

Periodo del 22 de mayo al 04 de junio 2023

## RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 08 DE MAYO AL 21 DE MAYO 2023

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.

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 104 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región azucarera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 0 – 0.5 mm en la **Región Guanacaste Este**, por su parte **Guanacaste Oeste** registró entre 0 – 4.7 mm, en la **Región Norte** se reportó entre 0 – 3.6 mm. La **Región Puntarenas** presentó entre 0 – 18.7 mm. La **Región Sur** mostró entre 0 – 43 mm, la **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 0 – 14.2 mm, mientras la **Región Valle Central** tuvo entre 0 – 9.6 mm.

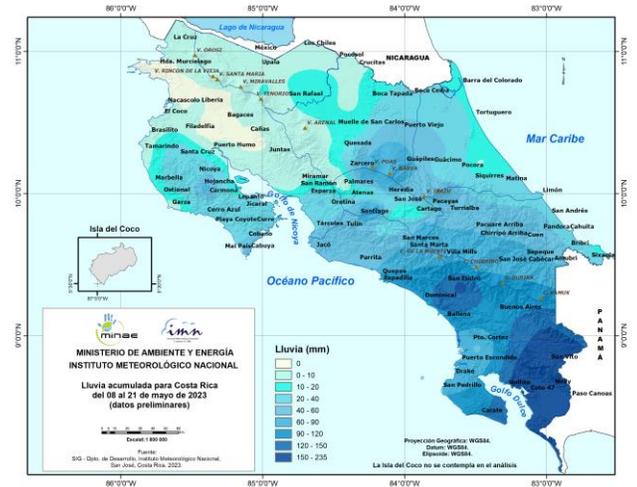


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 08 al 21 de mayo del 2023.

## PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 22 DE MAYO AL 28 DE MAYO

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras. La **Región Norte** mantendrá una reducción paulatina del viento del Este hasta el viernes, con viento del Este tan acelerado como los últimos días durante el fin de semana; temperatura media más cálida de lo normal, así como menos lluvias de lo normal. La **Región Guanacaste (Este y Oeste)** presentará viento del Este más acelerado entre lunes – martes y el sábado; así como temperatura media más cálida de lo normal y lluvia deficitaria. En la **Región Sur** se espera viento variable (Este-Oeste); temperatura media normal y menos lluvia de lo normal. El **Valle Central (Este y Oeste)** tendrá viento del Este hasta el miércoles, seguido de viento variable (Este-Oeste); temperatura media normal y lluvia deficitaria. Para la **Región Turrialba (Alta y Baja)** se prevé viento del Este hasta el miércoles, seguido de viento variable (Este-Oeste); con lluvia y temperatura media normales. La **Región Puntarenas** mantendrá viento variable (Este-Oeste), temperatura media normal y lluvia bajo lo normal.

## 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

Mayo 2023 - Volumen 5 – Número 10

*“Sin presencia de polvo Sahariano ni ondas tropicales durante la semana.”*

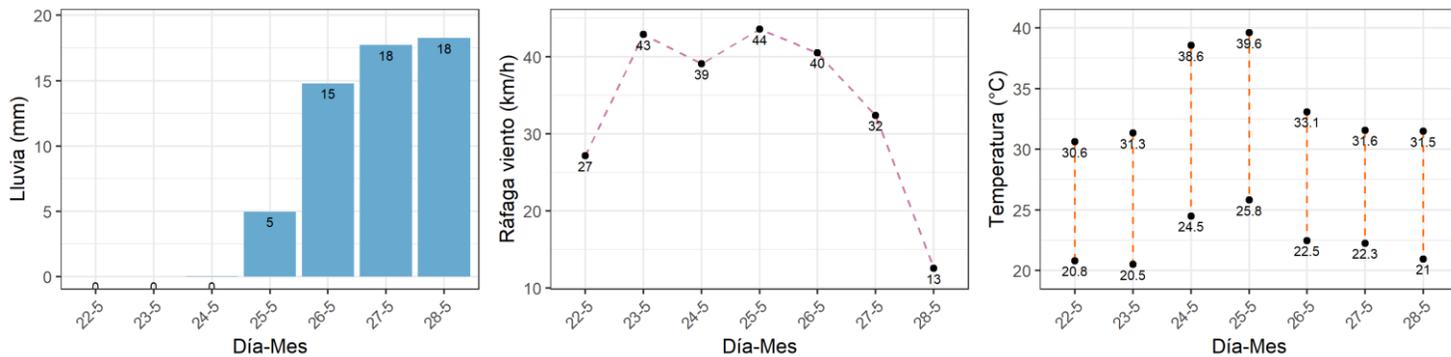


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Guanacaste Este.

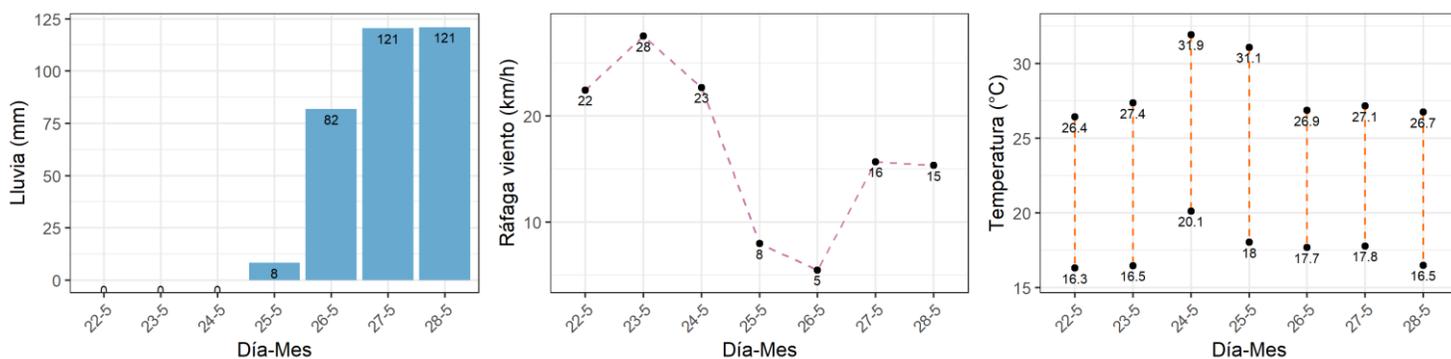


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Guanacaste Oeste.

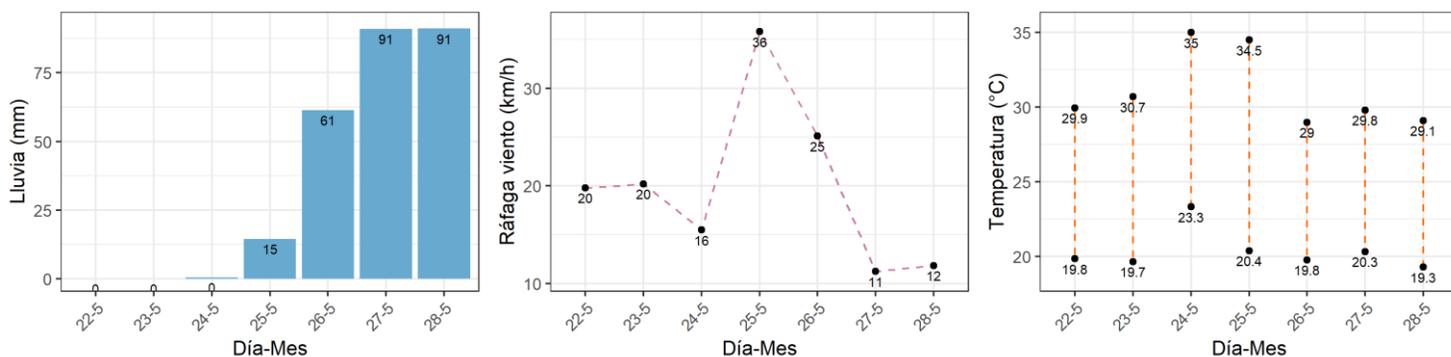


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Puntarenas.

# BOLETÍN AGROCLIMÁTICO CAÑA DE AZÚCAR

Mayo 2023 - Volumen 5 – Número 10

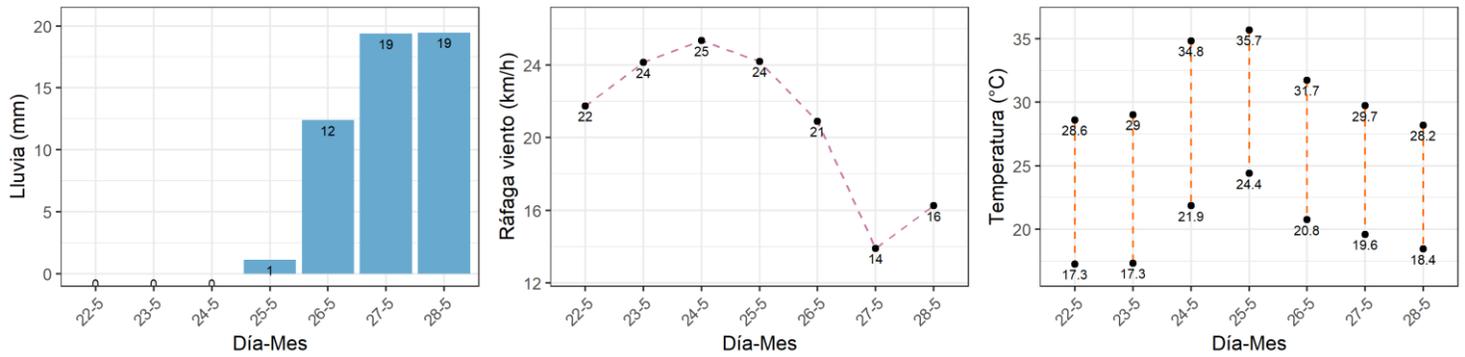


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Región Norte.

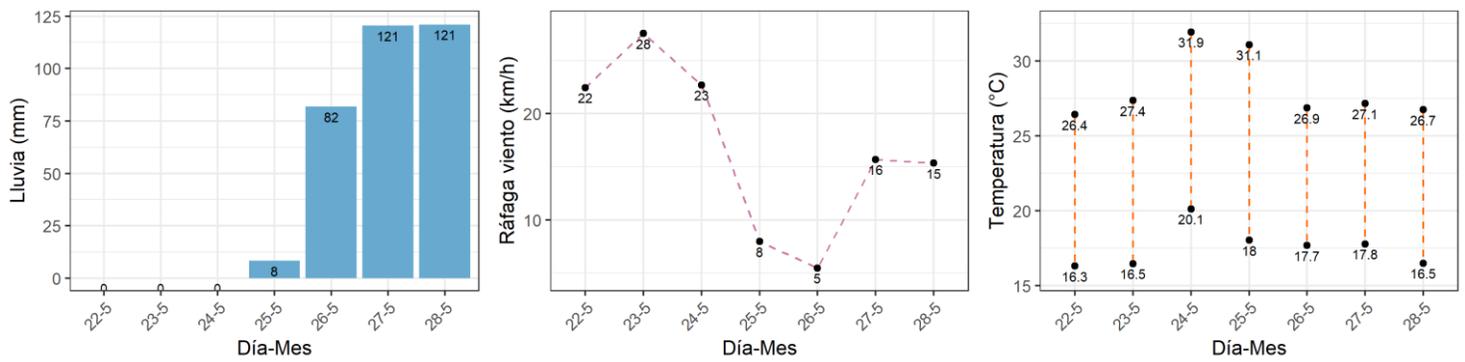


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

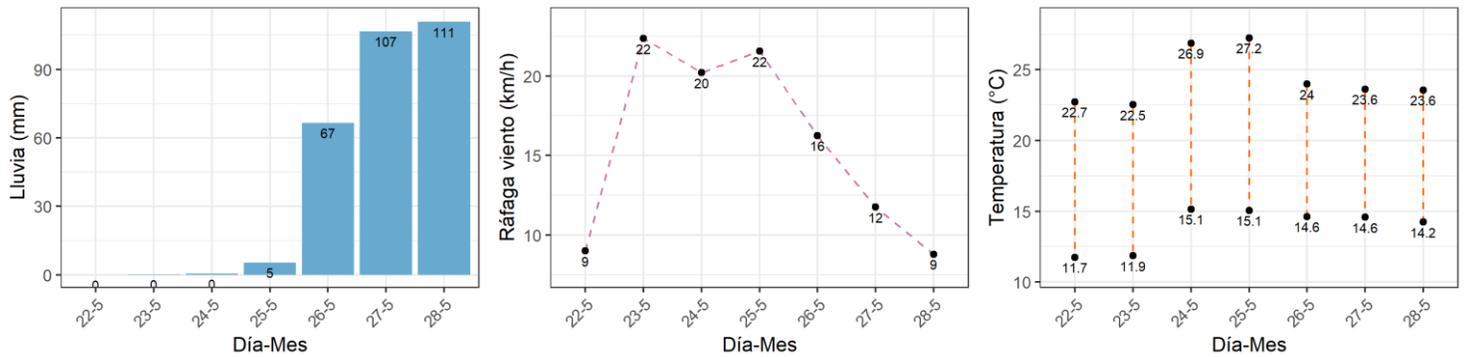


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

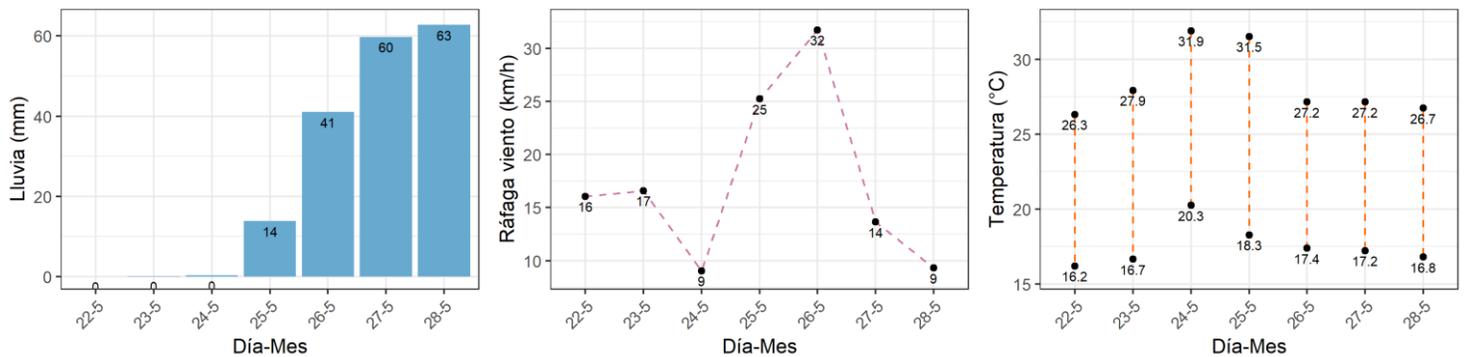


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 22 al 28 de mayo en la región cañera Región Sur.

