

Abril 2020 - Volumen 2 – Número 9

Periodo 27 de abril al 03 de mayo de 2020

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 13 DE ABRIL AL 19 DE ABRIL

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) con el apoyo del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar de LAICA (DIECA-LAICA), presenta el boletín agroclimático para caña de azúcar.

En este se incorpora el análisis del tiempo, pronósticos, recomendaciones y notas técnicas, con el objetivo de guiar al productor cañero hacia una agricultura climáticamente inteligente.

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

La semana presentó los mayores acumulados en el Pacífico Sur. Las estaciones que sobrepasaron los 150 mm fueron Rain Forest en Caribe Norte, Pez Vela en Pacífico Central, Coto 49 y Puerto Jiménez en Pacífico Sur.

A nivel nacional, los registros de lluvia de las 117 estaciones meteorológicas consultadas muestran al lunes como el día más lluvioso de la semana, mientras el sábado presentó los menores registros de lluvia.

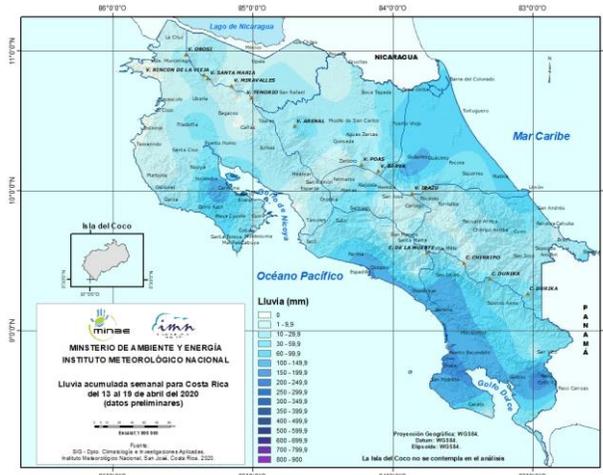


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 13 de abril al 19 de abril del 2020 (generado utilizando datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 20 DE ABRIL AL 26 DE ABRIL

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

La semana mantuvo pocas lluvias en todo el país, presentando los mayores acumulados en el Pacífico Sur. Las estaciones que sobrepasaron los 150 mm fueron Monte Carlo en Pérez Zeledón y Laurel en Pacífico Sur.

A nivel nacional, los registros de lluvia de las 118 estaciones meteorológicas consultadas muestran que el día más lluvioso de la semana fue el viernes con el doble de lluvia que el jueves, segundo día más lluvioso, mientras el domingo presentó los menores registros de lluvia.

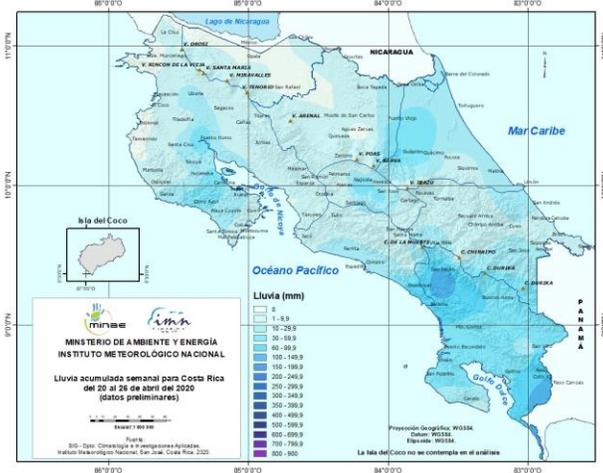


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 20 de abril al 26 de abril del 2020 (generado utilizando datos preliminares).

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

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 27 DE ABRIL AL 03 DE MAYO 2020

La reducción paulatina del viento Alisio durante la semana generará condiciones menos lluviosas en las regiones climáticas Caribe y Zona Norte, condición más marcada durante el fin de semana. La cercanía de la zona de convergencia intertropical (ITCZ) al sur del país propiciará condiciones más lluviosas en el Pacífico Central y el Pacífico Sur, en tanto que el Pacífico Norte continuará con condiciones mayormente secas. El Valle Central por su parte tendrá lluvias aisladas que podrían ser más perceptibles a mitad de semana.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 27 DE ABRIL AL 03 DE MAYO 2020

De la figura 3 a la figura 10, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones cañeras.

Las zonas cañeras Valle Central Este, Valle Central Oeste, Región Sur y Turrialba mantendrán lluvias escasas en la segunda mitad de semana, mientras las demás regiones presentarán condiciones secas. Las regiones cañeras de Zona Norte, Turrialba y Zona Sur mostrarán un leve incremento del viento a lo largo de la semana, mientras las demás regiones tendrán una reducción marcada del viento a mitad de semana que vuelve a intensificarse hacia el fin de semana. Las áreas cultivadas sostendrán amplitudes térmicas bastante homogéneas, con los valores superiores de la temperatura máxima y temperatura mínima a mediados de semana, mientras que Turrialba manifestará una temperatura mínima estable en la semana.

“Inicio del periodo de transición en la región climática Valle Central”

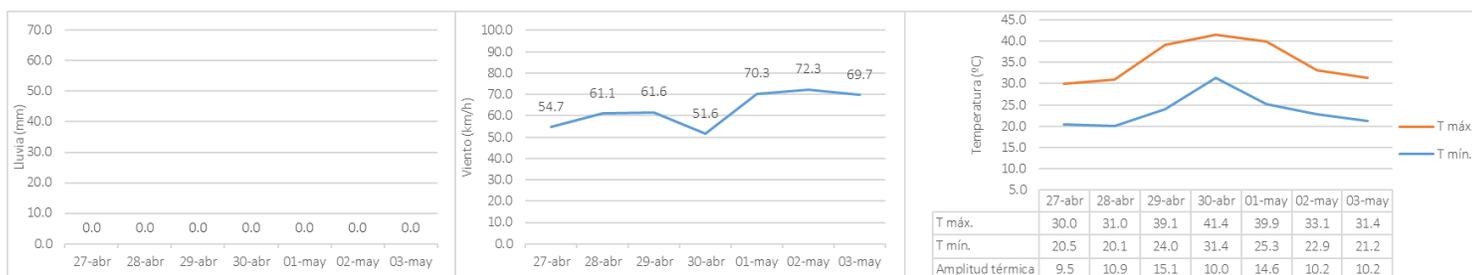


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Guanacaste Este.

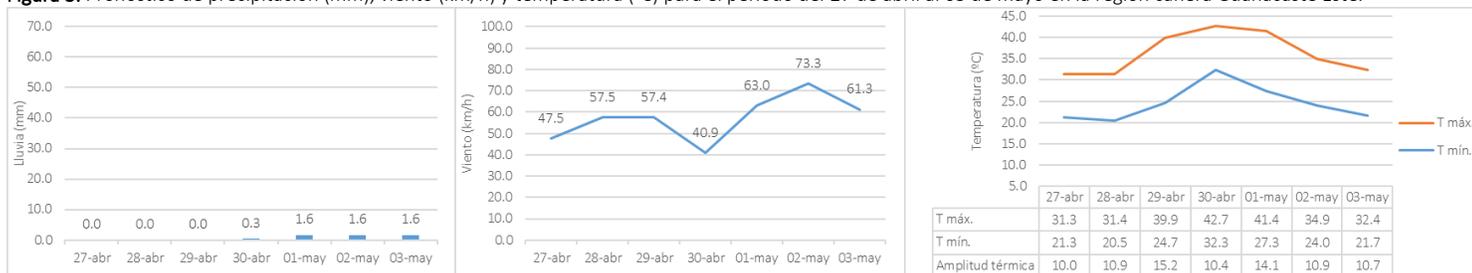


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Guanacaste Oeste.

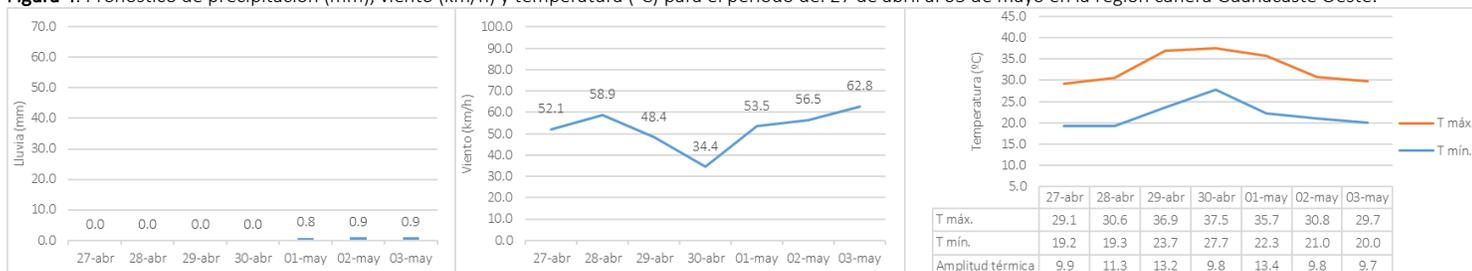


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Puntarenas.

Abril 2020 - Volumen 2 – Número 9

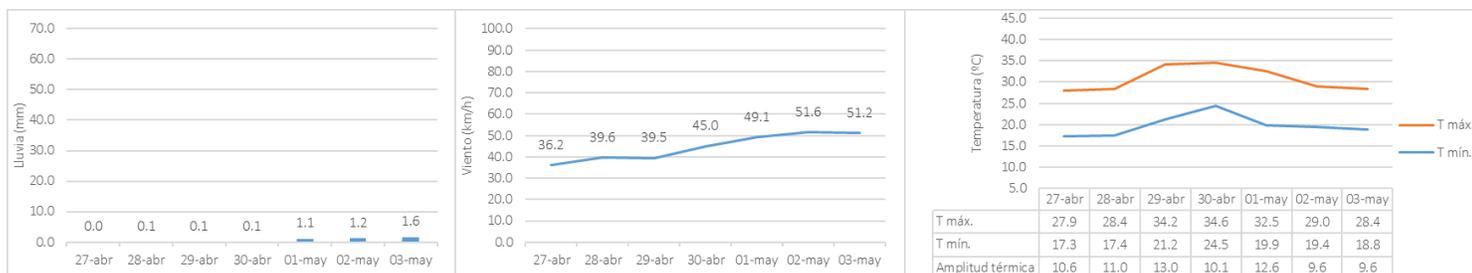


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Zona Norte.

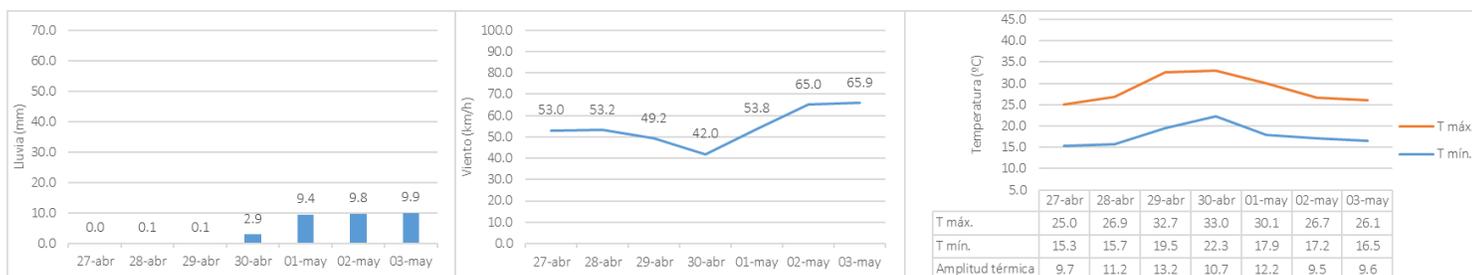


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Valle Central Este.



Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Valle Central Oeste.

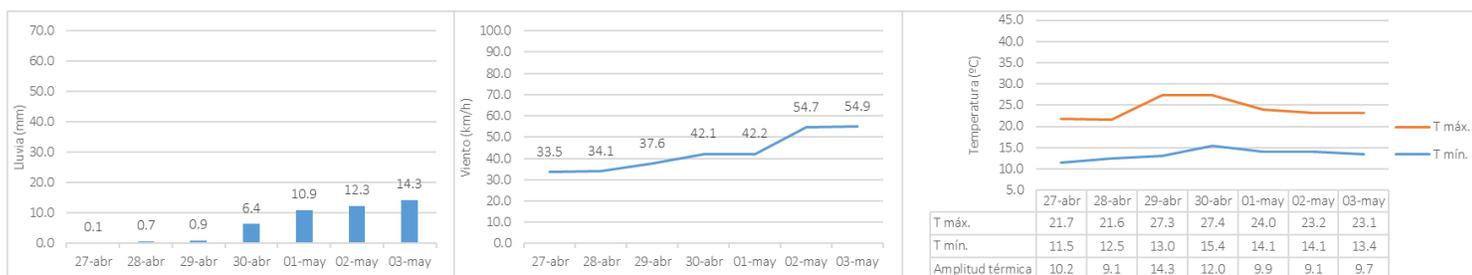


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Turrialba.

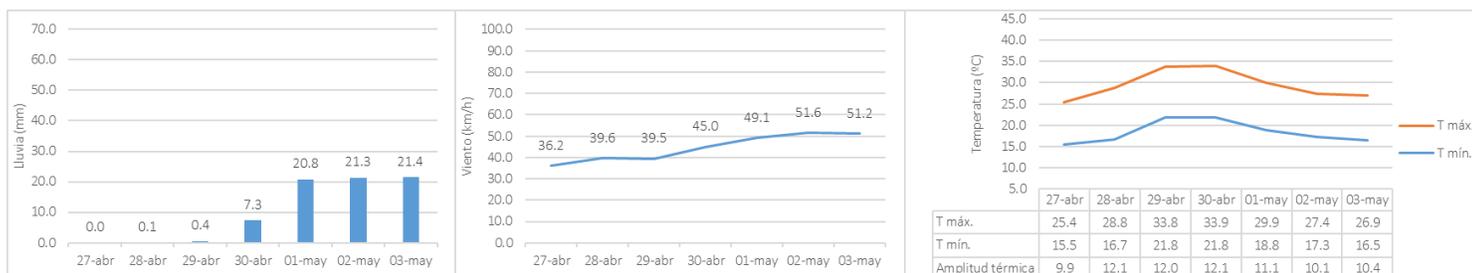


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 27 de abril al 03 de mayo en la región cañera Zona Sur.

Abril 2020 - Volumen 2 – Número 9

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 04 DE MAYO AL 10 DE MAYO 2020

Debido a que se mantiene la zona de convergencia intertropical (ITCZ) cerca del sector sur del país, es que se prevén lluvias en el Pacífico Central y el Pacífico Sur, mientras el Pacífico Norte continuará con condiciones secas, en tanto que el Valle Central tendrá pocas lluvias, así como la Zona Norte y vertiente Caribe presentarán lluvias intermitentes.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

En la figura 11 se presenta el porcentaje de saturación de humedad de los suelos (%) cercanos a las regiones cañeras, este porcentaje es un estimado para los primeros 30 cm del suelo y válido para el día 27 de abril del 2020.

La Región Guanacaste Oeste presentan entre 0% y 75% de saturación, pero la mayoría del área está entre 0% y 45%. La Región Guanacaste Este tiene entre 0% y 30%, aunque una pequeña parte del territorio se encuentra entre 45% y 60% de humedad.

Los porcentajes de la Región Puntarenas están entre 0% y 30%; los suelos de las regiones Valle Central Oeste y Valle Central Este presentan entre 15% y 45% de saturación. La Región Norte está entre 0% y 45%.

La humedad del suelo en la Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 30% y 100%, mientras que

la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) se encuentra entre 15% y 75%. La Región Sur presenta porcentajes de saturación variables, la mayoría de sus áreas tiene entre 45% y 100%, pero hay zonas con humedades entre 0% y 15% y entre 30% y 45%.

DIECA E IMN LE RECOMIENDAN

Debido al inicio de la época lluviosa ya establecido en las regiones climáticas del Pacífico Central y Pacífico Sur, así como el inicio del periodo de transición en otras regiones climáticas, se recomienda tomar medidas en cuanto a la presencia de jobotos o abejón de mayo (*Phyllophaga spp.*) en las plantaciones cañeras.

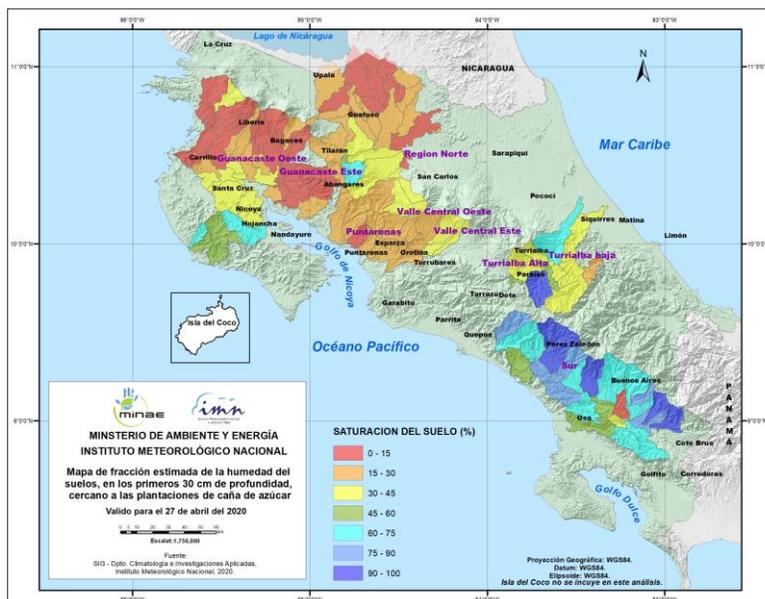


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 27 de abril del 2020.

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

NOTA TÉCNICA

Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica

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

mchavez@laica.co.cr

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

Por lo general el factor viento no es juzgado ni calificado en la agricultura en la misma dimensión y con la misma relevancia e importancia que se le da a otros elementos del clima como son la lluvia, la temperatura o la luz, mirándolo más bien como un factor casi uniforme que poca variación presenta; pero que cuando lo hace, sus consecuencias son por lo común contraproducentes para los intereses comerciales de productor del campo. El viento es un factor muy importante para el agricultor, pues es responsable directo o circunstancial de las características de determinan y tipifican una localidad o zona geográfica estando a él vinculados otros elementos meteorológicos favorables o adversos para el quehacer agropecuario. **Los efectos del viento se asocian e interpretan más como impactos que son percibidos muy circunstancialmente y con efectos por lo general negativos, en consideración de su interferencia en las labores agrícolas.**

Consecuencias como el volcamiento de plantas, el levantamiento de polvaredas, dificultades extremas para la aplicación equilibrada y efectiva del riego por aspersión, la deriva favorecida durante la aplicación de agroquímicos, el impedimento a la quema de residuos biomásicos, la pérdida de humedad, afectación de la floración, erosión, transporte y movilización territorial de patógenos y plagas y el desecamiento acelerado de los vegetales en detrimento de su desarrollo y calidad final, son solo algunas de las derivaciones que se le atribuyen al viento. Queda claro entonces que la connotación y percepción resultan ser por lo general muy negativas.

La variable viento ha sido la verdad poco estudiada lo que la convierte en un tema abierto que por su trascendencia debe abordarse con mayor especificidad, sobre todo considerando que en zonas tropicales su movilidad es alta. Siguiendo esta intención **se procura en el presente artículo, revisar de manera genérica y en la medida de las posibilidades, la situación climática prevaleciente en relación con el viento en nuestras principales regiones productoras de caña destinada a la fabricación de azúcar.**

El viento

De manera simple y comprensible puede aseverarse que el viento es “aire en movimiento” en torno a la superficie terrestre. Si la temperatura y la presión atmosférica fuesen uniformes y estables en toda la tierra, el aire estaría quieto; sin embargo la situación es otra, pues la radiación solar y la rotación del planeta favorecen y provocan un desequilibrio atmosférico permanente, induciendo consecuentemente que las masas de aire se movilicen. Sin viento los contrastes térmicos terrestres serían muy elevados, pues la radiación solar genera calentamientos diferenciados según se trate de la superficie sólida (tierra) o líquida (océanos, mares, ríos, lagos); que se amplían y proyectan también a los relieves planos o quebrados, áreas agrícolas, bosques, desiertos, espacios rurales o urbanos, etc. Al calentarse una columna de aire ésta asciende, generando un vacío que estimula a las masas vecinas a ocupar ese espacio, desplazamiento que conocemos como viento y que tiende a equilibrar las diferencias de presión y temperatura prevalecientes en el lugar. A nivel vertical hay también estratificación ocasionada por las diferencias prevalecientes en la capacidad de absorción de calor de las diferentes capas atmosféricas; lo cual estimula movimientos verticales y horizontales de esas masas. El aire como masa que es, recibe la fuerza de atracción de la tierra y ejerce un peso (presión) sobre su superficie. Las diferencias de presión en la atmósfera provocan entonces el viento. Como se infiere, **la movilidad del aire expresada como viento es la forma más conspicua de percibir esta propiedad meteorológica.**

La movilidad de las masas de aire puede ser verticales (convección), horizontales (advección) o en su caso irregulares (turbulencias) provocadas por el choque del aire con cualquier obstáculo. Cuando los movimientos son de alta velocidad y poca duración se les denomina “rachas”. El ascenso vertical del aire ocurre si favorecidos por la altura se da una reducción de la temperatura cercana a 1°C por cada 100 m de ascenso, lo que en estratos nubosos superiores puede ser inferior (0,6-0,7°C). El movimiento horizontal ocurre bajo diferencias de presión (gradiente de presión o bórico) entre dos puntos ubicados a una misma altura influenciados por la temperatura. Un punto con presencia de aire caliente movilizará su masa de aire con menor

densidad y peso hacia otro que está en este supuesto más frío, reduciendo con ello su peso total y disminuyendo la presión en su sección baja; en consecuencia, del punto con aire más frío (más denso y pesado) habrá movilización y desplazamiento de su masa hacia el punto más caliente que presenta un vacío en su estrato más bajo, hasta lograr establecer un equilibrio entre las masas de aire frío y caliente.

Los movimientos planetarios del aire son provocados por gradientes de presión atmosférica entre zonas, marcando esa diferencia la dirección y la velocidad del viento. En la región comprendida entre 5° latitud norte y 5° latitud sur conocida como Zona de Convergencia Intertropical (ZCI), se originan grandes columnas de convección (vertical) favorecidas por la intensa radiación que las interviene; habiendo en contrario relativamente pocos movimientos horizontales (advección) sin predominancia de vientos dominantes, pero con la confluencia de los vientos alisios procedentes de los trópicos de Cáncer y Capricornio. La zona se caracteriza por presentar fuertes tormentas provocadas por el rápido ascenso por convección de masas de aire cargadas de humedad, las cuales al enfriarse se sobresaturan y el vapor de agua contenido precipita en violentas e intensas lluvias. Las grandes masas de aire que se elevan en la ZCI descienden al enfriarse por el choque con las corrientes provenientes de los polos ($\approx 30^\circ$ latitud norte y sur), provocando un flujo superficial en dos direcciones: hacia el polo y hacia el trópico. Ese flujo proveniente tanto del norte como del sur es lo que se conoce como “vientos alisios”. Las zonas tropicales guardan más calor y tienen mayor potencial de retener humedad que las zonas polares, las cuales son más frías y con menor capacidad para mantener la humedad. A causa de esta diferencia de temperatura entre las zonas en latitudes altas y polares, y las regiones cercanas al ecuador, se producen los vientos alisios. Se dice entonces que los vientos alisios son aquellos que soplan entre los trópicos, partiendo de zonas subtropicales de alta presión con rumbo a regiones ecuatoriales de baja presión por la rotación del planeta; transportando el calor desde las zonas ecuatoriales hasta las subtropicales reemplazando el aire caliente por aire más frío de las latitudes superiores.

En Costa Rica ubicada entre 9 y 11° latitud norte, esos vientos son dominantes con dirección Noroeste y afectan la zona atlántica del país. En el país, influyen y predominan dos sistemas de vientos alisios: los alisios del Noreste o del Caribe; y los alisios del Sureste. Los vientos alisios ingresan al país por el este y el noreste directamente del mar Caribe y son parte fundamental de la dinámica del clima y el tiempo en el país. Llevan lluvias al Caribe

Norte y cuando chocan con los vientos que vienen del Pacífico hay lluvias en el Valle Central. Los vientos alisios (“aquellos que vienen del mar”), están presentes en el país todo el año. A menudo vienen acompañados de fuertes ráfagas y en ocasiones se juntan con vientos fríos del norte, para dar frescura de diciembre a parte del mes de marzo. La época en que más se da este fenómeno es la lluviosa, que en el país va principalmente de mayo a noviembre. En esos meses acontece otro fenómeno que se ve influenciado por los alisios, como son las “canículas o veranillos”; que son periodos de varios días en los que no llueve y el clima es seco, debido a que los vientos alisios son muy fuertes y alejan la lluvia del Valle Central y el Pacífico. Mientras eso pasa en ese lado del país las lluvias recrudescen en el Atlántico. Las variaciones que se presentan en forma periódica y hasta diaria provocan diferenciales en el viento de duración fluctuante. En materia de variación geográfica los vientos fluyen desde las regiones frías hacia las cálidas, motivo por el cual en el invierno soplan de la tierra hacia el mar y en el verano en sentido inverso; lo que también trasciende con las brisas diarias del mar hacia la tierra y viceversa.

Medición del viento

Al ser el viento aire en movimiento consecuentemente posee dirección y velocidad. La primera revela su punto de procedencia; para la segunda se utiliza como unidad de medición los metros por segundo que recorre, aunque puede expresarse por comodidad en kilómetros por hora ($1 \text{ m/s} = 3,6 \text{ km/hr.}$). Poder calificar e interpretar la fuerza del viento resulta muy importante para fines agrícolas, pues permite ubicar y tipificar condiciones propias y particulares de los diferentes entornos agro-productivos prevalecientes en el país, en este caso cultivados con caña de azúcar (Chaves, 2019bd).

Para ese fin se presenta el Cuadro 1 con la **Escala de Beaufort** utilizada a nivel internacional para medir y categorizar la fuerza de los vientos. Dicha Escala es una medida empírica de la intensidad del viento, que se compone de 12 categorías definidas por la velocidad expresada en kilómetros por hora (km/hr.), que establece y describe los efectos de estas sobre los objetos terrestres y también sobre el aspecto marítimo. Velocidades mayores a 120,7 km/hr pasan a grado de huracán. Como puede comprobarse las categorías no mantienen intervalos similares. En definitiva, el instrumento de medición y categorización viene a ser de valor para procurar ubicar la condición del viento en cuanto a sus efectos e impactos potenciales.

Cuadro 1. Escala de Beaufort para medir y categorizar la fuerza de los vientos.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Denominación	Efectos en tierra
0	< 1,6	Calma	Calma, el humo asciende verticalmente
1	1,6 a 4,8	Aire ligero	El humo indica la dirección del viento, no mueve la veleta
2	4,8 a 11,3	Brisa muy débil, ligera	Se caen las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos de los campos, viento se siente en la cara, la veleta se mueve
3	12,9 a 19,3	Brisa suave	Se agitan hojas y ramas pequeñas, ondulan las banderas
4	20,9 a 29	Brisa moderada	Se levanta polvo y papeles sueltos, se agitan las copas de los árboles
5	30,6 a 38,6	Fresquito, Brisa fresca	Pequeños movimientos de inclinación de los árboles, superficie de lagos ondulada y con olitas crestadas
6	40,2 a 49,9	Fresco, Brisa fuerte	Se mueven las ramas grandes de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas, silvan hilos telegráficos
7	51,5 a 61,2	Viento moderado	Se mueven los árboles grandes, dificultad para caminar contra el viento
8	62,8 a 74,0	Viento fresco	Se quiebran las ramas de los árboles, circulación de personas muy difícil, los vehículos se mueven por sí mismos.
9	75,6 a 86,9	Viento fuerte (Muy duro)	Daños en árboles, imposible caminar con normalidad. Se empiezan a dañar las construcciones (tejas, chimeneas). Arrastre de vehículos.
10	88,5 a 101,4	Ventarrón (Temporal muy duro)	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones. Daños mayores en objetos a la intemperie.
11	103,9 a 120,7	Vendaval (Borrasca)	Destrucción en todas partes, lluvias muy intensas, inundaciones muy altas. Voladura de personas y de otros muchos objetos.
12	> 120,7	Huracán	Voladura de vehículos, árboles, casas, techos y personas. Puede generar un huracán o tifón

Fuente: Consultado el 25 de abril. Adaptado y disponible en: https://es.wikipedia.org/wiki/Escala_de_huracanes_de_Saffir-Simpson

Caña de azúcar y viento

Como se indicó al inicio la información referente a la relación caña de azúcar-viento es muy exigua y restringida, casi inexistente, limitándose a describir el efecto provocado por la presencia de condiciones extremas en cuanto a impactos en la producción agroindustrial y la infraestructura, sobre todo por el paso de huracanes o eventos climáticos extraordinarios acompañados de fuerte viento y alta humedad, como aconteció con el **Huracán Otto** el 24 y 25 de noviembre del año 2016, afectando con fuerza los cantones de Los Chiles, Upala, Bagaces y La Cruz en Zona Norte y Guanacaste; además de Río Cuarto, San Ramón y Sarapiquí. Más recientemente el 5 de octubre del 2017 aconteció algo similar con el paso de la **Tormenta Nate** afectando los cantones cañeros de Pérez Zeledón (San José); Alajuela, San Ramón, Grecia, San Mateo, Atenas, Naranjo, Palmare, Poas, Orotina, San Carlos, Valverde Vega, Los Chiles y Río Cuarto (Alajuela); Paraíso, Jiménez, Turrialba, Alvarado (Cartago); Santa Bárbara (Heredia); Liberia, Nicoya, Santa Cruz, Bagaces, Carrillo, Cañas, Abangares (Guanacaste); Puntarenas, Esparza, Buenos Aires, Montes de Oro en la provincia de Guanacaste. En ambos casos fue meritorio y obligado la declaratoria de emergencia regional como lo establecieron los acuerdos adoptados (COSTA RICA, 2016, 2017). Los vientos huracanados siempre se acompañaron por alta humedad y altos grados de precipitación en tiempos muy cortos que afectaron e inundaron los campos.

En ambos casos los efectos más evidentes y notables se dieron por pérdida física de caña (t/ha) impactando severamente el tonelaje, y también, por afectación en su capacidad de concentración de sacarosa (kg sacarosa/tc) en los tallos industrializables, sobre todo en aquellas plantaciones próximas a

cosecha. Fueron notorios también otros efectos alternos como: arranque de cepas; volcamiento con plantaciones postradas; daños por deposición de sedimentos de arrastre sobre las plantaciones caídas; daño por tallos quebrados; estimulación de yemas laterales o "laleo" (emisión de brotes laterales o lalas que afectan la concentración de sacarosa en los tallos); brote de tallos jóvenes no industrializables; enraizamiento en tallos postrados; incrementos en los contenidos de la materia extraña (basura) y en consecuencia disminuciones significativas en el rendimiento industrial y limitaciones e impedimento al paso de la máquina para cosechar, principalmente en los lotes de caña planta, como consecuencia del desprendimiento y falseo de la cepa generado como efecto secundario del volcamiento; ingreso de materia prima a proceso fabril en condiciones deplorables; aumento de pérdidas por deterioro microbiológico (dextranas); incremento en los costos de fabricación por labores de limpieza y desinfección.

No pueden dejar de mencionarse por ser habituales, otros efectos que el viento provoca en las plantaciones de caña de azúcar del país, entre las cuales están: efecto desecante sobre el cultivo generando una condición de estrés hídrico; deseca y endurece los suelos sobre todo luego de llover; pueden provocar erosión eólica y pérdida de la capa fértil del suelo; cierre de estomas y afectación del desarrollo general de la planta; provoca rompimiento de tejidos habilitando posibles infecciones y daños fitosanitarios; dificultades para la aplicación del agua de riego en sistemas de aspersión; impedimento para la aplicación de agroquímicos (manual, mecánica, aérea) por desplazamiento del chorro; generación de "deriva" con afectación potencial de lotes aledaños, muchos sembrados con cultivos sensibles y posibles impactos por quema o sobredosis; los fuertes vientos son un efectivo medio de transporte de plagas, patógenos y semillas de malezas a lotes libres de los mismos; impedimento para efectuar las quemadas controladas para realizar cosecha elevando el grado de riesgo; impedimento para aplicar madurantes para acondicionar y acelerar la concentración de sacarosa; las grandes polvaredas que se forman en muchas plantaciones en la época seca de corta afectan la cosecha y la visibilidad del personal (Chaves, 2020a).

No pueden sin embargo dejar de mencionarse algunos beneficios colaterales y contribuciones del viento para el buen accionar y desarrollo de una plantación de caña, como son: renovación permanente del aire favoreciendo la transpiración de las plantas; los vientos suaves y moderados someten las plantas y tallos a una "gimnasia rítmica" que estimula su crecimiento y fortalece su

sistema radical; remueve capas de aire frío a nivel del suelo que impiden afectación por bajas temperaturas; barre y retira estados inconvenientes de niebla; en fase final de maduración puede contribuir a desecar la planta y promover la concentración de sacarosa; crea un ambiente agradable para la labor en el campo, sobre todo cuando las temperaturas son altas y el ambiente seco, pese a lo cual los efectos térmicos se tornan más sensibles, sobre todo los fríos que se ven acentuados (sensación térmica). Como puede concluirse de todo lo anterior, **el viento representa incuestionablemente una variable importante a tener presente y tomar en cuenta en cualquier proyecto productivo de caña de azúcar, pues su impacto puede ser determinante en términos agroindustriales, de costos y rentabilidad general para la agro empresa.**

Como está demostrado, las localidades sembradas con caña de azúcar en Costa Rica son muy heterogéneas en términos agro-productivos, en consideración de su amplia distribución territorial en la geografía nacional, lo que introduce variaciones bióticas y abióticas expresadas en el relieve, topografía, clima, características fisicoquímicas, microbiológicas y taxonómicas de los suelos, con la consecuencia derivada para el desarrollo de las plantas (Chaves, 2019bd, 2020b). En este caso el viento participa y contribuye ostensiblemente a marcar esas diferencias como se demostrará seguidamente.

Clima nacional

Como ha sido reiterativamente señalado y ampliamente demostrado en estudios anteriores sobre la materia, los entornos donde se cultiva caña para fabricar azúcar en Costa Rica son bastante diferentes en sus propiedades, no siendo razonable ni prudente por ello generalizar condiciones, prácticas y recomendaciones, pues cada región, zona y localidad poseen su propia identidad, lo que merece ser estudiado, caracterizado y tipificado para poder actuar con mayor grado de certeza en las acciones que se implementen y desarrollen. El estudio y contextualización del factor viento forma parte de esos indicadores básicos que deben ser regionalizados.

Siempre procurando aportar elementos importantes, resulta válido reiterar nuevamente lo señalado por Chaves (2020c) en ocasión anterior, al manifestar que “Para fines de ubicación y localización geográfica en mapas cartográficos, las coordenadas extremas norte-sur y este-oeste donde están emplazadas y sembradas actualmente las plantaciones comerciales de caña de azúcar de Costa Rica, son: 11° 01’ 57” y 09° 01’ 05” latitud norte y 83° 33’ 07” y 85° 38’ 56” longitud oeste (Chaves, 2019d). En

general, el país posee características tropicales con presencia de dos estaciones bien definidas durante todo el año: la seca (conocida también como verano) y la lluviosa (denominada invierno); durante la mitad de esta última ocurre ocasionalmente un fenómeno llamado “Veranillo de San Juan”, cuando el clima adquiere nuevamente condiciones de estación seca por un periodo corto de tiempo (Alvarado, 2019). Virtud de la topografía cambiante del país, donde hay presencia de montañas, valles y llanuras en un territorio bastante pequeño, las características bioclimáticas se ven como consecuencia alteradas considerablemente; favoreciendo además la formación y presencia de muchos “microclimas” que son característicos y muy distintivos del paisaje costarricense, con cambios dramáticos en distanciamientos muy cortos.”

El objetivo procurado por el presente artículo es determinar si en el país existen de manera consistente o aislada, condiciones ambientales generadoras de estrés para la planta provocadas por causa del viento, que pudieran estar eventualmente afectando el desarrollo normal de las plantaciones comerciales de caña de azúcar y con ello sus rendimientos agroindustriales.

Viento y entornos productivos nacionales

Investigando sobre la posibilidad real de que pudieran estar sobreviniendo condiciones inductoras de estrés en las plantaciones comerciales de caña del país, se procura en el presente caso, evaluar y diagnosticar con criterio técnico y alcance representativo, la situación prevaleciente en el campo cañero nacional con respecto al viento presente y dominante en los diferentes entornos agro-productivos donde se cultiva actualmente caña. Con ese objetivo se exponen en el Cuadro 2 y la Figura 1 los datos promedio acumulados de viento correspondientes al periodo de cuatro años 2016-2019. Para los efectos planteados la misma fue evaluada en 7 estaciones meteorológicas ubicadas estratégicamente en cuatro zonas cañeras del territorio nacional, que miden esa variable del clima. Es importante señalar la falta de información existente sobre este factor en las unidades disponibles por el sector azucarero, lo que amerita y justifica reforzar las estaciones para que ello sea posible a futuro. La región de Guanacaste es la que más información dispuso, para lo cual se tomaron valores de tres estaciones de medición ubicadas en el cantón de Cañas: Ingenio Taboga (18 m.s.n.m); Liberia: CATSA (28 m.s.n.m) y Carrillo: Azucarera El Viejo (23 m.s.n.m). En el Valle Central operó la estación DIECA (1.014 m.s.n.m) situada en Grecia. El cantón de Los Chiles contó con la unidad de Arco Iris (43 m.s.n.m). Las

mismas se integraron en la Zona Sur con las correspondientes a El Porvenir (567 m.s.n.m), situada en el cantón de Pérez Zeledón y El Ceibo, ubicada en el cantón de Buenos Aires (364 m.s.n.m). Por medio de esa información local fue posible verificar con buena aproximación y representatividad las diferencias y variaciones existentes en cuanto a **Velocidad Promedio** mensual y anual del viento (km/hr); también fue posible en algunas de ellas (Liberia, Grecia, San Isidro y Buenos Aires) contar con valores de **Velocidad Máxima** del viento, lo que amplió las inferencias recabadas sobre esa importante y reveladora variable. Por su trascendencia técnica, es necesario mencionar que en algunas (6) estaciones específicas la información disponible para el periodo anual y mensual de cuatro años (2016-2019) evaluado fue parcial e incompleta, pero considerada valiosa por su ubicación y representatividad para el objetivo del estudio, motivo por el cual fue utilizada.

En esta ocasión se cumplió al menos en un caso (Liberia) con lo manifestado y recomendado en estudios anteriores similares, respecto a la **imperiosa necesidad de realizar mediciones aplicadas a periodos más cortos de tiempo, que detecten, evidencien y reflejen con mayor exactitud, la magnitud de las diferencias y poder medir e inferir convenientemente a partir de ello, el grado de afectación potencial, en este caso del viento, sobre las plantas de caña. Se considera muy conveniente y sano, establecer una correlación del factor viento con respecto a las temperaturas máximas, la precipitación, la humedad ambiente y la evapotranspiración.**

Cuadro 2.

VIENTO (km/hora) promedio por mes según región productora de caña de azúcar en Costa Rica. Periodo 2016-2019.

Estación *	Mes												Media
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Guanacaste **	10,2	10,9	11,0	9,1	4,8	5,0	6,3	5,0	4,2	3,7	5,7	7,6	6,9
Los Chiles	2,7	10,3	3,3	2,9	2,5	7,8	4,8	5,0	4,6	3,3	3,1	3,4	4,4
Grecia	4,2	4,8	4,2	2,0	0,6	0,9	1,3	1,1	0,9	0,8	1,2	3,2	2,1
Pérez Zeledón	3,9	7,6	6,4	4,9	5,7	4,3	3,6	2,7	3,3	2,9	2,6	3,1	4,2
Buenos Aires	3,8	13,3	12,5	23,8	4,7	3,3	3,3	3,8	4,7	2,9	3,7	5,8	7,1
Nacional	5,2	8,4	6,2	4,7	3,4	4,5	4,0	3,5	3,2	2,7	3,2	4,3	4,4

* Las estaciones de medición meteorológica se ubicaron en Grecia (DIECA), Los Chiles (Arco Iris), Pérez Zeledón (San Isidro) y Buenos Aires (El Ceibo), respectivamente.

** Promedio de los Ingenios CATSA, El Viejo y Taboga.

Estrés por viento

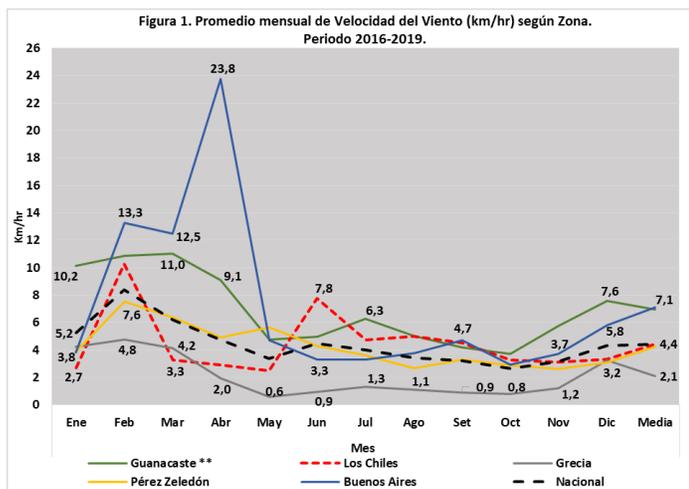
Una valoración razonada de los resultados generados por el estudio conduce a notar que el viento mantiene un grado de variación importante entre localidades geográficas y también entre épocas del año, lo cual no resulta nada extraño, pues constituye parte de la misma tendencia expresada por otras variables del tiempo climático evaluadas y son inductoras de

estrés, como son la lluvia y la temperatura, como lo demostrara Chaves (2020cde).

Los valores **promedio de velocidad** del viento para el periodo de cuatro años evaluado (2016-2019) fueron de acuerdo con lo mostrado en el Cuadro 2 y la Figura 1, altos como era esperable en la provincia de Guanacaste con una media anual de 6,9 km/hr y sorpresivamente superiores en la zona de Buenos Aires con 7,1 km/hr. Los índices más bajos se observaron en la región cañera de Grecia con solo 2,1 km/hr; en tanto que las localidades de Los Chiles y Pérez Zeledón mantuvieron tendencias muy similares de apenas 4,4 y 4,2 km/hr. Al visualizar y desagregar la información por mes, se aprecia y constata que el periodo enero-abril y el mes de diciembre es donde las velocidades se incrementan notoriamente para luego ubicarse en valores similares, a excepción de la zona de Grecia donde son muy bajos (<1,3 km/hr). Resulta notorio lo acontecido en la estación ubicada en El Ceibo de Buenos Aires de Puntarenas, donde los promedios mensuales para el trimestre febrero, marzo, abril fueron de 13,3, 12,5 y 23,8 km/hr, respectivamente, velocidades muy superiores a las verificadas en el resto de las regiones. Una evaluación puntual de lo que pudo haber acontecido en ese lugar revela que en el año 2018 hubo eventos especiales y extraordinarios, que elevaron la velocidad a promedios de 37,2, 35,9 y 81,6 km/hr, los cuales interfirieron sobre el promedio de todo el periodo; en definitiva, el año 2018 fue muy ventoso en esa localidad. Aplicando la Escala de Beaufort a ese evento excepcional se infiere un índice de 5 (30,6-38,6 km/hr) para los dos primeros meses y de 9 (75,6-86,9 km/hr) para el mes de abril, que califica como Viento Fuerte con generación de daños ligeros a la infraestructura, pero severos para la agricultura. El resto de las regiones no superó la Escala 2 de Brisa Ligera con efectos no preocupantes. **En la interpretación de velocidades del viento, no puede omitirse ni debe olvidarse que se trata de valores promedio, que pueden ocultar posibles ráfagas de muy corto tiempo donde las velocidades pueden ser altas y dañinas; lo cual sugiere tener mucha prudencia y cuidado en su correcta deducción.**

En consecuencia, con lo anterior, parece entonces razonable y necesario poder profundizar con mejor criterio en la interpretación de la información utilizando valores de Viento Máximo (km/hr), con lo cual es posible conocer los índices superiores de velocidad presentes en cada localidad, lo cual posibilita inferencias más ajustadas a la realidad del lugar. En consideración de que la variable no está disponible en todas las estaciones, fue posible recabarla en cuatro de ellas: Liberia

(CATSA), Grecia (DIECA), Pérez Zeledón (San Isidro) y Buenos Aires (El Ceibo), respectivamente, lo cual permite una valoración de índole geográfica muy interesante y válida.



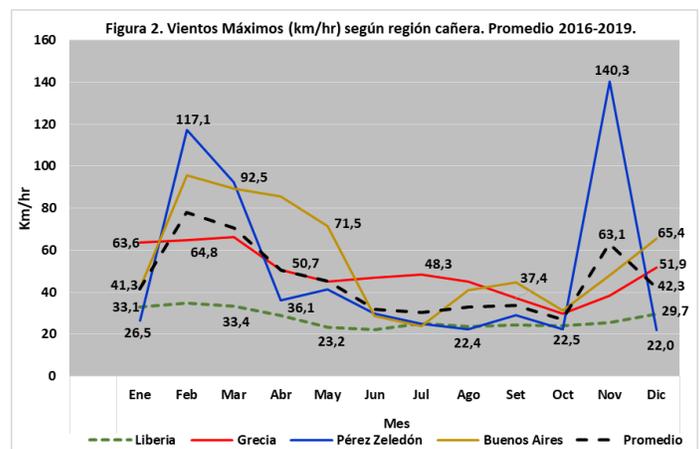
Se presentan en el Cuadro 3 y la Figura 2 los promedios de **Velocidades Máximas** para el cuatrienio evaluado (2016-2019), evidenciando velocidades muy superiores con relación al valor promedio simple, lo que habilita ampliar el criterio de interpretación. Como se constata, esta variable comprueba situaciones diferentes y no evidenciadas en el criterio anterior, como son las altas velocidades verificadas en las regiones de Grecia y Pérez Zeledón, donde las medias anuales fueron de 49 y 50,4 km/hr, respectivamente, lo cual demuestra la presencia de periodos donde las velocidades se incrementan notoriamente para luego decrecer y ocultarse en el promedio diario y mensual. La localidad de Buenos Aires mantiene liderazgo por sus altas velocidades al mostrar índices altos con una media de 55,6 km/hr. En Guanacaste contrario a lo que se cree basados en sensibilidad de campo, los valores fueron inferiores al resto de regiones cañeras con una media de velocidad máxima de 27,3 km/hr. Resulta notorio la existencia de altas velocidades en periodos puntuales del día que inducen promedios altos. No pueden pasar desapercibidas las velocidades anotadas en los meses de febrero (117,1 km/hr), marzo (92,5 km) y noviembre (140,3 km/hr) en Pérez Zeledón; como también las de febrero (95,6 km), marzo (89,4 km) y abril (85,8 km) en Buenos Aires. Una interpretación con base en la Escala de Beaufort denota velocidades mayores al índice 10, que resultan muy altas y contraproducentes para el buen accionar agrícola. Al desagregar la información para comprobar comportamientos puntuales, encontramos que los promedios del periodo fueron intervenidos por situaciones específicas de altas velocidades ocurridas en

Pérez Zeledón en los meses de noviembre 2017 con velocidades de +200 km/hr; como también noviembre (+200 km/hr) del año 2017 y de febrero a mayo del 2018 cuando lograron valores mayores a los 200 km/hr, como reportaron los instrumentos meteorológicos (anemómetro) instalados en el lugar. En el caso de Buenos Aires los índices altos se presentaron en noviembre y diciembre del 2017 con velocidades promedio de 101,2 y 129,9 km/hr, respectivamente; además de vientos mayores a los 200 km/hr durante el periodo de cuatro meses transcurrido de febrero a mayo del 2018. Esas velocidades superan el nivel 10 de la Escala, lo que es demostrativo de la condición extrema prevaleciente en el lugar en ciertos momentos de esos meses. No hay duda de que la condición es estresante y destructiva.

Cuadro 3. VIENTO MÁXIMO (km/hr) promedio mensual presente durante el Período 2016-2019 según Región Agrícola.

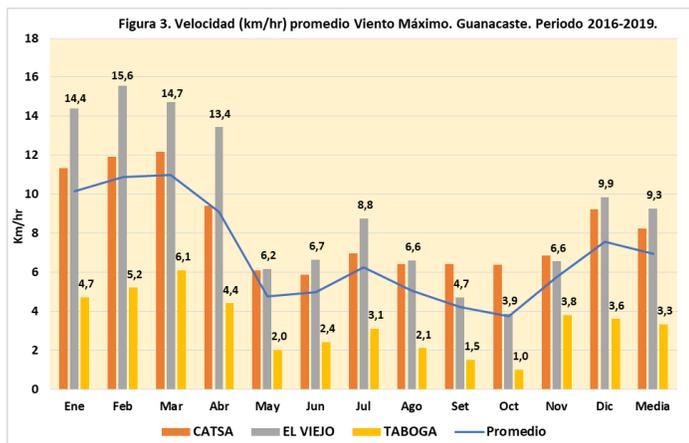
Cantón *	Mes												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Media
Liberia	33,1	34,7	33,4	29,1	23,2	22,1	25,1	23,7	24,5	23,9	25,6	29,7	27,3
Grecia	63,6	64,8	66,4	50,7	45,1	47,1	48,3	45,1	37,4	29,8	38,5	51,9	49,0
Pérez Zeledón	26,5	117,1	92,5	36,1	41,5	29,8	24,9	22,4	29,1	22,5	140,3	22,0	50,4
Buenos Aires	42,3	95,6	89,4	85,8	71,5	28,8	23,9	40,9	44,6	31,4	48,1	65,4	55,6
Promedio	41,3	78,0	70,4	50,4	45,3	31,9	30,5	33,0	33,9	26,9	63,1	42,3	45,6

* Corresponde a las estaciones ubicadas en CATSA, DIECA, San Isidro y Buenos Aires, respectivamente.



En el caso de Guanacaste las velocidades máximas promedio mensual no superaron los 39 km/hr para un índice inferior a 5 en la Escala de Beaufort, lo que comparativamente resulta muy diferente a lo sucedido en las dos localidades de la Zona Sur. En Grecia pareciera que hay eventos donde la velocidad es superior a la anterior con un ámbito ubicado entre 56,3 y 74 km/hr durante el primer trimestre de cada uno de los cuatro años evaluados, ratificando la tendencia; en cuyo caso la escala alcanza niveles superiores a 7. **Queda demostrado que la interpretación de la velocidad y efectos del viento por medio de su valor promedio no resulta consistente ni reveladora de los verdaderos impactos potenciales que de manera circunstancial**

puedan acontecer en un determinado lugar, lo cual se percibe y detecta con mayor certeza al utilizar las velocidades máximas.



Buscando mayor explicación a lo acontecido en la región de Guanacaste como zona determinante en cuanto a producción, procesamiento de materia prima y fabricación de azúcar en el país, se expone la Figura 3 con datos específicos de velocidad promedio mensual de las localidades de Cañas (Taboga), Liberia (CATSA) y Carrillo (El Viejo). Como se infiere, las diferencias son manifiestas no solo en temporalidad sino también en localidad geográfica. Los meses de enero, febrero, marzo y abril son los que muestran las mayores velocidades independientemente del lugar, lo que también se da en noviembre y diciembre, aunque en menor grado; hay un leve repunte en el mes de julio. Los picos de velocidad promedio más altos se presentaron en el mes de febrero en Carrillo (15,6 km), en Liberia en marzo (12,2 km) y en marzo en el cantón de Cañas (6,1 km). Por el contrario, los valores menores si varían con el lugar, siendo las velocidades más bajas observadas en el periodo en el mes de junio en Liberia (5,9 km), en octubre en Cañas (1,0 km) y Carrillo (3,9 km/hr). Existe coincidencia plena entre los periodos de mayor velocidad del viento con los de cosecha de plantaciones y fabricación de azúcar en el país, como lo indica Chaves (2020b). **Queda demostrado que pese a lo que algunos interpretan para Guanacaste como “unidad territorial climáticamente estable y uniforme”, no resulta en el caso del viento tan válida para fines agrícolas, pues siempre hay diferencias importantes en magnitud, no así en su tendencia durante el año donde hay mucha estabilidad.**

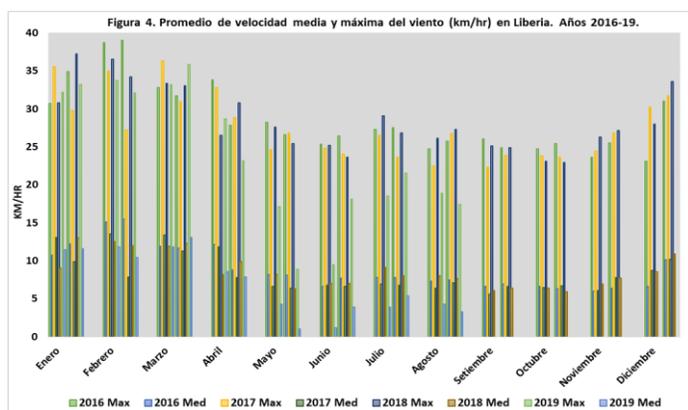
Cuadro 4. Velocidad MEDIA y MÁXIMA del Viento (km/hr) medida quincenalmente en Liberia, Guanacaste (CATSA). Priodo 2014-2019.

Mes	Periodo	CATSA																		
		2014			2015			2016			2017			2018			2019			
		Max	Med	X	Max	Med	X	Max	Med	X	Max	Med	X	Max	Med	X	Max	Med	X	
Enero	I	25,4	10,6	26,7	37,9	14,8	37,3	30,7	10,7	32,9	35,5	13,1	32,6	30,8	9,0	34,1	32,2	11,4	32,7	32,7
	II	28,0	13,3	12,0	36,7	13,4	14,1	34,9	12,2	11,4	29,8	9,9	11,4	37,2	13,0	11,1	33,2	11,6	11,5	11,5
Febrero	I	23,7	11,4	24,1	34,4	12,4	35,1	38,7	15,1	38,8	35,0	13,5	31,4	36,5	12,5	35,4	33,7	11,8	33,0	33,0
	II	24,6	12,6	12,0	35,8	12,4	12,4	39,0	15,5	15,3	27,2	7,9	10,9	34,2	12,0	12,2	32,1	10,4	11,2	11,2
Marzo	I	22,8	10,3	24,3	38,1	16,0	34,5	32,8	11,9	32,2	36,3	13,4	33,5	33,3	11,9	33,2	33,2	11,8	34,5	34,5
	II	25,7	12,1	11,2	31,1	10,3	13,0	31,7	11,7	11,8	30,9	11,3	12,3	33,0	12,3	12,1	35,8	13,1	12,5	12,5
Abril	I	21,5	10,6	21,0	35,6	12,8	32,3	33,8	12,1	30,8	32,8	11,8	30,8	30,8	8,2	28,6	28,7	8,6	26,0	26,0
	II	20,5	9,1	9,9	28,9	9,2	11,0	27,8	8,8	10,5	28,8	7,8	9,8	30,8	9,9	9,0	23,2	7,9	8,3	8,3
Mayo	I	18,1	6,1	18,4	33,3	11,9	32,2	28,2	8,2	27,4	24,6	6,6	25,8	27,6	8,2	26,5	17,1	4,3	12,9	12,9
	II	18,7	7,7	6,9	31,2	10,7	11,3	26,6	8,1	8,1	26,8	6,4	6,5	25,4	6,3	7,2	8,9	1,0	2,6	2,6
Junio	I	29,7	9,4	29,7	27,1	7,0	31,5	25,3	6,6	25,9	24,8	6,8	24,4	25,2	7,0	24,4	9,5	1,2	13,8	13,8
	II	29,7	9,4	9,4	36,0	13,8	10,4	26,4	7,7	7,2	24,0	6,6	6,7	23,6	7,0	7,0	18,1	3,9	2,5	2,5
Julio	I	32,3	12,3	32,7	33,4	11,6	32,0	27,3	7,8	27,8	26,5	6,9	25,0	29,1	9,1	27,9	18,5	3,9	20,1	20,1
	II	33,1	11,3	11,8	30,7	10,5	11,0	27,5	7,8	7,8	23,6	6,8	6,8	26,8	8,0	8,5	21,5	5,4	4,7	4,7
Agosto	I	29,2	9,5	29,1	29,9	11,6	31,7	24,7	7,3	25,2	22,5	6,4	24,7	26,1	8,0	26,7	18,9	4,3	18,1	18,1
	II	29,1	7,9	8,7	33,4	9,9	10,7	25,7	7,5	7,4	26,7	7,1	6,7	27,3	7,6	7,8	17,4	3,3	3,8	3,8
Setiembre	I	26,9	7,2	27,0	29,3	8,4	27,3	26,0	6,6	25,4	22,3	5,6	23,1	25,1	6,1	25,0				
	II	27,2	6,9	7,1	25,2	6,9	7,6	24,9	6,9	6,8	23,9	6,6	6,1	24,9	6,4	6,3				
Octubre	I	27,4	7,0	27,1	25,2	7,4	24,2	24,7	6,6	25,1	23,8	6,5	23,7	23,1	6,4	23,0				
	II	26,8	7,0	7,0	23,3	6,1	6,7	25,4	6,3	6,4	23,6	6,7	6,6	22,9	5,9	6,1				
Noviembre	I	25,4	8,0	29,9	23,7	6,8	26,0	23,6	6,0	24,6	24,4	6,1	25,6	26,3	6,9	26,7				
	II	30,4	8,6	8,3	28,3	8,3	7,6	25,5	6,4	6,2	26,8	7,8	7,0	27,1	7,7	7,3				
Diciembre	I	31,5	10,8	31,9	27,7	8,6	29,3	23,1	6,6	27,2	30,2	8,7	31,0	28,0	8,6	30,9				
	II	32,2	11,2	11,0	30,9	11,1	9,9	31,0	10,1	10,1	31,7	10,2	9,5	33,6	10,9	9,8				
Promedio Anual				26,5			31,1			28,6			27,6			23,8				23,8
				9,6			10,5			8,9			8,4			8,7				7,1

Nota: Valores promedio se reportan por mes y quincena (I-II) para las velocidades Media y Máxima (km/hr) del periodo 2014-2019 (7 años).

Procurando encontrar una mejor explicación a las deducciones generadas por el estudio sobre las diferencias potenciales mostradas por la variable, se presenta el Cuadro 4 en el cual se anotan datos referentes a la velocidad media y máxima del viento (km/hr) medida en ciclos quincenales y mensuales para la estación de Liberia, Guanacaste (CATSA), durante el periodo continuo de seis años (2014-2019). Se espera en este caso, tener mayor exactitud sobre los eventos acontecidos en ese lugar al desagregar la información en periodos quincenales visualizados en un tiempo más prolongado de años. De acuerdo con la información expuesta, es efectivamente notorio como al reducir los tiempos de lectura a quincenas, tanto para los vientos medios como máximos, los cambios acontecidos se tornan más evidentes, sea por ser mayores o en su caso inferiores, ratificando que **un valor mensual resulta muchas veces poco útil para reflejar los cambios acontecidos**. En el caso de los vientos máximos se observan comportamientos de muy alta variabilidad en tiempos cortos, como aconteció por ejemplo en mayo del 2019 cuando en la quincena I la velocidad promedio fue de 17,1 km/hr y en la segunda de 8,9 km para un promedio mensual de 12,9 km; en junio siguiente fueron de 9,5 y 18,1 km para una media de 13,8 km, respectivamente, lo que evidencia cambios sustantivos en el comportamiento. En diciembre del 2016 los mismos índices fueron de 23,1 km en la quincena I y de 31 km en la II para una media de 27,2 km; en enero del 2018 las velocidades reportaron 30,8 y 37,2 km para un promedio mensual integral de 34,1 km. En el caso de los vientos promedio acontece algo similar como ejemplarizan velocidades de 11,8 y

7,7 km presentes en la I y II quincena del mes de abril del 2017, cuyo promedio mensual fue de 9,8 km/hr. En febrero del mismo año las medias alcanzaron velocidades de 13,5 y 7,9 km/hr y una media de 10,9 km. Como los casos anteriores pueden ubicarse en el Cuadro 4 comportamientos de velocidad muy disímiles surgidos en el corto plazo en un mismo mes, como también muy estables entre periodos cortos de tiempo. La Figura 4 expone los valores por quincena y mes para el periodo 2016-2019 en ambas variables (media y máxima), permitiendo comprobar a nivel de tendencia las diferencias surgidas entre tiempos de medición. Lo anterior admite concluir que, **la dinámica de la variable viento es muy alta en el tiempo, lo que justifica lecturas de periodos cortos para lograr inferencias e interpretaciones más ajustadas a lo que realmente sucede en el campo; los valores mensuales ocultan comportamientos muy amplios que conducen a conclusiones menos certeras.**



En torno a medición de posibles daños e impactos provocados por el viento sobre el cultivo de la caña de azúcar, es realmente muy poca la información disponible en el país, salvo eventos provocados por huracanes o tormentas como aconteció en los casos de Otto y Nate (Costa Rica, 2016, 2017) que si recibieron estimaciones productivas y económicas para efectos institucionales. La afectación va muy en función del estado fenológico en que se encuentre la plantación, por cuanto el daño puede ser leve, alto o total, lo que se traduce en pérdidas agroindustriales variables traducidas obviamente a económicas (Chaves, 2019a). Vientos fuertes al final del ciclo de crecimiento y próximos a cosecha pueden por volcamiento inducir pérdidas de biomasa y afectación de la calidad de la materia prima como fue referenciado por Chaves (2019bc, 2020ab) y muestra en la Figura 5. Es concluyente que la interacción y potenciamiento de condiciones de estrés actuando en forma conjunta o sistemática, pudieran estar afectando nuestras plantaciones de caña de azúcar, como lo indicara Chaves (2020cde).

Sobre el mismo tema expresa Subirós (1995), que *“Si la velocidad del viento es moderada, no causa daño; por el contrario, cuando*

es superior a los 40 km/h, reduce significativamente el rendimiento de la caña.

En casos extremos, cuando se presentan huracanes, se reduce el peso fresco de los tallos alrededor del 54% y ocurre una disminución del porcentaje de sacarosa en los tallos quebrados cercano al 34%. Se ha estimado que por cada 1% de tallos quebrados como consecuencia de este fenómeno, se produce una reducción de sacarosa próxima al 0,5%.”

Es importante y necesario en este punto sugerir a manera de recomendación técnico-institucional, en consideración de que se carece en Costa Rica hasta donde se conoce, de un criterio certero, conciliatorio y bien fundamentado para aplicar e integrar la variable viento en el caso de la ejecución de la práctica de las quemas agrícolas controladas para realizar la cosecha de las plantaciones comerciales de caña de azúcar; lo cual apunta a proponer como límite superior de aceptación y autorización, velocidades de hasta 30 km/hora, lo que implica un nivel 4 (Brisa moderada) en la Escala de Beaufort, luego de lo cual el riesgo de provocar un siniestro se eleva de manera importante (Chaves, 2017).



Figura 5. Efecto del paso del huracán Otto en plantaciones de caña de azúcar en el cantón de Los Chiles. Noviembre 2016.

Es definitivo que en todo esto las interferencias de relieve y geográficas influyen sobre la distribución, orientación y velocidad de los vientos, condicionados a la circulación atmosférica en escala mayor. Las montañas pueden actuar como freno al viento al oponerse a su paso, o contrariamente actuar como acelerante al condicionarlo a circular entre valles o senderos orientados según su dirección. Los vientos vienen condicionados a la temperatura y

la lluvia asociada a los vientos. En zonas próximas a montañas el aire húmedo circulante es detenido por estas, obligando a remontarlas, lo que lo enfría y con ello su humedad se condensa en forma de nubes que producen luego las persistentes lluvias de ladera, como ocurre en tantas localidades cañeras del país. Contrariamente en el otro extremo (vertiente), el viento descendente baja seco luego de superar la cima y calentarse.

Para el agricultor resulta muy importante y provechoso conocer el comportamiento, la dirección y la velocidad de los vientos durante todo el año en su localidad, pues algunos pueden traer la lluvia, otros barrer las nubes, acompañarse de frío o por el contrario ser muy secos. Todo productor de caña de azúcar y agricultor en general debe estar consciente del comportamiento del viento, como lo está de la lluvia, la temperatura y de la luz, pues es claro que forma parte integral de los ingredientes que conforman el tiempo climático de una zona.

Conclusiones

A partir de los resultados e inferencias anteriores, se concluye lo siguiente:

- a) La condición tropical del país favorece la heterogeneidad y variabilidad del clima durante todo el año en todas las regiones, zonas y localidades cañeras del país, lo cual se traduce en el caso particular del viento, en cambios importantes en su dirección y velocidad (km/hr), lo cual interviene y afecta de manera variable el potencial productivo agroindustrial de las plantaciones comerciales.
- b) El viento tiene una intervención directa sobre los campos, la infraestructura y las plantaciones, pero también sobre otros factores asociados como son las temperaturas, la lluvia, la humedad ambiente, la nubosidad y la evapotranspiración.
- c) Los vientos se originan como consecuencia de las diferencias ocurridas en la presión atmosférica, las cuales se producen por las distintas temperaturas prevalentes en el aire. El aire frío tiende a desplazarse hacia abajo, mientras que el aire caliente se desplaza hacia arriba por razones de densidad.
- d) La diversidad y amplitud territorial en que están ubicadas y distribuidas las plantaciones comerciales de caña de azúcar en el país se traduce en entornos agro-productivos variables que limitan e impiden realizar generalizaciones aún dentro de una misma región. El factor viento participa de esa variabilidad.
- e) La condición del viento en una localidad representa un factor primario y determinante para definir el potencial y la aptitud de una zona o localidad para cultivar exitosamente caña de azúcar. Por su naturaleza, la dinámica del indicador es al igual que los demás factores abióticos meteorológicos muy inestable y cambiante en el tiempo, lo que merece atención y estudio.
- f) El factor viento es importante de conocer y estudiar en lo concerniente a sus efectos sobre la planta de caña y demás elementos del clima, en consideración de que se vincula y asocia estrechamente con repercusiones indeseables ligadas al estrés por sequía, estrés por aireación, como también al ocasionado por factores térmicos y lumínicos, entre otros.
- g) El instrumental meteorológico disponible actualmente por parte del sector azucarero costarricense es muy limitado, deficiente e insuficiente para medir la variable viento, lo que debe mejorarse.
- h) Se concluye con certeza que el periodo de cuatro y seis años evaluado (2014-2019) en las siete estaciones meteorológicas nacionales referidas, fue válido y muy representativo para generar inferencias y conclusiones consistentes y representativas como las generadas por el estudio.
- i) La velocidad del viento valorada en el área cañera nacional varía en un ámbito muy amplio de promedios mensuales extremos entre 0,6 y 23,8 km/hr, para un diferencial de 23,2 km, correspondiente a un muy significativo 3,967% que dimensiona la magnitud y significancia de la variación. La condición “*más ventosa*” se da en la zona baja (<400 msnm) de Guanacaste, la Zona de Los Chiles y principalmente en la localidad de Buenos Aires en los meses de enero a abril; contrariamente, las menores suceden en Grecia y Pérez Zeledón en los meses de mayo y octubre.
- j) Las velocidades de viento promedio mensual más altas para el periodo 2016-2019 ocurrieron en la zona de Buenos Aires con 23,8 km/hr en el mes de abril, 13,3 km en febrero y 12,5 km en marzo; seguidas por Guanacaste con 11,0 km en marzo, 10,9 km en febrero y 10,2 km en enero. En Los Chiles la velocidad promedio fue de 10,3 km en el mes de febrero. Como se infiere pese a las diferencias, la magnitud de estas no es muy alta y significativa exceptuando la primera.
- k) En los meses de enero a abril es cuando los vientos en el área cañera nacional alcanzan sus índices de velocidad promedio más altos, lo que coincide con el periodo de cosecha y molienda de caña y fabricación de azúcar. En los meses de julio, noviembre y diciembre hay un repunte en esa variable. Es claro entonces que la afectación acontece en esos periodos claves del quehacer cañero-azucarero nacional.
- l) Al valorar la velocidad máxima alcanzada por el viento, se evidencia con mejor criterio el verdadero efecto del mismo sobre las plantaciones y la infraestructura cañera; llegando en dicho caso a superar velocidades de 200 km/hora como se encontró en la Zona Sur, propiamente en las estaciones ubicadas San Isidro de El General y Buenos Aires, lo cual fue verificable para varios meses y en diferentes años, lo que hace suponer que en el lugar acontecen con alguna regularidad eventos climáticos extraordinarios que los provocan. Se encontró esas

- velocidades durante los meses febrero a mayo y noviembre, diciembre.
- m) Los meses críticos donde la velocidad promedio del viento es más alta en el país se presentan en los meses de enero, febrero, marzo y noviembre; alcanzando en lo particular una media de 117,1, 92,5 y 140,3 km/hr, respectivamente, en esos meses en San Isidro de El General. En Buenos Aires ocurrió en febrero y marzo con índices de 95,6 y 89,4 km/hr, lo que ubica esa región con un promedio anual para el cuatrienio de 55,6 km/hr, el más alto del país. Las velocidades máximas más bajas se ubicaron en contraparte en Liberia, cuya media anual fue de apenas 27,3 km. Esas diferencias evidencian que la sensación de vientos huracanados en Guanacaste es menos común de lo esperado, según lo que reportan los instrumentos de medición meteorológica.
- n) Es concluyente que la interpretación de las velocidades del viento empleando promedios simples no explican ni sensibilizan con buen criterio el comportamiento de la variable, para lo cual resulta más certero el empleo de las velocidades máximas. Quedo demostrado que el primer indicador oculta valores que resultan más realistas y evidenciados con las máximas para explicar la variable; aunque está claro que muchos de esos eventos corresponden a periodos muy cortos de tiempo interpretados como “*rafagas*”.
- o) Al evaluar e interpretar los datos en periodos de tiempo de lectura más cortos, en este caso quincenales, favoreció una mejor inferencia y ubicación de los impactos potenciales provocados por el viento. Se constató que interpretaciones basadas en promedios mensuales resultan amplios e insuficientes para juzgar posibles impactos por eventos de alta velocidad. Mediciones diarias resultan aún más convenientes y reveladoras para ese objetivo.
- p) Para interpretar, juzgar y calificar la velocidad del viento se empleó con buen suceso la Escala Internacional de Beaufort, constituida por 12 categorías que ubican ámbitos de velocidad para una amplitud que va de 0 a +120,7 km/hr, cuando pasa a la condición de huracán. Pareciera razonable habilitar y acondicionar su empleo en el sector azucarero nacional, con el objeto de contar con un criterio de interpretación unificador.
- q) A manera de aporte se sugiere y recomienda, en consideración de que el país carece de un criterio certero, conciliatorio y bien fundamentado para aplicar e integrar la variable viento en la práctica agrícola de quemar las plantaciones comerciales de caña para realizar su cosecha; utilizar como límite superior de aceptación y autorización para ejecutar la práctica, velocidades de hasta 30 km/hr que implican un nivel 4 (Brisa moderada) en la Escala de Beaufort, luego de lo cual el riesgo de provocar un siniestro se incrementa. El tema debe abordarse con mayor especificidad y profundidad.
- r) Se considera conveniente estudiar y establecer una correlación del factor viento con respecto a las temperaturas máximas, la precipitación, la humedad ambiente y la evapotranspiración.
- s) Basados en la información expuesta y analizada e inferencias generadas en el presente estudio, se concluye que algunas de las velocidades promedio de viento identificadas en el país, pueden presentar y generar en algunas localidades como la Zona Sur, el Valle Central y Guanacaste, condiciones extremas de **estrés eólico** en determinados periodos del año; lo cual debe sin embargo juzgarse e interpretarse con mejor criterio, incorporando en el análisis otros elementos e indicadores climáticos válidos y representativos que aporten una mejor contextualización de cada entorno agro productivo. El viento no actúa exclusivamente de manera independiente sino también integrado a otros factores meteorológicos como son la temperatura, la lluvia y la humedad ambiente, lo cual debe ser validado.
- t) Es legítimo aceptar y concluir basados en la información recabada, que pueden estarse dando condiciones inductoras de estrés por viento en algunas localidades cañeras del país, lo que sumado al estrés térmico, hídrico, fitosanitario y edáfico pudiera estar limitando los índices potenciales y accesibles de productividad agroindustrial.

Literatura citada

- 1) Chaves Solera, M.A. 2017. **Permiso para quemar cañaverales ¿Qué debo hacer? ¿Cómo debo actuar?** Revista Entre Cañeros N° 7. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, enero. p: 19-28.
- 2) Chaves Solera, MA. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- 3) Chaves Solera, M.A. 2019b. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- 4) Chaves Solera, M.A. 2019c. **Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
- 5) Chaves Solera, M.A. 2019d. **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.

- 6) 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.
- 7) Chaves Solera, MA. 2020b. **Arrancó la cosecha de caña y la fabricación de azúcar ¡El tiempo, constituye un factor determinante a considerar y tener presente en esta operación agroindustrial!** Revista Entre Cañeros N° 14. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 4-19.
- 8) Chaves Solera, M.A. 2020c. **Estrés por calor en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(5): 5-12, marzo.
- 9) Chaves Solera, M.A. 2020d. **Estrés por frío en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(7): 6-16, marzo-abril.
- 10) Chaves Solera, M.A. 2020e. **Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- 11) COSTA RICA. 2016. **Huracán Otto. Decreto Ejecutivo N° 40027-MP**, Diario Oficial “La Gaceta”, Alcance N° 274, martes 29 de noviembre del 2016. p: 44-48.
- 12) COSTA RICA. 2017. **Tormenta Tropical Nate. Decreto Ejecutivo N° 40677-MP**, Diario Oficial “La Gaceta”, Alcance Digital N° 242, lunes 09 de octubre 2017. p: 4-7.
- 13) Subirós Ruíz, F. 1995. **El cultivo de la caña de azúcar.** 1ª ed. San José, C.R.: EUNED. p: 57.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición:

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

Departamento de Climatología e Investigaciones Aplicadas

Departamento de Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL