

Periodo 20 de julio al 26 de julio 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 06 DE JUNIO AL 12 DE JUNIO

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

El distrito que sobrepasaron los 200 mm de lluvia fue el cantón de Aguirre en Puntarenas.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 99 estaciones meteorológicas consultadas muestran al viernes como el día más lluvioso, mientras el martes presentó los menores acumulados, con un 12% de lo acumulado el día con los mayores acumulados semanales.

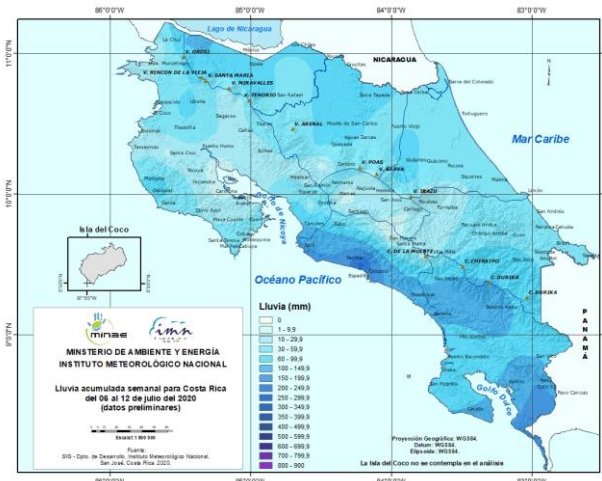


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 06 de junio al 12 de julio del 2020 (datos preliminares).

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

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

El distrito que sobrepasaron los 100 mm de lluvia fue el cantón de Dos Ríos de Upala, Cutris de San Carlos, La Virgen de Sarapiquí, Guápiles y Jimenes, ambos de Pococí.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 94 estaciones meteorológicas consultadas muestran al lunes como el día más lluvioso, mientras el viernes presentó los menores acumulados, con un 4% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

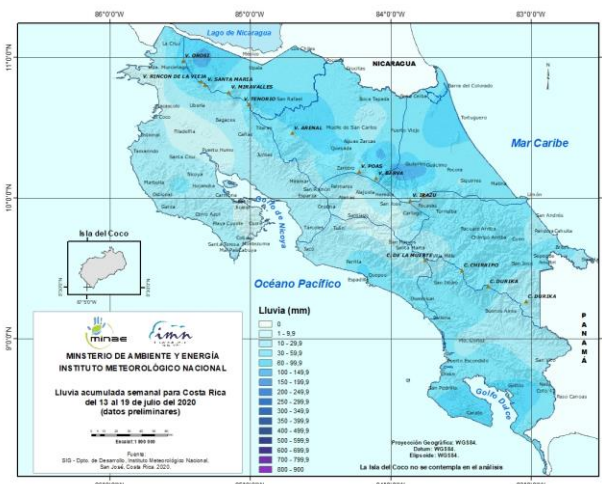


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 13 de junio al 19 de julio del 2020 (datos preliminares).

Julio 2020 - Volumen 2 – Número 15

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DE 20 JULIO AL 26 DE JULIO DE 2020

La semana mantendrá lluvias por arriba de lo normal, en diferente medida según la región climática. En la Zona Norte, Pacífico Norte y vertiente Caribe se prevé una leve anomalía positiva; mientras para el Pacífico Central y el Valle Central la anomalía será un poco más marcada y en mayor medida para la región Pacífico Sur. La temperatura media se mantendrá más fresca de lo normal en el territorio nacional a excepción de la vertiente Caribe, donde se percibirá entre normal y levemente más cálida.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 20 DE JULIO AL 26 DE JULIO 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 paulatino de las lluvias que se percibirá mayormente en la Zona Sur. Las regiones cañeras en general mantendrán una reducción en la velocidad del viento a lo largo de la semana, a excepción de la Zona Sur que mantendrá una velocidad de viento similar en 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 percibirán condiciones más lluviosas hacia el fin de semana que a inicios de esta.”

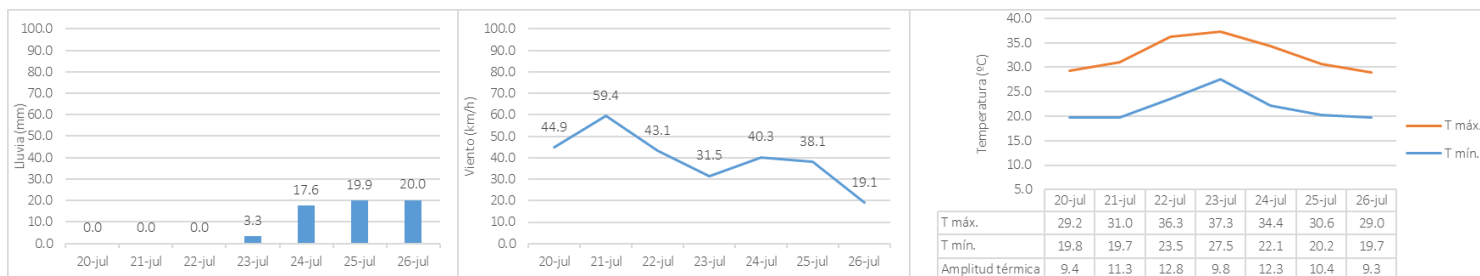


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Guanacaste Este.

