

Periodo 03 de agosto al 16 de agosto de 2020

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

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

IMN

www.imn.ac.cr
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17
Barrio Aranjuez,

Frente al costado Noroeste del Hospital Calderón Guardia.
San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr
2284-6000

Avenida 15 y calle 3
Barrio Tournón

San Francisco, Goicoechea
San José, Costa Rica

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

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

Los distritos que sobrepasaron los 200 mm de lluvia acumulada en la semana fueron La Cruz, Cuajiniquil, Nosara, Hojancha, Cóbano, Jacó, Parrita, Quedos y Guaycara de Golfito.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 82 estaciones meteorológicas consultadas muestran al sábado como el día más lluvioso, mientras el miércoles presentó los menores acumulados, con un 42% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

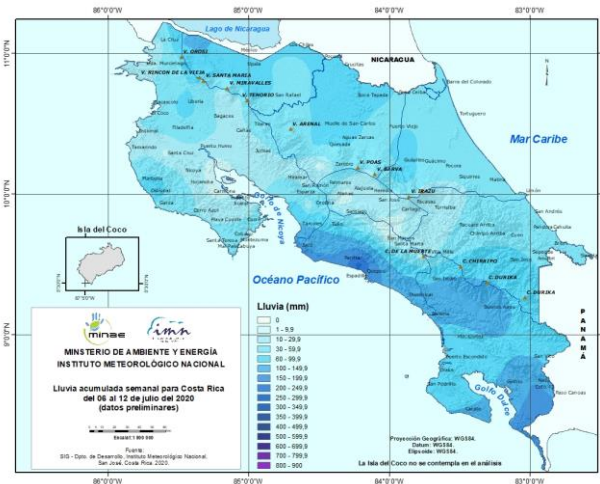


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 20 de julio al 26 de julio del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 27 DE JULIO AL 02 DE AGOSTO

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

Los distritos que sobrepasaron los 100 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Dos Ríos de Upala, Sabanilla de Alajuela, Santo Domingo de Heredia, Quepos y Sixaola.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 100 estaciones meteorológicas consultadas muestran al martes como el día más lluvioso, mientras el viernes presentó los menores acumulados, con un 9% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.



Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 27 de julio al 02 de agosto del 2020 (datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DE 03 DE AGOSTO AL 09 DE AGOSTO DE 2020

La semana presentará condiciones levemente más lluviosas de lo normal en las regiones Pacífico Central, Pacífico Sur y Valle Central; mientras las regiones climáticas del Caribe Norte, Caribe Sur, Zona Norte y Pacífico Norte tenderán a condiciones lluviosas normales para la época. En cuanto a la temperatura media, esta se mantendrá levemente más fría de lo normal en las regiones climáticas del Caribe Norte, Zona Norte; mientras en el Caribe Sur y Pacífico Norte presentará valores entre normales y levemente fríos; a su vez que el Valle Central, Pacífico Central y Pacífico Sur mostrarán temperaturas levemente por arriba de lo normal.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 03 DE AGOSTO AL 09 DE AGOSTO DE 2020

De la figura 3 a la figura 10, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones cañeras. Se prevé un inicio de semana con condiciones menos lluviosas, seguido de un incremento de las lluvias. Las regiones cañeras en general mantendrán una reducción en la velocidad del viento a lo largo de la semana, a excepción de la Zona Norte, Valle Central Este, Valle Central Oeste y Turrialba que presentarán un incremento de la velocidad de viento en la segunda mitad de la semana. Las áreas cultivadas tendrán amplitudes térmicas homogéneas, con los valores superiores de la temperatura máxima y temperatura mínima a mediados de semana.

“Se percibirá el efecto de la onda tropical #26 durante la segunda mitad de semana.”

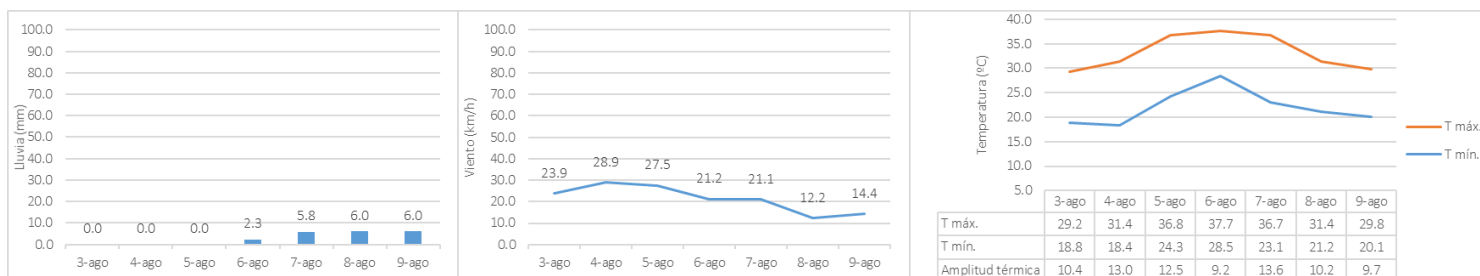


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Guanacaste Este.

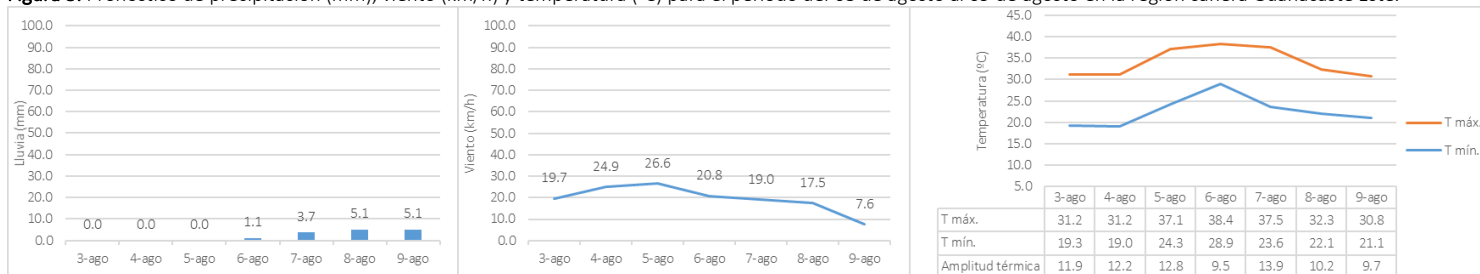


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Guanacaste Oeste.

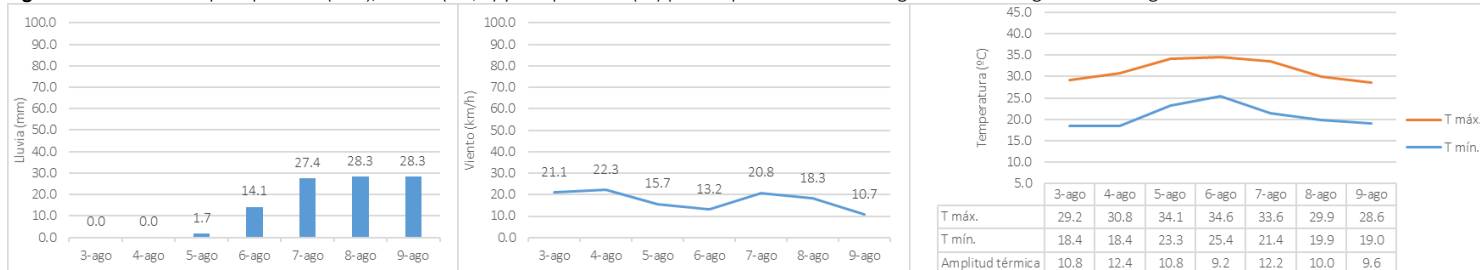


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Puntarenas.

Agosto 2020 - Volumen 2 – Número 16

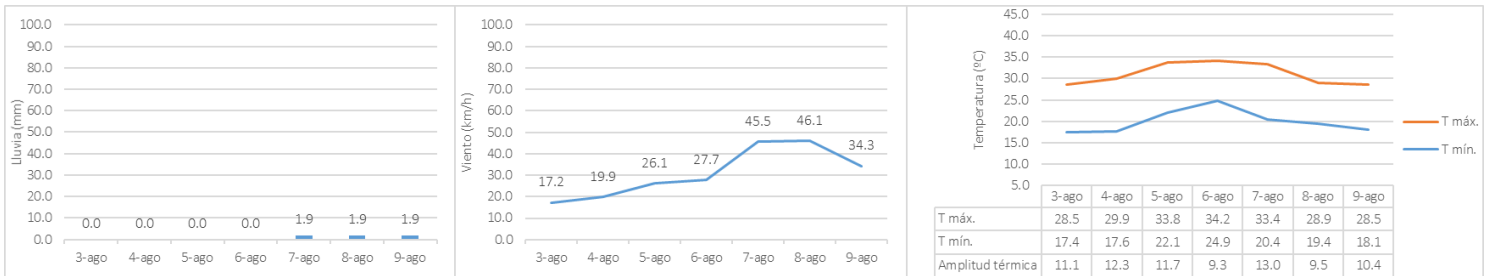


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Zona Norte.