Mayo 2023 - Volumen 5 – Número 10

## TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 29 DE AMYO AL 04 DE JUNIO

La **Región Huetar Norte** mantendrá viento del Oeste; con lluvia y temperatura media normales. La **Región Chorotega (Este y Oeste)** presentará viento del Oeste y particularmente en la península de Nicoya sería viento variable (Este-Oeste); con lluvia y temperatura media normales. En la **Región Sur** evidenciará viento del Oeste; con temperatura media y lluvia normales. La **Región Valle Central (Este y Oeste)** mostrará viento del Oeste, con lluvia y temperatura media normales. La **Región Turrialba (Alta y Baja)** tendrá viento del Oeste, con temperatura media y lluvia normal. La **Región Puntarenas** mostrará viento variable (Este-Oeste), con lluvia y temperatura normales para la época.

## HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, durante el periodo del 15 al 21 de mayo se tuvieron condiciones de baja saturación en la mayoría de las regiones cañeras, solamente la Región Sur tuvo condiciones de mayor humedad durante la semana.

Como se observa en la figura 09, las regiones Guanacaste Oeste y Guanacaste Este están entre 0% y 45% de saturación. La Región Puntarenas presenta entre 15% y 45%; tanto la Región Valle Central Oeste como la Región Valle Central Este están entre 15% y 45%.

La Región Norte presenta entre 0% y 45%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) tiene entre 30% y 60% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) está entre 30% y 45%. La Región Sur varía entre 15% y 100% de humedad.

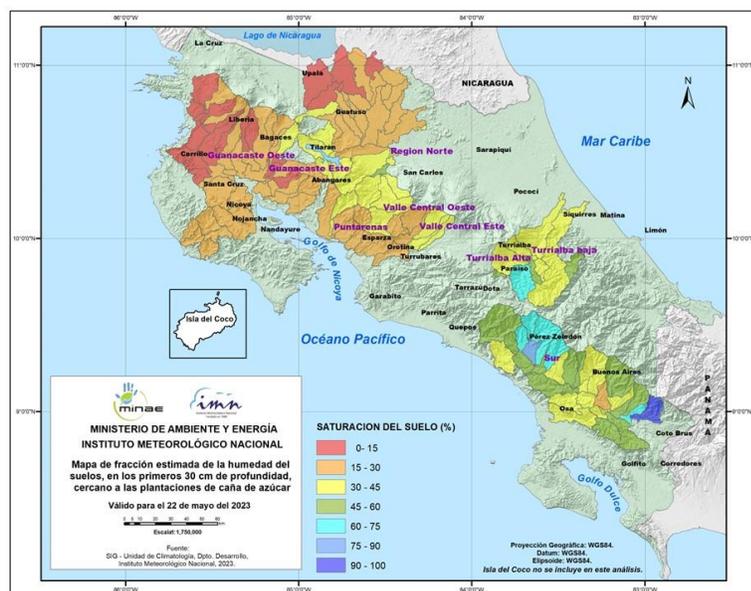


Figura 9. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 22 de mayo de 2023.

## LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

@IMNCR

Instituto Meteorológico Nacional CR

[www.imn.ac.cr](http://www.imn.ac.cr)

## 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

## ¡Mayo (2023) se siente aún más caliente que abril!

**Meteoróloga Karina Hernández Espinoza, M.Sc**

[khernandez@imn.ac.cr](mailto:khernandez@imn.ac.cr)

Coordinadora del Boletín

Agroclimático del IMN

Coordinadora de la Comisión

Interinstitucional del Fenómeno ENOS

(COENOS)

**Meteoróloga Rosangelica Montero Acuña, M.Sc**

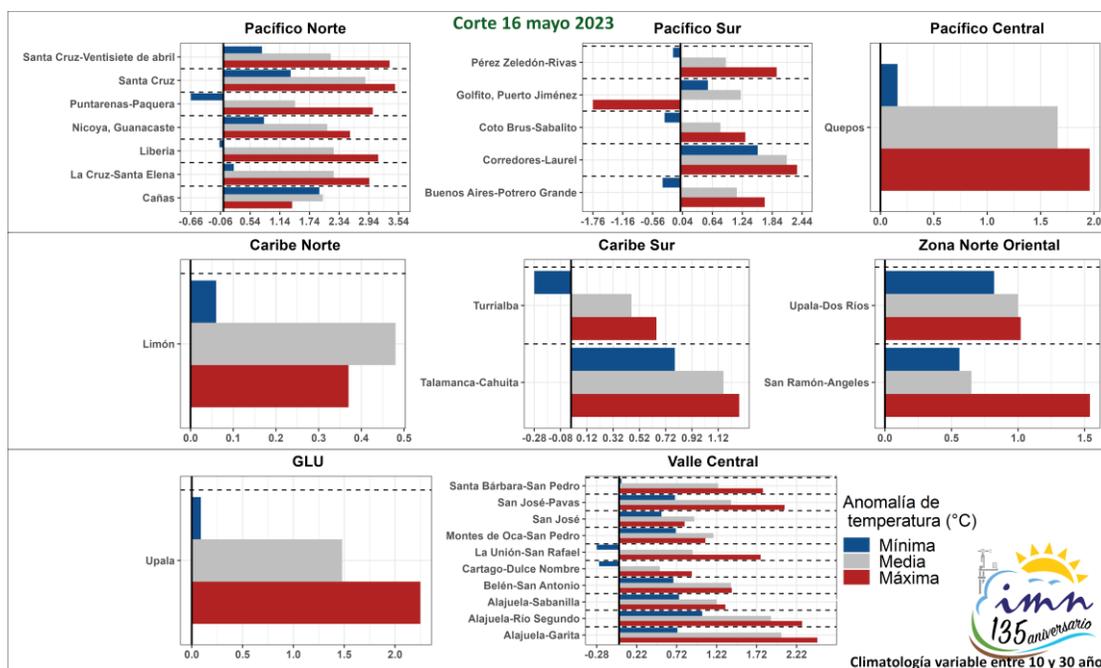
[rmontero@imn.ac.cr](mailto:rmontero@imn.ac.cr)

Unidad de Climatología, IMN

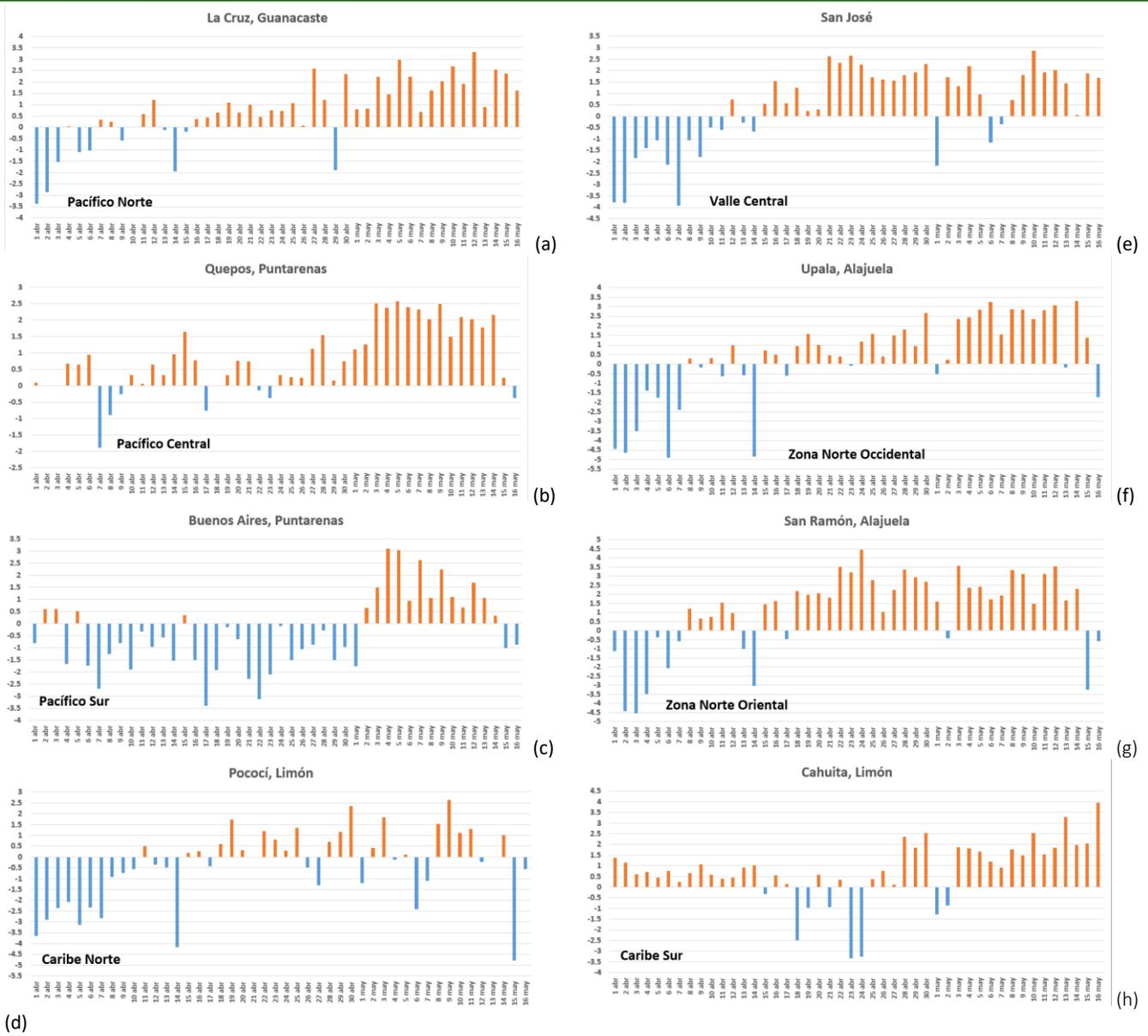
Desde mediados del mes de abril a mediados del mes de mayo 2023 se han percibido condiciones de temperatura, principalmente la temperatura máxima, más cálida de lo que estamos acostumbrados para esta época del año. Pero ¿se mantiene la temperatura máxima más cálida de lo normal, tal como ocurrió en la segunda quincena de abril (2023)?

Un **análisis mensual** (1-16 mayo) muestra una tendencia de temperatura máxima más cálida de lo normal en la primera quincena del mes de mayo 2023, de forma casi generalizada en las diferentes regiones climáticas del país, como muestra la figura 1. Incluso se ha registrado una reducción de las lluvias respecto a lo normal; pero falta aún una quincena para saber si el mes fue o no deficitario.

La **figura 1** fue elaborada para varias estaciones por región climática, donde dichas estaciones tienen periodos climatológicos variables de entre 10 y 30 años. El valor promedio de la **figura 2** y la **figura 3** se obtiene a partir del histórico disponible de cada estación de monitoreo, por lo que cada promedio es generado con diferente cantidad de años por sitio; donde se utiliza una estación meteorológica representativa de cada región climática.



**Figura 1.** Anomalías de temperatura del 1-16 mayo del 2023, respecto al periodo climatológico variable de entre 10 y 30 años, para las diferentes regiones climáticas del país. Donde la temperatura máxima se aprecia en color rojo, la temperatura mínima en color azul y la temperatura media en gris. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña, UCLIM-IMN)



**Figura 2.** Anomalia de temperatura máxima diaria de 1° de abril al 16 de mayo del 2023 para las regiones climáticas del (a) Pacífico Norte, (b) Pacífico Central, (c) Pacífico Sur, (d) Caribe Norte, (e) Valle Central, (f) Zona Norte Occidental, (g) Zona Norte Oriental y (h) Caribe Sur. Se muestra promedio histórico en contorno naranja y valores del 2023 en línea punteada roja. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña y Karina Hernández Espinoza; UCLIM-IMN).

Un **análisis diario** a nivel nacional, es decir, para cada una de la región climática del país (figura 2). Se aprecia que efectivamente del 16 de abril al 16 de mayo 2023; se han registrado temperaturas máximas diarias más altas de lo normal en casi todo el país. Entre el 16 de abril y el 16 de mayo tenemos un mes de análisis, donde las estaciones

representativas de cada región climática muestran una mayor cantidad de días con temperatura máxima más cálida de lo normal si lo comparamos con la cantidad de días con temperatura máxima más fresca de lo normal. La cantidad de días con temperatura máxima más fresca de lo normal en este periodo (16 de abril al 16 de mayo) es para

el Pacífico Norte solo un día, Pacífico Central fueron cuatro días, Valle Central de tres días, Zona Norte Oriental registro cinco días, Zona Norte Occidental de cuatro días, Caribe Norte un total de diez días y Caribe Sur de siete días. El Pacífico Sur rompe con esta condición, ya que fue del 2-14 de mayo que mantuvo temperaturas máximas diarias más cálidas de lo normal.

En cuanto a récords de temperatura máxima entre el 1-16 de mayo del 2023, a partir de promedios mensuales de las máximas absolutas. Identifica siete récords: Santa Cruz (38.1° y 39.7°) y Liberia (38.6°) de Guanacaste; Paquera (38.7°) de Puntarenas, La Unión (26.5°) de Cartago; Pavas (31.4°) y Pérez Zeledón (22.0°) de San José.

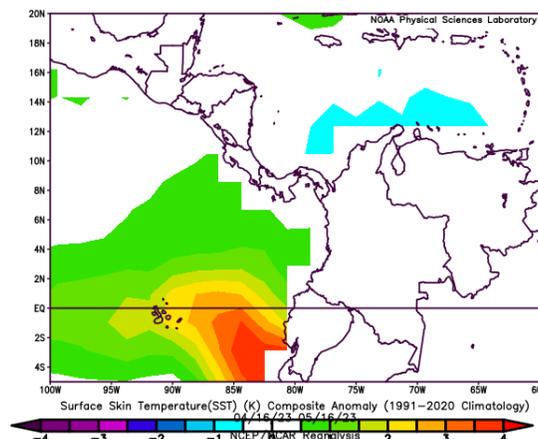
Un **análisis quincenal** (figura 1) de la temperatura mínima nos muestra valores levemente más cálidos de lo normal. Leves si comparamos la barra azul (mínimas) con la barra roja (máximas). Un **análisis diario**, del 1-16 de mayo del 2023 (no se incluyen los gráficos), evidencia que esto se debe a que en la primera quincena de mayo se presentó una mayor cantidad de días con temperatura mínima más alta de lo normal; presentando también una buena cantidad de valores más frescos de lo normal y sin mostrar un patrón claro como si ocurrió con la temperatura máxima.

### ¿Por qué siguen altas las temperaturas máximas?

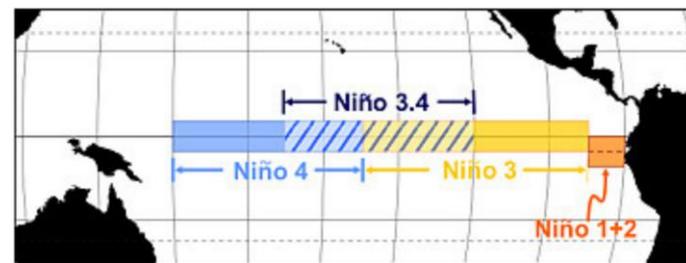
El comportamiento de las factores oceánicos y atmosféricos como viento, temperatura del mar Caribe y el fenómeno ENOS; influyen en la variabilidad climática de Costa Rica. Ya que el cambio en las temperaturas superficiales del Mar genera un cambio en la circulación de los vientos, que afecta el patrón de lluvias y aporte de humedad de una vertiente respecto a la otra.