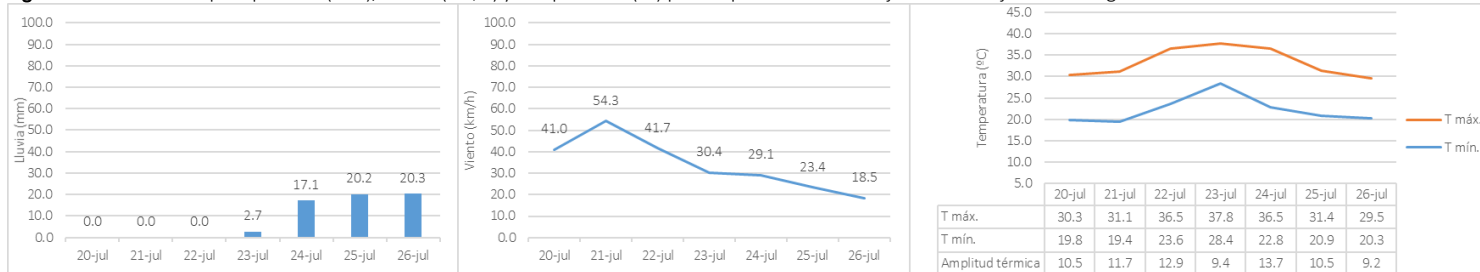


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Guanacaste Oeste.

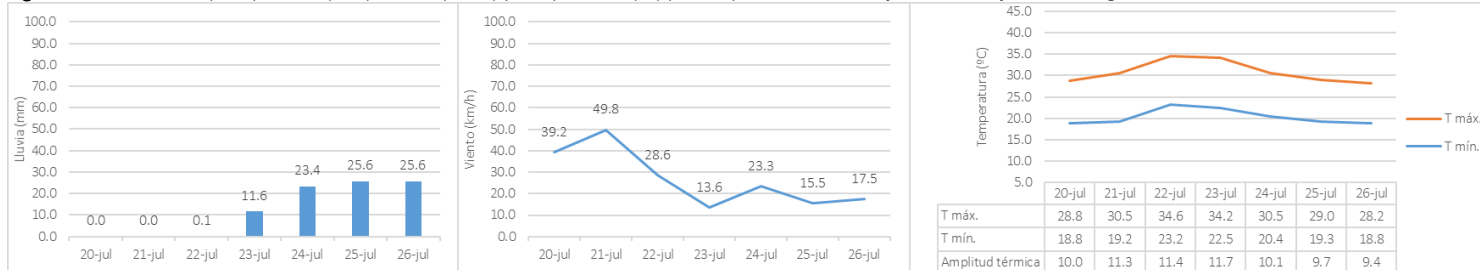


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Puntarenas.

Julio 2020 - Volumen 2 – Número 15

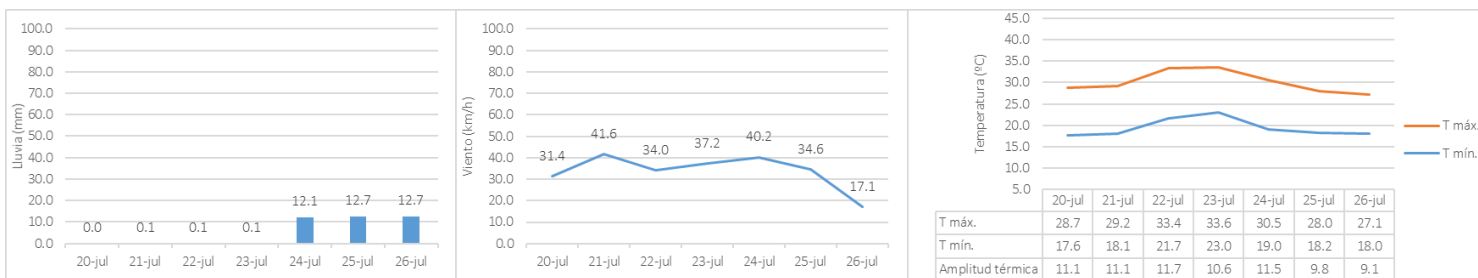


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Zona Norte.

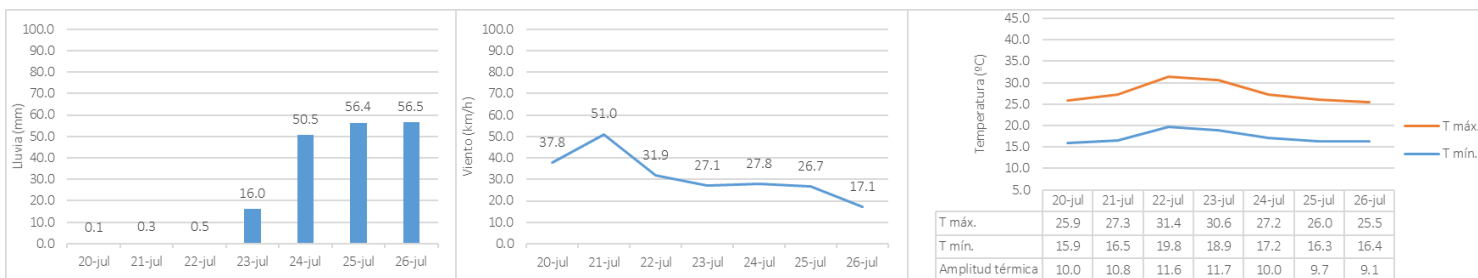


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Valle Central Este.

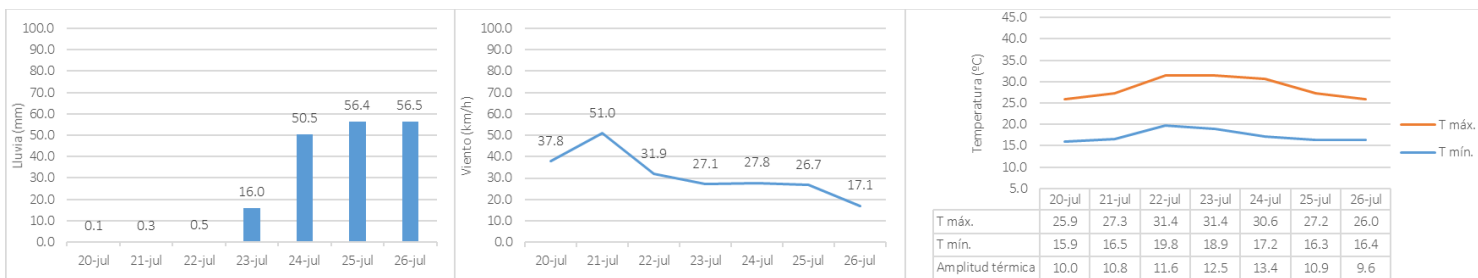


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Valle Central Oeste.