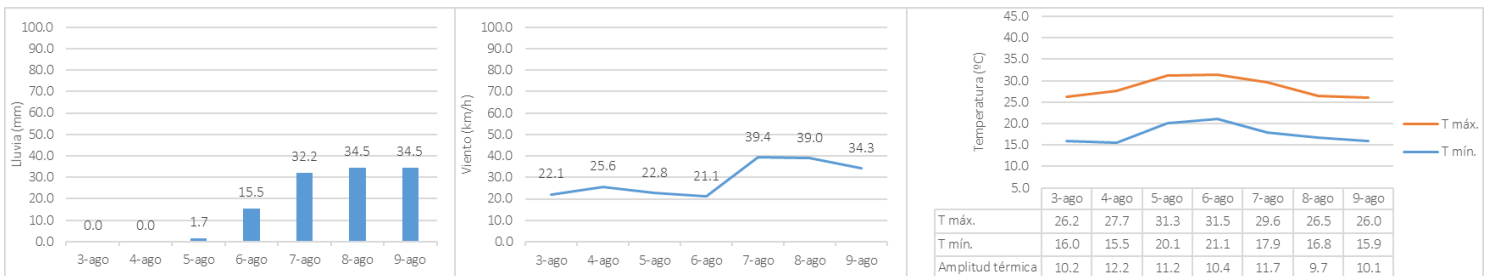


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Valle Central Este.

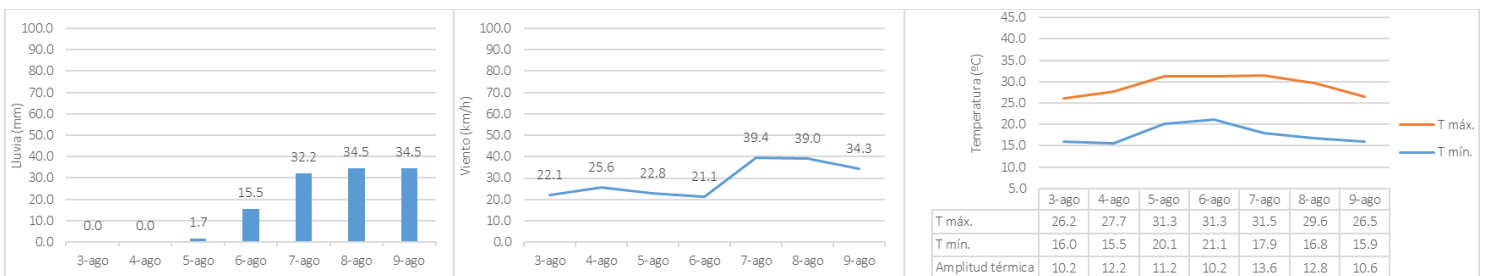


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Valle Central Oeste.

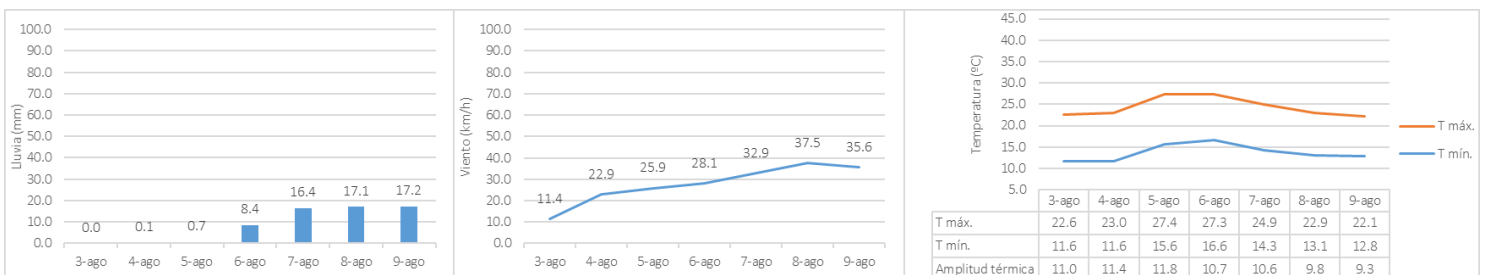


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Turrialba.

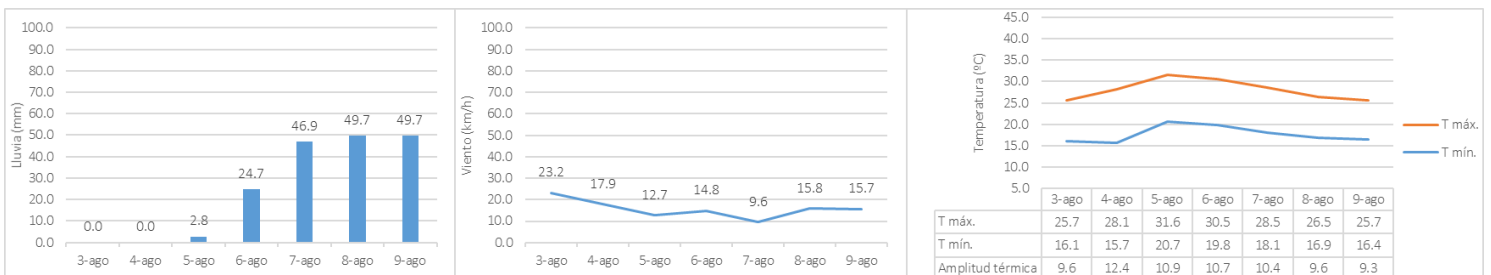


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 03 de agosto al 09 de agosto en la región cañera Zona Sur.

Agosto 2020 - Volumen 2 – Número 16

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 10 DE AGOSTO AL 16 DE AGOSTO DE 2020

Se prevé una semana levemente más lluviosa de lo normal a nivel nacional, que se percibirá en mayor medida en el Pacífico Sur, a excepción del Pacífico Norte que mantendrá condiciones lluviosas normales de la época. Por su parte la temperatura media en la primera mitad de la semana se percibirá levemente por arriba de lo normal en el Pacífico Sur; mientras el Pacífico Central y Valle Central tendrán condiciones entre normal y levemente más cálido de lo normal; a diferencia del Pacífico Norte y vertiente Caribe que presentará condiciones entre normal y levemente más fresco de lo normal.

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 03 de agosto del 2020.

La Región de Guanacaste Oeste tiene entre 0% y 90%, la Región Guanacaste Este presenta porcentajes de que varía entre 0% y 100%. La saturación de la Región Puntarenas está entre 15% y 60%; los suelos de la Región Valle Central Oeste presentan entre 45% y 90%, mientras que los de la Región Valle Central Este tiene entre 30% y 60%.

La Región Norte está entre 15% y 100%. 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 30% y 60%. La Región Sur presenta porcentajes de saturación variables, que van desde 0% hasta 100%

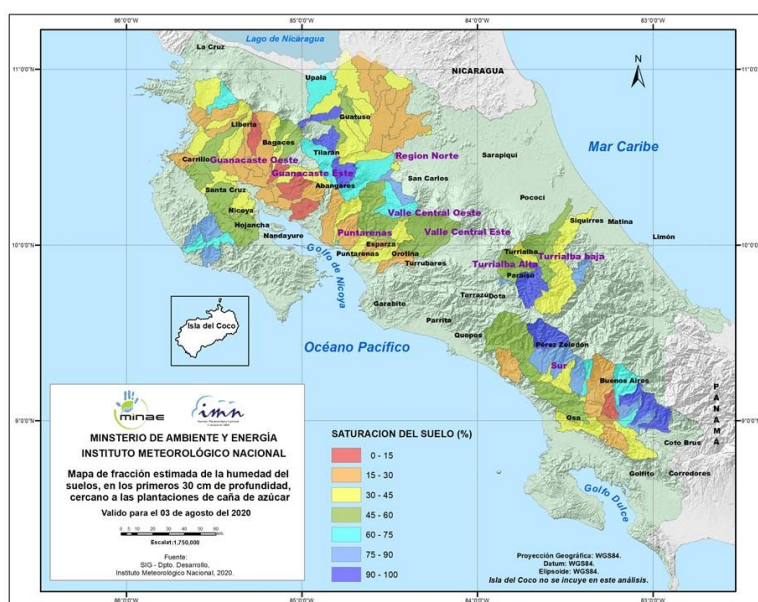


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 03 de agosto del 2020.

DIECA E IMN LE RECOMIENDAN

Por mantenerse activa la temporada de ondas tropicales del océano Atlántico, se recomienda tomar medidas preventivas y de amortiguamiento en cuanto al incremento de las lluvias que prevalecerán durante aquellos días con efecto directo de ondas o tormentas tropicales. Favor mantenerse al tanto de los avisos emitidos por el IMN.

