento se expone con el objeto de señalar y puntualizar algunas de las propiedades y atributos que posee el cultivo de la caña de azúcar, que le permiten en principio, poder tolerar, mitigar y hasta superar algunos de los efectos e impactos que el tiempo climático impone.

Potenciales de la caña

No hay duda en reconocer y aceptar, como está suficientemente demostrado y comprobado a nivel mundial (Alexander, 1973; Castro, 2016; SUGARCANE, 2014), que la caña de azúcar es una planta considerada como excepcional entre las plantas de uso comercial. Chaves (1988, 2018) y Montenegro y Chaves (2009), fundamentan esta aseveración en que “...la caña es una planta excepcional entre las plantas de uso comercial en consideración de poseer varias ventajas y atributos de índole anatómico y fisiológico que la tipifican y

caracterizan, entre las cuales pueden citarse como sobresalientes las siguientes:

- 1) Dispone de un elevado Índice de área foliar (IAF \approx 4-12 m^2/m^2) asimilador de luz que favorece y hace más eficiente la absorción de radiación solar (Barbieri 1993).
- 2) Produce una gran cantidad de materia orgánica la cual reside en su alta Tasa de fotosíntesis por unidad de superficie de terreno, que es influenciada a su vez por su alto IAF. Su producción máxima teórica de materia seca se reporta en 280 TM/ha/año.
- 3) La disposición vertical de sus hojas durante gran parte de su periodo de crecimiento contribuye significativamente con los puntos anteriores.
- 4) Fotosintéticamente es una planta altamente eficiente que pertenece al grupo privilegiado de las Ciclo C4 (Vía Ácido Dicarboxílico).
- 5) Posee estructuralmente dos juegos de cloroplastos (células del mesófilo y células de la vaina vascular) que promueven su alta eficiencia fotosintética en la captura y uso del CO₂, la cual se da por dos vías: a) Vía Normal C3 de Calvin y, b) Vía alternativa C4.
- 6) Es capaz de incrementar su tasa fotosintética por aumento de la luminosidad, por lo que califica como una planta típicamente de sol y de luz.
- 7) Posee un alto punto de saturación de luz estimado en 6,5 a 150 Klux (\approx 65 a 1.500 Wm^{-2}).
- 8) Posee un alto punto de compensación lo que le permite alcanzar altos valores de fijación de CO₂, lo que corresponde a eficiencias del 5-6% de conversión de energía solar.
- 9) Su velocidad de fotosíntesis es cerca de 2-3 veces superior al de las gramíneas del tipo C3, presentando una capacidad fotosintética estimada en 100 mg de CO₂/dm²/hr.
- 10) Tolera condiciones extremas (altas y bajas) de temperatura. Se reporta alta tolerancia a temperaturas extremas de hasta 47°C y capacidad productiva, siempre que se utilice riego eficiente. Se estima que los 27°C constituyen la óptima temperatura para absorción de nutrimentos, por cuanto temperaturas debajo de 21°C retardan el crecimiento de las raíces, el cual se paraliza a los 10°C.
- 11) Tolera, como está demostrado, una condición hídrica extrema por varios días consecutivos (sequía, inundación).
- 12) Tiene capacidad y ventaja de poder fotosintetizar con las estomas prácticamente cerrados, lo que duplica su eficiencia en el uso del agua y su transpiración relativa, en comparación con otras gramíneas del tipo C3.
- 13) No posee respiración aparente por lo que no “desperdicia energía metabólica potencial”.
- 14) Dispone de una enorme y reconocida capacidad para producir masa verde (biomasa) compuesta fundamentalmente por almidones, azúcares (reductores y no reductores), compuestos lignocelulósicos y agua.
- 15) Dispone de un poderoso sistema radicular compuesto de tres tipos de raíces diferentes: a) Superficiales-ramificadas y absorbentes, b) de Fijación más profundas y c) Cordones que profundizan hasta 6 m, que le dan una enorme capacidad de exploración (vertical, horizontal) en el suelo y con ello absorción nutricional y de agua.
- 16) Posee una rusticidad y capacidad de adaptación (climática, edáfica y de manejo) a toda prueba, tal como está suficientemente demostrado a nivel de uso comercial.
- 17) Sus elevados requerimientos nutricionales son satisfechos en alto grado virtud de sus ventajas (puntos N° 13 y 14) anotadas anteriormente. Este atributo resulta sin embargo contraproducente virtud de que “agota los suelos” cuando no son convenientemente fertilizados.
- 18) Posee la capacidad demostrada de fijar nitrógeno atmosférico, con aportes importantes a su nutrición.
- 19) Para uso pecuario la caña posee y mantiene en periodos secos valores nutritivos y energéticos importantes que le proveen un interesante potencial de uso forrajero.
- 20) Su condición de planta perenne le permite generar materia prima por retoñamiento luego de cada corte,