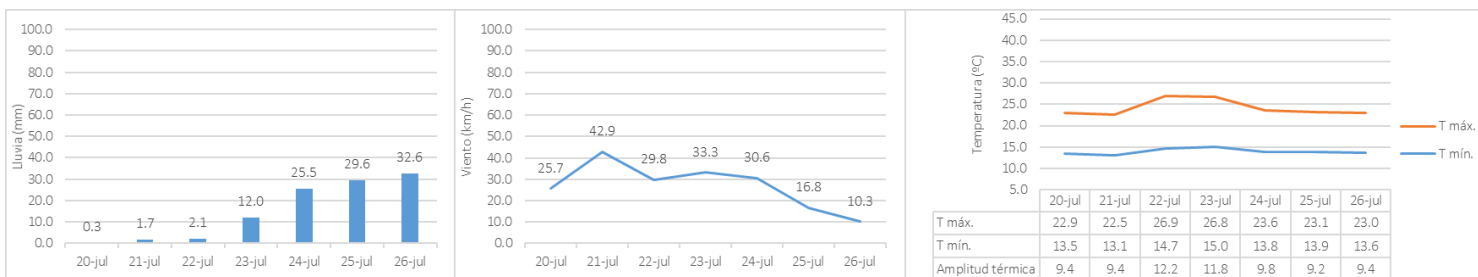


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Turrialba.

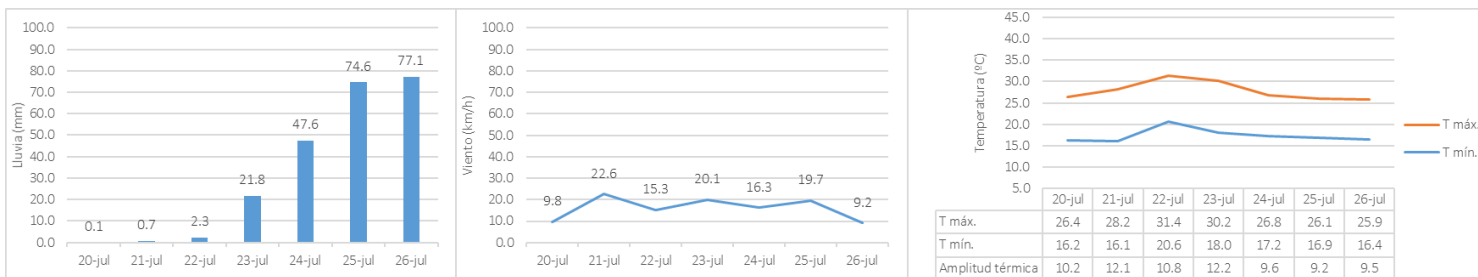


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 20 de julio al 26 de julio en la región cañera Zona Sur.

Julio 2020 - Volumen 2 – Número 15

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 27 DE JULIO AL 02 DE AGOSTO DE 2020

La perspectiva identifica una semana levemente más lluviosa de lo normal, que se percibirá en mayor medida en el Pacífico Sur. Por su parte la temperatura media se perfila entre normal a levemente por arriba de lo normal en el territorio nacional, a excepción del Pacífico Norte donde se mantendrá más fresca.

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 20 de julio del 2020.

La Región de Guanacaste Oeste tiene entre 0% y 75%, la Región Guanacaste Este presenta porcentajes de que varía entre 0% y 100%. La saturación de la Región Puntarenas está entre 0% y 60%; los suelos de la Región Valle Central Oeste presentan entre 30% y 90%, mientras que los de la Región Valle Central Este tiene entre 15% y 45%.

La Región Norte está entre 30% y 100%. La humedad del suelo en la Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 30% y 90%, mientras que la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) se encuentra entre 30% y 75%. La Región Sur presenta porcentajes de saturación variables, que van desde 0% hasta 100%.

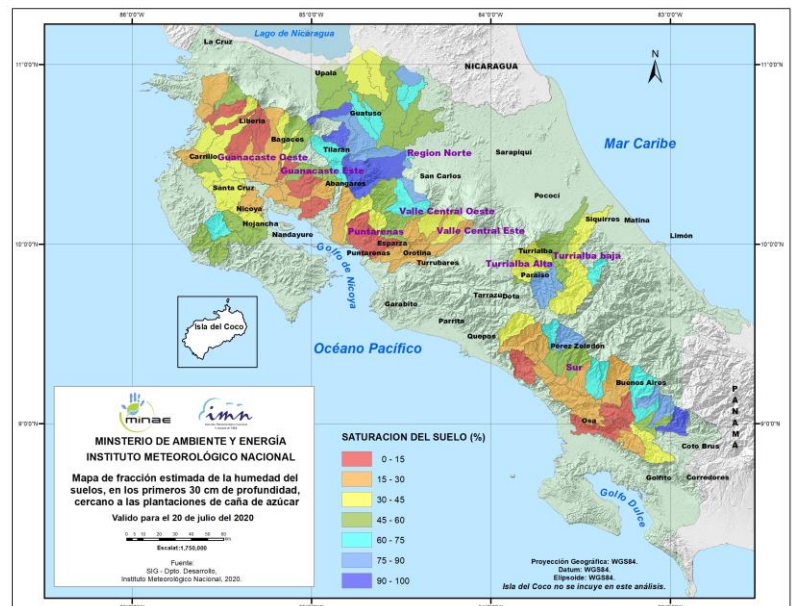


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 20 de julio del 2020.

