

Periodo 23 de diciembre del 2019 al 05 de enero del 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 09 AL 15 DE DICIEMBRE

Durante la semana los máximos de lluvia se concentraron en la región GLU (Guatuso, Upala y Los Chiles) y el Pacífico Sur.

En la figura 1 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional, donde se omiten los acumulados de lluvia del miércoles. Las estaciones que sobrepasaron los 60 mm fueron Volcán Tenorio en la Región GLU; así como Río Claro de Gofito; además de San Vito de Puntarenas.

Los días más lluviosos de la semana fueron jueves y viernes, mientras que el día menos lluvioso fue el domingo.

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

Durante la semana se presentaron lluvias en casi todo el país, la zona menos lluviosa fue la península del Pacífico Norte.

En la figura 2 se puede observar el acumulado semanal de lluvias sobre el territorio nacional. Las estaciones que sobrepasaron los 100 mm fueron Río Claro de Gofito en Pacífico Sur, además de Volcán Tenorio y Guatuso en Región GLU, así como la Zona Norte y Rain Forest del Caribe Norte.

El día más lluvioso de la semana fue el viernes y el menos lluvioso el lunes.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO 23 AL 29 DE DICIEMBRE

La primera mitad de la semana el país se encontrará bajo la influencia del empuje frío #12. Esta condición mantendrá condiciones lluviosas en la vertiente Caribe y Zona Norte, además de derrames en el Valle Central. Las temperaturas se mantendrán frescas durante este periodo. La segunda mitad de semana se mantendrá con lluvias en la vertiente Caribe y Zona Norte, pero de menor intensidad, siempre con condiciones ventosas en el país.

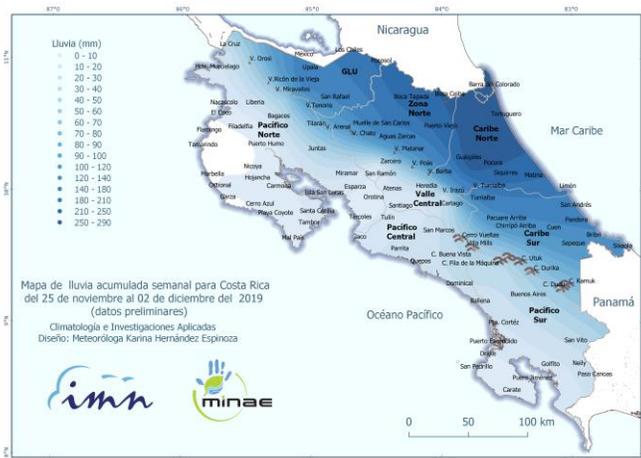


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 09 al 15 de diciembre (generado utilizando datos preliminares).

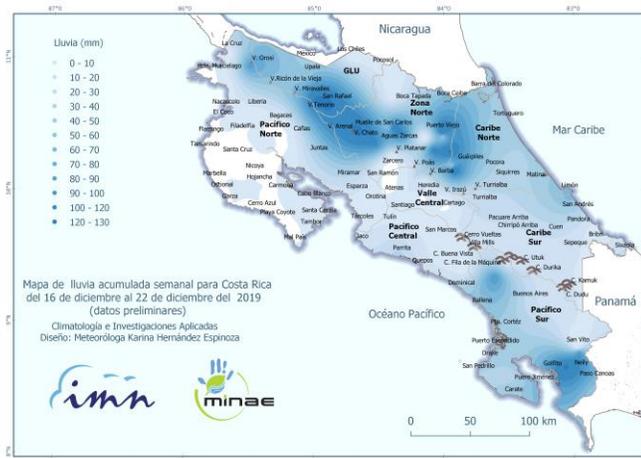


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 16 al 22 de diciembre (generado utilizando datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 23 AL 29 DE DICIEMBRE

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. La región Sur será la más lluviosa de la semana. Las regiones cañeras Valle Central Este y Valle Central Oeste, así como Zona Sur percibirán un pequeño aumento de las lluvias durante la semana.

Las regiones cañeras Guanacaste Este y Guanacaste Oeste presentarán un aumento del viento con su máximo el miércoles. Todas las regiones mantendrán amplitudes térmicas relativamente constantes durante la semana, mostrando todas las regiones cañeras un aumento de las temperaturas extremas hacia el fin de semana, excepto la Zona Sur.

“El empuje frío #12 afectara el país durante la primera mitad de semana.”

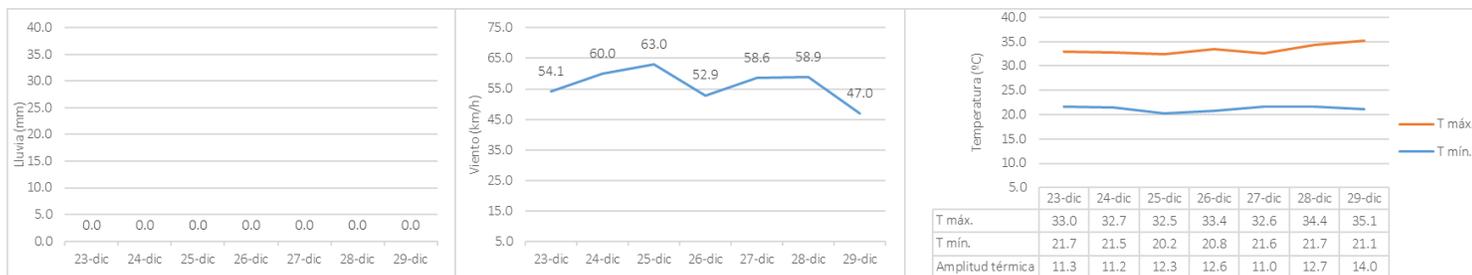


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 al 29 de diciembre en la región cañera Guanacaste Este.