Desde la segunda quincena del mes de abril y hasta el 16 de mayo, la temperatura superficial del Mar Caribe ha mantenido temperaturas más cálidas de lo normal (figura 3); mientras la temperatura superficial del Océano Pacífico

inmediato a nuestra costa, registro aguas más cálidas de lo normal; en tanto el fenómeno ENOS en la en sus cuatro regiones de monitoreo (figura 4) mostró anomalías positivas, es decir, valores más cálidos de lo normal que son propios de la fase El Niño que se está gestando



**Figura 3.** Anomalía de la temperatura superficial del Mar, del 16 de abril al 16 de mayo del 2023, estimada respecto al periodo climatológico 1991-2020. Fuente: NOAA.



**Figura 4.** Regiones de monitoreo del fenómeno El Niño Oscilación del Sur (ENOS). (Fuente: NOAA)

La temperatura del Mar es la temperatura que registra el Mar en su exterior o capa inicial, es decir, el agua que podemos ver al mirar el Mar. ENOS significa el Niño Oscilación del Sur que puede tener tres fases: fase fría llamada “La Niña”, fase nuestra llamada “Neutra” y fase positiva llamada “El Niño”; cada fase tiene efectos diferentes sobre nuestro país.

## NOTA TÉCNICA

## Fenómeno de “El Niño” acecha y compromete la agricultura costarricense

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc.  
chavessolera@gmail.com  
Especialista cultivo de la Caña de Azúcar

**Introducción**

Como es de todos conocido pues no existe ya sorpresa ni extrañeza alguna por su presencia, debido a su manifestación casi recurrente y con frecuencia importante, se anuncia por parte de los organismos relacionados con la meteorología global y nacional, como son la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), la próxima llegada del fenómeno de “El Niño” durante la segunda mitad del presente año. Actualmente se informa sobre la presencia de una ola de calor a nivel global que proyecta lo previsible de ocurrir en el futuro próximo.

Los pronósticos emitidos por los Centros Mundiales de Producción de Predicciones a Largo Plazo de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2023), anunciaban recientemente con base y fundamento científico sustentable, que:

*“...la probabilidad de que las actuales condiciones neutras con respecto al ENOS se mantengan durante los meses de mayo a julio de 2023 es del 40%, mientras que la probabilidad de que, durante ese mismo período, tales condiciones evolucionen hacia un episodio de El Niño es del 60%. Es probable que, a partir de entonces, persistan las condiciones características de un episodio de El Niño, y según las predicciones actuales y las evaluaciones de los expertos, esas probabilidades aumentan gradualmente hasta situarse, aproximadamente, entre el 60 y el 70% para los meses de junio a agosto y entre el 70 y el 80% para los meses de julio a octubre de 2023. La probabilidad de que prevalezcan unas condiciones neutras en cuanto al*

*ENOS durante los períodos indicados se sitúa en torno al 30-40% y al 20-30%, respectivamente. Los pronósticos actuales descartan la instauración de un episodio de La Niña durante los próximos seis meses.”*

La proyección y estimación probabilística anterior favorece y otorga una posibilidad muy significativa sobre la posible presencia y ocurrencia de una transición climática hacia condiciones típicas de un episodio de “El Niño”; lo cual como es conocido por antecedente, no resulta agradable ni positivo para el país, virtud de los impactos y consecuencias indeseables esperables. Se informa que actualmente las condiciones prevaletientes en el pacífico tropical son neutras en cuanto al ENOS, lo cual invita, sin embargo, a adoptar las medidas preventivas del caso.

No cabe duda de que el Cambio Climático (CC) es generador y causante de fenómenos climáticos extremos, por lo que sigue manteniéndose como una de las mayores preocupaciones y desvelos de las últimas décadas; no solo para agricultores, economistas, empresarios y ecologistas, sino también para los gobiernos y la ciudadanía en general, pues sus nefastas consecuencias alcanzan e impactan sin distingo a todos.

Cambio climático es la modificación del clima referido al historial climático visto en un tiempo determinado y una escala global, regional o local, que trae como consecuencia la alteración de los patrones de eventos meteorológicos, como son: frentes fríos, huracanes, tormentas tropicales, heladas, lluvias extremas, nubosidad y, también sequía o exceso de humedad, cambios en las temperaturas y el

viento. El CC podría incluso cambiar el comportamiento del fenómeno conocidos como “El Niño” y “La Niña”. Aunque con o sin Cambio Climático siempre tendríamos presencia de “El Niño” y “La Niña”; así como variaciones en los diferentes elementos climáticos (viento, lluvia, temperatura) que son variaciones propias de la variabilidad climática de Costa Rica.

Como se ha reiteradamente expresado con demasía y demostrado con contundencia, el CC es un fenómeno que inequívocamente nos afecta a todos, pues sus impactos y efectos ponen en grave riesgo la producción mundial y nacional de cultivos, actividades pecuarias, pesqueras y forestales, y en consecuencia, habilita el riesgo de tener una menor disponibilidad de alimentos a nivel local y global. De acuerdo con la Convención de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), la intervención, modificación y alteración del clima en la tierra se vincula directamente con el aumento de la concentración de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la atmósfera, como resultado de las actividades humanas relacionadas con el uso intensivo de combustibles fósiles, la agricultura y la deforestación, entre otras, como apuntaron LAICA (2022abc) y Chaves (2021abc, 2022ab) para el caso específico de la caña de azúcar. Lo paradójico y contradictorio en todo esto es que la agricultura es parte importante de los factores causantes del CC a nivel global; actuando y operando sin embargo de manera dual como gestor del problema y afectado directo del mismo, pero también como parte relevante de su reducción y mitigación.

El sector agropecuario constituye incuestionablemente una actividad primaria determinante, por ser base de la seguridad alimentaria (canasta básica) y nutricional del país, componente fundamental del sistema agroexportador nacional, generando con ello empleo, riqueza y paz social. Pese a ese trascendental e incuestionable papel socioeconómico del sector, es controvertible e impugnado que mantenga aún vigentes y en uso prácticas de manejo insostenibles, por la operación de sistemas agroproductivos que no consideran ni se esfuerzan por mitigar, contrarrestar y procurar eliminar

los efectos que coadyuvan en fomentar el cambio climático, lo que paradójicamente le genera gran vulnerabilidad y fragilidad (Chaves 2022c). Esa inconveniente condición obliga tener que trabajar fuerte en la implementación de modelos y sistemas de producción eficientes y sostenibles, lo cual debe empezar sin duda por desarrollar un ambicioso plan de zonificación agroecológica nacional (Chaves 2022d).

La variabilidad climática referida a las variaciones acontecidas en el clima como sucede por ejemplo con los episodios naturales y muy conocidos de “El Niño y La Niña”; cuyas manifestaciones y consecuencias han estado presentes mucho tiempo antes de los efectos que hoy se atribuyen con buen fundamento provocados por el cambio sufrido por el clima. Sin embargo, es un hecho constatable que con cada evento Niño/Niña se impactan y disminuyen significativamente las precipitaciones en el primer caso, y con ello, se afecta la agricultura de secano dependiente de las precipitaciones; así como también se disminuyen las reservas de agua superficial y subterránea para diversos usos (agropecuario, humano, industrial, turístico). En el caso de “El Niño” se producen incrementos en la lluvia con severas inundaciones en gran parte del territorio nacional; mientras con “La Niña” ocurren eventos particularmente lluviosos en la Vertiente Atlántica y Región Caribe.

Esos cambios afectan negativamente disminuyendo severamente el rendimiento y los índices de calidad de los cultivos, generan pérdidas en el ganado, destrucción de siembras, terrenos e infraestructura; además de que esas variaciones extremas en las temperaturas provocan que las plagas y enfermedades se propaguen de forma acelerada con consecuencias devastadoras para los intereses del sector agropecuario.

Los resultados y valoración de esos impactos revelan que el CC viene provocando efectos muy adversos sobre el sector agropecuario costarricense; los cuales a futuro podrían intensificarse y maximizarse en caso de que las condiciones y sistemas de producción no se mejoren en cuanto a las medidas y prevenciones que adopten para procurar contrarrestarlos. Considerando que en estos

momentos se prevé con alta probabilidad la posible llegada del fenómeno de “El Niño” durante la segunda mitad del año, resulta importante y necesario comentar en torno al mismo, con el objetivo de “repasar la lección aprendida” con el fin de que nadie se vea a futuro sorprendido por falta de información al respecto.

### ¿Qué es “El Niño”? ¿Qué lo provoca? ¿Cómo se manifiesta?

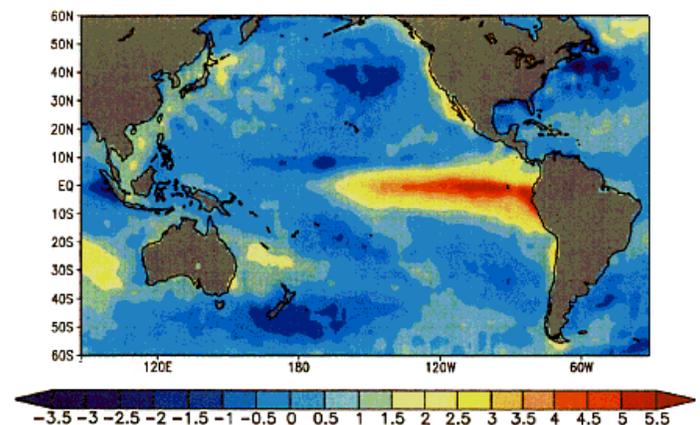
Pese a ser un término ya ubicable y comprensible para la mayoría de las personas virtud de su reiteración, frecuencia y las consecuencias que ha tenido como evento climático, en realidad muy poco se conoce sobre el origen y detalles técnicos básicos del fenómeno del Niño o simplemente “El Niño”, a veces referido como “fenómeno El Niño”; del cual puede adelantarse que es un evento de origen y naturaleza climática, relacionado con el calentamiento de las aguas del océano Pacífico ecuatorial.

Para entenderlo mejor es necesario tener presente que “El Niño-Oscilación del Sur”, ENOS o ENSO (El Niño-Southern Oscillation, por sus siglas en inglés), es un fenómeno natural caracterizado por un patrón climático erráticamente cíclico con fluctuación de los parámetros meteorológicos, en particular de las temperaturas del océano en su sección central y oriental del Pacífico ecuatorial cada cierto número de años (3 a 8 años), asociados con cambios atmosféricos importantes. En su fase de enfriamiento recibe el nombre de “La Niña”, provocando en sus manifestaciones más intensas trastornos en la zona intertropical y ecuatorial debido a las intensas lluvias que favorece. Ambos fenómenos tienen una gran influencia en las condiciones climáticas de diversas partes del mundo, por lo que no es exclusivo de la región latinoamericana. Se dice que los pescadores de Suramérica conocen y describen el fenómeno desde hace mucho tiempo, llamándolo “El Niño”, porque algunos de sus efectos más importantes ocurrían próximos a la Navidad, lo que provocó que el nombre trascendiera y perdurara (Wikipedia, 2023).

El evento climático provoca que las aguas superficiales del Océano Pacífico en la costa del Perú y Ecuador se calienten

por encima de lo normal, afectando el clima a nivel global. Según los especialistas el fenómeno climático de “El Niño” es responsable del aumento de las temperaturas globales y del agravamiento de los fenómenos meteorológicos extremos, cuya causa son las temperaturas de los océanos y los vientos del Pacífico, que fluctúan entre el calentamiento provocado por “El Niño” y el enfriamiento inducido por “La Niña”.

De acuerdo con los registros históricos el período transcurrido entre marzo y junio es el más favorable para que ocurran los fenómenos de “El Niño o La Niña” y, por consiguiente, la ocasión y momento más apropiado para que los especialistas en la materia realicen en esta época del año las consultas, valoraciones, estimaciones y proyecciones sobre su evolución y probable acaecimiento. Se dice que “El Niño” está presente cuando la temperatura de la superficie del mar está +0,5°C por encima del promedio global durante cinco meses seguidos. Algunos lo plantean figuradamente como “una calentura oceánica donde las aguas elevan su temperatura, lo cual afecta la atmósfera y está, por no tener fronteras, afecta la zona terrestre próxima”; eso es lo que acontece en el Océano Pacífico.



**Figura 1.** Calentamiento de las aguas del Océano Pacífico (Fuente: Maulucioni basado en una imagen de NOAA - National Centers for Environmental Prediction, US. NOAA.

<https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=39940824>)

La ubicación geográfica y la condición ístmica nacional influenciada por el Océano Pacífico al oeste y el Mar Caribe al este, favorecen y establecen una importante influencia oceánica; que beneficia la presencia de anomalías en la superficie oceánica, como ocurre con el fenómeno de “*El Niño y La Niña*”; los cuales son ejemplos certeros de la variabilidad interanual de temperatura superficial del Océano Pacífico y, aún más, de la variabilidad climática global, siendo de esta manera una parte fundamental de un vasto y complejo sistema de fluctuaciones climáticas (Figura 1).

Adicional a lo comentado con anterioridad es importante recordar que la circulación superficial de las aguas marinas está controlada principalmente por los sistemas de vientos de la atmósfera, lo que establece una estrecha relación oceánica-atmosférica con alcance e impacto terrestre. Esos vientos al soplar en una determinada dirección arrastran las masas de agua originando las diversas corrientes marinas conocidas, como son por ejemplo la de Humboldt y el Golfo, entre otras.

Las corrientes marinas frías de California y de Humboldt de Suramérica (descubierta por el navegante español Juan Fernández), impulsadas por los vientos Alisios, convergen sobre las costas ecuatoriales occidentales de Sudamérica, originando un ecosistema muy particular y sensible. El movimiento de las corrientes marinas en la cuenca del Océano Pacífico hace que la dirección de flujos en el hemisferio sur sea contraria al sentido en que corren las manecillas del reloj, mientras que en el norte giran en sentido contrario. Acontece que contiguo del Ecuador terrestre, las corrientes confluyen tomando dirección este-oeste y sobre la línea ecuatorial, se produce una contracorriente de dirección oeste-este (Villalobos y Retana, sf).

Conociendo por antecedente que una de las regiones más importantes e indicadoras para observar el ENOS se encuentra frente a las costas de Ecuador, Perú y Chile, el componente oceánico de esta zona resulta básico y muy revelador para caracterizar y diagnosticar con buenos elementos su comportamiento. La corriente oceánica más importante del Océano Pacífico Sur es la de Humboldt,

conocida también como la “*Corriente del Perú*”, se desplaza en dirección norte desde la Antártida siguiendo la costa occidental de Sudamérica. Estas aguas de características subantárticas son frías y de baja salinidad, pero muy ricas en nutrientes, lo que favorece la biota marina. Esta corriente se presenta durante la época de verano, comprendida entre los meses de mayo-noviembre.

Como se ha verificado científicamente, la corriente de Humboldt es muy sensible a los efectos inducidos por el fenómeno de “*El Niño*” que calienta las aguas, provocando que se caliente el agua superficial; cuyo aumento de las temperaturas puede dar lugar a la aparición de episodios más frecuentes de los fenómenos de “*El Niño y La Niña*”. Se ha comprobado que, para el óptimo desarrollo de los peces, es necesario que las aguas profundas y frías con gran contenido de nutrientes, estén en contacto con aguas más templadas o superficiales cálidas.