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

NOTA TÉCNICA

Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de 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)

No cabe la menor duda que el suelo representa uno de los factores de la producción más importantes y determinantes para hacer realidad el suministro mundial y nacional de alimentos; además de proveer y asegurar la materia prima de calidad necesaria para operar los procesos agroindustriales, como acontece con la caña de azúcar. Sin embargo, muchas veces es un factor descuidado y desatendido al cual no se le presta la atención debida y necesaria para mejorarlo, mantenerlo y hasta evitar su degradación a niveles insospechados que conducen a colocar un sistema agro productivo en una posición de clara ineficiencia, baja rentabilidad y poco o nada competitivo. Rápidamente se puede pasar de una condición productiva satisfactoria a otra muy diferente donde los costos se incrementan, la productividad y la calidad por el contrario decaen a grados insostenibles, y con ello, la sostenibilidad de la agro empresa se torna incierta y cuestionable.

En estas situaciones se buscan por lo general respuestas en muchos elementos del entorno agro productivo y aducen causas posiblemente equivocadas que constituyen efecto y no causa del problema. Que la variedad sembrada no servía y no se adaptó, que fue el empleo de semilla de baja calidad, el clima no fue el mejor aducen otros, algún patógeno o plaga no perceptible ocasionó el problema; en fin, muchos supuestos, pero pocas respuestas convincentes y bien fundamentadas surgen ante la realidad imperante en el campo.

Es aquí donde la preservación y conservación de los recursos naturales como el suelo cobra importancia, no actualidad, porque ésta inequívocamente siempre ha existido, pero hoy, su relevancia es máxima virtud de las condiciones, restricciones y obligaciones impuestas por los mercados de destino y, por ende, aplicable a los sistemas de producción que los ofertan y satisfacen.

Resulta por tanto razonable y sensato referirse con algún grado de detalle al tema de la degradación y conservación de los suelos asociados al clima y la productividad.

Preconceptos

Para muchos persiste la creencia y hasta convencimiento de que el suelo es infinito y con la aplicación de fertilizantes y el uso de sofisticada maquinaria todo se resuelve y pronto recupera y habilita de nuevo. Que como factores naturales el clima no lo perjudica. Que el suelo es un factor que permanentemente se rejuvenece y rehabilita solo. Que los suelos son entes estáticos que no cambian. En fin, son muchos los prejuicios, preconceptos y errores conceptuales que existen en torno al factor edáfico, que lamentablemente conducen a su rápido deterioro y degradación. Desconocen sin embargo esos detractores y conspiradores del suelo, que este es un ente vivo y muy sensible con presencia de una inmensa actividad biológica y microbiológica que lo enriquece y mantiene fértil y activo, que caso no mantenerse y estimularse lo vuelve estéril, infértil, improductivo e inviable para la actividad agrícola. De igual manera, se debe tener presente que como entes vivos los suelos pasan por etapas juveniles, maduras y seniles donde pierden muchas de sus capacidades básicas primarias y potenciales.

Importancia del suelo

Sobra mencionar las virtudes y ventajas que ofrecen los suelos a la producción agrícola independientemente de su clase y condición, pues su participación no se restringe a la de servir como un simple substrato y depositario de la semilla; sino por el contrario, ser complementaria y adicionalmente un proveedor efectivo del suministro nutricional y de agua requerido por el vegetal, aportar el ambiente de temperatura y oxigenación demandadas y disponer las condiciones físicas y químicas convenientes para el crecimiento y desarrollo de la raíz, como órgano que se encuentra en directo contacto y relación sinérgica y simbiótica con la tierra.

El suelo le provee genéricamente en esencia a las plantas anclaje, alimentación, humedad, calor y oxigenación, entre otros beneficios; lo cual cuando opera en sentido contrario se torna negativo y contraproducente para el interés agroempresarial (Chaves 1999b, 2017b). Como ente vivo que es virtud de la

prominente actividad biológica y microbiológica que mantiene, puede ser rejuvenecido y mejorado, pero también, intervenido y deteriorado, lo cual resulta negativo por el tiempo implicado en su recuperación; es fácil y rápido deteriorarlo, pero muy lento y difícil recobrarlo. 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 agro-productiva se sustenta en el potencial y capacidad que el suelo pueda proveer.

Degradación ¿Qué es y qué involucra?

La degradación del suelo puede concebirse y definirse como el proceso degenerativo natural o inducido por el hombre (antrópico), que afecta negativamente la biota y la físico-química interna del suelo para soportar vida en un ecosistema, en nuestro caso plantaciones de caña de azúcar, reduciendo la capacidad productiva actual o futura de los suelos, lo que incluye e involucra procesos vinculados con la captación, almacenamiento, transformación y reciclaje de agua, materia orgánica y nutrientes. El proceso ocurre cuando el suelo pierde importantes propiedades y recursos naturales como consecuencia de una inadecuada utilización y manejo. Algunos lo califican como un cambio severo en la salud del suelo. Como se infiere, la connotación anotada conlleva un trasfondo comercial por el empleo que se le da al término.

Se mencionan como procesos de degradación física la compactación, artificialización (designa la ocupación para vivienda, infraestructura y equipamiento, que implica la impermeabilización y "sellado del suelo"), y las de naturaleza química están asociadas con la acidificación, salinización, pérdida de materia orgánica y contaminación del suelo. Una rápida pero detallada contextualización de esas causas al área sembrada comercialmente con caña en el país permite de inmediato comprobar que todas, exceptuando y minimizando la salinización, están presentes en nuestros campos, como se ha ampliamente señalado para el caso de la compactación (Chaves 2017b, 2019bd), la acidificación (Chaves 1999ab, 2002, 2017a, 2019a), la pérdida de materia orgánica (Chaves 2020b) y la contaminación.

Causas de la degradación

Mucha argumentación válida podría esgrimirse y aportarse para explicar y sustentar las posibles causas que conducen a la degradación de un suelo de uso agropecuario; sin embargo, pareciera que hay tres que genéricamente fundamentan e

integran las otras, como son: 1) Presencia de condiciones naturales insuperables o de inviabilidad técnico-económica para corregirlas, 2) Producción intensa y extractiva, superior a la capacidad y potencial de restitución natural y 3) Manejo inadecuado de las plantaciones con prácticas que favorezcan la manutención, complementación y restitución de lo existente, sustraído y perdido.