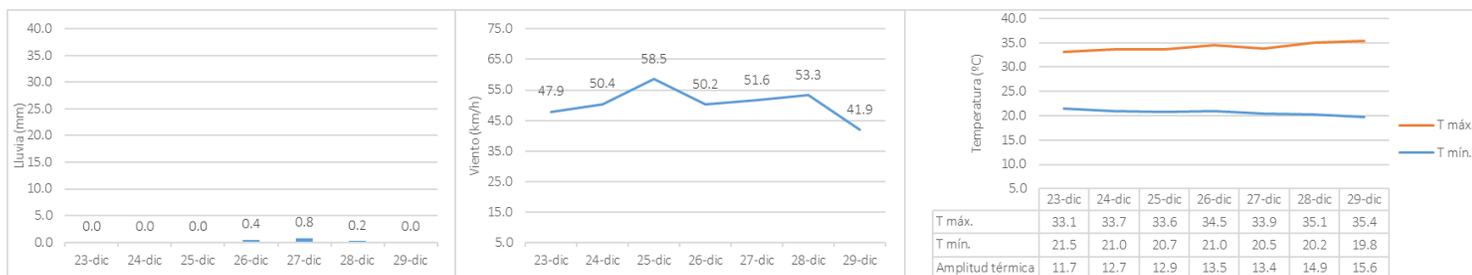


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 al 29 de diciembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

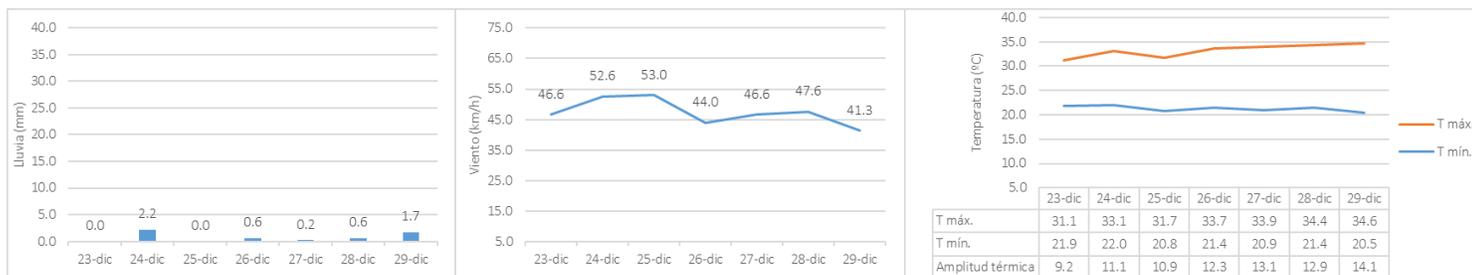
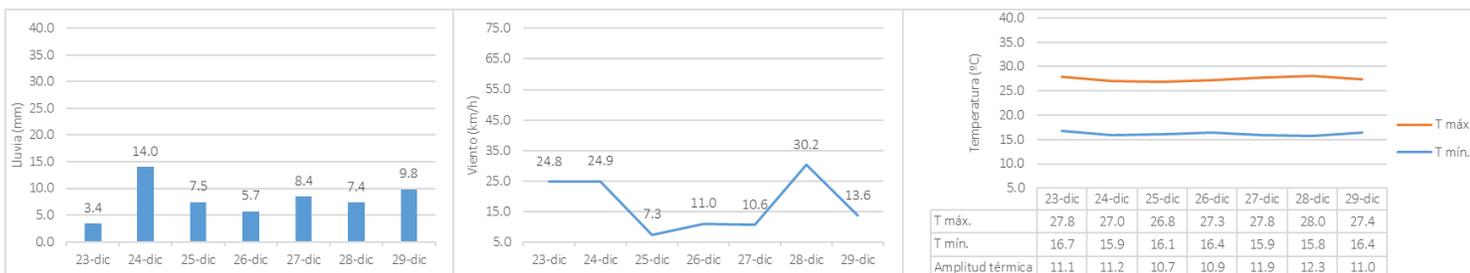
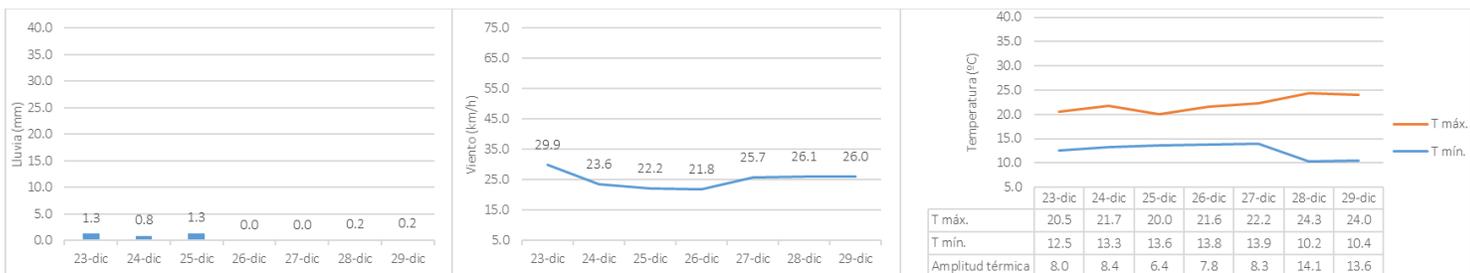
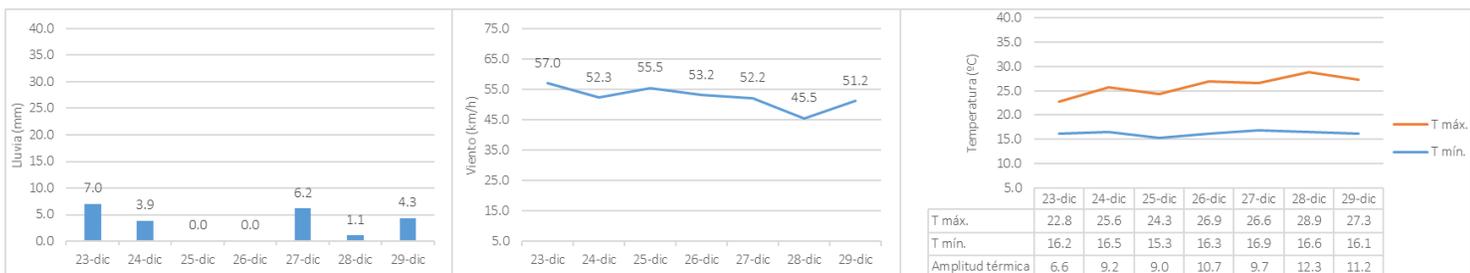
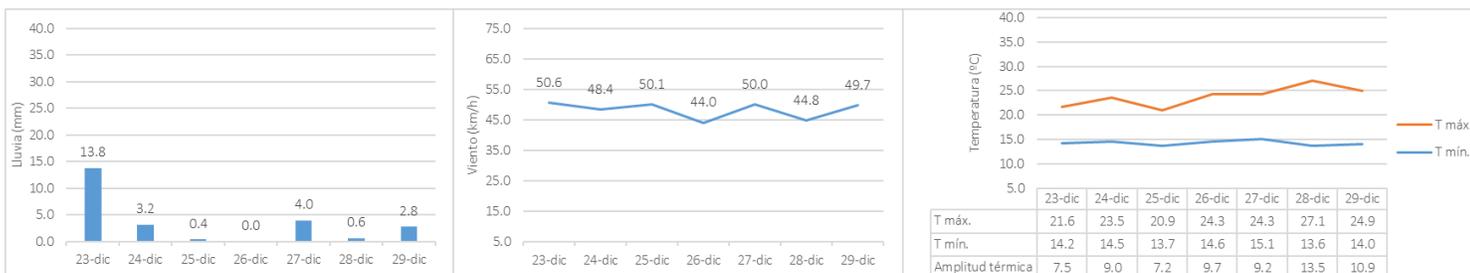
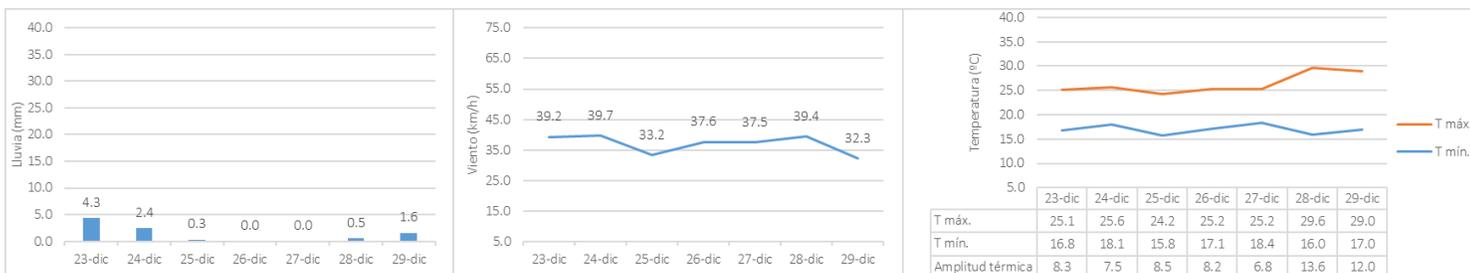