La literatura reporta como hecho interesante la existencia de dos tipos de “*Niño*” como lo apunta Hernández (2019), al identificar discrecionalmente “*El Niño Canónico y el Niño Modoki*”, expresando, que “*El Niño Oscilación del Sur (ENOS) es causado por un acople océano atmosférico, la corriente el Niño costero y las condiciones atmosféricas sobre el Pacífico ecuatorial.*” El Niño Canónico es referido cuando el calentamiento del mar se extiende por el Pacífico central y oriental, llegando hasta la costa de Sudamérica; está conformado por tres fases: fase cálida o Niño Canónico, fase neutra y fase Niña Canónica. El Niño Modoki por su parte, se da cuando el calentamiento del mar se concentra en el Pacífico central y no llega al Pacífico oriental, donde incluso se pueden presentar aguas más frías de lo normal.

Asegura Hernández (2019) que “*El Niño Canónico genera condiciones secas y calurosas en la Región Centroamericana*”, como la severa sequía ocurrida en la región centroamericana en el año 2014. Agrega, asimismo, que “*La climatología de Costa Rica se ve afectada por El Niño Canónico, en las regiones climáticas de la Vertiente Pacífico y Valle Central, genera una disminución de la cantidad de días con lluvia, un veranillo más extenso y un*

*aumento de las temperaturas en los meses más secos de febrero a abril. En la Región Climática de la Vertiente Caribe las precipitaciones de mayo a julio se ubican por encima de lo normal. Otro efecto es la disminución de frentes fríos.”*

El Niño en Costa Rica está asociado por antecedente con el calentamiento anormal de las aguas del Océano Pacífico, lo que consecuentemente produce una disminución significativa de las precipitaciones en la Vertiente Pacífica y en buena parte del Valle Central; así como contrariamente, la generación de lluvias intensas en la Vertiente Caribe. Nótese que una unidad climática territorial pequeña como es la nacional, presenta en un mismo momento dos condiciones extremas (sequía-lluvias), lo que demuestra la importante disparidad y heterogeneidad agrometeorológica nacional, la cual forma parte ineludible del entorno productivo y ambiental nacional. Es común en eventos Niño que el periodo lluvioso en el país se torne muy irregular, prolongando el “*veranillo*” de finales de junio hasta el final de agosto, reiniciando las lluvias a inicios de setiembre y finalizándolas en octubre, lo que provoca un periodo seco largo.

El antecedente del evento climático en el país es de añejo historial y la verdad nada satisfactoria en resultados, en consideración de los impactos tenidos, graves consecuencias y pérdidas generadas en sectores sensibles como el agropecuario, el cual ha sufrido afectación severa de cultivos y emprendimientos agro empresariales de diferente naturaleza en todo el territorio nacional, como lo revelan Glantz (1982), Ramírez (1986, 1990), Fernández y Ramírez (1991), Chacón (1993), Alfaro y Amador (1996), CEPAL (1998), Stolz (1998), Alfaro (2000), Quirós (2014), Costa Rica (2014), Villalobos y Retana (2015), SEPSA (2015), Viguera *et al* (2017), León (2020), Hernández (2021), Villalobos y Retana (sf), en sus calificados planteamientos e informes técnicos.

#### Presencia en Costa Rica

El antecedente de periodos secos prolongados y con afectación notoria en el país es abundante en historia,

como revelara Ramírez (1986) al respecto, al anotar que *“El fenómeno de “El Niño” se presenta aproximadamente cada dos a siete años y su duración es variable, persistiendo por un periodo de 12 a 18 meses. En décadas recientes, el fenómeno “El Niño” se presenta en 1951, 1953, 1957, 1965, 1969, 1972, 1976, 1982 y 1986; los eventos de 1957, 1965, 1972 y 1982, son considerados como eventos mayores, sin embargo, el evento de 1982 ha sido catalogado como el de mayores consecuencias.”*

Es a partir del primer trimestre de 1997 cuando se conforma la aparición de un nuevo ciclo de alteración climática de *“El Niño”*, que se ha caracterizado como uno de los más largos e intensos del pasado siglo (Wikipedia, 2023). Asegura sin embargo Alfaro (2000), que *“...la ocurrencia de El Niño o La Niña no es periódica, en otras palabras, no ocurre un evento de este tipo cada cierto número de años. Por otro lado, a un evento El Niño no lo sigue necesariamente uno de La Niña o viceversa. Aún más, se ha encontrado que la actividad de estos eventos varía en escalas mucho mayores de tiempo, aproximadamente en forma interdecadal, siendo la actividad de los ochentas y noventas más intensa que la vista unas décadas antes.”*

#### ¿Qué efectos e impactos esperar con su presencia?

Los mayores impactos esperables por causa de la variabilidad climática provocada por el evento de *“El Niño”* son múltiples y muy variados en calidad, diversidad, magnitud y durabilidad; como lo revelan los amplios antecedentes ya conocidos.

De acuerdo con Quirós (2014) al proyectar y establecer los posibles efectos ocasionados por el fenómeno climático en el Istmo Centroamericano, se aprecia lo siguiente:

*“En Centroamérica las manifestaciones habituales que presenta el fenómeno de El Niño son:*

- *En el litoral pacífico centroamericano el calentamiento del océano, lluvias irregulares usualmente inferiores a lo normal, incremento en la temperatura del aire en la época seca, una*

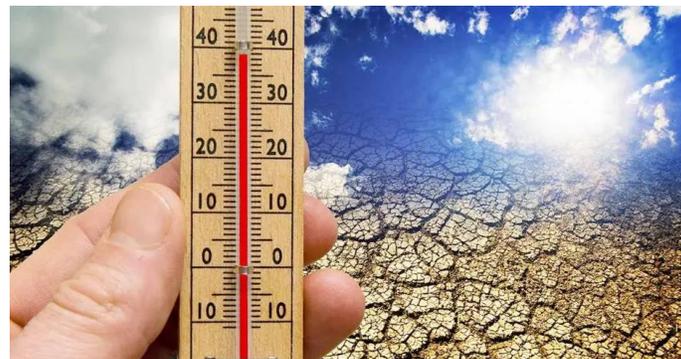
*canícula de mediados de año más intensa y prolongada y alteraciones en los vientos.*

- *En el litoral Caribe se ha observado una tendencia a un incremento en la precipitación, especialmente al iniciarse el segundo semestre del año y una actividad ciclónica menos intensa.”*

¿Cómo afecta el cambio climático al sector agropecuario? Esta es una pregunta inquietante pero necesaria plantear y contestar virtud de su realidad y expectativa actual. El CC y la agricultura están estrechamente relacionados, actuando bajo diferentes manifestaciones (Figura 2). El impacto provocado por el CC en la actividad agrícola, pecuaria, forestal y de pesca obliga a los involucrados tener que producir y operar bajo condiciones atípicas durante periodos importantes del año, en los cuales se afectan los procesos metabólicos y biológicos de animales y vegetales por efecto de los elementos del clima; lo cual provoca, si no se cuenta con las condiciones que contrarresten y mitiguen en alguna medida sus impactos, disminuciones significativas de los índices de rendimiento y productividad agropecuaria, calidad y demás actividades agroempresariales asociadas. Esos efectos provocan que los agricultores deban necesariamente adaptarse a los cambios que la situación amerita, teniendo que valorar y operar en ocasiones, nuevos sistemas, métodos, conductas y técnicas que no habían usado anteriormente, lo que tiene implicaciones importantes en las expectativas de producción previstas y esperadas.

De acuerdo con Nelson *et al* (2009) “*Los impactos del cambio climático en la agricultura y el bienestar humano incluyen: 1) los efectos biológicos en el rendimiento de los cultivos; 2) las consecuencias del impacto sobre los resultados, incluyendo precios, producción y consumo; y 3) los impactos sobre el consumo per cápita de calorías y la malnutrición infantil. Los efectos biofísicos del cambio climático sobre la agricultura inducen cambios en la producción y precios, que se manifiestan en el sistema económico a medida que los agricultores y otros participantes del mercado realizan ajustes de forma autónoma, modificando sus combinaciones de cultivos,*

*uso de insumos, nivel de producción, demanda de alimentos, consumo de alimentos y comercio.”*



**Figura 2.** Los efectos esperables son múltiples (Fuente: <https://www.larepublica.net/noticia/alerta-por-el-fenomeno-de-el-nino-estos-seran-los-efectos-mas-graves-que-provocara-en-costarica>).

Referirse a los posibles efectos e impactos que potencialmente pueden ser provocados por la presencia de “El Niño” en el país, no resultan la verdad difícil de identificar y estimar, virtud de los antecedentes y experiencias ya vividas en torno al evento climático; entre los cuales están los siguientes como más evidentes y perceptibles:

- a) Dependiendo de la intensidad del fenómeno, los mayores impactos y consecuencias provocados por la sequía se presentarán en el sector agropecuario, pesquero, forestal, el recurso hídrico y la producción de energía en el caso de la Vertiente Pacífica y el Valle Central.
- b) Se espera una significativa reducción en la oferta de agua precipitada inducida por disminución e irregularidad del patrón normal y esperable de lluvias en la segunda mitad del año, con presencia de muchos días secos o “veranillos”.
- c) Se tendrán eventos lluviosos de fuerte intensidad, pero de corta duración que perjudican y distorsionan la infiltración de aguas de escorrentía, con las graves consecuencias asociadas; lo que se espera ocurra a lo largo de la costa Pacífica y el Valle Central.

- d) Ocurrirá un aumento significativo en las temperaturas (°C), especialmente las máximas.
- e) La cobertura de nubes posiblemente será menor lo que se asocia con una alta radiación.
- f) Habrá un descenso en la humedad relativa (%) atmosférica por lo anteriormente mencionado.
- g) Es posible observar un incremento en la incidencia de tormentas eléctricas.
- h) La formación de los ciclones tropicales en el océano Atlántico, Mar Caribe y el Golfo de México podrían distorsionarse hacia la baja.
- i) En contrario es de esperar un aumento importante en el patrón de lluvias en la Vertiente del Caribe (Niña) luego de julio, con potenciales inundaciones y afectación de la infraestructura en las zonas más bajas.
- j) La estación lluviosa 2023 observará posiblemente una salida muy prematura.
- k) Se proyecta por causa de lo anterior una mayor necesidad y menor disponibilidad de agua en el verano 2024.

Genéricamente la afectación potencialmente esperada por la presencia del fenómeno de “El Niño” se manifestará en la Vertiente Pacífica por medio de sequías que dañan y destruyen cosechas, provocan muerte de ganado vacuno, daños a los ecosistemas del bosque seco, déficit severo de agua, pérdidas económicas por ingresos no percibidos, reducción del rendimiento competitivo en los cultivos desarrollados en condición de secano sin riego. En la Vertiente Atlántica-Caribe ocurrirán por el contrario fuertes lluvias, posibles inundaciones, derrumbes, destrucción de infraestructura y producción agropecuaria. En general se tendrá en el país una alta afectación por enfermedades respiratorias en personas, impacto importante a la seguridad alimentaria, incremento de los incendios forestales, destrucción de infraestructura y deterioro general de la calidad de vida de toda la población.

De manera muy puntual y específica los efectos y consecuencias esperadas por la presencia de un periodo seco prolongado sobre el sector agropecuario nacional,

pueden ubicarse por actividad como se describe a continuación:

#### A. Sector agricultura:

- ❖ Hay una pérdida importante de fuentes de agua necesarias para regar plantaciones.
- ❖ La falta de lluvia a la que se enfrentan los agricultores en regiones habituadas a precipitaciones obliga, de tener las condiciones, a incorporar riego artificial adicional para satisfacer la demanda de las plantas, lo que incrementa significativamente los costos de producción en afectación directa de la rentabilidad.
- ❖ Los niveles de producción se reducen severamente, principalmente en los sistemas carentes de riego.
- ❖ La fisiología y el metabolismo de las plantas es impactado generando condiciones inconvenientes de estrés térmico, hídrico y mineral.
- ❖ La productividad agroindustrial se ve severamente impactada afectando la tasa de retorno de la inversión.
- ❖ Se afectan significativamente los patrones de calidad y conformidad comercial de los productos (por deshidratación, quema, tamaño, peso, color, apariencia).
- ❖ La biodiversidad se ve impactada.
- ❖ Ocurre una pérdida importante de controladores naturales de plagas y patógenos.
- ❖ La incidencia de algunas plagas y enfermedades se ve favorecida e incrementada.
- ❖ Hay por consecuencia de lo anterior un incremento en el uso de plaguicidas y fungicidas.
- ❖ La disponibilidad, cantidad y calidad de agua se ve severamente reducida, lo que limita las posibilidades de regar.
- ❖ Los ciclos planificados y programados de siembra, cosecha, manejo y comercialización deben modificarse en las zonas críticas y de mayor afectación.
- ❖ Fases sensibles del ciclo vegetativo de los cultivos como germinación, ahijamiento, crecimiento y

desarrollo se ven severamente impactadas si no se dispone de agua.

- ❖ La floración y fructificación se ven afectadas afectando cultivos.
- ❖ Los cultivos permanentes o ciclo largo (café, frutales, caña de azúcar, palma aceitera) son muy afectados por la limitación presente en la disponibilidad y el abastecimiento de agua.
- ❖ La producción de semilla, almácigo y viveros se disminuye afectando por consecuencia la producción futura.
- ❖ El manejo mecanizado se ve limitado e impedido en algunas prácticas (preparación de suelos).
- ❖ La corrección de suelos ácidos y la fertilización de plantaciones comerciales se ve impedida en sistemas de cultivo carentes de riego.
- ❖ Ocurre erosión que deteriora la capacidad agroproductiva del suelo.
- ❖ Puede darse una proliferación y sobre explotación de pozos acuíferos; incurriendo inclusive en apertura ilegal de otros.
- ❖ Se habilita un proceso sistemático de desertificación.

#### B. Sector pecuario:

- ❖ Se disminuye la disponibilidad, cantidad y calidad del forraje destinado a la alimentación de bovinos, ovinos, caprinos y búfalos, entre otros.
- ❖ La mortalidad del ganado se ve incrementada.
- ❖ Los animales sufren afectación por condiciones de estrés térmico e hídrico que impacta su metabolismo, sobre todo el aviar y porcino.
- ❖ La eficiencia reproductiva animal se reduce.
- ❖ El pie de cría se ve reducido por fuerza mayor (por muerte o venta de animales).
- ❖ Hay un deterioro importante en los índices de productividad (fertilidad, crecimiento, peso, edad de matanza, etc.).
- ❖ Los costos incurridos por concepto de alimentación, agua y movilización de animales se ven incrementados.

- ❖ Los insumos de origen agrícola (maíz, soya, sorgo, etc.) empleados en la ganadería se ven disminuidos en cantidad y calidad, lo que puede elevar el precio para su adquisición.
- ❖ La productividad de miel por las colmenas se disminuye por afección de la floración.

#### C. Sector forestal:

- ❖ Los incendios forestales y las quemadas agrícolas (bosque, cultivos, pastos, residuos) se aumentan de manera importante, peligrosa y a un muy alto costo.
- ❖ Las sequías prolongadas que provocan escasez de agua generan desequilibrio en los sistemas naturales, incremento de algunas especies como ratas al nivel de plagas, enfermedades, reducción de refugios y fuentes de alimento para los animales silvestres, entre otros.
- ❖ La deforestación induce la pérdida de hábitats que reducen a su vez las poblaciones y distribución de las especies de vida silvestre.
- ❖ Acontece una reducción importante de la biodiversidad tornando los hábitats climáticamente inapropiados.
- ❖ La sequedad de la cobertura boscosa favorece la muerte de animales silvestres.
- ❖ Muchos depredadores se movilizan hacia los cultivos en busca de alimento.
- ❖ Se afecta notoriamente la calidad del paisaje en afectación directa del sector turismo.
- ❖ Se genera un depósito masivo de sedimentos en lechos de ríos y estuarios.
- ❖ La infiltración y protección de las fuentes de agua se ven afectadas.
- ❖ El uso del bosque para fines energéticos (leña, madera) se aumenta.