Es un hecho conocido y validado que los exigentes sistemas actuales de producción, aspiran y procuran dentro de sus metas y objetivos empresariales, lograr la máxima productividad posible, esto es, obtener la mayor cantidad de producto por unidad de área. En el caso particular de la caña de azúcar se busca producir y extraer la mayor cantidad de caña industrializable (materia prima) medida en toneladas métricas por hectárea (t/ha); que posea además la máxima concentración de sacarosa contenida y recuperable en sus tallos, medida en kilogramos por tonelada de caña molida (kg/t).

Esos dos indicadores de eficiencia y productividad generan a su vez al integrarlos la cantidad de azúcar potencialmente factible de fabricar, dada en toneladas métricas por hectárea (t/ha); lo cual se dificulta y convierte en desafío cuando se busca estabilidad y alargamiento en tiempo de la vida comercial y utilitaria de la plantación.

Resumiendo, se busca producir mucha caña con alta concentración de sacarosa en todos los ciclos vegetativos (planta-soca) de la plantación, procurando que supere las cinco cosechas consecutivas (Chaves 2019c). Como se comprenderá, bajo el exigente contexto comercial actual y futuro, la importancia del recurso suelo adquiere mucha relevancia, justificando con ello la incorporación de inversiones con el objeto de asegurar su manutención y maximización de su potencial productivo.

Dada la imperiosa necesidad de producir más y con la frontera agrícola prácticamente agotada, el uso del suelo se ha intensificado, lo cual ha provocado como consecuencia su desgaste y empobrecimiento sistemático y acelerado del mismo. Como señalaran Alfaro y Chaves (1999), la planta de caña es altamente extractora de nutrimentos del suelo, lo que provoca insuficiencia de infertilidad, si no se atiende mediante estrategias de nutrición complementarias y suplementarias. Esta capacidad se ve además influenciada, potenciada y muy favorecida por las características y atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la planta de caña, como lo anotara Chaves (2020a); exaltando el poderoso sistema radical que posee la planta

(Chaves 2020c) que le permite penetrar y explorar a gran profundidad y desplazarse lateralmente a distancias importantes. 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.

¿Cómo interviene el clima?

El clima participa de manera directa en casi todos los procesos de degradación importantes sea por sinergismo o también por antagonismo, potenciándolos o en su defecto inhibiéndolos; lo cierto del caso es que su presencia por medio de elementos como la lluvia (mm), la temperatura (°C), el viento (km/h) o la evapotranspiración (mm/unidad tiempo), resulta determinante. La sensibilización de las causas, consecuencias y medidas preventivas requeridas adoptar en la degradación del suelo es crucial para que los agricultores y empresarios se concienticen y mentalicen sobre su importancia.

El concepto de degradación del suelo se refiere a los procesos ambientales que destruyen su estructura, reducen su capa arable, afectan su fertilidad, favorecen la pérdida de materia orgánica y desmejoran la calidad del agua. Una relación de sus posibles implicaciones se anota en el cuadro 1, infiriendo que la lluvia, la temperatura y la evapotranspiración son posiblemente los elementos del clima que mayor influencia poseen al intervenir todos los procesos de degradación

Cuadro 1. Influencia del clima sobre los factores de degradación

Factor	Elemento climático			
	Lluvia	Temperatura	Viento	Evapotranspiración
Erosión	X	X	X	X
Compactación	X	X	X	X
Acidificación	X	X		X
Salinización	X	X	X	X
Pérdida Materia orgánica	X	X		X
Contaminación	X	X	X	X

En lo específico, la compactación es definida por Chaves (2017b, 2019b), como “una disminución ocasionada en el volumen del suelo por causa de compresión de este, generando un ordenamiento y reacomodo más denso de las partículas del suelo y, con ello, consecuentemente una significativa reducción de la porosidad. Es entendida como la compresión de una masa de suelo no saturado en un volumen menor, aumentando con ello la densidad por compresión de las partículas sólidas y reduciendo por reacomodo el tamaño de los poros por compresión del contenido líquido y gaseoso dentro del espacio poroso, los cuales son expulsados. Se cataloga como una acción de naturaleza antrópica virtud de ser provocada por la actividad humana. Se define de manera simple como la compresión de un suelo no saturado acompañado por la expulsión del aire. El adensamiento es un problema de efecto similar provocado por una reducción natural del espacio poroso y un consecuente aumento de la densidad de las capas u horizontes del suelo por causa de la desecación, la iluviación (deposición de un material removido de un horizonte superior a uno inferior en el perfil del suelo, ej. arcillas, materia orgánica, óxidos de Fe y Al) o la precipitación inducida por causas de origen químico; inclusive la provocada por el impacto de las gotas de lluvia.”

En este caso la humedad, la temperatura y la evapotranspiración ejercen una influencia importante, condicionada a los factores edáficos (textura, densidad, agregación), químicos (sesquióxidos de hierro y aluminio) y contenidos de materia orgánica existentes. La presencia de periodos húmedos y secos interfiere el proceso, lo cual se ve favorecido por factores como las altas temperaturas, los vientos desecantes que intervienen sobre la humedad y los patrones de evapotranspiración, concebida esta como la cantidad de agua del suelo que retorna a la atmósfera como consecuencia de la evaporación y transpiración de las plantas. En Guanacaste (Cañas, Bagaces, Liberia) donde se tienen cultivados con caña suelos del orden taxonómico Vertisol, este problema está presente (Chaves 1999a, 2017a, 2019b).

La acidificación del suelo es un proceso muy dinámico en el cual intervienen factores de índole natural (edáficos, climáticos y biológicos), como también antropogénicos (provocados por la actividad humana), que inducen la disminución del pH del suelo como consecuencia de la acumulación de iones de hidrógeno (H^+), hierro (Fe^{+3}) y aluminio (Al^{+3}); y de forma adicional y complementaria, la pérdida de cationes básicos del suelo como calcio (Ca^{+2}), magnesio (Mg^{+2}), potasio (K^+) y sodio (Na^+), entre otros. Es una carga desproporcionada de iones de hidrógeno, en

detrimento de los cationes minerales presentes en el medio (Chaves 1999b, 2017a).