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 23 al 29 de diciembre en la región cañera Puntarenas.

Noviembre - Diciembre 2019 - Volumen 1 – Número 19



Noviembre - Diciembre 2019 - Volumen 1 – Número 19

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 30 DE DICIEMBRE 2019 AL 05 DE ENERO 2020

La semana mantendrá condiciones ventosas en todo el país asociado a condiciones poco lluviosas en la vertiente Pacífico y Valle Central, así como la presencia de lluvias en la Vertiente Caribe y 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 zonas cañeras, este porcentaje es un estimado para los primeros 30 cm de suelo y válido para el día 23 de diciembre del 2019.

Debido a las condiciones presentadas en los últimos días, la Regiones Guanacaste Oeste y Guanacaste Este presentan porcentajes de humedad en el suelo entre 0-45%. La Región Norte tiene porcentajes de saturación que van desde 45% hasta el 100%.

Los suelos de la Región Puntarenas presentan entre 0% y 30% de humedad. La Región Valle Central Oeste tiene una saturación entre 45% y 90%, mientras que la Región Valle Central Este está entre 15 y 60%.

El porcentaje de humedad del suelo en Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m) es de entre 45% y 75%, la región de Turrialba Alta (> 1000 msnm) tiene un porcentaje de saturación que va desde 45 a 100%. Los suelos de la Región Sur presentan porcentajes de humedad, que van desde 0% hasta 100%, con la mayoría de los suelos entre 60% y 90%.