**D. Sector pesca:**

- ❖ En el ámbito pesquero ocurre un cambio importante en el patrón de distribución de los recursos, en especial los pelágicos (habitan en aguas medias o cerca de la superficie, en conglomerados denominados cardúmenes), que se movilizan a zonas de aguas más frías.
- ❖ Lo anterior genera una fuerte migración y movilización de cardúmenes hacia nuevas zonas buscando condiciones adecuadas para sobrevivir.
- ❖ Se da la llegada de nuevas especies tropicales que antes no estaban presentes.
- ❖ La mortalidad masiva de peces se eleva por varamiento de estos.
- ❖ La muerte de alevines afecta las futuras capturas pesqueras.
- ❖ El aumento de la temperatura provoca florecimiento de algas nocivas.
- ❖ Hay mortalidad masiva de moluscos y algas debido a su escasa o nula movilidad.

**E. Otros impactos y afectaciones:**

- ❖ Acontecen efectos sobre la seguridad y el abastecimiento de alimentos al limitar su disponibilidad en la canasta básica.
- ❖ El consumo familiar (autoabastecimiento) en el grupo campesino se impacta con afectación alimentaria y socioeconómica.
- ❖ El eventual aumento de los precios de los alimentos en los mercados internacionales se traslada y proyecta al mercado local.
- ❖ El precio de los alimentos se eleva, limitando el acceso por las clases de menores recursos (León, 2014).
- ❖ Favorece la diseminación de enfermedades graves como malaria, dengue, cólera y brotes de diarrea, entre otras.
- ❖ Los efectos de la sequía, el estrés hídrico y térmico sobre la salud y la alimentación, provocan

afectación sobre la capacidad y eficiencia laboral del personal involucrado.

- ❖ Hay disminución en la afluencia turística.
- ❖ Las fuentes y opciones laborales se reducen por falta de trabajo.
- ❖ El personal ocasional de campo percibe menores ingresos por limitaciones de trabajo.
- ❖ Ocurre migración de personas por falta de oportunidades de empleo.
- ❖ Productores y agroempresarios pueden perder su condición de sujetos de crédito ante el sistema bancario por dificultades para enfrentar y cumplir a cabalidad sus compromisos financieros.
- ❖ Puede ocurrir en condiciones extremas transferencia de enfermedades por uso común y compartir animales y personas las fuentes de agua.
- ❖ Ocurre racionamiento y afectación de los servicios básicos como agua y luz.

Las pérdidas económicas atinentes al CC ocurren y se manifiestan por su exposición abierta, principalmente en impactos agrícolas que pueden estimarse o cuantificarse de forma más o menos directa, como ocurre por ejemplo con la pérdida de siembras nuevas y cosechas; o también mediante la revisión de registros históricos valuando la cantidad de personas desnutridas debido a las sequías asociadas con fenómenos como “*El Niño*”. Sin embargo, hay otros impactos más difíciles de estimar y calcular y que hasta hace poco no se relacionaban y vinculaban con el CC.

Cuando las cosechas se pierden por causa de sequías o inundaciones como aconteció en el 2019, cuando se perdió alrededor del 70% de los cultivos en Centroamérica a causa de fenómenos meteorológicos extremos (ATAM, 2023); no solo se incrementa el hambre en el corto plazo o de forma inmediata, sino que las vulnerabilidades socioeconómicas continúan activas en el mediano y largo plazo, impactando los medios de vida, la toma de decisiones agrícolas y la toma de riesgos de las comunidades vulnerables.

Con la presencia de algunos fenómenos intensos de “*El Niño*” en el país, se ha llegado a niveles de hasta un 35 o

un 40% de déficit hídrico en las regiones del Pacífico y el Valle Central, con fuertes impactos en la agricultura y la ganadería; pero otras veces el comportamiento ha superado los parámetros esperados, como ocurrió en el 2019 cuando la sequía fue máxima (Solano, 2023).

### ¿Cómo se afecta la caña de azúcar?

El cultivo de la caña de azúcar es conocido mundialmente por ser una planta rústica, resistente, tolerante y muy adaptable a condiciones adversas que le permiten prosperar exitosamente donde otras no subsisten o lo hacen con extrema dificultad. Esa propiedad no es casual ni tampoco fortuita pues está asociada directamente con las excepcionales características, cualidades y atributos naturales que posee la planta de caña en lo referente a componente génico (poliploide), disponibilidad de estructuras anatómicas especiales (sistemas radical, foliar, tallo) y, particularmente, su sobresaliente y eficiente aparato fotosintético (tipo C4), lo que actuando integralmente y de manera articulada generan una capacidad que provee ese particular y especial potencial adaptativo, como lo destacara Chaves (2018, 2019a, 2020f, 2023).

Como acontece con cualquier ser vivo, en este caso vegetal, la insuficiencia de un elemento esencial y tan vital para su sobrevivencia como es el agua provoca en la planta de caña efectos detrimentales e impactos muy significativos en varios ordenes (metabólico, productivo, industrial, económico). Algunas de esas afectaciones son de carácter irreversible pues condicionan y determinan el estado de los indicadores básicos de productividad agroindustrial medidos por la cantidad de caña producida (t/ha), la sacarosa concentrada y recuperada (kg/t), el azúcar fabricada (t/ha) y la melaza recobrada (kg); así como también la calidad de los jugos contenidos y extraídos valorados por su contenido de brix (%), sacarosa (%), pureza (%), contenido de fibra (%) en caña y el pol (%) en caña, entre otros.

La magnitud de los daños que puede provocar la insuficiencia hídrica en una plantación comercial y competitiva de caña de azúcar puede alcanzar y llegar a

inducir estados variables de “estrés fisiológico”, ubicados por la dimensión del impacto entre leves a severos, con daños en la misma magnitud. No puede ignorarse, además, que un evento climático como el provocado por el fenómeno de “El Niño” está asociado directamente con varios elementos del clima primordiales, como son agua, temperatura, viento, humedad, luz y radiación. Por dicho motivo cuando del “Niño” hablamos, no cabe duda de que la afección biológica actúa a través de esos elementos generando condiciones de estrés hídrico por falta de agua (Chaves 2020c), por calor por las altas temperaturas (Chaves 2020b), daño físico y desecamiento por viento (Chaves 2020d), lo cual irremediablemente conduce a generar una condición de estrés mineral general (Chaves 2020e) en la plantación al verse afectada la absorción de nutrimentos.

Puede asegurarse que a pesar de las condiciones naturales favorables que presenta la planta de caña como ser biológico, los impactos que un estado de insuficiencia hídrica puede provocar en una plantación comercial es muy importante en todos los ámbitos, sean éstos productivos, técnicos o financieros; lo cual irá en relación y proporción directa con la duración, intensidad y severidad de los efectos.

Un detalle resumido de los principales impactos que pueden ser potencialmente provocados por la presencia de “El Niño” sobre una plantación comercial y competitiva de caña de azúcar que no cuente con riego (Figura 3), son entre otros los siguientes:

- 1) Los planes de siembra, manejo y cosecha se distorsionan, cambian y modifican según las necesidades y posibilidades de reacción.
- 2) Se obstaculizan y dificultan las labores de preparación de los suelos y manejo agronómico general de las plantaciones.
- 3) La corrección de suelos ácidos mediante encalamiento se ve impedida por falta de humedad.
- 4) La corta de semilla en edad apropiada (6-8 meses) se altera al carecer de suficiente tejido, afectando su calidad.

- 5) Se afecta severamente la germinación de las yemas en la semilla (esqueje), provocando desuniformidad y pérdida de material vegetativo.
- 6) La brotación de yemas se ve impedida y limitada.
- 7) Se torna necesario tener que recurrir posteriormente a la práctica de la “*resiembra de plantaciones*” para resolver los problemas de germinación, lo que incrementa los costos asociados.
- 8) La fase de “*amacollamiento*”<sup>1</sup> en plantaciones nuevas es afectada con proyección negativa sobre la productividad agrícola e industrial.
- 9) El “*ahijamiento*” es impactado perdiendo muchas plántulas que definirán el tonelaje de la cosecha futura.
- 10) El “*retoñamiento*” en plantaciones recién cosechadas es impactado negativamente.
- 11) Los programas de nutrición y fertilización se alteran por falta de humedad en el suelo y los tejidos.
- 12) Ocurre una distorsión y desequilibrio general del sistema fotosintético con fuerte afectación fisiológica y metabólica.
- 13) La condición hormonal de la planta se ve intervenida y muy desequilibrada con consecuencia en procesos y actividades vitales.
- 14) El ritmo de crecimiento vegetal es impedido significativamente y hasta detenido por afectación de los procesos de división celular.
- 15) El engrosamiento y elongación de los tallos industrializables se afecta por la misma causa.
- 16) La plantación comercial sufre una afectación general por causa del déficit hídrico con alcances fisiológicos graves difíciles de resolver (Cadet 2019; Oviedo 2021).
- 17) Por falta de alimento en el medio, las plagas incrementan su nivel de daño, pues buscan en tejidos tiernos su fuente energética.
- 18) Plantas débiles favorecen y permiten la presencia y afectación por patógenos.
- 19) Ocurre un posible aumento de las poblaciones de roedores y serpientes con implicaciones en la salud y la producción.
- 20) La floración es intervenida en su fisiología eliminando la emisión de la inflorescencia.
- 21) El desarrollo general del cultivo se ve impactado de manera individual y acumulativa en todas las fases del ciclo vegetativo (Chaves 2019a).
- 22) La calidad de los jugos es intervenida y afectada negativamente por inversión.
- 23) Se producen tallos molibles con menos jugo, teniendo que procesar más materia prima para obtener el mismo volumen de jugo en tanque.
- 24) La calidad de la materia prima producida, cosechada y procesada en la fábrica es muy deficiente (Chaves 1984, 2019f, 2020aj).
- 25) Las plantas pierden peso y con ello tonelaje (t caña/ha).
- 26) El contenido de fibra de la planta puede elevarse en afectación directa de los jugos.
- 27) Las altas temperaturas diurnas y nocturnas poco o nada contribuyen con la maduración natural de la plantación (Chaves 2019def).
- 28) La cantidad de sacarosa concentrada en los tallos molibles y recuperada en la fábrica (kg sacarosa/ t caña) puede ser menor (Chaves 2020j).
- 29) La cantidad de azúcar fabricada en el ingenio (t/ha) es inferior por la conjunción de las razones anteriores.
- 30) Puede darse una mayor cantidad de miel final o melaza (kg) por presencia de azúcares reductores (glucosa, fructuosa).
- 31) La plantación queda en estado de alta susceptibilidad y riesgo de sufrir quema vandálica o no programada y prevista, pudiendo perderse.
- 32) El impacto por sequía es muy alto en plantaciones en ciclo de retoño (soca).

<sup>1</sup> Nota del editor: el término “amacollamiento” es una forma coloquial para referirse al estado de desarrollo del cultivo de la caña de azúcar en la que se produce la proliferación de tallos

laterales y la conformación de la cepa durante la fenología. También se le denomina “macollamiento”, “encepamiento” o “ahijamiento”.

- 33) La proyección de uso y vida comercial de la plantación ( $\geq 5$  cosechas) puede verse significativamente reducida al alcanzar niveles antieconómicos por baja rentabilidad.
- 34) El riesgo por accidentabilidad laboral se incrementa por lo inconveniente y agreste del entorno agroproductivo.
- 35) La condición ambiental adversa, desagradable y adversa favorece la ineficiencia en la ejecución y calidad de las actividades de campo.
- 36) Hay distorsión laboral por alteración de los planes originales de siembra, manejo y cosecha que pueden provocar y llegar hasta el despido de personal.
- 37) Muchas inversiones pierden rentabilidad.
- 38) Los costos de producción y fabricación podrían verse reducidos, pero más aún la proyección de los ingresos percibidos, lo que genera una tasa de retorno inferior a lo previsto originalmente pudiendo llegar a ser hasta negativa.
- 39) La rentabilidad general de la agroempresa se ve severa y significativamente afectada e impactada.

La situación con la caña de azúcar se torna más preocupante si consideramos que las plantaciones comerciales están dispersas y distribuidas por todo el territorio nacional, por lo que están sometidas a condiciones muy disímiles y heterogéneas en lo edáfico, lo climático, comercial, financiero, tecnológico y social; por lo que en el presente caso el impacto por sequía y déficit hídrico (Niño) o exceso de humedad (Niña) es esperable ocurra según sea la condición del cultivo y la región geográfica. Por su alta sensibilidad fisiológica la planta de caña mantiene un estrecho vínculo y dependencia con los elementos del clima, lo que condiciona varios mecanismos y actividades metabólicas importantes (germinación, ahijamiento, retoñamiento, encepamiento, crecimiento y maduración), al estado y condición de estos y la localidad donde se ubiquen las unidades productivas, como lo apuntan Chaves (2019bcf, 2020gh), Lutz (2017) y Vignola *et al* (2018).



**Figura 3.** Condición de sequía severa en plantaciones comerciales de caña de azúcar.

### ¿Qué hacer para contrarrestar efectos e impactos?

De acuerdo con la información meteorológica disponible y ante la inminente ocurrencia del evento climático a partir de la segunda mitad del presente año, resulta imperativo, obligado y responsable anticipar los efectos, impactos y posibles consecuencias; adoptando para ello con carácter emergente un enfoque estratégico de prevención de riesgos, dotado de un marco de acciones regulatorias, con asignación de acciones y responsabilidades específicas y diferenciadas, y metas intermedias para reducir y mitigar algunas de las consecuencias que se estima, podrían ocurrir.

Cuanto antes se adopten e implementen las medidas preventivas que permitan reducir y atenuar los posibles impactos que podría provocar un estado permanente de

sequía; y cuanto más específicas y efectivas sean las mismas en lo técnico, lo productivo, lo económico y lo social, menores serán las consecuencias que tendrá ese evento sobre los intereses del sector agropecuario nacional.

Sin embargo, dado que es esperable e inevitable que se produzcan a futuro nuevos cambios en las condiciones del clima, inclusive más intensos y de mayor magnitud en sus impactos y consecuencias, las medidas de adaptación resultan también imprescindibles de adoptar. Puede asegurarse que lo que permita contrarrestar en alguna medida los impactos de “*El Niño*”, también favorecerán la lucha contra el CC. En esta materia tan compleja se acepta y reconoce que las medidas tendentes a confrontar el CC y fomentar el desarrollo sostenible, la ecoeficiencia agroproductiva y la eco-competitividad en el agro comparten algunas medidas y metas importantes, como son el acceso fácil, equitativo y efectivo a los recursos disponibles, a las tecnologías más adecuadas y efectivas y al empleo de sistemas de producción más sostenibles y equilibradas.

Algunas medidas de atenuación se ha comprobado que son beneficiosas para reducir y mitigar impactos climáticos, como acontece con las vinculadas con la adopción de nuevos y modernos enfoques de utilización de la tierra como factor socioeconómico y el suelo como substrato; como son por ejemplo, reducir y controlar la expansión agrícola y urbana hacia los ecosistemas sensibles y hábitats naturales, practicar la forestación y la reforestación de áreas con potencial, intensificar los esfuerzos por evitar la deforestación, incentivar la agrosilvicultura (sistema productivo que integra cultivos, árboles, ganado y pastos en una misma unidad productiva), evitar las quemas, proteger el recurso hídrico y contrarrestar la erosión mediante prácticas de conservación, proteger la biodiversidad, desarrollar una iniciativa de zonificación agroecológica, implementar sistemas agroecológicos, atender y restablecer tierras subutilizadas y suelos degradados. Asimismo, la adopción de medidas que favorezcan el secuestro de carbono (recarbonización) en terrenos de uso agropecuario, la

reducción, optimización y uso eficiente de los fertilizantes nitrogenados, el empleo de abonos y uso de piensos que incrementen la eficiencia digestiva animal, entre otros, son efectivos.

La presencia de eventos climáticos como “*El Niño y La Niña*” generan, potencian y accionan una serie de problemas y graves afectaciones en la agricultura que los productores, agroempresarios y administradores de las explotaciones deben insoslayablemente abordar, atender y procurar de la mejor forma posible resolver; muchas veces con recursos muy limitados, ineficientes e insuficientes. Adoptar una estrategia, un plan de acción y medidas tácticas de adaptación de la agricultura al CC, así como ante eventos de variabilidad climática como “*El Niño*”, es determinante para tener éxito en este enorme desafío ambiental y productivo. Hay que tener presente y tomar en cuenta que las medidas de adaptación al Cambio Climático en la agricultura no son infalibles de por vida, ni tampoco son las mismas y aplican con igual eficiencia para todos los casos y condiciones; pues tienen necesariamente que adaptarse a cada situación particular, considerando la presencia de variables sensibles y cambiantes como las condiciones climáticas o las necesidades específicas de los cultivos y animales que se van a intervenir y desarrollar.

Los efectos, impactos y consecuencias del CC y en particular de la sequía esperable próximamente pueden atenuarse y mitigarse de manera importante, adaptando con la previsión necesaria y razonable, inversiones y prácticas de agricultura sostenible y de precisión. Los cambios y ajustes a los sistemas de producción establecidos deben ser puntuales, permanentes, sistemáticos en su implementación y efectivos en sus resultados; considerando siempre que el tiempo para ejecución es fundamental, pues no pueden ni deben por razones obvias, adoptarse medidas días antes de ocurrir el evento, lo que obliga incuestionablemente a la prevención y la planificación.

Pretender contrarrestar con algún éxito efectos detrimentales provocados por las altas temperaturas, la insuficiencia hídrica, el viento desecante, la presencia de estados de baja humedad ambiente, alta radiación, baja

nubosidad, alta evapotranspiración y condiciones de estrés fisiológico importante, no resulta fácil de lograr, pues en cultivos extensivos como la caña de azúcar, el café y la actividad ganadera el área de cobertura por intervenir es, como se indicó, muy heterogénea y extensa. Sin embargo, algunas opciones y acciones destinadas a mitigar en alguna medida los impactos del Cambio Climático y el fenómeno de “El Niño” en la agricultura son entre otras, las siguientes:

### 1) Disponer de información agrometeorológica oportuna y de calidad

Costa Rica dispone de un eficiente sistema público de información meteorológica que puede ser accesado con relativa facilidad para saber con buena especificidad geográfica y aproximación técnica sobre las condiciones del clima actual con proyección futura; el cual puede y debe ser aprovechado por los agricultores y las organizaciones. Una buena gerencia y actitud administrativa positiva accesa y aprovecha estas ventajas en su favor.

No es de recibo, por tanto, que una organización, grupo productivo, productor o empresario serio y responsable no disponga hoy día de información climática de calidad de su región, zona y localidad; la cual, en su dimensión es tan importante y trascendente como la referente a costos de producción, mercados y precios de venta. Hoy día los viejos y tradicionales antecedentes calendario de lluvias, las “pintas”, las expectativas basadas en la “experiencia”, las miradas suplicantes al cielo y otras valoraciones empíricas y hasta folclóricas están superadas y son insuficientes como criterios interpretativos para tener alguna probabilidad aceptable de lo que puede ocurrir. Hay que comprender que el CC lo modificó todo y solo los criterios modernos basados en mediciones, valoraciones y proyecciones probabilísticas pueden aportar alguna certeza a lo que podría ocurrir eventualmente a futuro con el clima de una localidad.

Es inadmisibles hoy día que un fenómeno (Niño/Niña) cada vez más habitual y uno de los más comunes causados por el CC en el país, resulte sorpresa para cualquier productor

agropecuario. Para todo agricultor, es vital y obligado estar siempre atento y debidamente informado en torno a la posible ocurrencia de este tipo de cambios para adoptar las medidas que le aseguren alcanzar un alto rendimiento agroindustrial en las actividades de campo que desarrolle y, poder realizar con ello, una gestión más eficiente y efectiva. Al menos se debe evitar tener un desastre productivo y agroempresarial por pérdida de cosechas, animales e inversiones. En general, apoyarse en herramientas meteorológicas modernas es lo ideal cuando se trata del cambio climático y la agricultura; lo cual es obligado para los grupos de productores organizados.

Poder contar con datos históricos sobre precipitaciones acumuladas, precipitaciones diarias, temperaturas diarias, suma de temperaturas activas, periodos secos o lluviosos (temporales), condiciones de luminosidad y nubosidad, permiten entender el patrón climático del lugar donde se ubica la unidad agroproductiva. Disponer de datos de estrés por calor y estrés hídrico es importante debido a que los cambios en la temperatura y la humedad son críticos para la salud y el crecimiento de plantas y animales, lo que obliga a los agricultores a estar preparados para hacer frente a la ocurrencia de esta amenaza en cualquier momento. El análisis de campo basado en imágenes satelitales y uso de drones con lecturas de alta resolución permiten detectar los cambios al momento en tiempo real.

### 2) Prepararse para los cambios meteorológicos

De nada vale contar con la mejor información climatológica si no se está dispuesto y en condición de adoptar con la pertinencia, tiempo, prioridad, recursos y efectividad necesarias las medidas que permitan contrarrestar y mitigar en alguna medida los efectos e impactos por venir. En la realidad del campo muchos de los eventos pueden ser conocidos y esperables, pero otros, surgen de manera imprevista e inesperada, lo cual amerita adoptar y practicar una conducta preventiva y preparatoria que minimice la “sorpresa climática” como factor de impacto y de pérdida.

La previsión meteorológica implica necesariamente contar con datos confiables y probabilísticamente representativos de la temperatura del aire, las precipitaciones esperables, la luz y la radiación, el viento, la humedad ambiente, la evapotranspiración y el grado de nubosidad potenciales en el lugar de producción. Con esos y otros datos, los agricultores pueden prepararse y programar actividades de campo como preparación de suelos, siembra, mecanización de labores, aplicación de fertilizantes y agroquímicos, manejo agronómico de plantaciones, uso de riego y drenaje de terrenos, cosecha y, en consecuencia, planificar todo el ciclo fenológico y de labores de una plantación o explotación pecuaria; evitando en alguna medida pérdidas por causa de la improvisación y falta de previsión.

### 3) Planificación y programación ajustada a realidades

La eventual llegada de un evento climático extremo sea provocada por sequía, excesos de lluvia (temporales, inundaciones), periodos de altas o bajas temperaturas, tormentas tropicales, huracanes, o cualquier otra manifestación agrometeorológica similar, debe obligadamente conducir a los potenciales afectados a revisar, adecuar, ajustar e incorporar con premura y eficiencia los cambios y acomodos que resulten pertinentes y convenientes para adaptarse a esa nueva realidad. En una zona tropical como la que determina el clima del país, productores y empresarios agropecuarios deben tener siempre dispuesto un “Plan B” para enfrentar y atender la posible ocurrencia de estas situaciones. Los antecedentes nacionales revelan que siempre se tendrá algún cambio de fondo en el comportamiento del clima, lo cual es ahora más frecuente y no debe pasar desapercibido. Quién no se prepara y planifica sufre y pierde.

### 4) Instalar sistemas de riego efectivos

Incuestionablemente la mejor y más efectiva forma de atender la insuficiencia y carencia de agua de un sistema es proporcionándola; lo cual no es fácil ni tampoco barato pues requiere criterio técnico sofisticado y alta inversión

para adquisición, instalación, implementación, aplicación y mantenimiento del sistema. En el país se emplean por lo general y con diferente intensidad tres sistemas conocidos de riego, como son: gravedad, aspersión y goteo. En caña de azúcar se cuenta con los tres métodos siendo mayoritario el de gravedad, empleando la modalidad del “riego por ventanas” mediante tubería movable.

### 5) Mejorar la eficiencia del riego

El riego es sin duda necesario y vital para las plantas y animales para crecer y desarrollarse de forma estable, rentable y satisfactoria; especialmente cuando el clima provoca que haya menos precipitaciones de las habituales generando estados de insuficiencia y hasta estrés cuando es severo. Para asegurarse de que las plantas y animales reciben el agua que necesitan, existen sistemas de riego mejorados que proveen el líquido en forma efectiva, eficiente y económica. En los cultivos el riego por goteo proporciona la humedad necesaria a las plantas sin sufrir pérdidas importantes ni gasto extra. Para mantener la humedad, también es efectivo practicar el acolchado o el uso de los residuos de cosechas en el suelo, de modo que la humedad se mantenga por más tiempo.

La eficiencia en el uso del agua tiene varias implicaciones asociadas directamente con varios indicadores que la determinan y condicionan, como son: a) contar con agua de alta calidad, b) disponer del equipo requerido y necesario (tubería, filtros, etc.), c) utilizar el método más apropiado y efectivo para la condición particular (aspersión con viento es ineficiente; gravedad en suelo arenoso también), d) conocer las necesidades fisiológicas de la planta (Kc) o animal en sus diferentes fases fenológicas del ciclo de vida, e) determinar la lámina de agua necesaria (cm), f) conocer la distancia (m) de riego efectiva acorde con el cultivo y las condiciones edafoclimáticas del lugar, g) saber la frecuencia (días) de riego necesarias y h) determinar y conocer el grado de evapotranspiración en la plantación, entre otros.

### 6) Garantizar un drenaje compatible con el ecosistema

En definitiva, uno de los principales problemas provocados por el CC en la agricultura se asocia y centra en el exceso o la falta de agua; además del efecto estresante de las temperaturas. Un terreno con un grado de infiltración hídrica adecuada evitará la saturación, el “encharcamiento” y las inundaciones en el campo como consecuencia de lluvias torrenciales o de mucha duración; así como evitar las pérdidas innecesarias e inconvenientes de agua en los sistemas de riego. Con una gestión sensata, razonable, técnica y adecuada del recurso hídrico, no solo se hace frente a la degradación y erosión del suelo, sino que también se garantiza la existencia de agua suficiente para el riego y el consumo humano e industrial. Para evitar desperdiciar y malgastar el agua, hay que proveer suficiente líquido a las plantas, pero sin incurrir en excesos; impidiendo adicionalmente que el drenaje contribuya en provocar la pérdida por escorrentía e infiltración de agroquímicos y fertilizantes que puedan contaminar (DBO, DQO) las masas de agua cercanas, lo cual es más preocupante en las zonas de alta precipitación o durante la ocurrencia de eventos “Niña”. El riego debe estar obligadamente vinculado con el drenaje.

### 7) Sembrar oportunamente en condiciones favorables

No parece nada complejo, sin embargo, como toda actividad biológica que tiene que cumplir y respetar obligadamente ciclos vegetativos y fases fenológicas naturales, la agricultura opera bajo actividades y labores que programadas o no deben necesariamente acompañarse, ejecutarse y cumplirse cabalmente para evitar incurrir en inconvenientes desfases técnicos, comerciales y biológicos (Chaves 2019a). Los cultivos se deben establecer en la medida de lo posible cuando se cuenta con agua o facilidades de riego en la época recomendada, evitando incurrir en desfases inconvenientes que distorsionen lo programado. Una de esas actividades es la vinculada con los periodos de siembra que condicionan y determinan a su vez los de cosecha, los cuales en muchos casos se vinculan y asocian

con otros procesos y encadenamientos de la cadena agroproductiva, agroindustrial o agro comercial. El caso de la caña de azúcar es muy particular en este sentido, pues un desfase en siembra o en cosecha afecta la totalidad del ciclo vegetativo de la plantación, pudiendo afectar la etapa de maduración y corta del cultivo, por ejemplo, lo que debe calendarizarse y conciliarse con el periodo de molienda y fabricación del ingenio (Chaves 2019ef, 2020hi).

Este condicionante provoca que las siembras previstas realizar en periodos críticos de clima, como acontece con la presencia del fenómeno “Niño/Niña” se valoren en toda su dimensión, virtud de los posibles impactos que podrían darse y de hecho ocurrirán en alguna magnitud, aun contando con la ventaja de disponer de un sistema de riego y drenaje apropiado. Es por ello necesario tener conciencia, conocimiento y certeza del alto riesgo que se asume en realizar nuevas siembras sabiendo de la eventual ocurrencia de esos eventos climáticos, sobre todo en siembras de secano sin riego, lo que amerita y obliga adoptar todas las acciones preventivas que mitiguen en alguna medida los impactos y efectos productivos esperables.

El tema no es fácil de abordar y conciliar sobre todo en cultivos de ciclo corto o muy sensibles como hortalizas, granos, flores y ornamentales; pues si no se siembra no se cosecha y, si no se cosecha no se perciben ingresos, generando un serio problema socioeconómico al productor y sus familias. En el caso de plantas perennes, semiperennes más rústicas o de ciclo largo como frutales, palma aceitera, caña de azúcar, café, musáceas y también animales, el manejo prudente y preventivo resulta obligado pues la labor por desarrollar es más de acompañamiento. En caña de azúcar se debe prestar atención a la fase de retoñamiento pues poco puede hacerse.

La movilización de calendarios de siembra y cultivo es una posibilidad de solución, sin embargo, debe ser muy bien conceptualizada, planificada y ejecutada, caso se adopte como medida de mitigación y adaptación para confrontar los eventos climáticos previstos ocurrir.

**8) Preparar el suelo de forma apropiada**

Vinculado con el punto anterior es claro que preparar terrenos en condiciones secas no es conveniente si no se cuenta con la humedad necesaria, pues el movimiento de tierra provoca pérdidas por evaporación de la limitada humedad contenida en el suelo, favoreciendo su más rápido desecamiento con afectación directa de la germinación de la semilla. La primera medida por adoptar es procurar realizar una labor de preparación que implique y provoque la menor intervención y movilización de tierra restringiéndola apenas a la capa superficial y lo estrictamente necesario.

**9) Practicar labranza mínima o no labranza**

La agricultura sin labranza con ruptura profunda y movilización de tierra es una práctica de gestión del campo que opera con una alteración nula o mínima del suelo, lo que evita la erosión y favorece que la humedad y el carbono no escapen a la atmósfera contribuyendo con los GEI, estimulando por el contrario su recarbonización, lo que resulta beneficioso en relación con el cambio climático y la agricultura, como lo señalaran LAICA (2022abc) y Chaves (2022ab). Con este método de laboreo un tanto tradicional se reduce adicionalmente el uso de insumos en las actividades de labranza, el suelo no se degrada y no es necesario mantener un costo elevado por adquisición, uso y mantenimiento de equipo mecánico. Como toda práctica es necesario valorar muy bien con objetividad su posible empleo, pues también posee limitaciones importantes que considerar, sobre todo si se pretende emplear en áreas extensas de terreno, lo que la distingue con potencial para utilizarse en condiciones muy especiales y particulares.

**10) Emplear semilla de calidad**

Esta acción no está condicionada ni ceñida a la presencia de algún evento o expectativa climática extraordinaria, pues constituye una necesidad técnica y una obligación empresarial aplicarla siempre. Una semilla de alta calidad y pureza genética provee vigor, mayor capacidad de germinación y tolerancia a condiciones adversas; respecto

a otra limitada y sin condiciones para adaptarse y desarrollarse en condiciones adversas.

**11) Utilizar plantas y variedades tolerantes**

El dinámico desarrollo tecnológico ha permitido generar materiales genéticos diferenciados no solo por su potencial productivo, sino también por su resiliencia y capacidad de adaptación a condiciones especiales de los entornos agroproductivos donde se desarrollan, algunos extremos por su condición, como es el caso de cultivo en suelos ácidos y básicos, substratos compactados, con altas y bajas temperaturas, tolerantes a sequía y alta humedad en el suelo, adaptables a luz y viento variable, entre otras.

Esa ventaja debe conducir a los productores a consultar, informarse y programar cultivar y emplear no solo plantas sino también variedades tolerantes a las condiciones limitantes particulares de su entorno productivo natural, sea este seco o húmedo. Puede sacrificarse productividad ganando tolerancia lo que reduce el riesgo de pérdida productiva y económica.

**12) Nutrir y fertilizar cuando se debe y puede**

La nutrición integral de un cultivo como la caña de azúcar se relaciona con dos prácticas necesarias y vinculadas entre sí, como son: 1) corrección y acondicionamiento de suelos ácidos mediante encalamiento y 2) adición de nutrimentos esenciales sea mediante bioinsumos, abonos o fertilizantes de síntesis química vía suelo o foliar. Ambas prácticas requieren obligadamente contar con una condición hídrica adecuada, tanto en el suelo como en los tejidos de la planta, que favorezcan las reacciones químicas y fisiológicas asociadas, respectivamente. En el caso de una sequía prolongada como la anunciada, la expectativa de lograr una nutrición integral resulta difícil de concebir si no se cuenta con riego, y, aun así, el estrés por calor y viento está presente. La situación por venir no es fácil de atenuar y menos de eliminar. Encalar y fertilizar sin humedad es un contrasentido que provoca pérdidas y baja actividad y efectividad de los productos incorporados. En algunos casos especiales de estrés extremo puede resultar mejor revisar prudentemente la posibilidad de

fertilizar, pues la planta esta debilitada y muy susceptible a sufrir otros impactos.

### 13) Aplicar agroquímicos con prudencia

Las actividades productivas y plantaciones ya establecidas como también las previstas sembrar y emprendimientos pecuarios por desarrollar, deben mantener su nivel de asistencia técnica y manejo agronómico normal, entre los que el uso de agroquímicos (plaguicidas, fungicidas, antibióticos, vacunas, etc.) es habitual. La condición de estrés prevaleciente y el posible estado de debilidad que pudieran mantener las plantas y los animales tornan prudente, sensato y juicioso hacer una valoración objetiva sobre el uso racional de los agroquímicos por aplicar, pues su adición podría resultar contraproducente al objetivo pretendido originalmente.

### 14) Manejo de plantaciones por necesidad

Vinculado con el punto anterior no es conveniente bajo ninguna razón o circunstancia dejar de prestar el manejo y la asistencia técnica que cualquier ente vivo requiere, sea vegetal o animal, pues podría agravar aún más la condición de estrés en que se encuentre. La revisión y supervisión permanente es necesaria buscando incorporar medidas que: a) eviten la pérdida de humedad del suelo, b) favorezcan la aireación y eviten el sobrecalentamiento, c) protejan contra el viento, el calor y la radiación directa, d) provean hidratación permanente, e) contribuyan con la suplencia de nutrientes y alimentos y f) mantengan el activo vegetal en un estado comercial competitivo, entre otros.

### 15) Actuar por conveniencia y necesidad

Debe tenerse previsto que algunas veces será obligado tomar decisiones difíciles por conveniencia comercial y actuar por necesidad extrema para no perder lo que en un estado de normalidad es esperable. En periodos de extrema sequía, por ejemplo, ha sido necesario muchas veces tener que cortar y eliminar una plantación de caña de azúcar en fase de crecimiento, debido a que su estado vegetativo proyecta pérdidas importantes por ausencia de tallos molibles, lo que obliga a renovar. Si la condición de

una planta o animal no es la mejor y sin proyección comercial, el productor debe valorar con objetividad si prosigue o no, pues podría incurrir en gastos mayores para llegar al mismo lugar, impactando con ello la rentabilidad. Esta es posiblemente la decisión más difícil por adoptar para un agro empresario, pero está entre las posibilidades reales bajo la razón justificada de “no perder más”.

### 16) Cosechar y acumular agua de lluvia

La recolecta o denominada “cosecha de agua de lluvia” es un método efectivo y económico muy empleado en algunos países para captar agua para usar luego en el riego, especialmente en aquellas zonas afectadas por sequías recurrentes. Aunque es una forma de emplear menos recursos hídricos naturales de la zona, requiere de la creación de depósitos, represas, depresiones o puntos de contención donde recoger y almacenar el agua recolectada. Se pueden hacer reservorios de muy bajo costo utilizando plástico impermeable para captar el agua llovida. Como aspecto negativo, recoger el agua de lluvia puede llegar a afectar al nivel de aguas subterráneas, provocando un descenso en éstas influyendo en el ecosistema del lugar. En algunas regiones donde la condición y disposición del relieve lo favorece esta opción tiene posibilidades reales. Es necesario cubrir o tratar los receptorios para evitar que se constituyan en focos de mosquitos y parásitos como el dengue. La recolección de las aguas servidas puede ser practicada, lo que obliga realizar los tratamientos necesarios para descontaminar el agua y reciclarla para rehusarla en labores de campo.

### 17) Practicar agricultura de precisión

Implementar y practicar agricultura de forma inteligente y precisa es un avance tecnológico importante entre las soluciones vigentes para regular e influir favorablemente en la relación entre agricultura y CC. La agricultura de precisión es un tipo de gestión de la información cuyo objetivo inmediato es mejorar los índices de calidad y productividad agrícola reduciendo el impacto ambiental. Se basa en la gestión de mejora de las unidades productivas orientada al ahorro de recursos y reducción de la contaminación ambiental. En su implementación y

ejecución los agricultores se apoyan en el uso de tecnologías avanzadas, como valoraciones de campo con drones, datos obtenidos por satélite; así como programas informáticos agrícolas en línea para el procesamiento y la interpretación de la información recabada. La técnica incorpora un conjunto de inventivas diseñadas para optimizar el uso de insumos agrícolas (semillas, agroquímicos y fertilizantes) y poder en el caso de la sequía identificar las áreas de la plantación más impactadas. Las herramientas agrícolas facilitan la labor de toma de decisiones de los agricultores al detectar las zonas críticas y centrarse en ellas en lugar de tratar y desgastarse en toda la unidad productiva. Como instrumentos metodológicos para ese fin, se emplean herramientas de predicción, instrumentos de control y de decisión; donde la recolección y tratamiento de datos es primordial. La inversión es alta, pero está demostrado que su valor es retribuable y recuperado con los beneficios que genera.

### 18) Siembra de barreras vivas

El empleo de barreras vivas en zonas abiertas de alta ventosidad es muy convenientes y necesarias para evitar que el viento produzca la desecación de las plantas cultivadas, coadyuvando con una deshidratación más acelerada. Pueden emplearse plantas arbustivas de porte erecto y de rápido crecimiento y adaptación a esas condiciones como maíz o gandul, entre otras. La siembra de cercas vivas con materiales vegetales (Leucaena por ej.) que puedan servir de alimento a los animales es también muy valiosa.

### 19) Utilización cultivos de cobertura

La plantación de cultivos de cobertura ayuda a prevenir de forma natural la erosión del suelo, retener por más tiempo la humedad en el suelo y conseguir la fijación del nitrógeno; aunque también en el caso del agua pueden competir con el cultivo principal. No es conveniente dejar el suelo descubierto. Entre este tipo de cultivos destacan principalmente las leguminosas que convierten el nitrógeno atmosférico en nitrógeno procesado, para que los cultivos comerciales puedan asimilarlos y nutrirse (Chaves 2020k). Los cultivos de cobertura también sirven

como abono orgánico o material verde para forraje del ganado en condición de pastoreo.

### 20) Usar cultivos adaptativos

La adaptación de las plantas de uso agrícola-comercial a los nuevos desafíos y condiciones impuestas por el clima pasa por la modificación y adecuación de su grado de tolerancia, resistencia y resiliencia a los distintos tipos de estrés presentes en el entorno agroproductivo provocado por factores abióticos como temperaturas (choque térmico), agua, luz, viento, nutrimentos, salinidad, acidez y la anoxia por encharcamiento; como también los bióticos inducidos por plagas y patógenos. Los cultivos adaptativos son más resistentes y resilientes a condiciones climáticas desfavorables, de ahí que se recomiende su uso. Resisten mejor la sequía o el encharcamiento causado por la ausencia y el exceso de agua en el medio; además de que requieren de menos herbicidas y fertilizantes, por lo que dicha reducción de insumos químicos contribuye a la protección de la naturaleza respecto al CC.

### 21) Diversificar y usar rotación de cultivos

La rotación de cultivos es un método agrícola antiguo pero muy eficaz contra la infestación por plagas y malezas, lo que permite reducir la aplicación de productos químicos. Al diversificar cultivos se consigue estimular la biodiversidad en el ecosistema favoreciendo los ciclos de humedad en el suelo. En caña de azúcar la rotación con arroz en la región baja y seca de Guanacaste ha sido muy satisfactoria en lo técnico, productivo y financiero, como lo apuntara Chaves (2020k).

### 22) Forestar y reforestar

Las unidades de producción agropecuaria por lo general disponen de áreas con potencial para sembrar plantas, sean arbustos o árboles, que constituyen un seguro futuro contra la sequía al actuar como puntos de retención de humedad y sombra. La dimensión (m<sup>2</sup>) de esas áreas es muy variable, pero existen, lo que debe ser aprovechado para sembrar plantas con fines específicos como son: tapa viento, contención, retención de erosión y humedad,

abono verde, sombra, ornamental y hasta generadores de ingresos extras como ocurre con los frutales.

### 23) Producción en ambiente controlado

En el caso de algunos cultivos particulares es posible por sus características naturales resolver con mucha efectividad los problemas ocasionados por causas climáticas, regular y optimizar las necesidades nutricionales, hídricas y fisiológicas, reducir el uso de agroquímicos, controlar la sanidad, facilitar la cosecha y recolección asegurando la calidad final, reducir las pérdidas, acortar los tiempos, maximizar la productividad y disminuir significativamente el área efectiva requerida ( $m^2$ ); produciendo en condiciones de ambiente controlado (invernadero, laboratorio, estabulado). La inversión necesaria es alta y el manejo muy tecnificado, lo que implica que su empleo aplica para actividades selectas de alta rentabilidad.

### 24) Manejo técnico de animales

Es conveniente y prudente bajar la carga animal de la unidad productiva previo a iniciar la época crítica de sequía. Otras medidas en la misma dirección son también necesarias y efectivas, como son: elaborar pacas de heno o silos de bajo costo; dar suplementación mineral; adaptar los animales a los suplementos alimenticios de bajo costo (rastros de cultivos, cogollos de caña de azúcar y forrajes de corta); dividir los potreros en apartos más pequeños; evitar que los animales recorran distancias largas que los deshidraten y sofoquen; rotar los apartos de manera que favorezca un buen manejo de los forrajes; designar áreas apropiadas en la finca para establecer bancos forrajeros energéticos y proteicos; mantener los animales más susceptibles al calor y la sequía en potreros con mejor disposición de agua, con sombra o en corral con agua durante el día y sacarlos a pastorear durante la noche; proceder con la construcción de comederos, bebederos y saladeros en la finca; emplear en lo posible sistemas silvopastoriles asociando forrajes con árboles y arbustos comestibles.

Como se infiere de lo expuesto, la implementación de algunas de las medidas indicadas anteriormente no es mediática ni tampoco de corto plazo, sino que se proyectan hacia futuro; motivo y razón por la cual deben ser planificadas estratégicamente con la antelación debida para optimizar y maximizar su beneficio. La inversión y el costo es también muy variable dependiendo de su naturaleza, implementación y operación.

El país cuenta con la suficiente experiencia, la organización y la capacidad institucional y personal para hacer frente a eventos climáticos extremos como el esperado. Organismos como la Comisión Nacional de Emergencias (CNA), el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), los Ministerios de Agricultura y Ganadería (MAG), Ambiente y Energía (MINAE) y Salud (MINSAL), ya cuentan con la estrategia y los mecanismos probados en campo para atender con capacidad y efectividad estas eventualidades (Costa Rica, 2014).

### Conclusión

No cabe duda de que el CC que se está gestando de manera progresiva y gradual en un período de creciente demanda de alimentos, semillas, fibra, materias primas y energía, podría provocar daños irreversibles, si no se regula y controla con carácter emergente, la base de recursos naturales de la que dependen la agricultura global y nacional. Lo extraño, paradójico y preocupante es que la relación entre el CC y la agricultura corresponde a una ruta bidireccional, donde la agricultura contribuye y aporta elementos que favorecen el CC de varias formas, lo cual, en general, afecta muy negativamente a la agricultura y con ello a la población en general. Lo incongruente de esa relación es que el agro es a su vez una de las formas más efectivas para reducir y mitigar ese cambio y esa afectación, por lo que se debe trabajar fuerte y con ahínco en esa dirección.

Las predicciones y aproximaciones generadas por los modelos y las evaluaciones realizadas por los expertos en la materia indican con probabilidad alta y preocupante, de la ocurrencia próxima de un importante episodio seco en el país. La Oficina Nacional de Administración Oceánica y

Atmosférica de los Estados Unidos (NOAA, por sus siglas en inglés) y confirmado luego por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), anunció el pasado 11 de mayo, que existe ya un 90% de probabilidades de que aparezca el fenómeno de “El Niño” entre mayo y junio con persistencia hasta el otoño del hemisferio norte del 2023. Se proyecta que en el caso del Continente Americano las condiciones cálidas y secas se presentarían este año con más intensidad desde el norte de Brasil hasta Centroamérica (Arce, 2023). Los problemas de sequía están siendo actualmente proyectados con alcance y efectos mundiales y no apenas regionales, lo que magnifica la dimensión del evento climático presente. En China se habla de un avance consistente y persistente de la desertificación de sus tierras, como culminación del grave estado de sequía prevaleciente.