El fenómeno suele venir asociado a lugares con presencia de lluvias intensas y sostenidas, altas temperaturas y alta evapotranspiración que puede provocar el acúmulo superficial de sales. Buena parte de los suelos sembrados con caña del orden Ultisol, Andisol y Alfisol presentan una condición de media y alta acidez, como lo ha señalado Chaves (2019aef). La afectación de la germinación, el ahijamiento y retoñamiento de la plantación es severamente afectado por causa de una condición de acidez inadecuada, como lo asevera Chaves (2020cd).

La salinización de los suelos es un proceso de acumulación y concentración de sales solubles en agua, que puede darse en forma natural cuando los suelos se ubican en puntos bajos y planos, que están periódica y potencialmente inundados por ríos o arroyos. También puede ocurrir caso el nivel freático de las aguas subterráneas sea poco profundo y el agua que asciende por capilaridad contiene sales solubles disueltas.

Cuando el origen es antropogénico, generalmente se asocia a sistemas de riego. Se denomina salino al suelo que posee sales solubles en exceso, en especial cloruro de sodio (NaCl), que cuando es significativamente dominante se conoce entonces como suelo salino-sódico. La consecuencia de la salinización del suelo se manifiesta en la pérdida de fertilidad, lo que perjudica o imposibilita el cultivo en forma rentable y competitiva.

El fenómeno viene ligado a condiciones muy secas (permanentes o periódicas), de alta temperatura y con grados muy altos de evapotranspiración. Este tipo de suelos son limitados en las zonas cañeras bajas de Guanacaste y Puntarenas, con régimen de humedad ústico; no encontrando problemas asociados con las altas concentraciones de sodio. En su estudio Montes de Oca *et al* (1996), valoró el efecto de la salinización establecida en tres niveles sobre tres variedades comerciales de caña, encontrando alguna tolerancia varietal.

La pérdida de materia orgánica en el suelo resulta y traduce en un fuerte impacto al sistema de producción valorado en el tiempo, caso no se dé una pronta restitución de esta. Las pérdidas se producen por la cantidad de material que se mineraliza (parte del cual es absorbido como N (NH₄ - NO₃) por la planta y otro se pierde), el cual es proporcional al contenido de humus presente. La mineralización como señalara Chaves (2020b) con amplitud y especificidad, es un proceso aerobio que

se favorece con la aireación, la humedad y la temperatura idónea.

Hay pérdidas de material orgánico inducidas, por: 1) erosión y arrastre de partículas de suelo y también orgánicas, 2) favorecidas por algunas prácticas inconvenientes de labranza, 3) presencia de un monocultivo como la caña, por cuanto se pierde la biodiversidad vegetal y favorece la especificidad de la biota presente y con ello la desintegración más rápida de residuos, resultando en una pérdida más veloz de la materia orgánica, 4) uso excesivo de fertilizantes nitrogenados que estimulan el crecimiento más veloz de bacterias en relación con los hongos y 5) quema de biomasa con pérdida de los residuos que forman parte de la materia orgánica, además del impacto inducido sobre la actividad microbiana del suelo.

La contaminación del suelo corresponde a una degradación de su calidad asociada a la presencia de sustancias químicas nocivas, tóxicas e indeseables; empleo de aguas contaminadas o de baja calidad; uso indiscriminado de agroquímicos, plaguicidas y fertilizantes peligrosos en la agricultura. La impericia, ineptitud, desinformación e incapacidad técnica son algunas de las causas que provocan este mal.

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.

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 alta y cálida 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 prevalentes, 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 (figura 1), 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 2019ef).

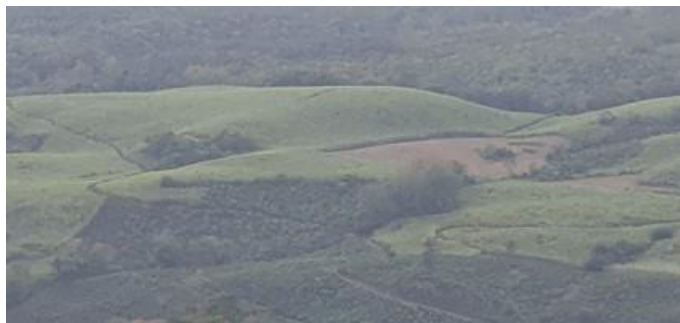


Figura 1. Panorámica de zona cañera con agricultura de ladera. Turrialba.

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

La pregunta es importante, inquietante y desafiante, pero la verdad fácil de responder: mucho se puede y debe hacer. Con el fin de evitar la degradación, erosión y desgaste del suelo debido al accionar del ser humano, la mejor solución es indudablemente la prevención, implementación y desarrollo de actividades y prácticas, como:

- Concientizar y aceptar el problema es lo más importante, sin ello el resto de las acciones no tiene sentido.
- Considerar que muchas acciones son aplicables para áreas muy específicas y problemáticas de la finca, lo que viabiliza su ejecución; otras medidas son inexcusablemente de carácter general y extensivo.

- El uso sostenible del suelo y la plantación pueden contribuir ostensiblemente a reducir los impactos negativos y evitar la degradación por la pérdida del recurso.
- Adoptar, respetar y ejecutar estrategias ecoeficientes basadas en principios conservacionistas y de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) resulta valioso (figuras 2 y 3).
- La plantación de árboles y plantas convenientes en zonas aledañas y donde sea factible, sin distorsionar la operación ordinaria en las plantaciones comerciales, favorece la restauración parcial de los ecosistemas y el mantenimiento del suelo.
- La construcción y disposición de infraestructura (canales) para el desagüe resulta muy conveniente. En zonas con limitada capacidad de absorción (arcillosos), los desagües pueden ayudar a canalizar el agua para evitar inundaciones y escorrentía.
- La recuperación de cárcavas mediante estructuras apropiadas que eviten la erosión hídrica, como son la construcción de muros, diques, gaviones, zanjas de ladera y estructuras de contención representan una excelente inversión.