por lo que no requiere inversiones y siembras sucesivas, sólo mantenimiento.

- 21) *Los parámetros ambientales que afectan de manera más marcada e incidente la bioconversión de energía en la caña de azúcar son: 1) luz (intensidad y calidad); 2) concentración de CO₂; 3) disponibilidad de agua; 4) disponibilidad de nutrimentos y 5) temperatura, entre otras.”*

A lo anterior puede agregarse otro atributo muy importante y aplicado a nuestras condiciones, como es:

- 22) *La caña posee la capacidad de formar aerenquima, tejido especializado que le permite el transporte de oxígeno atmosférico a las raíces y órganos sumergidos en condiciones de exceso de agua, lo que admite tolerar estrés provocado por hipoxia o falta de oxígeno y con ello la supervivencia de la planta en zonas de alta humedad. No se encuentran diferencias entre variedades (Unigarro et al, 2013).*

Visto los alcances de los anteriores atributos, no cabe la menor duda que la planta de caña posee condiciones y estructuras naturales excepcionales que potencian y hacen posible su adaptación, desarrollo y evolución en condiciones muy adversas, lo que debe ser sin embargo identificado, aprovechado y maximizado.

Genética favorecida

En cuanto a constitución genética el género *Saccharum* está representado básicamente por seis especies, de las cuales cuatro son domesticadas y dos se califican como silvestres, cuyo componente cromosómico se anota en el cuadro 1. La caña es una planta hermafrodita cuya flor es una panícula (flor de flores). Como se infiere **la caña de azúcar corresponde a un poliploide ($2n = 40-140$) cuya capacidad combinatoria es muy elevada posibilitando y elevando la probabilidad de obtener biotipos muy diferentes** (Chaves, 2018). Los clones de uso comercial se

ubican dentro del número cromosómico que va de 100 a 140, siendo un híbrido compuesto por al menos dos de esas cinco especies del género y grupo genético. **Puede asegurarse, sin lugar a duda, que el mayor atributo que posee la caña para enfrentar el cambio climático es su componente genético; el cual le provee la posibilidad y la capacidad de identificar clones con alto potencial de adaptación y productividad agroindustrial.** El mantenimiento y estabilidad de las características y atributos comerciales deseados se ve favorecida además por el hecho de reproducir la planta en forma clonal y no por semilla sexual, lo que perpetúa las mismas. La suma de todos esos atributos y propiedades especiales hacen de la caña de azúcar una planta verdaderamente excepcional y muy especial, lo que potencia y viabiliza su empleo agrícola, industrial, energético y pecuario.

Su conformación genética variable le ha permitido a la agroindustria azucarera mundial generar materiales de uso comercial de muy diversas condiciones y características, ajustables a las particularidades de los diferentes entornos agroproductivos donde se desarrolla el cultivo (Chaves, 2018, 2019c). Es por este motivo que es muy importante la labor de investigación, adaptación y validación agroindustrial que de manera permanente se mantiene sobre el cultivo. En el caso de Costa Rica esta gestión es desarrollada de manera muy eficiente por el **Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA)**, órgano tecnológico perteneciente a LAICA. Como hecho destacable, debe mencionarse que **Costa Rica fabrica desde hace muchos años sus propios clones, los cuales son reconocidos mundialmente con la Sigla LAICA, lo cual constituye un orgullo nacional. Actualmente se estima que el 11,38% correspondiente a 6.563,6 hectáreas de toda el área cañera nacional está sembrada con los mismos, los cuales crecen de manera sistemática año a año en área sembrada.**

Cuadro 1. Caracterización de las especies del género *Saccharum*.

Especie	Origen	Cromosomas	Contenido fibra (%)	Contenido sacarosa (%)
<i>S. spontaneum</i> L. *	Diverso	2n = 40-128	Muy alta 25-40	Muy baja 1-4
<i>S. robustum</i> Brandes & Jesé ex Grassl *	Papua-Nueva Guinea, Indonesia	2n = 60-194, usual 80	Muy alta 20-35	Baja 3-7
<i>S. barberi</i> Jeswiet	Norte de La India	2n = 81-124	Alta 10-15	Media 13-17
<i>S. sinense</i> Roxb.	China	2n = 110-120	Alta 10-15	Media 12-15
<i>S. edule</i> Hassk.	Papua-Nueva Guinea	2n = 60,80 hasta 122	Baja?	Baja 3-8
<i>S. officinarum</i> L.	La India (?)	2n = 80	Baja 5-15	Alta 18-25
Variedades comerciales: Híbridos de: <i>S. officinarum</i> x <i>S. spontaneum</i>	Diversa	2n = 100 - 140	Alta	Alta

* Especies silvestres. Fuente: Chaves (2018); SUGARCANE (2014).

En el cuadro 2 se anotan por zona y región productora, las cinco variedades más cultivadas comercialmente en el país, de acuerdo con el resultado del Censo Cañero Nacional realizado en el año 2019, en el cual se identificó sembrados un total de 119 clones pertenecientes a 20 siglas genéticas diferentes; siendo **15 variedades la base genética nacional que representa el 82,07% (47.332,8 hectáreas)**. Nótese que la diversidad y variabilidad de materiales genéticos citada es territorialmente muy alta, lo que denota un trabajo técnico de investigación, selección y adaptación local muy particular y acertada, favoreciendo con ello la

multiplicidad de opciones de cultivo para el agricultor de acuerdo con sus necesidades, sus gustos y sus preferencias particulares. Las variedades mencionadas proceden de Argentina (Sigla NA), Australia (Q, PINDAR), Barbados (B), Brasil (RB, SP), Colombia (CC), EUA (CP), Hawái (H), México (Mex), Puerto Rico (PR) y Costa Rica (LAICA). Puede asegurarse que **cada condición y entorno agro productivo nacional de caña de azúcar cuenta con las variedades que mejor se ajustan a sus potenciales y necesidades particulares, lo que representa una importante ventaja tecnológica y comercial.**

Cuadro 2. Principales variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica, según región productora. Año 2019.

Región Productora											
GUANACASTE		PACÍFICO CENTRAL	VALLE CENTRAL		ZONA NORTE		TURRIALBA		ZONA SUR	NACIONAL	
Zona Este	Zona Oeste		Zona Este	Zona Oeste	SAN CARLOS	LOS CHILES	Zona Media	JUAN VIÑAS			
NA 85-1602	CP 72-2086	CP 14-1518 *	RB 86-7515	RB 86-7515	PR 80-2038	B 77-95	B 76-259	H 77-4643	LAICA 04-825	CP 72-2086	
CC 01-1940	SP 81-3250	CP 72-2086	SP 78-4764	B 76-259	B 77-95	PR 80-2038	B 77-95	LAICA 04-250	LAICA 05-805	NA 85-1602	
CP 72-2086	Mex 79-431	NA 85-1602	Mex 79-431	H 77-2545	Q 96	LAICA 01-604	PINDAR	B 76-259	LAICA 04-809	RB 86-7515	
RB 86-7515	LAICA 00-301	RB 86-7515	SP 71-3149	SP 78-4764	B 76-385	B 82-333	H 77-4643	H 74-1715	RB 99-381	SP 81-3250	
B 82-333	B 82-333	B 82-333	LAICA 04-809	Q 96	B 76-259	LAICA 04-809	LAICA 04-250	B 77-95	CP 87-1248	B 82-333	
78,84% **	80,87%	93,81%	88,51%	95,14%	70,50%	82,07%	91,61%	88,90%	62,56%	48,34%	
* Sigla errónea. ** Corresponde al área total de la región sembrada con esos clones.											
Fuente: Censo Nacional de Variedades Sembradas 2019.											
Guanacaste: ZONA ESTE: Abangares, Bagaces, Cañas. ZONA OESTE: Carrillo, Liberia, Nicoya, Santa Cruz.											
Valle Central: ZONA ESTE: Alajuela, Atenas, Grecia, Naranjo, Poas, Sarchí, Santa Bárbara. ZONA OESTE: San Ramón.											