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

ALERTA FITOSANITARIA

Plaga de langosta voladora en Centroamérica: preocupación nacional

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)

Las cadenas internacionales de noticias han venido recientemente informando ampliamente de la presencia de una plaga que impactó severamente regiones agrícolas de África, a partir de donde se movilizó a Pakistán y La India. Más recientemente reportó su presencia en América del Sur afectando plantaciones en Paraguay, Argentina y Brasil donde se encuentra actualmente. La mayor preocupación se ha centrado sin embargo en el eventual incremento de sus poblaciones en Centroamérica, propiamente en Guatemala (El Petén) y El Salvador, donde hay evidencias de su presencia; como algunas noticias no comprobadas de presencia en el occidente nicaragüense. El Gobierno de Guatemala declaró el 24 de julio emergencia fitosanitaria por incremento significativo de langosta. La langosta voladora (figura 1) es un insecto de antecedente bíblico, cuyo relato trasciende a la octava plaga que asoló Egipto y acabó con la última fuente de comida que quedaba en ese momento. Son muchas las especies del insecto (cerca de 30) que atacan cultivos, entre las que están la langosta del desierto, langosta roja, langosta migratoria, langosta suramericana y centroamericana, entre otras. Es conocida en nuestra región como “langosta centroamericana” (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker 1870), cuya especie es de hábitos de vida similares, que pese a ser un insecto longevo en las plantaciones agrícolas de Costa Rica, es habitual encontrarlo en muy bajas densidades poblacionales y condiciones de ambiente limitadas. Dicha especie es endémica en la región, incluyendo a México y Belice, la cual desde la época de los Mayas y Aztecas ha provocado impactos.

Focos de plaga han venido mostrando incremento en sus poblaciones en algunos de esos países, lo cual virtud de la alta capacidad de multiplicación y desplazamiento (hasta 150 km/día) que poseen, podrían eventualmente caso de incrementarse, llegar a agruparse y alcanzar niveles poblacionales desproporcionados denominadas “mangas”. Los informes de impacto en la agricultura son realmente preocupantes y los destrozos provocados en plantaciones de caña de azúcar en Asia inmensos, con alguna reserva en el cono sur y más aún en la región centroamericana, donde presuntamente no están afectando aún plantaciones comerciales. El resto de los países de la región no reporta presencia que pudiera elevar el nivel de inquietud. Sin embargo, los antecedentes del lugar no son todo lo favorables que se desea para transmitir y mantener tranquilidad, pues en épocas pasadas han existido evidencias de daño en algunos cultivos, preferencialmente granos básicos.

La plaga es de características gregarias y polífagas por lo que aprovecha para su alimentación vegetales de diversas características, citándose más de 400 especies de plantas. Una langosta con 2 g de peso se estima consume diariamente entre el 70-100% de su peso en material vegetal fresco. Los cultivos con reporte y experiencia de mayor afectación son los de caña de azúcar, maíz, frijol, soya, sorgo, chile, tomate, cítricos, maní, plátano, coco, mango y también gusta de las pasturas. Esto hace que el problema de afectación potencial sea de alcance nacional y no exclusivo para la caña de azúcar.

Identificación

Se llama la atención en cuanto a la necesidad de conocer bien la especie dañina implicada y por controlar, pues hay en el campo otros insectos similares (saltamontes o chapulines) que no corresponden a la misma especie y que resulta inconveniente eliminar por error de identificación, afectando la biodiversidad. El insecto plaga posee dos pares de alas y se identifica por tener bajo el ojo una distintiva franja triangular color café y una franja blanca que atraviesa su dorso desde la cabeza a lo largo de su cuerpo. También exhibe una línea negra sobre el borde superior externo de su extremidad posterior (figura 1).

Clima y plaga

Los elementos del clima y la disponibilidad de alimento intervienen y determinan el ciclo de vida y algunas de las actividades vitales de los insectos como son la cópula y la oviposición, entre otras. Se asegura que la temperatura, la humedad relativa del aire, la precipitación y la radiación solar actúan e inciden en el crecimiento, distribución, reproducción, migración y adaptación del insecto. Los cambios en la regularidad de los periodos de lluvia y el aumento de la temperatura favorecen el cambio de fase solitaria a gregaria, siendo muy afectada por la presencia de periodos secos típicos de “El Niño” pues pueden dinamizar los periodos de cópula y oviposición. En el país se ha encontrado correlación entre periodos Niño con incremento de las poblaciones de langosta en la zona de Guanacaste. Áreas que posean vegetación que signifique alimento contribuyen al crecimiento de las poblaciones. La presencia de humedad en el suelo asiste la oviposición. El viento favorece y contribuye con la migración de las “mangas”, enjambres o agrupaciones masivas de insectos. En el caso de México se indica que pueden ocurrir dos generaciones reproductivas por año, una primera de adultos y mangas entre agosto y setiembre, o de junio y julio para ninfas. Una segunda de adultos entre diciembre y mayo con

presencia de mangas entre diciembre y febrero. Las fases de cúpula y oviposición se dan entre abril-mayo y agosto-octubre. En Costa Rica se ha comprobado que existe una mayor incidencia de la plaga de langostas en la vertiente del Pacífico más que en la del Caribe.

Preocupación

El hecho de no tener en el país antecedentes de impacto grave por langosta conocidos en plantaciones comerciales de caña de azúcar, excepto algunos reportes de daño leve y aislado en Guanacaste y Pacífico Central, no debe por razones juiciosas y prudenciales, conducir a la desatención y descuido del peligro potencial que representa un eventual e inesperado incremento de las poblaciones de la plaga, inducida por migración externa o crecimiento “explosivo” interno. Estos insectos se caracterizan por su capacidad de alternar y pasar de fase solitaria a gregaria pudiendo formar enjambres con millones de individuos. La posibilidad de que la plaga de langosta pudiera eventualmente afectar las plantaciones de caña en Costa Rica son reales y de potencial no despreciable, virtud de la ruptura de las barreras naturales internacionales como se ha demostrado en los últimos eventos fitosanitarios acontecidos en el orbe, y también, por causa del drástico cambio sucedido en las condiciones ambientales mundiales, regionales, nacionales y hasta locales.

Los organismos técnicos especializados y entes gubernamentales de la región y el país han elevado el grado de preocupación y alerta por el tema, sin pasar aún a nivel de emergencia fitosanitaria exceptuando Guatemala. Es un hecho que la prudencia, la prevención y la vigilancia son la norma para seguir en esta materia, a lo cual LAICA por medio de su órgano tecnológico DIECA da actualmente atención y seguimiento responsable al asunto.

Es importante reiterar que la experiencia nacional y sectorial con esta plaga es baja, lo que la ubica y categoriza casi como “nueva” en cuanto al grado de impacto severo que posee, que esperamos la verdad no ocurra. El tema central en torno a la preocupación prevaleciente actualmente se fundamenta en tres tópicos principales: 1) especie presente, 2) grado poblacional de plaga existente y 3) nivel de daño potencial y real esperable. El mejor momento para controlarla es en su estado de ninfa pues en el de adulto volador resulta muy difícil.

La preocupación por lo que pueda acontecer ha despertado la preocupación del sector agropecuario y la necesidad en el caso de las

agroindustrias cañero-azucareras, de organizarse tanto a nivel de Centroamérica como nacional, lo cual ya está en activo proceso de gestión institucional y labores de vigilancia y muestreo de plantaciones con el objeto de prever cualquier presencia del insecto. La labor de vigilancia ya fue iniciada en el Pacífico Seco (<400 m.s.n.m) por su condición de alto riesgo. DIECA formuló y presentó a su vez un **Plan de Acción** para el eventual manejo de la langosta centroamericana. Los sectores agropecuarios y cañero nacional están de manera muy responsable vigilantes y a la expectativa de lo que pueda suceder con esta peligrosa y temida plaga.



Figura 1. Plaga de langosta centroamericana (*Schistocerca piceifrons piceifrons* Walker 1870).

NOTA TÉCNICA

Clima y erosión de suelos en 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)

Como fue oportunamente abordado y expuesto de manera genérica y categórica en ocasión anterior (Chaves, 2020g), la degradación de los suelos provocada por factores de diversa calidad, intensidad, efecto y origen, algunos de ellos de índole natural, otros sin embargo inducidos y creados por la acción humana (antrópica), están provocando grandes perjuicios a las sanas y válidas pretensiones e intenciones empresariales de desarrollar una agricultura eficiente, sostenible, rentable y competitiva. El asunto reviste real interés y actualidad, por lo cual debe ser analizado con mucha seriedad y mayor especificidad.

El tema de los recursos naturales, la degradación de estos y en lo particular el del suelo son analizados permanentemente por profesionales muy calificados en foros de alto nivel y desde muchas perspectivas de carácter financiero, productivo, tecnológico, hasta desagregarlo y llevarlo a grados específicos como pueden ser los fisicoquímicos y microbiológicos. Sin embargo, es cierto y por tanto justo reconocer que la agricultura altamente industrializada y calificada como “moderna y avanzada”, ha fallado y generado consecuencias que se convierten en contraproducentes para los fines y objetivos que precisamente y de manera paradójica busca satisfacer. Ciertamente resulta ser un contrasentido, pero lamentablemente una realidad que debe atenderse, confrontarse y ojalá resolverse pronto de la manera más favorable posible. Entre esas consecuencias indeseables inductoras de degradación cabe mencionar entre otras la acidificación, salinización, compactación, desertificación, pérdida de materia orgánica, contaminación, la denominada artificialización y también la acción erosiva que de manera constante y sistemática padecen muchos suelos de uso agrícola en la actualidad, entre ellos los cultivados con caña de azúcar en Costa Rica (Chaves, 2020g).