Figura 2. Conservación de suelos con trazado de curvas a nivel.



Figura 3. Asocio Caña frijol en San Carlos.

En el Cuadro 2 se anotan algunas sugerencias específicas en caña de azúcar para cada factor de degradación.

Cuadro 2. Acciones correctivas posibles realizar para mitigar, contrarrestar y corregir degradación del suelo.

Factor degradante	Acción correctiva
Erosión	Construir infraestructura de riego y drenaje, conducir aguas (pluviales y riego), regular pendiente, incorporar medidas de conservación, emplear prácticas alternativas, siembras a contorno
Compactación	Subsolado, regular paso de equipo mecánico, incorporar materia orgánica, realizar desaporca-aporca, regular uso del agua, definir lámina de riego
Acidificación	Incorporar correctivos y enmiendas, regular fuente y dosis de N, aplicar materia orgánica, fertilizar correctamente.
Salinización	Aplicar y evacuar agua, regular nivel freático, favorecer salida de aguas salinas, posible uso de yeso.
Pérdida Materia orgánica	Incorporar y compostear la biomasa residual, evitar quemar residuos vegetales, favorecer actividad microbial, sembrar plantas de cobertura, controlar acidez, incorporar prácticas conservacionistas.
Contaminación	Seleccionar agroquímicos, calibrar equipos de aplicación y dosificar correctamente, no depositar residuos en fuentes hídricas, utilizar materia orgánica, respetar regulaciones, hacer conciencia del problema.

Con el objeto de informar e ilustrar en torno al tema, resulta de mucho valor técnico mencionar y referirse a lo que el calificado Instituto Geográfico Agustín Codazzi de Colombia (2020), refiere como “30 prácticas que evitarían el deterioro del suelo, recurso natural del que pocos hablan”, publicado a propósito del Día

Mundial de la Tierra (22 de abril), recomendando seguir al pie de la letra algunas actividades que podrían a su criterio, impedir que los suelos sigan siendo afectados por la mano indiscriminada del hombre. Una revisión detallada de las mismas revela que la mayoría de las recomendaciones, son aplicables a nuestro país y buena parte de estas a la agroindustria azucarera.

Las mismas son las siguientes:

- 1) Incrementar los sistemas forestales, agrosilvícolas y silvopastoriles.
- 2) Incrementar la rugosidad del terreno: se debe controlar la escorrentía mediante zanjas de ladera, realizar cultivos en contorno y utilizar franjas con vegetación densa.
- 3) Proteger el suelo con cobertura vegetal y residuos de cultivos, lo cual disminuye la acción destructora de la lluvia sobre el suelo.
- 4) Evitar la labranza en el sentido de la pendiente; esta debe ser reducida y mínima o de siembra directa en pendientes menores al 30%.
- 5) Evitar la compactación del suelo, específicamente la de la explotación ganadera y la de la maquinaria agrícola.
- 6) Aumentar la producción de material vegetal: realizar cultivos de cobertura, sistemas agrosilvopastoriles, reforestación, recuperación de pastizales degradados y aplicación de riego y fertilizantes (pero sin exceso). No se debe reemplazar la vegetación perenne por estacional.
- 7) Incrementar el contenido de materia orgánica: aplicar materiales orgánicos, tanto vegetales (residuos de cosechas) como animales (abonos); se debe evitar a toda costa la quema de bosques, pastizales, rastrojos y residuos de cultivos.
- 8) Disminuir la descomposición de los materiales orgánicos de la labranza: la actividad agrícola de trazar surcos poco profundos en la tierra, es decir la labranza, debe evitarse en la mayoría de los casos. De lo contrario se recomienda que sea mínima, conservando la hojarasca y la cobertura vegetal en suelos de cafetales, bosques húmedos y sistemas agrosilvopastoriles.
- 9) Mantener el contenido de materia orgánica en lugar de incrementarlo, ya que es un proceso lento.
- 10) El sistema de labranza y el tiempo de uso de la maquinaria deben hacerse en función del suelo, tomando en cuenta propiedades físicas como textura, consistencia y espesor del horizonte.

- 11) Poner atención al contenido de humedad. En suelos secos o mojados, la labranza puede ser perjudicial. Se recomienda en terrenos húmedos.
- 12) Evitar las prácticas excesivas de laboreo y preparación de tierras, ya que son costosas, ocasionan pérdidas de materia orgánica y desmejoran el suelo.
- 13) Evitar al máximo remover el suelo durante el cultivo. Se debe mantener una cobertura (mulch) permanente.
- 14) Se debe prevenir la compactación del suelo (por maquinaria y vehículos); el piso de arado; y la pata de vaca del ganado en zonas de pendientes.
- 15) Minimizar el uso del rotovator y del arado de discos; usar maquinaria que no invierta el suelo.
- 16) Las prácticas de labranza más adecuadas para los suelos de Colombia son: mínima y siembra directa en los Andes Colombianos; labranza vertical o utilización del cincel en las praderas del trópico alto; limitación de mecanización en los terrenos con pendientes mayores al 30 por ciento; y machete en la zona cafetera.
- 17) Conocer los suelos (dinámica y propiedades), los requerimientos específicos de los cultivos y las condiciones climáticas.
- 18) El uso de fertilizantes y enmiendas debe ser parte de un plan de manejo integral, que incluya tipo de labranza, variedades de cultivo y tiempos de aplicación.
- 19) Hacer uso de los estudios de suelo para el uso de fertilizantes y cal, el criterio técnico y del agricultor definirán el plan de fertilización.
- 20) Tener en cuenta que las prácticas de enclamiento varían según: el nivel de aluminio (mayores niveles, mayor neutralización), la cantidad de cal y la tolerancia de las plantas al aluminio.
- 21) Se recomienda el uso de cal dolomítica (carbonato doble de calcio y magnesio).
- 22) El tiempo de aplicación debe ser definido con el agricultor.
- 23) Hacer uso de prácticas de manejo que incluyan rotaciones de cultivos, abonos verdes y residuos de cosecha.
- 24) Constituir sistemas agrosilvopastoriles y silvopastoriles.
- 25) Las prácticas integrales de fertilización deben incluir a los bancos de germoplasma y variedades de cultivos adaptadas a las condiciones locales.
- 26) La materia orgánica es la característica más importante para controlar los contaminantes, razón por la cual se recomienda mantenerla o incrementarla a través de cultivos de cobertura, rotación, barreras vivas, abonos verdes y compost.
- 27) Aplicar fertilizantes de acuerdo con los análisis químicos, evitar excesos de fertilizantes, tiempos inadecuados y formas no convenientes.
- 28) Para el uso de pesticidas: aplicar el nivel más bajo posible, utilizar el manejo integrado de plagas y control biológico, rotar cultivos para controlar plagas y enfermedades, utilizar cultivos resistentes a plagas, seguir instrucciones de seguridad, manejo y aplicación y calibrar los equipos.
- 29) Tener en cuenta la profundidad a la cual se encuentra el nivel freático y su fluctuación.
- 30) La permeabilidad debe permitir una rápida absorción de efluentes y tener una capacidad reguladora que evite la contaminación en las aguas subterráneas.