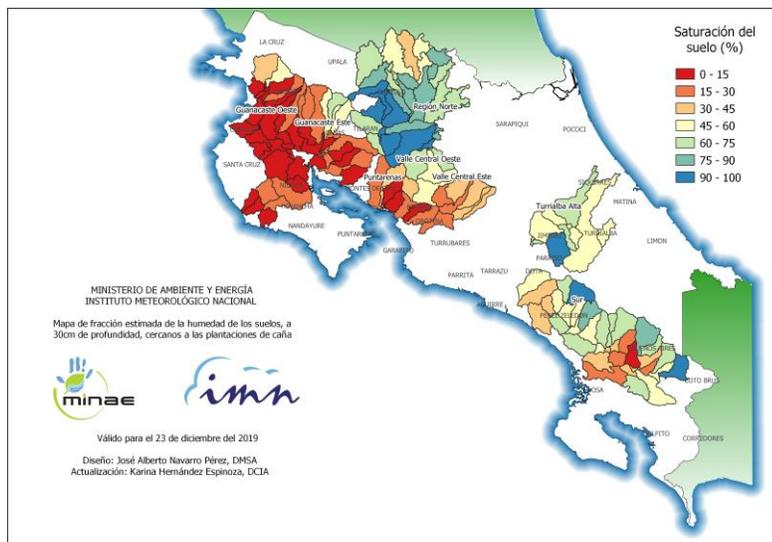


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 23 de diciembre del 2019.

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

NOTA TÉCNICA

Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica

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 cosecha de las plantaciones comerciales de caña de azúcar es sin lugar a duda una de las etapas del Ciclo Vegetativo del Cultivo que más se espera, más se valora y por ende más se analiza y fiscaliza, por cuando corresponde a la culminación de todo el esfuerzo técnico, financiero y empresarial desarrollado durante el periodo de desarrollo vegetativo. Es la etapa donde se espera recuperar con creces todo lo invertido en tiempo, esfuerzo personal e inversión económica y, donde las valoraciones y proyecciones están en plena actividad. En este contexto se debe como principio fundamental y básico, aceptar y tener muy presente que no se puede recolectar en el campo, lo que: 1) el entorno territorial (clima, suelos, agua) y su potencial agro productivo no puedan y no estén en capacidad de proveer, y 2) lo que debiendo haber sido adicionalmente proporcionado como complemento (nutrición, variedades, manejo), no fue oportunamente suplido en calidad y cantidad. Con lo anterior se infiere que la expectativa que un empresario fije como meta productiva y económica por alcanzar en su gestión agroindustrial, está determinada por dos factores determinantes e insoslayables, como son: a) contar con las condiciones bióticas y abióticas necesarias que posibiliten materializar y hacer realidad ese deseo y, b) proporcionar y proveer adicionalmente los insumos y elementos necesarios que vengán a complementar y resolver algunas de las limitantes que el entorno productivo tenga como limitante o sirva para desarrollar y expresar el potencial disponible en el campo. La experiencia dicta que muchos de los fracasos, desavenencias, discrepancias y hasta desilusiones empresariales que surgen al final de una zafra, son resultado del desconocimiento, ignorancia y desatención de esta realidad; por cuanto, un entorno con potencial limitado no puede producir más de ese límite, a excepción de que por vía alterna se le acondicione y provea complementariamente lo necesario para lograr metas productivas elevadas, pues de lo contrario vendrá la desilusión empresarial.

Lo anterior lleva a instaurar un principio agronómico inexcusable: **si una finca cultivada con caña de azúcar no cuenta con las condiciones edafoclimáticas naturales necesarias, y tampoco se le provee, complementa y acondiciona oportunamente con los insumos y labores que favorezcan y dinamicen la expresión plena del potencial intrínsecamente presente, poco puede esperarse luego en pretender lograr plasmar grados elevados de productividad, rentabilidad y competitividad agroindustrial la gestión y el esfuerzo empresarial desarrollado.**

Cosecha y fabricación de azúcar

Resultado de las profundas diferencias y marcada heterogeneidad que los entornos agro productivos de caña de azúcar poseen en Costa Rica (Chaves 2019cg), el manejo y la cosecha de las plantaciones comerciales muestran variaciones de fondo en varios de los factores que la determinan y operan; entre los cuales pueden señalarse como más relevantes, los siguientes aspectos:

- 1) El periodo de cosecha y molienda es apenas una parte muy importante de la Zafra Azucarera, por lo que no son ni deben interpretarse como similares, sinónimos o equivalentes.
- 2) Las condiciones de clima prevalecientes y dominantes en cada localidad cañera están en principio vinculadas y determinadas, como anotaran Solano y Villalobos (2001), por el sistema montañoso existente en asocio con los vientos predominantes del noreste (alisios), que dan lugar a la conformación de tres regiones fisiográficas: Norte, Central y Sur; accediendo con ello a tres regiones climáticas diferentes: a) Región Tropical Húmeda del Atlántico, a la cual pertenecen la Región Norte y Atlántica, b) Región Central Intermontana a la cual pertenece la Región Valle Intermontano Central y Montañosa Sur, y c) Región Tropical del Pacífico, a la cual pertenecen las regiones del Pacífico Norte, Sur y Central.
- 3) Lo anterior provoca que el periodo de cosecha no sea uniforme a nivel regional en el país en cuanto al tiempo implicado medido en meses, pues por antecedente es muy amplio,

variando en sus extremos de inicio en el mes de noviembre en Guanacaste (CATSA Zafra 2012-13) hasta agosto en Grecia (Providencia Zafra 2017-18) para una duración promedio nacional estimada en 202 días continuos, con un máximo de 243 y un mínimo de 187 días operativos de fabricación.