La conservación de recursos como estrategia comercial

Teniendo como base la economía, el comercio, la agroquímica, la mecanización y los insumos como elementos fundamentales para el uso intenso del capital y la energía, los promotores de la iniciativa progresista ignoran, no aceptan o quieren desconocer por interés mediático, que la agricultura es un proceso fundamentalmente biológico, comandado inexorablemente por la naturaleza. Insisten, por el contrario, en mirar la agricultura simplemente como un proceso constituido apenas de fenómenos físicos y químicos dictados y conducidos por la voluntad humana y en función de sus propios intereses. Es fácil entender la motivación de esos esquemas de pensamiento, por cuanto muchos de los productos agropecuarios, las materias primas e insumos industriales, como también los equipos mecánicos y demás elementos requeridos por los sistemas

agroproductivos “modernos”, o son fabricados y ofertados por los propios industriales, o en su caso adquiridos por los agricultores obligados a seguir patrones preestablecidos de producción. Lo cierto del caso para evitar tergiversaciones y sin demeritar, menospreciar y aún menos desconocer el inmenso valor de la tecnología, es que las decisiones que deban tomarse en torno a la actividad agrícola no pueden fundamentarse apenas y exclusivamente en máquinas, insumos químicos, informaciones económicas, estadísticas y estrategias comerciales, pues hay otros valores intrínsecos que también deben necesariamente revisarse, respetarse y cumplirse, como son el valor nutritivo, la sanidad de los alimentos, la ausencia de residuos tóxicos, como también y de manera primaria, la estabilidad de los sistemas de producción agrícola y de conservación de los suelos, el agua y los organismos (biota).

La producción agrícola desarrollada bajo esquemas modernos apegados a la ecoeficiencia y la conservación de los recursos naturales son viables, requeridos y exigidos hoy por los nuevos mercados comerciales, orientados a satisfacer en primera instancia la salud de sus consumidores sin causar impactos al ambiente. Cada día se torna más imperioso que el desarrollo de la agricultura, entre ellos el cultivo de la caña de azúcar, se realice en armonía con la naturaleza y el ambiente, para mantener un sano y necesario equilibrio ecológico.

El reto y el gran desafío actual y futuro son como lograr productividad en esos esquemas de producción tan estrictos y con tantas regulaciones; es por ello, que el actual es el tiempo de las certificaciones. La conservación de los recursos naturales representa hoy en día un buen negocio, independientemente de la perspectiva desde donde se quiera valorar y estimar, aún financiera, para quienes tienen ese indicador como importante y determinante en sus sistemas agroproductivos.

Sobre la relevancia del tema principal, el suelo, resta pretender argumentar y justificar lo que es una realidad, como lo expresara con mucha certeza Chaves (2020g), al manifestar que *“No hay duda ni cabe discusión bien fundamentada, en admitir y reconocer que el suelo representa posiblemente para un agricultor, el mayor capital que posee. El valor intrínseco de una unidad agroproductiva se sustenta en el potencial y capacidad que el suelo pueda proveer.”*

Erosión ¿Qué es y que involucra?

Los sistemas de producción agrícola realmente modernos y visionarios dan fundamental importancia a la preservación de los recursos naturales, con especial atención y relevancia a la conservación y recuperación del factor suelo, como argumento de alto valor agregado

para la manutención y sostenibilidad de altos índices de productividad agroindustrial. Sin embargo, la necesidad de producir cada vez más y mejor ha obligado a muchos de esos sistemas agroproductivos a incursionar por necesidad y obligación, en áreas donde las condiciones edafoclimáticas e infraestructura no son las mejores, lo cual se ha visto también favorecido por el desplazamiento provocado por el desarrollo urbano nombrado artificialización, causante de degradación. Un cultivo extensivo como la caña ha debido migrar a zonas de bajo potencial. Esta realidad ha tenido como consecuencia el desgaste y empobrecimiento de los suelos por sobreexplotación; más en aquellos que son limitados en sus condiciones naturales y potencial agro productivo. Entiéndase sobreexplotación como la pretensión (u obligación) de extraer del suelo más de lo que su condición y potencial natural le permiten. Esta circunstancia impone la necesidad de mantener un aprovechamiento racional con el fin de preservar el potencial productivo de esas tierras.

La erosión es definida por Suarez (1980), *“como el proceso de desprendimiento y arrastre acelerado de las partículas del suelo, causado por el agua y el viento”*. Agrega el mismo autor en torno al proceso erosivo que, *“Intervienen por lo tanto en el fenómeno un objeto pasivo, que es el suelo, colocado en determinadas condiciones de pendiente, dos agentes activos, el agua y el viento, y un intermediario, la vegetación, que regula sus relaciones.”*

Expresa Chaves (2020g) en referencia al mismo tema, que *“La erosión del suelo provocada por factores hídricos o eólicos es un proceso de desgaste discontinuo con movilización lenta de la superficie terrestre, como consecuencia del impacto de acciones geológicas (corrientes de agua o deshielos), climática (lluvias o vientos intensos) o por la actividad antropogénica del ser humano (agricultura, deforestación, expansión urbana, etc.) que genera cambios en el terreno.”*

Como principio general la erosión se explica en tres etapas distintas que requieren ser bien conocidas cuando se piensa trabajar en su contención, mitigación y control, como son:

- a) desagregación
- b) transporte
- c) deposición

El proceso de erosión es descrito como un disturbio ocasionado por la compactación o desagregación de las partículas de las capas superficiales del suelo, circunstancia por la cual está íntimamente ligado a la estructura de las partículas de este. Por razonable interpretación, se tiene entonces que aquellos suelos que cuentan y poseen una estructura adecuada, están protegidos contra la compactación o la desagregación (Chaves, 2017, 2019a).

La desagregación de las partículas de suelo provocado por efecto integrado de la energía de impacto de las gotas de lluvia y de la turbulencia inducida por el transporte fluido superficial del agua, representan el estado inicial más importante del proceso de erosión favorecido en este caso por un medio hídrico. En la fase siguiente ocurre el transporte de los residuos y partículas muy pequeñas (efluvio) que se

desprenden del suelo, y que se movilizan superficialmente causando serios perjuicios a la tierra y fuentes de agua por sedimentación, turbiedad, polución y contaminación en ríos y reservorios. Esos sedimentos y residuos químicos son luego de ser transportados, depositados en las áreas más bajas del terreno donde la relación puede ser de perjuicio o mejora; esto por cuanto pueden enriquecer una condición anterior con material fértil de secciones superiores.

La erosión causada por el viento (eólica) ocurre por lo general en áreas planas, secas, donde hay brisa, viento fuerte o se tiene una superficie abierta y expuesta, como ocurre en muchas de las plantaciones de caña de azúcar de las zonas más bajas (<400 m.s.n.m). Resulta poco factible que en un suelo húmedo ocurra este tipo de erosión, motivo por el cual pareciera que la región del Pacífico Seco (Guanacaste + Puntarenas), es la más propensa a sufrir este tipo de afectación.

Las características y propiedades físicas del suelo, principalmente las referidas a textura, estructura, profundidad y permeabilidad; asociadas a las de índole químico y biológico ejercen diferente influencia sobre la erosión. La topografía del terreno expresada por la inclinación despliega también una influencia acentuada.



Figura 1. Erosión hídrica en plantaciones de caña de azúcar en Costa Rica.

La gota que erosiona

Un terreno descubierto y desprotegido de cobertura vegetal está sometido al embate de los millones de gotas que caen directamente sobre su superficie durante una lluvia, provocando la desagregación y desprendimiento de las partículas de suelo del horizonte superior, salpicando aquellas que son fácilmente conducidas, iniciando con ello el mecanismo de erosión (figura 1). Esas partículas sueltas serán fácilmente arrastradas y escurridas por el agua sobre el terreno, lo cual está determinado por el caudal, la cobertura y la pendiente. Para evitar este proceso es preciso mantener unidas las partículas en la superficie del suelo, lo cual se consigue con la presencia de una cobertura vegetal o de residuos biomásicos como los generados durante la cosecha de las plantaciones, pues el impacto de las gotas de lluvia se ve

significativamente disminuido. La materia orgánica también provoca un efecto adhesivo y de pegamento entre las partículas texturales del suelo favoreciendo su agregación, por lo que se recomienda su incorporación (Chaves, 2020ad).