Limitantes agro-productivas nacionales

La confrontación entre los potenciales y ventajas que ofrece la planta de caña respecto a los problemas y limitantes vinculados con su emprendimiento comercial-empresarial aporta una resultante que podría calificarse con buena aproximación como optimista en favor de la primera. Sin embargo, cabe preguntarse con sentido crítico y realista ¿Cuáles son los factores y elementos vinculados a los factores bióticos y abióticos que se constituyen en limitantes para poder aspirar al logro de niveles de productividad agroindustrial satisfactorios y competitivos en Costa Rica? ¿Son superables en el campo esas limitantes? ¿Cómo hacerlo, es posible realizarlo?

El cuadro 3 cita y expone de manera puntual algunas de las circunstancias que pueden calificarse como problemas y limitantes para la productividad de campo y fabricación en el sector azucarero nacional. Los conceptos e indicadores incorporados en la valoración aportada se consideran los más relevantes, destacando la imperiosa necesidad de realizar una interpretación justa, razonable, prudente y

muy sensata de los mismos, evitando los absolutismos. Hay que entender que en ningún caso prevalecen los absolutos incondicionales, pues siempre y en todos los casos hay condiciones extremas y distantes de la condición, intensidad y magnitud anotada en este caso como mayoritaria. Las condiciones extremas y limitantes, aún las más difíciles, pueden inclusive ser mitigadas, atenuadas y hasta resueltas por diferentes medios, lo que introduce sin embargo elementos de factibilidad y viabilidad tecnológica y financiera.

Como se infiere del cuadro 3, la cantidad (31) y diversidad de factores limitantes mencionada es numerosa y muy diferente en la calidad y magnitud del impacto, manteniendo en casi todos los indicadores, independientemente de su naturaleza, un vínculo directo o indirecto muy estrecho con los elementos que determinan el tiempo climático. Puede asegurarse que, el clima virtud de su participación e incidencia determina en alto grado el éxito productivo agroindustrial, comercial y empresarial de la actividad cañero-azucarera.

Mayo 2020 - Volumen 2 – Número 11

Cuadro 3. Principales variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica, según región productora. Año 2019.

Indicador *	Región Productora										
	GUANACASTE		PACÍFICO CENTRAL	VALLE CENTRAL		ZONA NORTE		TURRIALBA		ZONA SUR	NACIONAL
	Zona Este	Zona Oeste		Zona Este	Zona Oeste	SAN CARLOS	LOS CHILES	Zona Media	JUAN VIÑAS		
Altitud (m.s.n.m)	5 - 150	13 - 145	4 - 350	630 - 1.300	1.000-1.250	60 - 680	30 - 70	480 - 1.000	1.000 - 1.550	180 - 870	4 - 1.550
Grado de pendiente	0,3 - 3%	1 - 5%	1 - 6%	3 - 15%	5 - 25%	2 - 15%	3 - 5%	3 - 30%	5 - 35%	5 - 20%	0,3 - 35%
Suelos ácidos			X	X	X	X	X	X	X	X	X
Física limitante de suelos	X	X	X			X					
Condiciones salinas			X								
Bajo contenido de M.Org	X	X	X				X			X	X
Nitrógeno limitante	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alta Fijación de Fósforo				X	X	X	X	X	X	X	X
Potasio bajo	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Desbalances nutricionales	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Altas temperaturas	X	X	X				X			X	X
Bajas temperaturas				X	X				X		X
Lluvia limitada	X	X	X				X				X
Riesgo de sequía	Alto	Alto	Alto	X	Medio-bajo	Medio-alto	Medio-alto	Bajo	Bajo	Medio-bajo	Bajo - alto
Riesgo de inundación	Moderado	Moderado	Severo	Nulo	Nulo	Moderado	Leve	Leve	Nulo	Nulo	Nulo-Severo
Potencial de erosión	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Evapotranspiración alta	X	X	X				X			X	X
Requerimiento de riego	Alto	Alto	Medio	Alto	Bajo	Nulo	Medio	Bajo	Bajo	Medio	Bajo - alto
Humedad en el campo	Alta	Alta	Alta	Media	Muy alta	Muy alta	Media	Alta	Alta	Media	Media - alta
Drenaje	Moderadamente Lento	Moderadamente Lento	Moderadamente Lento	Bueno	Bueno	Bueno	Moderadamente excesivo	Bueno	Moderadamente excesivo	Moderadamente excesivo	Moderadamente lento a excesivo
Viento fuerte	X	X	X						X		X
Luminosidad limitada					X	X			X		X
Humedad alta del aire					X	X		X	X		X
Alta floración	X	X	X				X			X	X
Ciclo vegetativo largo					X				X		
Maduración	Buena	Buena	Limitada	Muy buena	Buena	Deficiente	Limitada	Muy buena	Buena	Excelente	Buena
Problemas con plagas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Problemas enfermedades	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Problemas con malezas	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Limitaciones de cosecha	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Pérdida de calidad de la materia prima	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