En el país el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) indica que se espera con buen criterio que, durante la presencia del fenómeno seco, se experimente un aumento importante en las temperaturas (°C), asociado con una disminución significativa de las lluvias (mm) en la Vertiente del Pacífico, particularmente en la región de Guanacaste y el Valle Central. Es por tanto esperable que la temporada de lluvias empiece más tarde y finalice más temprano de lo normal; como también, son previsibles la llegada de las llamadas “llenas” en Limón y la Zona Norte (San Carlos y Sarapiquí) en los meses de julio y agosto próximo.

Se ha comprobado con la importante experiencia acumulada que durante los eventos “Niño” se presente una disminución en la formación de ciclones tropicales en el mar Caribe Atlántico; sin embargo, la zona Pacífica puede por el contrario experimentar un incremento en la actividad de ciclones tropicales, los cuales tienen sin embargo baja afectación territorial.

La afectación que seguramente provocará el fenómeno de “El Niño” puede ubicarse en varios elementos que por antecedente son ya esperables, como son: a) Reducción severa de las fuentes de agua para consumo humano, uso agropecuario e industrial; b) Fuerte afectación en el abastecimiento del líquido para la agricultura, las actividades pecuarias y el turismo; c) Sofocación y

malestar general provocado por las altas temperaturas; d) Problemas con la producción, el abastecimiento y la disponibilidad de alimentos básicos; e) Encarecimiento por desabasto y carestía de productos alimenticios; f) Aumento de las quemadas involuntarias, los incendios forestales y la contaminación ambiental por causa de las altas temperaturas y la falta de lluvias; g) La generación de energía eléctrica podría impactarse por el posible descenso de los niveles de agua en los embalses; h) Proliferación de enfermedades respiratorias, infecciosas y de piel por exposición a los rayos de sol con aumento de alergias y enfermedades transmisibles por vectores (Arce, 2023; Conejo, 2023; Hernández, 2023; Madriz, 2023; Ortega, 2023; Solano, 2023).

El fenómeno de “El Niño” no puede ni debe por su origen y naturaleza, ser visto y valorado solamente desde la perspectiva climática, atmosférica o meteorológica; sino que debe ser comprendido, abordado y atendido virtud de sus alcances e impactos, como un evento complejo con múltiples consecuencias socioeconómicas que deterioran la calidad de vida de toda la población. El impacto macroeconómico puede ser significativo como lo señalara León (2020).

La grave y preocupante problemática del sector agropecuario ante los efectos, impactos y consecuencias del CC; así como ante fenómenos de variabilidad climática tales como el fenómeno “Niño/Niña”, con presencia de eventos recurrentes cada vez más frecuentes e intensos, como los esperables en esta ocasión; sólo pueden resolverse en el caso del agro adaptando y ajustando profundamente las prácticas de la agricultura tradicional y extensiva a otras modalidades más sostenibles, intensas y equilibradas, tanto para no contribuir directamente con el CC como para que éste no sea un problema en la agricultura, como ocurre ahora. La acción por desarrollar debe ir consecuentemente por doble vía.

Es de reconocer que, mediante la implementación y el desarrollo de estrategias, planes, programas, tácticas y proyectos orientados a la mitigación y adaptación, se ha logrado en varias actividades productivas fortalecer las capacidades dirigidas a la identificación y aplicación de

buenas y mejores prácticas ambientales orientadas a promover el desarrollo sostenible, la ecoeficiencia y la eco-competitividad del sector agropecuario, lo que ha permitido incrementar la resiliencia de los sistemas productivos. El sector azucarero costarricense ha venido desarrollando iniciativas tecnológicas y ambientales en esa orientación, contando actualmente con un NAMA Caña de Azúcar (LAICA 2022abc) debidamente formulado y aprobado, pronto a implementarse en el campo.

Por ahora, habrá que esperar pacientemente, pero con la defensiva alta, cuál será el desenlace y evolución que tendrá “El Niño” ya en progreso sobre los intereses nacionales, entre ellos muy particularmente el sector agropecuario. Solo el tiempo tiene la respuesta, esperemos entonces estoicamente el resultado final, que esperamos como siempre, sea el mejor.

#### Literatura citada

- Alfaro, E.; Amador, J. 1996. **El Niño-Oscilación del Sur y algunas series de temperatura máxima y brillo solar en Costa Rica.** Tópicos Meteorológicos y Oceanográficos. 3(1):19-26.
- Alfaro, E.J. 2000. **Los Fenómenos de El Niño y La Niña.** San José, Costa Rica. Escuela de Física y Centro de Investigaciones Geofísicas, Universidad de Costa Rica. Presentado en el Curso Regional sobre los Desastres Naturales y su Impacto Social en Centroamérica y México. XXVI Curso Centroamericano y del Caribe de Física. Ciudad de la Investigación, UCR, 6 al 10 de noviembre. 11 p.
- Arce, S. 2023. **5 claves para entender lo que se espera del fenómeno El Niño en Costa Rica, que está a la vuelta de la esquina.** San José, Costa Rica. El Observador.cr, lunes 15 de mayo. Disponible en: <https://observador.cr/5-claves-para-entender-lo-que-se-espera-del-fenomeno-el-nino-en-costa-rica-que-esta-a-la-vuelta-de-la-esquina/>
- ATAM. 2021. **Impacto del cambio climático en la agricultura.** México. Asociación de Técnicos Azucareros de México A.C., agosto. Consultado viernes 12 de mayo 2023. Disponible en: <https://atamexico.com.mx/noticia-de-interes/impacto-del-cambio-climatico-en-la-agricultura/>
- Cadet Piedra, E. 2019. **Caracterización, sintomatología y respuesta de la caña de azúcar al estrés por déficit hídrico.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(14): 5-7, octubre.
- Conejo, F. 2023. **Fenómeno de el niño impactará al país a partir de julio ¿Qué traerá?** San José, Costa Rica. Cr/hoy.com. noticias 24/7, jueves 23 de marzo.
- CEPAL. 1998. **EL FENÓMENO EL NIÑO EN COSTA RICA DURANTE 1997-1998: Evaluación de su impacto y necesidades de rehabilitación, mitigación y prevención ante las alteraciones climáticas.** Naciones Unidas. Comisión Económica para América Latina y El Caribe-CEPAL. LC/MEX/L.363, 3 de noviembre de 1998. 82 p.
- Chacón Bolaños, R. 1993. **Aspectos de la influencia del fenómeno de El Niño en el clima costarricense.** Revista Geográfica de América Central N° 27. I Semestre. p: 53-66.
- Chaves Solera, M.A. 1984. **La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales.** Boletín Informativo DIECA. Año 2, N.º 7, San José, marzo. 3 p. También en: El Agricultor Costarricense 40(3-4):62-66.
- Chaves Solera, M.A. 2018. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña 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, M.A. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 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, M.A. 2019c. **Ambiente agroclimático y producción de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, MA. 2019d. **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. 2019e. **Clima, maduración y concentración de sacarosa en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(15): 5-8, octubre-noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2019f. **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 hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. **Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- Chaves Solera, M.A. 2021e. **Estrés mineral y caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(11): 5-21, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2020f. **Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(11): 5-14, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2020g. **Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(24): 5-13, noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020h. **Ambientes climáticos y producción competitiva de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(26): 5-12, diciembre-enero.
- Chaves Solera, M.A. 2020i. **Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.
- 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. 2020k. **Abono verde, consociación y rotación de cultivos en caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(22): 5-19, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2021a. **Óxido nitroso (N<sub>2</sub>O) y uso del nitrógeno en la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(19): 5-29, setiembre.
- Chaves Solera, M.A. 2021b. **Nitrificación y pérdidas potenciales de nitrógeno en suelos cañeros.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(20): 6-24, setiembre.
- Chaves Solera, M.A. 2021c. **Amonificación y volatilización de nitrógeno en suelos cañeros.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(21): 6-22, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2022a. **Acciones estratégicas para mitigar Gases con Efecto Invernadero (GEI) en la fase de producción primaria de la caña de azúcar en Costa Rica: recomendaciones y sugerencias pragmáticas.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(6): 5-27, marzo.
- Chaves Solera, M.A. 2022b. **NAMA como instrumento ambiental para mitigar Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura: el caso de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(10): 5-15, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2022c. **Sistemas agrícolas de producción de caña de azúcar en Costa Rica: primera aproximación.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(20): 5-26, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2022d. **Zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar: elementos básicos para**

- su implementación en Costa Rica. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(22): 5-29, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2023. **Sistema fotosintético: motor natural de eficiencia de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(5): 5-18, marzo.
- Costa Rica. Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias. 2014. **Estrategia Nacional de Contingencia para Enfrentar los Efectos de El Niño en Costa Rica, período 2014-2015 /** La Comisión. Unidad de Desarrollo Estratégico del SNGR y Carlos Picado Rojas. San José, C.R.: CNE, octubre. 32 p.
- Fernández, W.; Ramírez, P. 1991. **El Niño, la Oscilación del Sur y sus efectos en Costa Rica: una revisión.** Tecnología en Marcha 11(1): 3-10.
- Glantz H., M. 1982. **La utilidad de una predicción segura del fenómeno El Niño.** En: Simposio sobre Educación y Entrenamiento en Meteorología con Énfasis en los Cambios Climáticos y la Variabilidad Climática. San José, Costa Rica, 5-10 diciembre.
- Hernández Espinoza, K. 2019. **El Niño Canónico y el Niño Modoki.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(13): 5-7, setiembre-octubre.
- Hernández Espinoza, K. 2022. **Comportamiento de la sequía en las regiones azucareras durante el año 2021.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(7): 5-7, abril.
- Hernández Espinoza, K.; Montero Acuña, R. 2023. **¿Ha sido este abril (2023) más cálido de lo normal?** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(9): 5-10, mayo.
- LAICA. 2022a. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica.** Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 225 p.
- LAICA. 2022b. **NAMA Caña de Azúcar Costa Rica. Manual Descriptivo y Operativo del Piloto Nacional.** Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 104 p.
- LAICA. 2022c. **Resumen Ejecutivo NAMA Caña de Azúcar Costa Rica.** Coordinado por Marco A. Chaves Solera y Zaida Solano Valverde. San José, Costa Rica. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar-LAICA. 30 p.
- León, J. 2020. **Efectos Macroeconómicos de El Niño en Costa Rica.** Revista de Economía de Centroamérica y República Dominicana, Volumen 1, p: 101-130.
- Lutz Porras, J.R. 2017. **Evaluación del impacto del cambio climático en la producción de caña de azúcar: el caso del ingenio Atirro en Turrialba, Costa Rica.** San José, Costa Rica. Escuela de Economía Agrícola y Agronegocios, Facultad de Ciencias Agroalimentarias, Universidad de Costa Rica, enero. 189 p.
- Madriz, A. 2023. **¡Alerta por el Fenómeno de El Niño! Estos serán los efectos más graves que provocará en Costa Rica.** LaRepública.net. Consultado el martes 15 de mayo del 2023. *Disponible en:* <https://www.larepublica.net/noticia/alerta-por-el-fenomeno-de-el-nino-estos-seran-los-efectos-mas-graves-que-provocara-en-costa-rica>
- Nelson, G.C.; Rosegrant, M.W.; Koo, J.; Robertson, R.; Sulser, T.; Zhu, T.; Ringler, C.; Msangi, S.; Palazzo, A.; Batka, M.; Magalhães, M.; Valmonte-Santos, R.; Ewing, M.; Lee, D. 2009. **Cambio Climático. El impacto en la agricultura y los costos de adaptación.** Washington, D.C. Instituto Internacional de Investigación sobre Políticas Alimentarias IFPRI, octubre. 30 p.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). 2023. **El Niño/La Niña Hoy.** Consultado el lunes 8 de mayo del 2023. *Disponible en:* <https://public.wmo.int/es/el-ni%C3%B1ola-ni%C3%B1a-hoy>
- Ortega, G. 2023. **CNE advierte sobre riesgo de sequía en Costa Rica por El Niño.** San José, Costa Rica. Periódico La Nación, miércoles 10 de mayo. p: 22.
- Oviedo Bolaños, K. 2021. **Mecanismos de tolerancia al déficit hídrico y desarrollo de soluciones biotecnológicas en el cultivo de la caña de azúcar (Saccharum spp.).** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(24): 6-12, noviembre.
- Quirós, E. 2014. **EL SECTOR AGROPECUARIO Y EL FENOMENO DEL NIÑO 2014.** San José, Costa Rica. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), 27 de marzo. 11 p.

Ramírez, P. 1986. **Años secos de la Vertiente Pacífica.** Boletín Meteorológico Mensual N° 7 y 8, junio y agosto. MIRENEM, Instituto Meteorológico Nacional.

Ramírez, P. 1990. **El fenómeno de El Niño-Oscilación del Sur.** Boletín Meteorológico. Ministerio de Recursos Naturales Energía y Minas. Instituto Meteorológico Nacional. Costa Rica. Año XIV, abril. p: 3-5.

SEPSA. 2015. **ESTRATEGIA SECTORIAL PARA EL CAMBIO CLIMÁTICO Y LA GESTIÓN DE RIESGOS DE DESASTRES EN EL SECTOR AGROPECUARIO.** San José, Costa Rica. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), agosto. 38 p.

Solano C., H. 2023. **Fenómeno de El Niño llega en julio con merma en lluvias para el Valle Central y el Pacífico.** San José, Costa Rica. Periódico La Nación, jueves 23 de marzo.

Stolz, W. 1998. **ENOS: El Niño-La Oscilación Sur.** In: Banichevich, A.; Castro, V.; Bonati, J. 1998. Una Biósfera en Convulsión: El potencial cambio global. Instituto Meteorológico Nacional. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. 160 p.

Vignola, R.; Poveda Coto, K.; Watler, W.; Vargas Céspedes, A.; Berrocal Solís, A. 2018. **PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS. CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN**

**COSTA RICA: Como parte del estudio de prácticas efectivas para adaptación de cultivos prioritarios para seguros en Costa Rica.** CATIE/MINAE/DCC/Adaptation Fund/Fundecooperación, febrero. 129 p.

Villalobos Flores, R.; Retana, J.A. sf. **El Niño: Una Revisión Bibliográfica.** San José, Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de Desarrollo. 9 p.

Villalobos Flores, R.; Retana Barrantes, J. 2015. **Efecto del Cambio Climático en la Agricultura. Experiencias en Costa Rica.** San José, Costa Rica. Instituto Meteorológico Nacional, Gestión de Desarrollo. 2 p.

Viguera, B.; Martínez Rodríguez, M.R.; Donatti, C.I.; Harvey, C.A.; Alpizar, F. 2017. **Módulo 2. Impactos del cambio climático en la agricultura de Centroamérica, estrategias de mitigación y adaptación.** Turrialba, Costa Rica. Proyecto CASCADA. Conservación Internacional (CI). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), División de Investigación y Desarrollo. 49 p.

Wikipedia. 2023. **El Niño (fenómeno).** Consultado el lunes 8 de mayo del 2023. *Disponible en:* [https://es.wikipedia.org/wiki/El\\_Ni%C3%B1o\\_\(fen%C3%B3meno\)](https://es.wikipedia.org/wiki/El_Ni%C3%B1o_(fen%C3%B3meno))

Recuerde que puede acceder los boletines en  
[www.imn.ac.cr/boletin-agroclima](http://www.imn.ac.cr/boletin-agroclima) y en  
[www.laica.co.cr](http://www.laica.co.cr)