Conclusión

Debe en primera instancia reconocerse y aceptarse que la degradación de los suelos es una realidad nacional y que muchas plantaciones sembradas con caña de azúcar lo vienen silenciosa y sistemáticamente padeciendo; aún aquellas donde el nivel tecnológico es alto y podría creerse que el tema está superado y bajo control, pero la realidad del campo dicta que no es así, aunque se quiera suponer y exprese lo contrario. Parte de la razón por la cual los índices de productividad nacional crecen poco y fluctúan mucho, pese a la alta inversión tecnológica incorporada en muchas de ellas, es debido en parte, no todo, a la alta degradación que conservan los suelos. A veces se atribuye sin fundamento sólido la causa en demasía a motivos de carácter climático, fitosanitario y genético. La ecuación comercial de alta inversión, altos costos y baja productividad puede ser parcialmente explicada por dos razones bien fundamentadas: 1) renovación limitada e insuficiente de plantaciones comerciales agotadas y 2) pérdida de la capacidad productiva potencial de los terrenos.

Los monocultivos como la caña de azúcar están más propensos y son más sensibles a presentar condiciones adversas y contraproducentes a los intereses y expectativas empresariales, lo cual se agudiza caso la atención de algunas limitantes como las mencionadas persistan y sumen al problema integral. Es necesario, por tanto, revisar con sentido objetivo lo concerniente a la actividad biológica del suelo y verificar su condición real para alcanzar y sostener niveles de productividad elevados en el tiempo, proyectados a una vida utilitaria comercial prolongada. Un suelo sin actividad biológica es un suelo sin ADN y sin vida, que la verdad muy poco podrá aportar al objetivo empresarial.

No basta por tanto con mecanizar terrenos, aplicar fertilizante y regar para pretender alcanzar de manera sostenible altas productividades de caña y azúcar, pues la degradación de los suelos influye de manera antagónica en sentido inverso. Deben adoptarse para contrarrestar los efectos negativos existentes, medidas que reactiven y favorezcan la actividad biológica y microbiológica del suelo como son la adición incorporada de materia orgánica, la regulación en el empleo de agroquímicos, el uso prudente, racional y óptimo de equipo mecánico, la adopción de buenas prácticas agrícolas para una agricultura más resiliente y ecoeficiente. El tema de la degradación y agotamiento de los suelos cañeros costarricenses debe ser abordado técnica, institucional y empresarialmente con carácter prioritario, en procura de contornar y superar sus efectos y consecuencias.

Literatura citada

- Alfaro, R.; Chaves, M. (1999). *Observaciones sobre la capacidad de extracción y agotamiento nutricional de un Ultisol cultivado con caña de azúcar*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 36. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 153. También en: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 84.
- Chaves, M. (1999a). *La práctica del encalado de los suelos cañeros en Costa Rica*. En: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 216-223.
- Chaves Solera, M. (1999b). *El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.
- Chaves Solera, M. (2002). *Corrección de suelos ácidos para cultivar caña de azúcar*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 8 p.
- Chaves Solera, M.A. (2017a). *Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017a. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- Chaves Solera, M.A. (2017b). *La compactación de suelos en la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 33-48.
- Chaves Solera, M.A. (2018). *Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de azúcar*. En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- Chaves Solera, M.A. (2019a). *Lluvia: imperativo para corregir la acidez de los suelos para cultivar caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(2): 4-5, mayo.
- Chaves Solera, M.A. (2019b). *Humedad y compactación de suelos en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(6): 4-6, junio-julio.
- Chaves Solera, M.A. (2019c). *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. (2019d). *Relación agua-suelo en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(10): 5-7, agosto-setiembre.
- Chaves Solera, M.A. (2019e). *Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. (2019f). *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). *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. (2020b). *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. (2020c). *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. (2020d). *Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2020). *30 prácticas que evitarían el deterioro del suelo, recurso natural del que pocos hablan*. Bogotá, Colombia. Consultado el 20 de julio 2020 a

través de: <https://igac.gov.co/es/noticias/30-practicas-que-evitarian-el-deterioro-del-suelo-recurso-natural-del-que-pocos-hablan>.

Montes De Oca, P.; Mata, R.; Chaves, M.A. (1996). *Respuesta de tres variedades de caña de azúcar (Saccharum spp.) a tres contenidos de sal en un Vertisol de Guanacaste*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, San José, Costa Rica, 1996. Memoria: *Suelos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA. Volumen III. p: 240. También en: *Agronomía Costarricense* 20(2): 135-140.

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