Fuente: Chaves (2019c). Elaborado por el autor.

X Indica solo presencia, no así magnitud o intensidad.

* Los valores y su interpretación no son absolutos, pues prevalecen en todos los casos excepciones y grados intermedios. La interpretación debe ser prudente.

Guanacaste: ZONA ESTE: Abangares, Bagaces, Cañas. ZONA OESTE: Carrillo, Liberia, Nicoya, Santa Cruz.

Valle Central: ZONA ESTE: Alajuela, Atenas, Grecia, Naranjo, Poas, Sarchí, Santa Bárbara. ZONA OESTE: San Ramón.

Relación clima – producción agroindustrial

La relación e intervención del clima sobre los factores e indicadores de la producción agroindustrial en el sector cañero-azucarero es muy clara y evidente, ejerciendo interferencia sobre prácticas y labores como las siguientes:

- 1) No cabe la menor duda que el clima tiene una incidencia directa y muy significativa sobre el resultado final de una zafra azucarera, como fue constatado por ejemplo en el periodo 2018-2019 (Chaves, 2019i).
- 2) Un ciclo vegetativo prolongado y descrito en cuatro fases sucesivas como el de la caña, resulta determinado por las condiciones del clima. En casos extremos como el de las zonas altas (>1.000 m.s.n.m), el mismo se prolonga desde 12 hasta 24 meses hasta cosecha (Chaves, 2019b).
- 3) Periodos secos prolongados (>90 días) o intermitentes severos pueden afectar la germinación, el ahijamiento y el crecimiento de las plantaciones afectando su productividad agrícola (Chaves, 2020d). Esta condición obliga al uso de riego.
- 4) La lluvia alta (>2.500 mm), continua y permanente lava las bases catiónicas de los suelos y conduce a su acidificación caso no sean debidamente acondicionados y corregidos (Chaves, 2017a).
- 5) Suelos del orden taxonómico Vertisol con presencia de altos contenidos de arcilla (>60%) bajo condiciones de alta humedad, provocan serios problemas en su manejo agronómico (laboreo, mecanización) por generar y favorecer condiciones de anegamiento, inundación y compactación (Chaves, 2017b, 2019a).
- 6) La condición de fertilidad potencial y actual de un suelo se ve favorecida o afectada por la condición del entorno agroclimático, pudiendo verse afectadas actividades como la microbiología, la mineralización de la materia orgánica, la lixiviación y la disponibilidad de nutrientes para la planta (Chaves, 2017a).
- 7) El riesgo de erosión (hídrica, eólica) del recurso suelo puede potenciarse y maximizarse, por causa de los excesos, carencia de medidas preventivas y de mitigación que puedan y deban oportunamente adoptarse.
- 8) Altas temperaturas (>36°C) provocan condiciones de estrés térmico que limitan, aunque no impiden el metabolismo vegetal de la planta de caña (Chaves, 2020b). Figura 1.
- 9) Temperaturas bajas (<15°C) presentes en fase de crecimiento afectan el crecimiento vegetativo y pueden ser inductoras de condiciones de estrés para la planta de caña (Chaves, 2020c).
- 10) La temperatura de acuerdo con su magnitud y momento constituye un determinante decisivo del grado de maduración y concentración de sacarosa en los tallos que presenten las plantaciones en el campo (Chaves, 2019efg).
- 11) Condiciones de viento fuerte (>30 km/hr o ráfagas) en periodos determinados del ciclo vegetativo afectan el crecimiento, la cosecha, el riego y el manejo general de las plantaciones comerciales (Chaves, 2020ahge).
- 12) La convergencia y coalescencia de factores abióticos como es el caso de alta temperatura, fuerte viento, alta luminosidad y déficit hídrico, asociadas a texturas livianas, inducen y provocan alta evapotranspiración y afectación directa del metabolismo vegetal integral de la planta de caña.
- 13) La luz puede en condiciones particulares, inducir o limitar el grado de floración de las plantaciones comerciales, lo que se refleja en el crecimiento y la calidad de la materia prima recolectada (Chaves, 2019d, 2020a).
- 14) Condiciones de alta humedad ambiente (>70%) asociadas a la alta humedad y nubosidad, no hay duda de que crean un ambiente que favorece la presencia de patógenos (enfermedades), plagas y malezas que provocan serios daños a las plantaciones que reducen su capacidad productiva agroindustrial y consecuentemente elevan los costos de producción asociados.
- 15) La expectativa de producción, productividad agroindustrial, calidad de la materia; así como los costos de producción vinculados y la competitividad de la agro empresa, se ven intervenidos por causa del clima (Chaves, 2008, 2019gh, 2020a; Chaves *et al*, 2018).