4) La duración de la cosecha de las plantaciones comerciales de caña es muy dinámica y desigual entre regiones productoras, iniciando de forma más temprana en la Vertiente Pacífica (noviembre, diciembre), en relación con la Atlántica y Central (enero). El final es por antecedente más prolongado en las regiones Atlántica y Central (junio, agosto).

5) Las regiones Pacífica y Sur son las que en menor tiempo realizan su cosecha, finalizando la misma por lo general antes del mes de abril (Chaves 2019h).

6) La mayor actividad e intensidad de cosecha, molienda de caña y fabricación de azúcar se desarrolla en el país durante los meses de febrero y marzo, cuando se concentra la entrega de materia prima a los ingenios en todas las zonas.

7) A partir del momento en que se cosechen las plantaciones de caña se da inicio de inmediato a un nuevo ciclo vegetativo, que tendrá casi por definido su momento de cosecha futura, razón por la cual es muy importante conciliar el presente con el futuro para no sufrir problemas productivos por falta de planificación, dando lugar a la corta de plantaciones fuera de momento fenológico ideal, lo que induce cosechas tempranas o en su caso pasadas del punto ideal de madurez y concentración de sacarosa. De acontecer esta situación, los efectos sobre los índices agroindustriales son detrimentales.

8) La posibilidad y necesidad de contar con suficiente materia prima de calidad disponible para procesar, determina la duración del periodo operativo de los ingenios. **Es el campo el que determina la operación de las fábricas de azúcar, pues sin caña no puede haber extracción y elaboración;** sin uno el otro simplemente no opera.

9) Las condiciones prevalecientes del clima constituyen un importante, determinante y concluyente factor que actúa sobre la viabilidad de cortar y extraer caña del campo para enviar a molienda en los ingenios.

Condiciones para cosecha

Es comprensible reconocer que como resultado de las incuestionables y marcadas diferencias prevalecientes en la geografía nacional donde se ubican las áreas sembradas con caña, en cuanto a las condiciones de clima, suelo, infraestructura vial, relieve (pendiente), potencial mecanizable, humedad, servicios básicos, disponibilidad de maquinaria y mano de obra suficiente y calificada, condiciones de floración y maduración, entre otros, hay una influencia absoluta, como se indicó con

anterioridad, sobre las fechas posibles de inicio y final de la cosecha y la molienda de la caña.

La cosecha puede genéricamente desagregarse para su correcto análisis en varias acciones y actividades que la componen, como se expone en el Cuadro 1, teniendo claro que todas forman parte de un único proceso integral; entre las cuales pueden mencionarse las siguientes como más relevantes:

1) **Planificación de la cosecha:** incorpora, coordina y articula todas las etapas sucesivas que deben desarrollarse de manera sistematizada. Involucra la estimación de las áreas (hectáreas) por cortar, los equipos y mano de obra requeridos, los tiempos previstos (antes, durante y después) implicados, los permisos involucrados y medidas legales por cumplir y ejecutar (permisos de quema, inmigrantes, seguros y pólizas), prevé la movilización y permanencia de la mano de obra, estima los pagos requeridos, asegura la coordinación con el ingenio para la entrega de la materia prima cosechada propia y proveniente de agricultores, debe asegurar el apego y estricto cumplimiento de los protocolos técnicos (campo) y de seguridad personal (salud ocupacional) vigentes, como también estar atento de la fiscalización de labores, el control de calidad operativa, entre otros. Opera mediante encadenamiento.

2) **Control de madurez:** el aseguramiento y certeza de que los lotes designados para ser cortados se encuentran en su punto óptimo de concentración de sacarosa, resulta de importancia vital y estratégica, pues de lo contrario se perdería azúcar en el campo por inmadurez o por haber superado el momento oportuno e ideal de corta, lo que significa una pérdida económica neta. Este control debe iniciar de manera continua y sistemática al menos tres meses antes de la fecha teórica y determinada por edad (meses) para realizar la corta, criterio poco certero e insuficiente para ese objetivo. Entre más próxima la fecha de cosecha más cercana deben ser las valoraciones de madurez de la plantación.

3) **Aplicación de madurantes:** por carecer algunas localidades de condiciones naturales idóneas para inducir y favorecer una condición de madurez conveniente, se recurre alternativamente a métodos artificiales mediante inducción de la misma por medio de productos químicos herbicidas y también no herbicidas. Para lograr un efecto que promueva la concentración de sacarosa en los tallos, debe existir una excelente coordinación entre el momento de aplicación del madurante y la corta de la plantación en el campo, la cual se establece por lo general para que se dé el efecto deseado entre 4 a 6 semanas (30-45 días).

4) **Quema:** si por acaso se decide quemar la plantación en concordancia con lo que establece la normativa vigente, deben respetarse y cumplirse sin restricción ni justificación alguna en contrario, todos los requisitos y condicionantes que establece el

Reglamento para Quemadas Agrícolas Controladas, Decreto Ejecutivo N° 35368-MAG-S-MINAET de julio del 2009 (COSTA RICA 2009). Lo concerniente a la consecución del permiso de quema debe tramitarse con la antelación debida ante las oficinas del MAG, indicando el día y hora de ejecución, realizar y prever la ronda cortafuego, las medidas preventivas y operativas por considerar y las condiciones generales y específicas para ejecutar la práctica; así como controlar el tiempo para ingreso de los cortadores al campo luego acabado el fuego. Esos y otros requisitos estipulados en el reglamento, son elementos que deben ser conocidos, previstos, comunicados y sobre todo explicados a las personas que realizarán la quema.