El viento que sopla y arrastra

Ocurre por lo general en regiones planas, de poca lluvia, en donde la vegetación crece por esa razón en forma escasa y ofrece una limitada protección al suelo, las cuales están además propensas a la formación de brisas y vientos de velocidad importante. Hay una relación proporcional entre velocidad y altura, donde en caso de que el terreno sea plano y este desnudo sin vegetación, la velocidad es mayor sobre la superficie, siendo nula entre 0,03 y 2,5 mm, con formación laminar y propensión a mostrar turbulencias en la sección más alta. Las irregularidades del terreno hacen ascender la velocidad con la altura (Suárez, 1980). En cuanto a la dinámica de transporte del particulado, se tiene que el viento carga y acarrea en primera instancia las partículas más finas y livianas del terreno, las cuales son precisamente las que responden por la fertilidad y el almacenamiento de humedad de los suelos; las más pesadas apenas ruedan. Asimismo, acontece que las partículas más gruesas y pesadas apenas ruedan impulsadas principalmente por el golpe de las de tamaño intermedio, que el viento eleva y moviliza por trayectos muy cortos. La presencia de ráfagas de alta velocidad es muy erosiva por la gran cantidad de material que moviliza y arrastra a grandes distancias; lo cual cuando se contextualiza en el entorno cañero nacional, revela que, en la región baja y seca del Pacífico Central y Guanacaste, es donde mayor ocurrencia del fenómeno atmosférico está documentada, como lo demostrara Chaves (2020b).

Causas de la erosión

De acuerdo con Mehuys et al. (2009), la erosión de los suelos es el resultado básicamente de la acción, interacción y efecto de tres factores: viento, agua y agregan labranza, asegurando que esta última ha influenciado y favorecido la acción de las otras dos.

Tanto las lluvias como el viento son capaces de producir erosión en los suelos, solo cuando encuentran las condiciones apropiadas para que esta ocurra e intensifique, interviniendo en esa acción factores como son entre otros los siguientes: 1) una baja y limitada capacidad de infiltración de agua en el perfil del suelo, 2) el tipo de cobertura presente o ausente en la superficie, 3) el grado de inclinación (pendiente) del terreno, 4) la longitud (m) de la rampa implicada, que si son amplias acumulan agua y benefician la velocidad de escorrentía, 5) la textura prevaleciente, 6) la porosidad del particulado, 7) el nivel de agregación del suelo, 8) el potencial erosivo de las lluvias, 9) la presencia y empleo de prácticas conservacionistas y 10) obviamente el uso que se le dé al suelo según clase. En síntesis, suelos compactados, con poco espacio poroso, expuestos y sin cobertura de contención, con bajos contenidos de materia orgánica, además de textura pesada (arcillosa), con longitudes de rampa amplias, secos o en su caso con altos grados de

precipitación son en definitiva los más propensos a sufrir erosión, sea eólica o hídrica.

Aseguran Mehuys et al. (2009) que cuando se hacen operaciones de labranza en un suelo para cultivo, ocurre desplazamiento, acomodo y mezcla del suelo; lo cual se torna problemático cuando la labor se hace en contra de la pendiente o a su favor, moviendo esta última más cantidad de tierra y a una mayor velocidad. Cuando la labranza es realizada en forma perpendicular a la pendiente menos erosión ocurre y menos suelo se pierde. El tipo de equipo mecánico empleado es determinante en esta incidencia, encontrando que el arado de disco es un implemento muy erosivo cuando es utilizado de manera inadecuada, particularmente en suelos volcánicos; lo cual debe ser determinante cuando se hace escogencia de los equipos por adquirir y también a emplear en las diferentes labores de labranza de un terreno. Aseguran esos autores, que los patrones de pérdida de suelo por laboreo son diferentes a los producidos por la erosión hídrica.

Como principio general se debe en la labranza de los suelos, evitar por un lado el tráfico intenso de máquinas e implementos agrícolas que aumentan la compactación, y por el otro, evitar la pulverización indiscriminada por pasos sucesivos de arado y/o rastra. Es importante valorar la opción de emplear los arados de cinceles curvos, pues han sido diseñados para proporcionar una óptima fractura del suelo con una mínima tracción del equipo mecánico.

¿Cómo interviene el clima?

La relación entre el clima y la erosión de los suelos es muy importante en la agricultura, motivo por el cual se ha procurado cuantificar y estimar mediante el uso de ecuaciones matemáticas que procuran representar la ocurrencia del evento empleando diferentes indicadores y variables de simulación, como por ejemplo la relación establecida entre intensidad, cantidad y energía potencial en el caso de la erosión hídrica.

En torno a este tema, vale reiterar lo expresado en ocasión anterior por Chaves (2020g) al argumentar, que *“El clima es una de las principales causas de la erosión, favorecida por flujos de agua (pluvial o fluvial) abundantes que afectan zonas frágiles y vulnerables. Lugares con poca vegetación o desprovistas de la misma y con alta pendiente son particularmente susceptibles a los flujos de agua, por lo que el deslave y arrastre de materiales es inevitable. La erosión eólica tiene lugar durante periodos con fuerte viento; principalmente cuando el suelo está seco y, en consecuencia, es sensible al arrastre. Las temperaturas extremas particularmente altas y cálidas en el caso nacional, favorece la acción de los vientos. Las consecuencias más evidentes de la erosión del suelo en plantaciones cañeras, implican: 1) pérdida de rendimiento en tierras fértiles, 2) afecta la sostenibilidad del sistema productivo agrícola y su nivel de productividad, 3) incrementa la contaminación y la sedimentación de materiales en ríos y arroyos, 4) disminuye la cantidad y diversidad de las especies prevalecientes, 5) la desertificación del suelo convierte al terreno en una zona árida y no apta para la vida (por la falta*

de agua, vegetación y alimento), 6) reduce la capacidad de filtrado en los suelos desertificados potenciando posibles inundaciones, entre otras.

En consideración de la topografía y relieve ondulado y quebrado (hasta 35% de pendiente) de muchas zonas y localidades sembradas con caña de azúcar en el país, hace que el potencial de erosión sea muy elevado, lo cual converge con niveles altos de precipitación en una fórmula nada conveniente. Se tiene por otra parte regiones planas, pero con condiciones secas, alta temperatura y velocidad del viento alta, favoreciendo el arrastre de partículas y pérdida de la capa fértil arable (Chaves, 2019cd)."

En un terreno desprotegido, sea por la falta de cobertura vegetal o barreras vivas, la lluvia y el viento ejercen su acción erosiva a veces lenta y silenciosa en grado variable y con efectos significativos. No es solo la cantidad de lluvia que cae en un determinado periodo la que causa el daño, pues este depende en realidad de tres factores: *intensidad, duración y frecuencia* de la lluvia. La magnitud de los impactos provocados pueden ser determinantes según el comportamiento de esos indicadores; por ejemplo, una lluvia mensual de 300 mm o más (intensidad), como las que se dan habitualmente en cualquiera de las zonas cañeras del país (Guanacaste, Puntarenas, Zona Norte y Sur, Turrialba y Valle Central) en periodos normales de lluvia (Chaves, 2019cd, 2020a) caída en cinco días, el impacto será mucho mayor al ocurrido si la misma se da en 25 días. De igual manera, 80 mm pueden caer en una hora o 24 horas (duración). Como sabemos y está comprobado, cuanto menor sea el tiempo, mayor será el daño provocado. Asimismo, y en relación con la frecuencia, se tiene que, si los intervalos entre lluvias son cortos, menor será el tiempo que tendrá el suelo para absorber, disponer y evacuar apropiadamente toda esa agua, pudiendo ocurrir saturación, encharcamiento, escorrentía superficial y daño por erosión. Se considera que la intensidad es el factor más importante, por cuanto a mayor intensidad mayor erosión, la relación es directa.

Por todo lo anterior, queda claro que datos de lluvia dados en totales o promedios anuales y mensuales, poca utilidad y significancia tendrán para emitir inferencias confiables y representativas en torno a la erosión; los datos presentados en forma diaria también presentan alguna limitante pues su distribución no es homogénea para cada día, por lo cual el empleo de periodos variables de tiempo según la condición y localidad es lo más conveniente para establecer conclusiones válidas. También es demostrable que, basados en criterios de intensidad y energía cinética potencial, existen muchas localidades cañeras nacionales con alta probabilidad de ocurrencia de erosión hídrica.

Consecuencias

Los impactos generados por la erosión del suelo son diversos y las consecuencias económicas de ellos derivados difíciles de estimar. Aseguran Mehuys et al. (2009) que, "Los efectos aditivos de la erosión, en la productividad del suelo, se reflejan rápidamente en la disminución de la fertilidad del suelo y de la producción de los cultivos; mientras que

las comunidades ubicadas en las partes más bajas del terreno sienten el impacto de la erosión del suelo en la presencia y deposición de los sedimentos provenientes de las tierras altas en riachuelos, ríos, lagos y represas construidas para generación hidroeléctrica."



Figura 2. Exposición de la semilla por erosión.

Las consecuencias de la erosión de los suelos provocada por el agua o el viento son múltiples, entre las que pueden citarse como más notorias y evidentes las siguientes:

- Pérdida significativa y acumulativa de la capacidad productiva de los terrenos de uso agropecuario.
- Desgaste y pérdida física de áreas importantes de la finca por imposibilidad de laboreo y manejo.
- Pérdida de plantas por arranque y arrastre de estas por la fuerza del agua.
- Arranque y exposición de la semilla (figura 2).
- Polución y turbidez de las aguas.
- Reducción de la capa arable de los suelos de uso agrícola con proximidad sistemática a la roca madre.
- Pérdida de valiosa materia orgánica y humus.
- Pérdida potencial de nutrientes esenciales en cantidades apreciables.
- Limitación al crecimiento y movilización de las raíces a través del substrato.
- Actividad biológica y microbiológica se ve muy afectada e impactada.
- Afectación en germinación, ahijamiento y retoñamiento de las plantaciones de caña.
- Arrastre de residuos químicos contaminantes.
- Incremento de los costos asociados en sistemas de producción de caña de azúcar.

- La desertificación sistemática del suelo transforma el terreno en zonas áridas poco o nada apto para la vida (por falta de agua, de vegetación y alimento).
- El viento lleva partículas orgánicas, materiales como arcilla y sales. También puede transportar insectos y semillas nocivos para otros lugares o secciones de la finca.
- El desequilibrio del ecosistema genera pérdida de biodiversidad.
- Ocurre sedimentación en fuentes acuíferas, entre ellas represas hidráulicas.
- Riesgos y afectación a la infraestructura y movilización vial y también ferroviaria.

Un área cultivada de caña y con algún grado de pendiente, aún leve, está sujeta a sufrir problemas de erosión por deslave y escorrentía, lo cual depende obviamente del volumen de agua precipitada en un periodo de tiempo determinado, el grado de pendiente del terreno y la velocidad que pueda el agua adquirir en su movilización por no contar con medidas de contención o la impericia aplicada en su preparación (arar en favor o contra pendiente).

Pérdida de suelo y nutrientes

Se estima que en condiciones extremas un suelo puede perder hasta 200 toneladas métricas (Tm) por hectárea en un solo año, lo cual de acuerdo con la literatura puede inutilizar y sacar del sistema a su vez cerca de 200 kg de nitrógeno, 300 kg de fósforo y hasta 2.000 kg de potasio; lo que representa mucho más de lo que se incorpora con la fertilización, lo que significa una pérdida neta de producto y capacidad nutricional. A eso se le agregan hasta 2,0 Tm de materia orgánica y otros elementos, sobre todo micronutrientes (figura 3). Se indica que para que la naturaleza deba reparar y compensar algunos centímetros de suelo perdidos, será necesario que transcurran al menos 1.000 años.



Figura 3. Lavado de suelos por escorrentía.

La pérdida de los nutrientes por causa de la erosión del suelo puede ocurrir de tres maneras:

- Por percolación ocurrida en el perfil.
- En solución con el agua de escorrentía.
- Absorbidos a los sedimentos o partículas arrastradas por el agua de escorrentía y el viento.

Las pérdidas provocadas en fertilizantes son reales, y un verdadero contrasentido al esfuerzo empresarial de incorporarlos a un muy alto costo financiero. En su estudio, Freitas y Castro (1983) estimaron las pérdidas de suelo y nutrientes ocurridos en el Estado de Paraná, Brasil, por causa de la erosión hídrica, cuyos resultados se muestran en el cuadro 1. Como se infiere del mismo, es claro que: 1) las pérdidas tanto de suelo como nutrientes variaron con la clase de suelo (en este caso citados con base en taxonomía brasileña), lo que demuestra que no todos son de igual susceptibilidad aún en condiciones topográficas, de cobertura y patrón de lluvias similares, 2) las mismas son en todos los casos altas y por tanto de carácter preocupante, 3) las pérdidas de suelo variaron entre 15,22 y 145,67 t/ha/año para una media de 69,90 t, 4) en el caso del N la salida del sistema fluctuó entre 43 a 236 kg/ha/año para un promedio de 173 kg, 5) en el caso del Fósforo la pérdida fue de 0,10 a 13,80 kg con una media de 2,12 kg, 6) el K se perdió en valores entre 0,9 a 33,9 kg/ha/año y una media de 10,8 kg, 7) es notorio que la solubilidad interviene en el patrón de pérdida de nutrientes, 8) la proyección económica de las pérdidas es realmente significativa y relevante, pero muy preocupante la infertilidad que de manera acumulativa se genera, sobre todo en el caso del N.

Clase de suelo	Pérdida de suelo	Pérdida de Nutrientes		
		N	P2O5	K2O
kg/ha/año				
Latossolo Vermelho-Amarelo	90,35	236	0,43	4,5
Latossolo Vermelho-Escuro	29,78	43	0,60	2,4
Latossolo Roxo	34,51	76	0,20	4,7
Latossolo Bruno	42,30	136	0,12	3,8
Terra Roxa Estruturada	41,22	91	0,15	12,1
Terra Bruna Estruturada	77,42	294	0,24	7,9
Podzólico Vermelho-Amarelo	101,68	106	0,87	6,3
Cambissolo	79,82	229	0,64	8,8
Brunizem Avermelhado	110,92	289	13,80	33,9
Solos Litólicos	145,67	352	6,18	33,9
Outros Solos	15,22	46	0,10	0,9

Fuente: Freitas y Castro (1983).

En el caso de Costa Rica pocos estudios se han realizado y los existentes se han concentrado en la zona de Puriscal (Vahrson, 1990, 1991; Vahrson y Palacios, 1993; Cervantes y Vahrson, 1992) en varios cultivos del lugar; motivo por el cual en caña de azúcar no hay datos certeros en torno al tema de la erosión. El cuadro 2 expone los resultados de pérdida nutricional y de materia orgánica, determinados en varias parcelas (20 x

7 m²) de campo sembradas en la localidad de Cerbatana de Puriscal (1.100 m.s.n.m y 2.541 mm de lluvia anual) donde se tenía cultivado café, pasto y tabaco cuyo suelo estuvo desprotegido, en suelos clasificados como *Udic Haplustalf*, con pendientes entre 55-60% (Vahrson y Palacios, 1993).

Cuadro 2.
Erosión, escorrentia y nutrientes arrastrados en el material erosionado en Cerbatana de Puriscal, Costa Rica.

Nutriente	Unidad	Cultivo			
		Café 1	Café 2	Pasto	Tabaco
P	g	39	48	7,8	165,7
Ca	kg	11,5	8,8	1,4	34,2
Mg	kg	2,6	1,5	0,3	7,1
K	kg	3,6	4,0	0,6	16,4
Cu	g	6,8	4,1	2,3	34,2
Fe	g	83,2	50	11,5	344,9
Mn	g	7,1	4,3	0,6	14,5
Mat. org	kg	178,6	79,3	28,3	725
Erosión	mm	35,4	34,4	25,4	41,3
Escorrentia	kg/ha	3.247	2.402	435	10.355

Fuente: Vahrson y Palacios (1993).

Los resultados del estudio revelaron que los valores más altos de erosión y escorrentia se presentaron en la segunda mitad del año que coincidió con la época lluviosa. Tanto las pérdidas de nutrientes como de suelo (kg/ha) fueron consideradas bajas, pero no despreciables. Las pérdidas de suelo fueron mayores en la parcela de tabaco (cerca de 12 t/ha), respecto a las de café (3,2 y 2,4 t/ha) y pasto (0,43 t/ha), disminuyendo conforme el suelo es protegido con cobertura directa de plantas de porte bajo. La desprotección de la parcela de tabaco marco diferencia en los resultados. También comprobaron esos investigadores que los datos varían significativamente entre años dependiendo de la cantidad de lluvia precipitada y manejo dado al cultivo.

Como afirmara Chaves (2020g) con acierto “En la caña de azúcar es una realidad que en Costa Rica la pérdida de potencial productivo de los suelos viene sucediendo y afectando, aunque algunos no quieran reconocerlo, lo cual se visualiza en la pérdida sistemática de productividad agrícola y acortamiento de la vida comercial utilitaria de las plantaciones, principalmente, y el aumento complementario de los costos asociados vinculados a gastos que buscan restituirla por medio del uso de insumos e intensificación del laboreo. El problema es serio y muy real y no imaginario, mediático o coyuntural.”

¿Qué podemos hacer para evitar o mitigar la erosión de los suelos?

El manejo del suelo consiste en un conjunto de operaciones y actividades agrícolas que se realizan con el objeto de crear, adecuar y propiciar la presencia de condiciones favorables para la germinación, el ahijamiento, el retoñamiento y crecimiento general de las plantas de caña en concordancia con su potencial genético intrínseco (Chaves, 2020f). Un manejo adecuado consiste por su parte, en realizar esas

operaciones evitando la degradación y la erosión de este. Para satisfacer ese objetivo, deben atenderse necesariamente varios tópicos que van desde los tipos y sistemas de cultivo empleados los cuales varían en intensidad, también el aprovechamiento de los residuos biomásicos post cosecha, las labores de preparación de los suelos que marcan diferencia en intensidad y equipos empleados, la siembra de la plantación, el control de malezas y la fertilización, entre otras. En esta “gestión de administración del factor suelo” es importante tener presente y sobre todo atender y respetar, que cada condición y características de un suelo son muy específicas y hasta exclusivas, lo cual obliga evitar los tratamientos y manejos generales sin distinción de variaciones particulares que marcan diferencia. En buena parte de las plantaciones comerciales de caña de azúcar nacionales, es común comprobar, pese a su heterogeneidad, la generalización de labores en el manejo técnico de las mismas, lo cual es generador de desequilibrios que se proyectan a sus niveles de productividad y prolongación en el uso comercial de las mismas.

Lo interesante es que la conservación de los recursos naturales en especial el suelo, mediante la adopción de prácticas de manejo acordes a cada condición particular, es un principio agrícola que no es “moderno y actual” como los más jóvenes podrían creer; por el contrario, en tiempos pasados era habitual y de uso ordinario incorporar prácticas de conservación en cualquier actividad agropecuaria que se desarrollara, como ocurría con las “gavetas” en café, las “preseas” en plantaciones de caña de azúcar, la siembra de itabo y cercas vivas para contención de la erosión. El cultivo mediante delineación de curvas a nivel utilizando el “codal” para su trazo era también una práctica tradicional y de uso casi generalizado (Chaves, 1986, 1987).

La cobertura vegetal es la defensa natural que posee un terreno para enfrentar con éxito la erosión, la cual es favorable por:

- Proteger contra el impacto directo de las gotas de agua, las cuales se dividen a su vez en pequeñas gotas con menor fuerza de golpe.
- Dispersar el agua, la cual es interceptada y evaporada antes que llegue a suelo.
- Genera raíces que luego de su descomposición forman pequeños canales que favorecen la infiltración y movimiento del agua.
- Mejora la estructura del suelo por la incorporación de materia orgánica y humus, elevando la porosidad y con ello la aireación y la capacidad de retención de agua.
- Disminuye la velocidad del flujo laminar de agua superficial por el aumento de la fricción.

En el caso de la labranza de los suelos resulta necesario y obligado para mitigar y controlar la erosión y la preservación del substrato, que el sistema de preparación cuente y cumpla con las siguientes condiciones:

- Incorpore los residuos biomásicos, o en su caso los mantenga acumulados en la superficie del suelo. En sistemas de cosecha mecanizada esta labor resulta más fácil en relación con los de caña

larga cortada manualmente. En agricultura de ladera la segunda opción es más viable de operar.

2. Reducir las operaciones de preparación al mínimo necesario, para proveer las condiciones necesarias al plantío y la germinación de la semilla. Deben evitarse prácticas excesivas de laboreo y preparación de tierras, ya que son costosas, ocasionan pérdidas de materia orgánica y desmejoran el suelo.
3. Limitar la mecanización en terrenos que posean pendientes mayores al 30 por ciento es imperativa.
4. El sistema de labranza y el tiempo de uso de la maquinaria deben establecerse en función del tipo de suelo, tomando considerando propiedades físicas como textura, consistencia y espesor del horizonte.
5. Procurar no utilizar el *rotovator* y del arado de discos; empleando opcionalmente maquinaria que en su labor no invierta el suelo.
6. Preservar la estructura y los agregados del suelo, evitando preparar cuando el suelo está muy húmedo o en su caso seco, por lo que el grado de humedad debe necesariamente optimizarse.
7. Es definitivo que en áreas de la finca que sean sensibles y susceptibles a erosionarse, la gestión de manejo debe operarse de manera diferenciada respecto al resto de la fina, debiendo tomar previsiones y medidas de contención.
8. Romper en la medida de las posibilidades la compactación superficial (15-50 cm) del suelo, sin provocar excesiva pulverización de la camada más explorada por las raíces y evitar la formación de un sello superficial por causa de las fuertes lluvias que incrementa el encharcamiento y la escorrentía.
9. Uniformar el área antes de proceder con su preparación, sobre todo cuando existan surcos de erosión o cualquier falla visible en el terreno.
10. Cuando las condiciones lo permiten, evitar revolver el suelo, lo que sugiere proceder al plantío directo sobre los residuos de cultivo (labranza cero y/o mínima). En lugares con lomerío y suelos poco profundos con un horizonte arable corto y frágil (Ultisol) esta medida se torna obligada.

Algunas de las medidas de control y mitigación de erosión que deben adicionalmente adoptarse pensando en no perder suelo y tampoco capacidad productiva, pueden ser entre otras las siguientes:

- Uso correcto del suelo: la capacidad de mecanización y adecuación al uso agrícola competitivo resulta administrativa y técnicamente necesario de ubicar al definir las zonas de cultivo. Áreas sin potencial agrícola no pueden ser forzadas a ese fin pues el ejercicio es oneroso y poco retributivo; las mismas deben destinarse a otro fin (pastos, forestal, etc.). Una gestión prudente y objetiva en este sentido, evita problemas que luego se tornan insuperables y muy onerosos; la sensatez llama a actuar con previsión.
- Nivelación del terreno: tanto terrenos planos como inclinados deben controlar su grado de pendiente mediante labores de nivelación que favorezcan la conducción y evacuación de las aguas,

sea para riego o drenaje. El grado de pendiente deseado lo definirán las condiciones particulares del lugar.

- Surcos en contorno: las plantaciones con presencia de pendientes se conducen y manejan en curvas a nivel, construidas en sentido transversal a la pendiente máxima del terreno. Se usan principalmente para conservar el agua, favorecen la infiltración y evitan o reducen las pérdidas de suelo por escorrentía. Su empleo es muy común en caña de azúcar (figura 4).
- Fajas en contorno: la faja es un espacio de terreno que se construye transversalmente a la pendiente máxima del terreno y sobre la cual se instalan plantas.
- Incorporar prácticas de conservación: zanjas de infiltración que consiste en una excavación en el terreno utilizada en zonas de baja precipitación donde se acumula el agua de lluvia, para se tenga más infiltración en el suelo, proporcionando humedad a las plantas ubicadas en sus bordes en los periodos de escasa lluvia; zanjas de ladera; muros de contención de piedra que cumplen la función de detener la pérdida de suelo y lograr que éste se fije en la sección superior, de modo que, paulatinamente, se vaya disminuyendo la pendiente.
- Labranza conservacionista: es un sistema de labranza que reduce la pérdida del suelo y el agua y, por tanto, de la biodiversidad. Comprende un conjunto de prácticas que permiten el manejo del suelo para uso agrícola, alterando lo menos posible su composición/estructura, la fauna y flora natural, protegiéndolo así de la erosión. Existen dos tipos de labranza conservacionista: *labranza mínima* y *labranza cero*.
- Labranza mínima: en terrenos de ladera, esta práctica consiste en trazar curvas a nivel a las distancias que requieren las hileras del cultivo a sembrarse. Luego, el suelo se remueve sólo sobre esas líneas trazadas, para mezclarlo con abono orgánico y sembrar en ella. También se entiende como la labranza en que se emplea maquinaria, que realiza varias labores simultáneas (arada, gradeo y surcado), reduciendo al mínimo el paso de esta.
- Labranza cero: representa el sistema en el que la labranza queda reducida a lo imprescindible para sembrar, la cual, se realiza sobre el rastrojo del cultivo anterior, para lo cual la semilla se coloca en surcos o agujeros sin remover el suelo; se conoce también como siembra directa. Muy útil en terrenos difíciles de muy alta pendiente. En un terreno que no se cultiva durante muchos años, los residuos de la cosecha permanecen en la superficie y producen una capa de cobertura vegetal. Esta capa protege el suelo del impacto físico de la lluvia y el viento; además que estabiliza la humedad y la temperatura del suelo en los estratos superficiales.

- **Diseño de terrazas:** cuando las aguas de lluvia o riego se movilizan por una pendiente corta y poco pronunciada, y en un suelo altamente labrado, van infiltrándose lentamente en éste y no adquieren velocidad ni volumen suficientes para producir arrastres importantes de suelo.
- **Barreras vivas:** consiste en hileras de contención con plantas herbáceas, idealmente perennes, o arbustos de crecimiento denso y resistente a la fuerza de la escorrentía, las cuales se siembran siguiendo las curvas a nivel, para que sus raíces retengan el suelo y eviten el desmoronamiento del terreno. Son muy efectivas, sin embargo, en laderas pronunciadas deben combinarse con la construcción de algún tipo de obras físicas, como barreras, terrazas o zanjas.
- **Uso de coberturas:** se siembran plantas para que se forme una cubierta vegetal de protección permanente o temporal, en asociación, rotación o relevo, para proteger al suelo, incorporar materia orgánica y mejorar la fertilidad de este. En el país, Zona Norte, se tiene buena experiencia con el frijol terciopelo o *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) en un doble propósito: control de malezas y aporte de nitrógeno al suelo. Otras plantas pueden ser empleadas con ese fin, como son: Kudzu (*Pueraria phaseoloides*), Pega-pega (*Desmodium intortum*), Frijol terciopelo (*Stylozobium* spp.), Frijol (*Dolichos lablab*), Canavalia (*Canavalia ensiformis*), entre otros (Chaves 2019d).
- **Abono verde:** incorporar al suelo como abono verde plantas especialmente cultivadas para ese fin, u otra vegetación cortada cuando aún está verde; lo ideal es que sean leguminosas. Cuando están vivas, estas plantas protegen el suelo contra la acción directa de la lluvia, y después de enterradas mejoran las condiciones físicas del suelo a través del aumento de los contenidos de materia orgánica (Chaves, 2020d).
- **Aplicación de enmiendas orgánicas y químicas:** las enmiendas son sustancias que se añaden al suelo con el objeto de mejorar sus características físicas, biológicas y químicas. Las orgánicas pueden consistir en residuos de cultivos dejados en el campo luego de la cosecha (rastros); restos orgánicos de la explotación agropecuaria (estiércol); restos orgánicos del procesamiento de productos agrícolas (cachaza, cenizas), entre otros.

Resulta obvio pero necesario señalar y dejar claro que no todas las medidas y prácticas sugeridas anteriormente aplican para todos los sistemas de producción comercial de caña de azúcar que se tienen y operan en el país, donde hay agricultura de ladera hasta la altamente mecanizada con nivelación con láser y riego en zonas bajas y planas. Los principios que las regulan si resultan de interés revisar y procurar de ser viable y factible, aplicar.



Figura 4. Control de erosión en una plantación de caña de azúcar.

No todo es malo con la caña

La caña de azúcar es una planta que bien conducida puede virtud de sus características anatómico-fisiológicas aportar beneficio a los suelos, como fue oportunamente señalado por Chaves (2020cde). Una investigación desarrollada en Cali, Colombia (CENICAÑA, 2013), confirmó que los cultivos de caña no deterioraron las condiciones físicas de los suelos, y que, por el contrario, contribuyeron a su conservación en el caso de darles un manejo agronómico apropiado. Los resultados indican, que “Se verificó en campo el estado de compactación que tenían los suelos. Se hicieron pruebas hidrológicas, de resistencia mecánica, de permeabilidad en 144 sitios... y los hallazgos fueron muy favorables, con un factor adicional: se halló un contenido de materia orgánica que no era costumbre ver, de alrededor del 4%. Es decir, que éste había crecido, lo que fue muy buena noticia”.

Concluyen los autores del estudio en referencia directa al cultivo de la caña de azúcar en Colombia, que “Estos cultivos aportan toneladas anuales de biomasa que protegen significativamente contra la erosión; demandan labranza intensa únicamente cada ocho años en promedio; los productores reciclan subproductos orgánicos como base fertilizante; los ingenios rediseñan periódicamente los vagones recolectores; y el cultivo ha sido sostenible por décadas. De modo que se tendería más a conservar que a degradar físicamente los suelos.”

Conclusión

Lo externado por Suarez De Castro (1980) resume y conceptualiza perfectamente la importancia del tema central abordado en el presente artículo, al manifestar que “La prosperidad de cualquier nación depende en gran parte de la capacidad de sus suelos para producir alimentos y materias primas. Así, el futuro de un país se edifica sobre la productividad de sus terrenos agrícolas. Los progresos logrados durante los últimos años en los métodos agrícolas a través del mejoramiento de variedades, utilización creciente de fertilizantes, control eficaz de insectos y enfermedades, no han producido todos los efectos esperados por la degeneración que han sufrido los suelos a causa de la erosión.

Si se consideran las enormes cantidades de elementos nutritivos que el agua arrastra, es fácil darse cuenta de las reducciones que ocurren en su

capacidad para producir cosechas. Además, se han verificado muchas determinaciones directas de esa disminución.”

Es comprensible y hasta justificable en buena medida, que la mayoría de las empresas cañero-azucareras nacionales han realizado enormes inversiones en onerosos equipos mecánicos, creado y adecuado infraestructura para la producción, invertido en sistemas de riego, dispuesto profesionales preparados y muy experimentados que requieren ser aprovechados y utilizados a plenitud en procura de lograr alcanzar los niveles de productividad agroindustrial más elevados, rentables y competitivos posible. Acontece, sin embargo, que de manera paradójica y contraproducente algunos de esos mismos factores se convierten en verdaderos contrasentidos al objetivo procurado, virtud de que la sobreexplotación sin la adopción de las medidas prudenciales de contingencia necesarias para contrarrestar algunos efectos colaterales perjudiciales, generan efectos e impactos negativos. No hay duda de que la erosión de los suelos representa una seria amenaza para la sostenibilidad de nuestra agricultura cañera. La degradación de los suelos representa un terrible e innegable mal oculto, una enfermedad que sistemáticamente se agrava y consume sin retribución ni valor agregado alguno, mucho de los recursos y del esfuerzo técnico y empresarial emprendido por lograr operar un sistema de producción eficiente, rentable y competitivo.

Los efectos negativos provocados por la erosión sobre el agro sistema forman parte importante de esa degradación, por lo que resultan realmente muy preocupantes, pues inducen la pérdida de la fertilidad y la actividad microbiológica, y con ello, la capacidad de la plantación para poder manifestar todo su potencial, lo cual limita e inhabilita el esfuerzo e inversión realizada por dotar al sistema de los elementos necesarios para maximizar y optimizar cosechas y calidad. Aplica aquí lo expresado por Chaves (2020g) al manifestar con contundencia, que “Un suelo sin actividad biológica es un suelo sin ADN y sin vida, que la verdad muy poco podrá aportar al objetivo empresarial.”

La experiencia nacional e internacional exitosa demuestra que no son apenas los grandes y sofisticados equipos mecánicos, ni las grandes y costosas inversiones las que generan altos índices de productividad agroindustrial sostenibles en el tiempo; sino también, la sensata, razonable y prudente adopción de medidas de conservación de los recursos naturales, que eviten el desgaste, la degradación y el agotamiento de los suelos. Sin ello, lo que de seguro se tendrá será el aumento desmesurado de los gastos, la disminución o el no incremento de los índices de productividad agroindustrial y con ello la caída de la rentabilidad. Parece que este panorama es empresarialmente conocido y palpable en la agroindustria cañero-azucarera costarricense. Es imperativo y necesario por ello, prestar atención, pero sobre todo acción, a la gestión técnico-productiva dirigida a la inmediata recuperación de los suelos agrícolas, lo cual es perfectamente viable y posible, solo requiere bajar de nuevo la vista humildemente al suelo, donde todo comienza.

Literatura citada

- CENICAÑA. (2013). *Estudio descarta que la caña afecte los suelos*. Cali, Colombia. Consultado el 29 de julio 2020 a través de: <https://www.cenicana.org/estudio-descarta-que-la-cana-afecte-los-suelos/>
- Cervantes, C.; Vahrson, W.G. (1992). *Características físicas y pérdida de suelos y nutrientes en Cerbatana de Puriscal*. Agronomía Costarricense, 16(1): 99-106.
- Chaves Solera, M.A. (1986). *Construcción y uso del codal en la conservación del suelo de las plantaciones de caña de azúcar*. Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 4, N.º 28, San José. 3 p.
- Chaves Solera, M.A. (1987). *Uso del codal en siembras al contorno de caña de azúcar*. En: Sumario. Programa de Divulgación, Información Técnica y Científica. IMPA, Córdoba, Veracruz, México. Mayo-agosto. p: 19-20.
- Chaves Solera, M.A. (2017). *La compactación de suelos en la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 33-48.
- Chaves Solera, M.A. (2019a). *Humedad y compactación de suelos en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(6): 4-6, junio-julio.
- Chaves Solera, M.A. (2019b). *Relación agua-suelo en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(10): 5-7, agosto-setiembre.
- 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, 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.
- Chaves Solera, M.A. (2020a). *Estrés hídrico en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(8): 5-16, abril.
- Chaves Solera, M.A. (2020b). *Estrés por viento en la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(9): 4-15, abril.
- Chaves Solera, M.A. (2020c). *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. (2020d). *Participación del clima en la degradación y mineralización de la materia orgánica: aplicación a la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(11): 6-17, junio.

Chaves Solera, M.A. (2020e). *Sistema radicular de la caña de azúcar y ambiente propicio para su desarrollo en el suelo*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(13): 6-18, junio.

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

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

Freitas, P.L.; Castro, A.F., (1983). *Estimativas das perdas de solo e nutrientes por erosão no Estado do paraná*. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do solo. Campinas, 8(2): 43-52, 1983. Trabalho apresentado no III Congresso Brasileiro de conservação do solo, Brasília, D.F. 1980.

Mehuys, G.R.; Tiessen, K.H.D.; Villatoro, M.; Sancho, F.; Lobb, D.A. (2009). *Erosión por labranza con arado de disco en suelos volcánicos de ladera en Costa Rica*. Agronomía Costarricense, 33(2): 205-215.

Suarez De Castro, F. (1980). *Conservación de Suelos*. 3^{era} ed. San José, Costa Rica. IICA: Serie de Libros y Materiales educativos N° 37. 315 p.

Vahrson, W.G. (1990). *El potencial erosivo de las lluvias en Costa Rica, América Central*. Agronomía Costarricense, 14(1): 15-24.

Vahrson, W.G. (1991). *Taller de Erosión de Suelos. Resultados y Recomendaciones*. Agronomía Costarricense, 15(1/2): 197-203.

Vahrson, W.G.; Palacios, G. (1993). *Nota Técnica. Datos complementarios de erosión, escorrentía y pérdida de nutrientes en Cerbatana de Puriscal: Resultados 1991*. Agronomía Costarricense, 17(2): 95-98.

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