Conclusión

Por su naturaleza extensiva territorial e intensiva en lo concerniente a los alcances, pretensiones y metas establecidas y fijadas por los proyectos de desarrollo agroindustrial vinculados con la caña de azúcar, independientemente de su magnitud; resulta imperativo tener que enfrentar situaciones y condiciones que no siempre van en favor ni en coincidencia con el desempeño empresarial y el capital tecnológico invertido. En este particular es importante conocer y tener presente, que la caña de azúcar posee atributos y condiciones particulares especiales, que se tornan ventajosas para lograr atenuar, mitigar y hasta superar limitantes del entorno agro productivo. Las mismas deben explotarse y fortalecerse.

La planta de caña cuenta con atributos Anatómicos asociados a su poderoso sistema radicular compuesto de tres subsistemas que proveen alta capacidad de exploración y con ello de absorción de agua y nutrimentos, disposición apropiada de los órganos estructurales como hojas, presencia de aerénquima (aporta tolerancia a los excesos de humedad), alta fijación de CO₂ por dotación excepcional de cloroplastos (vía C₄), poseer un índice de área foliar elevado (IAF \approx 4-12 m²/m²), reproducirse a través de clones; Metabólicos relacionados con su alta eficiencia de captación y uso de la energía lumínica (alto punto de saturación de luz), aprovechamiento excelente de la energía metabólica (fotorrespiración ausente y alto punto de compensación de gases), ahorro y buen uso del agua metabólica, alta conversión de energía en biomasa, tolerancia a bajas y altas temperaturas; Genético que por su condición de Poliploide (2n = 40-140) potencia una enorme capacidad de recombinación y la probabilidad de generar biotipos muy diferentes en todos los sentidos, es por prioridad y antecedente la principal vía de solución a los problemas del campo; Productivos que potencian altas productividades de materia seca (280 tm/ha/año) y altas concentraciones de sacarosa extraíble en los tallos (figura 2).