5) **Corta de la plantación:** aquí el grado de planificación varía sustancialmente dependiendo de si la corta de la plantación se realiza de forma mecánica o manual, pues la asignación de necesidades cambia radicalmente. El primero implica asegurar consistencia del piso (suelo) para la buena operación de los equipos, mantenimiento de las unidades, disponibilidad de repuestos, conocer las condiciones ambientales y la topografía del terreno, disponer los equipos complementarios de carga y transporte requeridos, entre otros. La corta manual debe asegurar hidratación y medidas preventivas de seguridad del personal implicado, conocer y disponer la cantidad y calidad del personal encargado, estimar la cantidad de caña cortada, el transporte requerido, así como la movilización y pernoctación de la mano de obra en el lugar. En ambas modalidades la estricta fiscalización de la corta (altura: base, punta) es obligada por las implicaciones técnicas y económicas derivadas.

6) **Carga de biomasa:** Igual que el punto anterior, la planificación debe considerar si la carga es mecanizada, semi mecanizada o realizada de forma manual, lo que involucra y considera los puntos anotados. Es fundamental que esta labor sea ágil y muy dinámica procurando la menor permanencia de la materia prima cortada en el campo, expuesta a los elementos del clima y en contacto directo con el suelo, para evitar contaminación bacteriana e inversión de azúcares y deshidratación de la caña.

7) **Extracción y transporte:** asegurar la salida rápida y expedita de la caña cortada en el campo y con destino al ingenio es fundamental, por lo que la planificación y encadenamiento de los tiempos transcurridos entre **corta-carga-transporte-molienda** son determinantes en la calidad de la materia prima que ingrese a proceso en la fábrica. El juego de tiempos es básico en esta labor.

8) **Muestreo:** para cumplir con lo que establece la legislación azucarera, las entregas de caña aparte de su origen y procedencia, sea Propia del ingenio o de Productores Independientes y No Independientes, debe ser muestreada

(LAICA 1998, 2000). A partir de dicho resultado se definen los indicadores de calidad agroindustrial sobre los cuales se establecerá el pago por la azúcar contenida en los tallos y recuperada en la fábrica; motivo por el cual una caña fresca, hidratada, bien cortada, acomodada y limpia sin hojas ni biomasa no azucarada, resulta determinante para representar fehacientemente lo que se produjo y cosechó en el campo y no solo lo que llegó a muestreo.

9) **Molienda:** esta fase del proceso es ajena al control del productor de caña, aunque para todos los efectos resulta muy buen negocio que la materia prima por moler sea de excelente calidad agroindustrial en cuanto a sacarosa contenida y recuperada; también en cuanto a la materia extraña presente, lo cual si depende directamente del agricultor. Obviamente la capacidad efectiva de proceso de la fábrica también interviene.

10) **Manejo post cosecha:** con la corta de la plantación y extracción de la caña del campo finaliza un ciclo vegetativo y administrativo, pero inicia otro, que debe ser bien planificado y conducido previendo la cosecha futura. El manejo post cosecha de residuos biomásicos mediante remanga, atención de retoños próximos a emerger, aplicación de riego, prevención y conducción de la salida de las aguas, control y contención de la erosión, posible resiembra de áreas afectadas, renovación de plantaciones agotadas, atención de semilleros, descompactación y fertilización de suelos y control de malezas, son solo algunas de las prácticas y asuntos que deben estar en la mira del planificador cuando finaliza una cosecha.

¿Cómo interviene y afecta el clima?

En prácticamente todas las acciones, gestiones y actividades citadas anteriormente participa e interviene el clima en magnitud y con grado de impacto diferente, sea de manera directa o indirecta; motivo y razón suficiente por la cual el agricultor y participante de una cosecha debe tener presente y considerar las condiciones que prevalecerán en cada uno de esos movimientos técnicos, administrativos y empresariales por realizar. El Cuadro 1 detalla por actividad, la influencia que puede ejercer el clima por medio de sus diferentes variables.

Como está suficientemente comprobado y demostrado, los elementos del clima representados en este caso fundamentalmente por la lluvia, la temperatura, la luz, el viento, la humedad del aire y su efecto sobre la evapotranspiración del cultivo, presentan una influencia clara y determinante sobre la condición en que se desarrollarán la cosecha, el procesamiento fabril de la materia prima producida y recolectada en el campo y el manejo post cosecha de las plantaciones. La participación del clima va orientada en varios eventos continuos y sistemáticos que parten de la maduración natural o inducida artificialmente

de las plantaciones comerciales, siguen con la corta, carga y transporte de la caña al ingenio, su mantenimiento en el patio si aplicara (cortada a mano), para finalmente pasar a proceso industrial de molienda, extracción de sacarosa y fabricación de azúcar. Lo que acontezca durante la cosecha tiene efectos e impactos directos sobre el desarrollo posterior de las plantaciones comerciales; motivo por el cual, los cuidados y prevenciones que se efectúen en la misma, vienen a evitar y/o mitigar posibles implicaciones agroindustriales futuras, lo cual es ganancia.

Condiciones asociadas con la presencia de lluvia y altas temperaturas mínimas (>21°C) durante la fase de maduración natural (octubre-diciembre) son negativas al afectar la concentración de sacarosa en los tallos, y dificultar la aplicación aérea de madurantes artificiales (Chaves 2019def). La quema si se práctica previa corta, es afectada por las lluvias, lo que influye sobre los costos y la eficiencia de cosecha (Chaves 2006ab). Durante la práctica de corta, carga y transporte de la materia prima del campo al ingenio, la lluvia resulta inconveniente y no deseable pues el impacto sobre los suelos y la eficiencia de corta son muy sentidas y negativas, favoreciendo la compactación, el daño a la cepa de caña y la introducción de materia extraña (trash) al ingenio (Chaves 2017ab, 2019abc). Las altas temperaturas (°C) y humedad del aire (%) provocan por su parte deshidratación tanto del personal a cargo de la cosecha, como también de la materia prima recolectada en afectación directa del tonelaje; lo cual obliga a operar programas de hidratación y control del estrés generado en el personal de campo. Caso la caña se deposite transitoriamente y quede a la intemperie en el patio del Ingenio previa molienda, la humedad y la temperatura favorecen y dinamizan la actividad bacteriana y enzimática que induce Inversión de los Azúcares No Reductores (Sacarosa) a Reductores (Glucosa, Fructuosa), sobre todo si la planta fue quemada (Chaves 2019ef).

Conclusión

Resulta cierto e irrefutable reconocer que el clima manifestado en sus diferentes elementos es determinante para el éxito agroindustrial y financiero de un proyecto de producción comercial de caña de azúcar, donde las condiciones prevalentes durante todo el ciclo vegetativo requieren condiciones especiales que varían con las diferentes etapas fenológicas del mismo; por lo cual un mismo factor, sea agua, temperatura, luz o humedad del aire, opera de manera diferente y tiene influencia diferenciada según sea el estado vegetativo, fisiológico y metabólico del momento: germinación, retoñamiento, encepamiento, ahijamiento, crecimiento, floración y maduración, conceptualizados como desarrollo en

general (Chaves 2019bc). En lo atinente particularmente a la cosecha y molienda de la materia prima en el Ingenio, la influencia del clima resulta igualmente influyente y determinante, pues puede afectar procesos biológicos como la maduración y la concentración de sacarosa en los tallos, inversión de la misma, promoción de la actividad bacteriana y enzimática, destrucción de la cepa en el campo, favorecimiento de la compactación, destrucción de la agregación y capacidad de lixiviación del suelo en detrimento del buen drenaje y aireación (oxigenación) del mismo. Irremediamente muchos de esos impactos y consecuencias trascienden al período post cosecha inmediato de la plantación, afectándola de manera diferencial de acuerdo con la magnitud, naturaleza y persistencia del daño, lo que provoca disminución de la capacidad agroindustrial y vida comercial de las plantaciones. **El clima es por tanto un factor influyente y determinante para el éxito productivo de cualquier proyecto comercial competitivo de caña de azúcar.**

Literatura citada

- 1) Chaves Solera, M.; Bermúdez Loria, A.Z. 2006a. Motivos y razones para quemar las plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 248-253. También en: Revista PROCANA, Asociación de Productores de Caña de Azúcar de El Salvador. 2016. Edición Especial Año 5, Volumen 13, páginas 34-36.
- 2) Chaves Solera, M.; Bermúdez Loria, A.Z. 2006b. Consideraciones para la quema tecnificada de una plantación comercial de caña de azúcar en Costa Rica. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 254-260.
- 3) Chaves Solera, MA. 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, 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.
- 4) Chaves Solera, MA. 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.
- 5) Chaves Solera, M.A. 2017c. ¿Dónde se produce territorialmente la caña con que se fabrica el azúcar en Costa Rica? Revista Entre Cañeros N° 8. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 6-26.
 - 6) 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.
 - 7) Chaves Solera, MA. 2019b. Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
 - 8) Chaves Solera, MA. 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.
 - 9) 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.
 - 10) 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.
 - 11) 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.
 - 12) Chaves Solera, MA. 2019g. Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica. Boletín Agroclimático. Volumen 1 Número 18, noviembre-diciembre. p: 5-10.
 - 13) Chaves Solera, MA. 2019h. Resultado final de la Zafra 2018-2019: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 73 p.
 - 14) COSTA RICA. 2009. Reglamento para Quemadas Agrícolas Controladas. Decreto Ejecutivo N° 35368-MAG-S-MINAET, Diario Oficial "La Gaceta Digital", Alcance N° 147, jueves 30 julio 2009. p: 2-5.
 - 15) LAICA. 1998. LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998. San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
 - 16) LAICA. 2000. DECRETO N° 28665 – MAG. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998. Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.
 - 17) Solano, J.; Villalobos, R. 2001. Aspectos fisiográficos de Costa Rica aplicados al bosquejo de Regionalización Geográfica Climático de Costa Rica. Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos 8 (1): 26-39.



CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición:

*Karina Hernández Espinoza
Katia Carvajal Tobar*

Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas
Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

Cuadro 1. Interferencia y afectación de los elementos del clima sobre la cosecha y la molienda de materia prima caña en Costa Rica.

Fase / proceso	Lluvia	Temperatura	Viento	Luz	Evapotranspiración
Maduración	Su presencia en esta fase induce crecimiento, división celular y gasto energético, en detrimento de la concentración natural de sacarosa en los tallos. En cantidad (mm) apropiada favorece crecimiento y un "plus extra" de tonelaje. La aplicación aérea de madurantes artificiales se ve además seriamente afectada por las lluvias.	Si las mínimas son altas (>21°C) la maduración natural puede verse afectada y la concentración de sacarosa disminuida. Lo ideal son mínimas inferiores a 21°C y próximas a 18°C.	En asocio con la lluvia y con rafagas de alta velocidad puede provocar por su peso, volcamiento y pérdida de biomasa con deterioro.	Resulta muy favorable al contribuir con la fotosíntesis, el crecimiento y la maduración de la planta; con ello a la concentración de sacarosa y producción de más biomasa.	Si la lluvia es baja y las temperaturas son altas, la evapotranspiración se torna limitante afectando por "estrés" el tonelaje y la concentración de sacarosa.
Corta y Carga	Su presencia resulta indeseable e inconveniente por afectar integralmente esas actividades, al no poder quemar o provocar que la misma sea ineficiente. La corta y carga manual se torna difícil, bajando eficiencia e introduciendo mucha materia extraña a la fábrica. La corta mecánica se ve también muy afectada.	Altas temperaturas máximas provocan en corta manual condiciones de "estrés térmico" y deshidratación, que obligan adoptar medidas paleativas preventivas. La eficiencia se reduce significativamente. La cosecha mecanizada no se ve afectada.	Rafagas de alta velocidad son negativas por provocar polvaredas, desecamiento y deshidratación que afectan al cortador. Se tornan también limitantes para realizar las quemas. Cuando no son altas son favorables al contribuir con el "refrescamiento" del medio.	Definitivamente es deseable y muy favorable aunque su intervención en el proceso es poco significativa.	Condiciones secas y de alta temperatura generan y crean un entorno de alta evaporación y transpiración, que se trasladan al cortador de caña, generando estrés térmico e hídrico.
Transporte	Esta es una de las actividades más afectadas por la presencia de lluvia, pues los equipos mecánicos sean de corta, alza o transporte (campo a fábrica) como cosechadoras, tractores, alzadoras, etc., ven limitada su acción. El daño que se provoca al terreno es muy significativo.	Puede contribuir con el rápido desecamiento y estabilidad del terreno "piso", caso exista algún grado de humedad inconveniente en el mismo que afecte la cosecha y salida de la caña cortada, por lo cual se torna favorable.	Esta variable no pareciera influenciar el proceso, aunque siempre la existencia de polvaredas no resultan convenientes ni agradables. Por el contrario, un ambiente fresco siempre es sano y deseable.	La variable no tiene intervención importante en el proceso, pero una condición de buena luminosidad y visibilidad siempre es deseable y bienvenida.	Grados elevados de evapotranspiración no son nada deseables en cualquier labor agrícola, pues son el resultado inequívoco de alta temperatura y condiciones secas que favorecen un clima de estrés térmico e hídrico.
Permanencia de la caña en el patio del Ingenio	Luego de cortada la caña en el campo, la misma inicia un rápido y sistemático proceso de deterioro caracterizado por la Inversión de Azúcares No Reductores (Sacarosa) a Reductores (Glucosa, Fructuosa), con la pérdida correspondiente. Si la caña se deposita en el patio del Ingenio en espera de ser procesada y hay lluvia, ese proceso se acelera significativamente; máxime si la misma ha sido de previo quemada. En caña cortada a máquina no hay fase de patio, pues ingresa directo a proceso industrial en el tandem de molienda.	Este factor se relaciona e interactúa en asocio directo con la lluvia, de manera que las altas temperaturas inducen la acción microbial y enzimática en detrimento del azúcar contenida y recuperable en la materia prima concentrada en los tallos de la caña. El estar a la intemperie y sometida al efecto del clima, la temperatura se ve favorecida, generando además deshidratación de la caña con la consecuente pérdida de tonelaje.	En condiciones altas puede favorecer e inducir un mayor desecamiento de la materia prima, con la consecuente pérdida de humedad, peso y afectación de los jugos.	No presenta ninguna influencia directa que afecte la calidad de la materia prima prevista procesar; aunque de manera indirecta puede favorecer la actividad bacteriana en favor del rápido deterioro y afectación de la misma por Inversión.	El estar la materia prima ya cortada, inmóvil y en espera de ser procesada, la presencia de humedad y calor favorecen la evaporación y con ello el desecamiento, provocando la pérdida de peso y el aumento de la actividad bacteriana.
Molienda	Es definitivo que la calidad de la materia prima procesada en el Ingenio viene determinada no apenas por lo que la planta contenga y provea en el campo; sino también por los tiempos transcurridos entre corta y molienda. El efecto es integral y favorecido por algunos factores que pueden inducir pérdida, como son los climáticos, caña quemada y cortada con máquina.	Aplica lo mismo citado para el caso de la lluvia.	Su intervención en este punto es nula.	Notiene influencia por corresponder a un proceso rápido y cerrado.	Igual que en el caso anterior, su participación proviene de fases anteriores. Aquí se muele lo que el campo generó y el patio pudo deteriorar.
Campo post cosecha	De existir humedad en el suelo durante la cosecha, el impacto es muy negativo y significativo, pues los equipos que cortan y/o extraen la caña, provocan daño a la cepa de las plantas; además de crear compactación y deterioro a la estructura del suelo, con afectación posterior de la germinación, el retoñamiento y crecimiento de las plantas y lixiviación del agua, afectando el drenaje.	Si son aceptablemente altas son muy favorables en esta etapa fenológica del cultivo, pues contribuyen con la brotación y desarrollo de las yemas, además del crecimiento.	El impacto es poco relevante, excepto se carezca de riego, pues el desecamiento provoca cierre de estomas, fotosíntesis limitada y crecimiento y brotación intervenida.	Pasada la cosecha es fundamental proveer todas las condiciones que favorezcan el crecimiento y desarrollo integral y general de la nueva generación de plantas que surge, donde la luz es vital.	Un desbalance en esta variable resulta muy negativa en afectación directa de la plantación, lo que impacta fases fenológicas como germinación, retoñamiento, ahijamiento, crecimiento. Es necesario contar con riego para balancear la relación con la evaporación y transpiración favorecida por la temperatura.

Fuente: elaborado por el autor (2019).