Esos y otros atributos permiten reconocer y declarar a la caña de azúcar como un cultivo “*rústico y con gran capacidad de adaptación a condiciones adversas*”; la cual sin embargo es muy sensible a los cambios climáticos, aún los más ligeros, los cuales se expresan por lo general en afectación del crecimiento y con ello del tonelaje de materia prima obtenido, alta floración, distorsión del proceso de maduración natural y concentración de sacarosa acumulada en los tallos industrializables, calidad agroindustrial integral de la materia prima cosechada, prolongación de la vida comercial útil y rentable de la plantación, entre otros; los cuales reducen afectan inexorablemente los ingresos potenciales e incrementan en contraposición los costos asociados en perjuicio directo de la rentabilidad y la competitividad de cualquier proyecto empresarial desarrollado. La afectación que pueden provocar los elementos del clima es potencialmente muy alta, motivo por el cual la posibilidad de que ocurran debe tenerse siempre presente, procurando incorporar todas las medidas de mitigación y atenuación que sean pertinentes y viables en el sistema productivo; pero, sobre todo, las de prevención fundamentadas en una información oportuna, apropiada y de calidad; los informes del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) resultan determinantes en esta acción.



Figura 1. Daño por estrés hídrico.



Figura 2. Alto tonelaje y buen crecimiento de plantas son atributos necesarios e importantes.

Literatura citada

- Alexander, AG. 1973. *Sugarcane Physiology*. Amsterdam: Elsevier. Scientific Publishing Company 752 p.
- Castro, RCP. 2016. *STAB - Fisiología Aplicada a Cana-de-Açúcar*. Piracicaba, São Paulo. STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil. Regional Sul. 208 p.
- Chaves Solera, M.A. 1988. *Efeito de Relações Ca:Mg, utilizando Carbonatos e Sulfatos, sobre o crescimento e a nutrição mineral da cana-de-açúcar*. Tesis Magister Scientiae. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil. 186 p.
- Chaves Solera, M. 2008. *Variabilidad productiva agroindustrial en el sector azucarero costarricense: un análisis estadístico de antecedentes*. En: Seminario “Estimación y Proyección Productiva en la Agroindustria Azucarera”, San José, Costa Rica. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), LAICA y Colegio de Ingenieros Agrónomos, 9 de octubre del 2008. 94 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017a. *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, 2017a. 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. 2017b. *La compactación de suelos en la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 33-48.
- Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. *Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Periodo 2004-2016 (13 zafras)*. En. Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 75 p. También en: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018. *Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de caña de azúcar*. Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019a. *Humedad y compactación de suelos en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 6, junio-julio. p: 4-6.
- Chaves Solera, M.A. 2019b. *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2019c. *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. En: Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar*

- orgánica*. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019d. *Clima y floración en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 9, julio. p: 5-7.
- Chaves Solera, M.A. 2019e. *Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 15, octubre-noviembre. p: 5-8.
- Chaves Solera, M.A. 2019f. *Temperatura, desarrollo y concentración de sacarosa en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 16, octubre-noviembre. p: 5-9.
- Chaves Solera, M.A. 2019g. *Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 18, noviembre-diciembre. p: 5-10.
- Chaves Solera, M.A. 2019h. *Clima, producción de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 19, noviembre-diciembre. p: 5-10.
- Chaves Solera, M.A. 2019i. *Resultado final de la Zafra 2018-2019: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 73 p.
- 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, M.A. 2020d. *Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2020e. *Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- Montenegro Ballesteros, J.; Chaves Solera, M. 2009. *Emisión de gases por la caña de azúcar: propuesta metodológica para realizar un balance de carbono*. En: Congreso Azucarero ATACORI "Cooperativa Agrícola Industrial El General R.L.", 17, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2009. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 2 y 3 de setiembre del 2009. 18 p.
- SUGARCANE: *Physiology, Biochemistry, and Functional Biology*. 2014. edited by Paul H. Moore, Frederick C. Botha. New York: Ed John Wiley & Sons, Inc. Iowa USA. 693 p.
- Unigarro Muñoz, C.A.; Victoria Kafure, J.I.; Checa Coral, O.E. 2013. *Evaluación del área de aerénquima radical en caña de azúcar (Saccharum spp.) como característica de tolerancia a hipoxia*. Acta agronómica 62(3): 223-231.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición:

Meteoróloga Karina Hernández Espinoza
 Ingeniera Agrónoma Katia Carvajal Tobar
 Geógrafa Nury Sanabria Valverde
 Geógrafa Marilyn Calvo Méndez

Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas

Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL