

Periodo 28 de setiembre al 11 de octubre 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 14 DE SETIEMBRE AL 20 DE SETIEMBRE

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 Cajón de Perez Zeledón, Coto Brus y Buenos Aires.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 71 estaciones meteorológicas consultadas muestran al jueves como el día más lluvioso, mientras el miércoles presentó los menores acumulados, con un 28% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

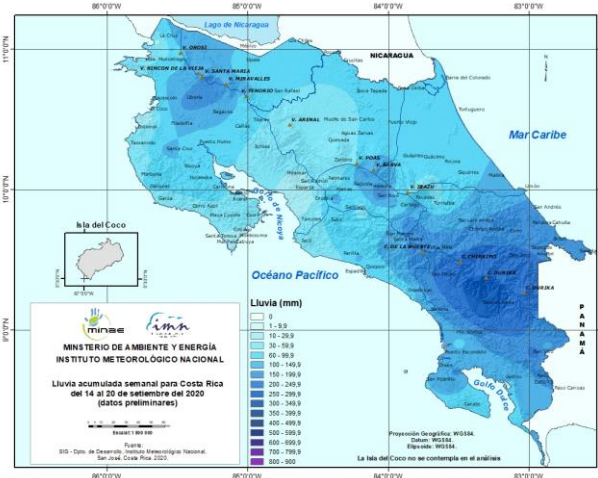


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 14 de setiembre al 20 de setiembre del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 21 DE SETIEMBRE AL 27 DE SETIEMBRE

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

Los distritos que sobrepasaron los 150 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Cuajiniquil, Concepción de Atenas, San Antonio de Belén, Savegre de Aguirre, Sabalito de Coto Brus y La Cuesta de Corredores; así como Guácima y Río Segundo de Alajuela; además de Paramo, Río Nuevo y Cajón de Perez Zeledón.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 112 estaciones meteorológicas consultadas muestran al jueves como el día más lluvioso, mientras el sábado presentó los menores acumulados, con un 20% del total que registra el día con los mayores acumulados semanales.

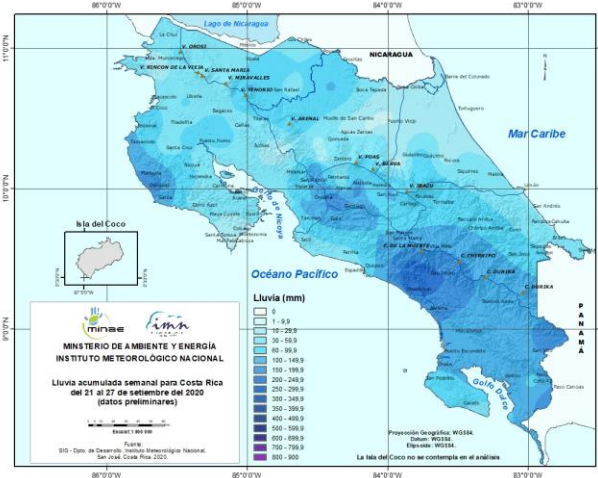


Figura 2. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 21 de setiembre al 27 de setiembre del 2020 (datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 28 DE SETIEMBRE AL 04 DE OCTUBRE DE 2020

Durante la semana se esperan condiciones más lluviosas de lo normal en todo el país, principalmente en el Pacífico Central y Pacífico Sur. En cuanto a la temperatura media, esta se mantendrá levemente más cálida de lo normal en la vertiente Caribe, Zona Norte y Valle Central; mientras la vertiente Pacífico evidenciará condiciones sutilmente más frías de lo normal.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 28 DE SETIEMBRE AL 04 DE OCTUBRE 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 que se percibirá con menor medida en Guanacaste Este, Guanacaste Oeste y Puntarenas. Las regiones cañeras mantendrán un leve incremento en la velocidad del viento a inicio de semana, que será menos marcado para Guanacaste Este y Guanacaste Oeste; que incluso no será percibido en la Zona Sur. Las áreas cultivadas tendrán amplitudes térmicas homogéneas, presentando Turrialba la amplitud más alta y más baja de la semana.

“Se espera la influencia de la onda tropical #42 a mediados de semana y posibilidad de percibir la onda tropical #43 al final de la semana.”

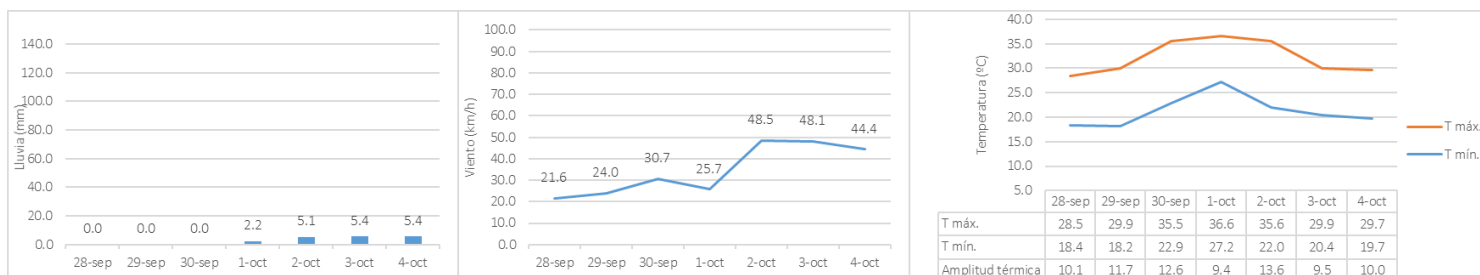


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de setiembre al 04 de octubre en la región cañera Guanacaste Este.

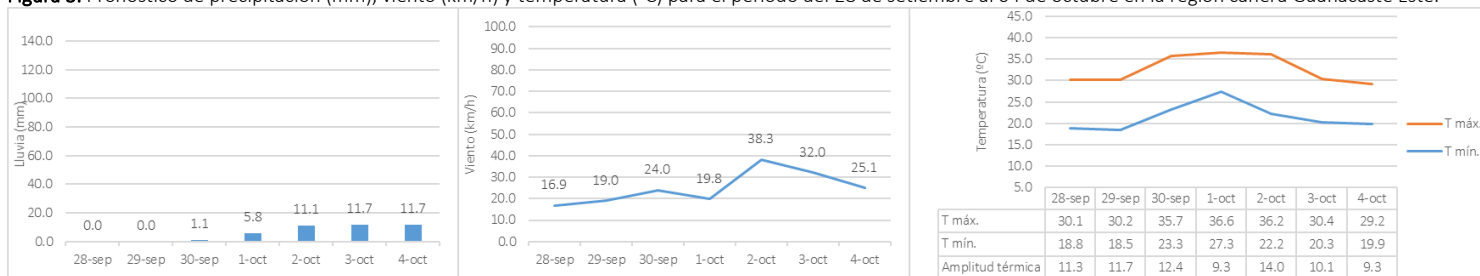


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de setiembre al 04 de octubre en la región cañera Guanacaste Oeste.

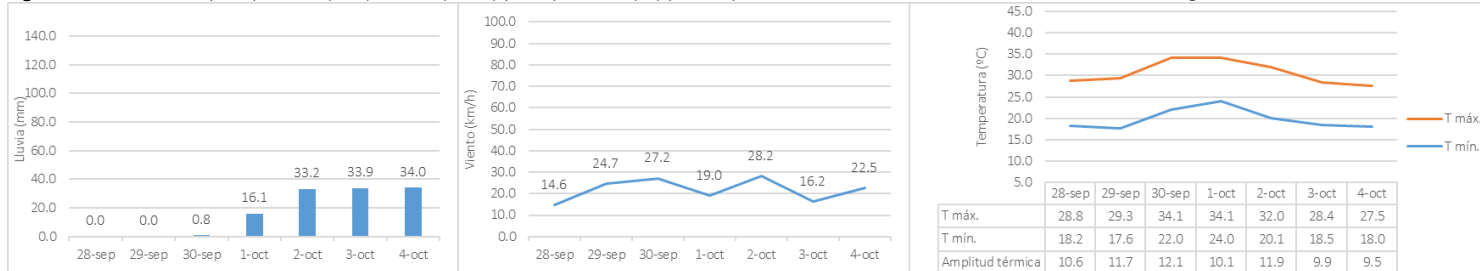
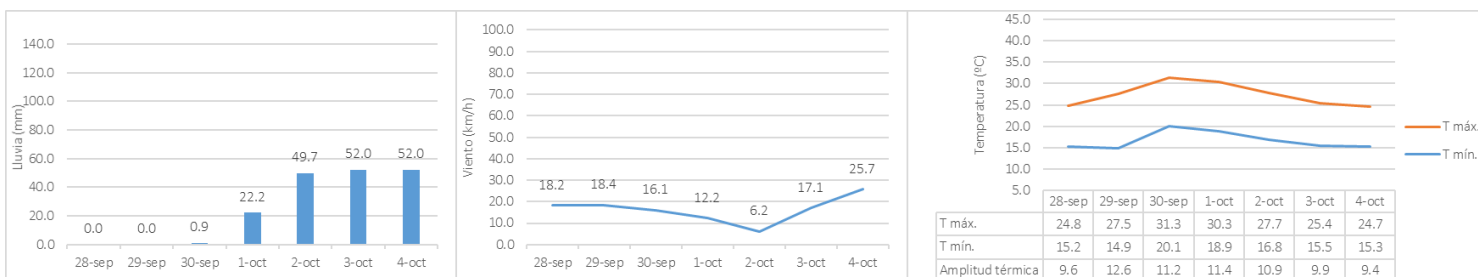
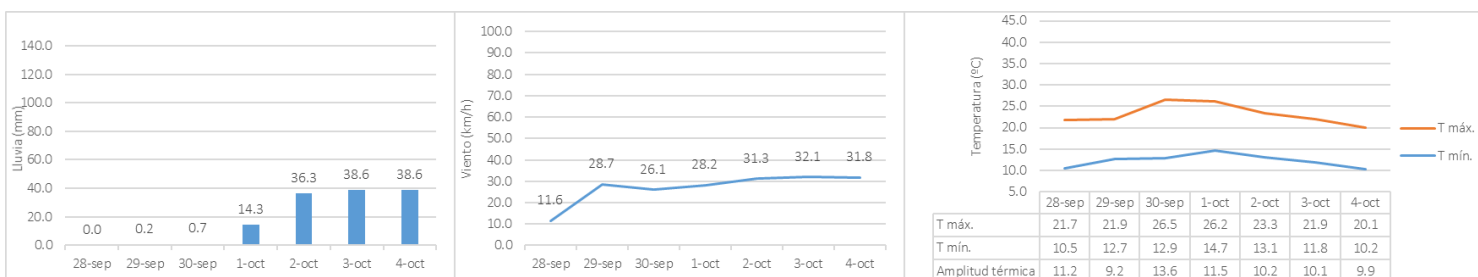
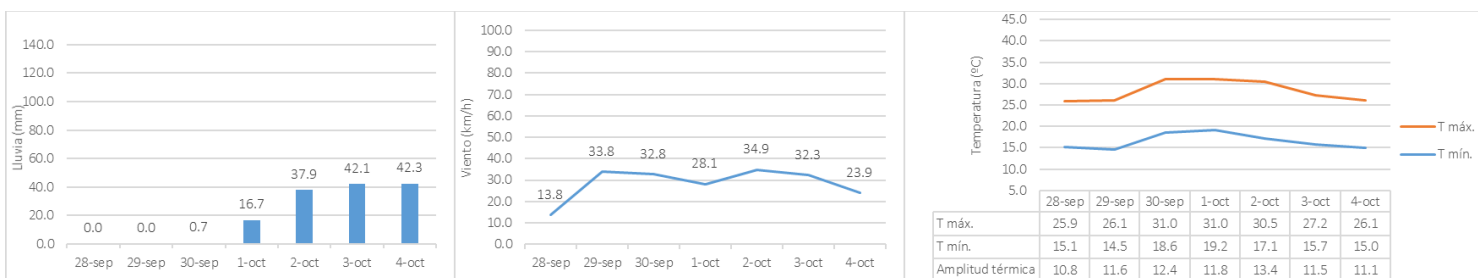
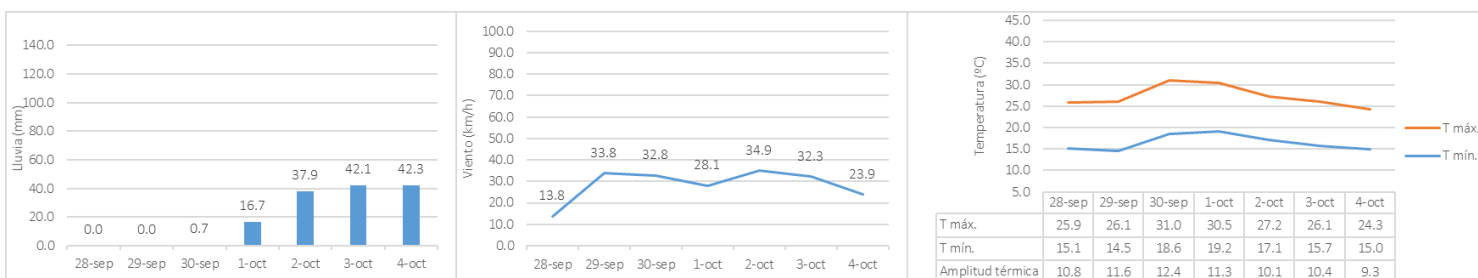
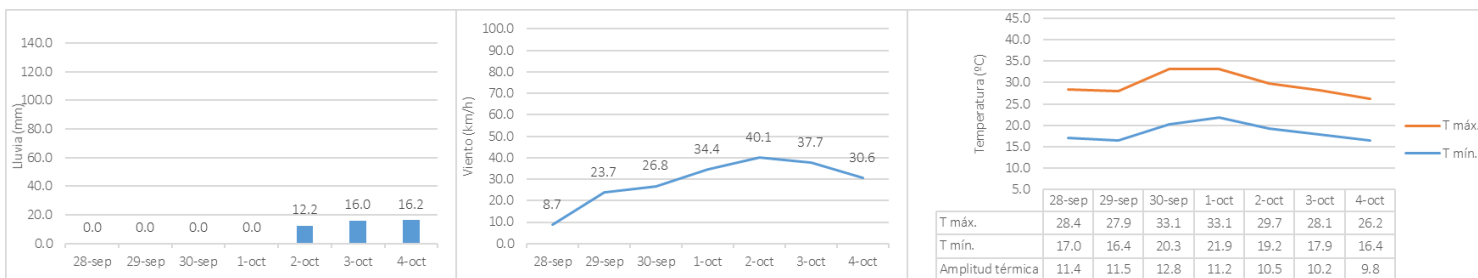


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 28 de setiembre al 04 de octubre en la región cañera Puntarenas.

Setiembre 2020 - Volumen 2 – Número 20



Setiembre 2020 - Volumen 2 – Número 20

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 05 DE OCTUBRE AL 11 DE OCTUBRE DE 2020

Se prevé una semana similar a la actual, con condiciones levemente más lluviosa de lo normal en todo el territorio nacional, especialmente en el Pacífico Central y Pacífico Sur.

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 28 de setiembre 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 0% y 60%; los suelos de la Región Valle Central Oeste presentan entre 30% y 75%, mientras que los de la Región Valle Central Este tienen entre 15% y 45%.

La Región Norte está entre 0% y 90%. 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%.

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.

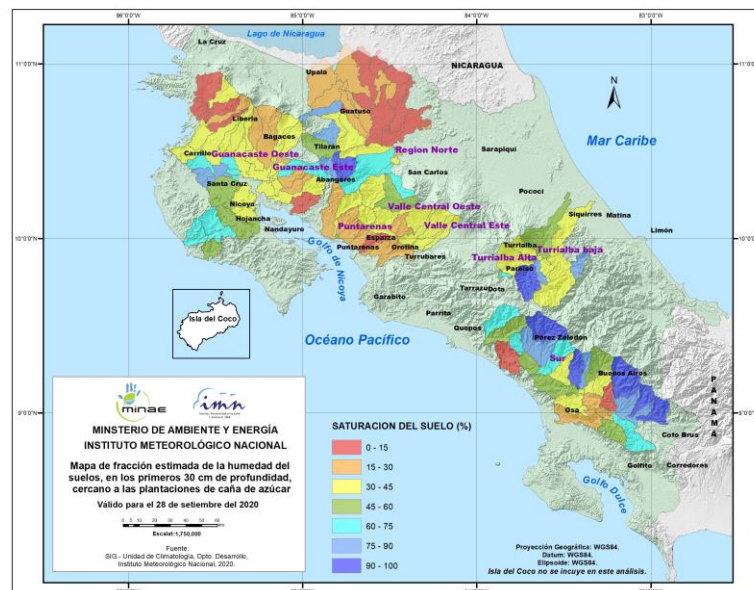


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 28 de setiembre del 2020.

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 TECNICA

Clima, suelo y manejo: factores determinantes en la compactación de los suelos

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 abordaje y el análisis de temas álgidos, actuales e impactantes resulta trascendente para procurar su correcta atención, manejo y posible solución. La compactación de los suelos es uno de esos tópicos cuyo carácter no es apenas mediático sino permanente y de presencia muy real en el caso nacional, pues como se ha señalado de manera reiterada, esa característica representa una de las causas que favorecen e inducen la degradación, estado preocupante del suelo en consideración de la condición y ambiente improductivo que genera en las plantaciones agrícolas, aún en las de plantas rústicas y tolerantes como es el caso de la caña de azúcar. En ocasiones anteriores se ha hecho referencia y acometido el serio problema de la compactación de los suelos en el sector azucarero costarricense, como lo refiere con especificidad Chaves (2017a, 2019a). Por sus graves y demostradas consecuencias negativas para la productividad agroindustrial competitiva, sostenible y rentable de una plantación comercial de caña, este fenómeno debe ser necesariamente visualizado desde todas las perspectivas, primero porque no actúa solo y segundo porque es provocado y puede ser por tanto mitigado, reducido y en algún grado controlado mediante la adopción de medidas prudenciales y preventivas. En vista de su importancia en el contexto de la producción cañera costarricense, es fundamental conocer las circunstancias y condiciones que la caracterizan y tipifican.

En los últimos cincuenta años (1960-2010), principalmente, el concepto del desarrollo agropecuario nacional y mundial se fundamentó y sustentó fuertemente en preceptos claros y muy definidos, como

fueron: a) desarrollo y uso de equipos y mecanización de labores, b) empleo intensivo de agroquímicos, c) desarrollo de semilla mejorada, d) empleo de sistemas de riego, e) una agricultura intensiva y extensiva en el uso de los recursos y f) desarrollo económico basado en monocultivos, entre otras. En años más recientemente las orientaciones han cambiado de manera sustantiva al procurar otros objetivos demandados por el nuevo entorno, como son entre ellos los siguientes: a) armonía con la naturaleza como enfoque primario, b) la calidad (aire, medio, producto) marca pauta, c) la producción agrícola con enfoques orgánicos, conservacionistas, salubres y de ecoeficiencia adquiere prioridad, d) el cuidado del suelo como factor determinante gana relevancia, e) el conocimiento del clima resulta esencial como factor de la producción, f) los gustos y preferencias del consumidor orientan los programas productivos y alimentarios de la población, g) la certificación como criterio de seguridad adquiere valor comercial, h) la asociación de cultivos y el uso de coberturas vegetales toma fuerza, i) la optimización y regulación en el empleo de equipos mecánicos se torna básica, j) se avanza en el concepto de “agricultura de precisión” y k) la ruralidad, el factor social y la distribución del beneficio final fundamentan la gestión agropecuaria. En realidad son muchos los elementos que podrían agregarse, sin embargo, para los efectos inmediatos cabe rescatar y señalar que el clima, el suelo y su vinculación con la planta son en la actualidad tópicos de extrema prioridad en cualquier desarrollo agro empresarial; quién no lo vea así pero sobre todo incorpore y aplique de esta forma, quedará inevitable y merecidamente fuera del mercado.

Con el objeto de insistir y continuar con el análisis y llamado de atención sobre la relevancia del tema, se hace seguidamente un planteamiento sencillo y sumario de aspectos asociados con la génesis, impactos y corrección de la compactación de los suelos en los campos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica.

El clima, el suelo y la planta

El crecimiento y desarrollo apropiado de los cultivos de caña con resultados consecuentes y congruentes con la expectativa agro productiva esperada y prevista empresarialmente alcanzar, en consideración y con fundamento en su reconocido y destacado potencial anatómico, fisiológico y genético (Chaves, 2020b); depende en alto grado del equilibrio que pudiera existir en torno a la interacción que se tenga con respecto a los factores bióticos y abióticos prevalecientes en el lugar. En el presente caso dichos elementos van asociados particularmente con los segundos representados por el suelo, el clima y el manejo agronómico prestado a la plantación en toda su amplia expresión y cobertura.

La degradación natural o inducida de los suelos, el desconocimiento o cambio acontecido en los elementos del clima y las malas prácticas agrícolas, omisiones o impericia cometidas en el manejo agronómico de las plantaciones, son factores que marcan pauta virtud de las ventajas que su buen uso genera, pero también, en sentido contrario, las serias consecuencias negativas que acarrearán cuando su aplicación es incorrecta. El costo de revertir muchas de esas situaciones inconvenientes resulta muy oneroso lo que justifica tenerlo presente pero sobre todo actuar con el fin de evitarlas, atenuarlas o corregirlas.

El tema de la degradación de los suelos agrícolas ha sido ampliamente comentado, sin embargo, virtud de su trascendencia e implicaciones no puede nunca darse por agotado y menos por innecesario; simplemente es un tópico constituido por varios factores que desde

diferentes formas de actuar conspiran e impactan los índices de productividad agroindustrial de la caña de azúcar. Como anotara Chaves (2020e) procurando exponer y explicar el concepto *“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.”*

Como se infiere y concluye del concepto anterior, la cantidad de actividades, procesos y agentes que intervienen en la degradación de un suelo es muy amplio y diverso, lo que también afecta el tiempo involucrado en dinamizar y agudizar la condición degradativa; entre los cuales se nombran como principales algunos de orden físico como la compactación, la artificialización (designa la ocupación para vivienda, infraestructura y equipamiento, que implica la impermeabilización y "sellado del suelo"), y también otros elementos vinculados con factores de naturaleza química como son la acidificación, la salinización, la pérdida de materia orgánica y la contaminación del suelo. No cabe la menor duda que la biota (macro y micro) resulta igualmente intervenida y afectada. Reafirmando conceptos es claro que las condiciones del clima prevaleciente, las características y condición del suelo y el manejo prestado a la plantación son determinantes como causantes de la degradación.

En la práctica agrícola relacionada con la producción comercial de caña de azúcar, son muchos y muy diferentes los factores que pueden interferir y limitar el rendimiento rentable y competitivo del cultivo, como son los atinentes al clima en sus diversos elementos, las de índole fitosanitario asociadas con la presencia de plagas y enfermedades, las provocadas por la insuficiencia nutricional vinculadas a la acidez del suelo, los problemas ligados con la disponibilidad (limitante o excesiva) de agua; también la existencia de estados físico-químicos inconvenientes para el desarrollo normal del sistema radicular como falta de oxígeno o toxicidad provocada por algunos elementos (Al, Fe, Cu, Mn) en exceso, la temperatura del suelo, el grado de pedregocidad y el endurecimiento de la capa arable. Entre esos factores no cabe la menor duda que el grado de compactación que pueda presentar el suelo representa uno muy serio, debido a la restricción que impone al ritmo de crecimiento y desplazamiento de las raíces, lo que acarrea problemas adicionales muy graves al crecimiento de la planta. Mucha atención debe prestarse a este factor pues su naturaleza es compleja y de difícil medición.

Con la implementación de una agricultura más dinámica e intensiva en el uso y explotación de los recursos disponibles, muchas veces limitados, y menos en la incorporación de medidas orientadas a favorecer la conservación, balance y optimización de los mismos, el problema de la compactación ha surgido y se ha venido sistematizando en extensas áreas agrícolas del país comprometiendo la productividad agroindustrial de muchos cultivos, entre ellos la caña de azúcar. La cantidad y diversidad de equipos mecánicos que domina el campo productivo, intensificando el tráfico de máquinas, constituye una de las señales inequívocas de la intensidad incorporada. La compactación determina en alto grado las relaciones naturales que se dan en el suelo entre el suministro de agua, el aire, la temperatura y la planta,

como bien lo apuntara Chaves (2019ab); todo lo cual influye el agro ambiente productivo y afecta los procesos de germinación, brotación, emergencia de las plantas, ahijamiento, crecimiento y desplazamiento radicular y con ello prácticamente todas las fases de su desarrollo (Chaves, 2019d y 2020ad).

La figura 1 formulada por Boone (1986) despliega y expone de manera sencilla y genérica la amplitud y complejidad de las relaciones que surgen y se establecen de manera sistemática entre el crecimiento de las plantas y la condición de compactación de un suelo influenciada fuertemente por el clima. Es notorio y evidente como el tráfico de equipo y maquinaria bajo condiciones inadecuadas de humedad, provoca la afección del suelo condicionada a su textura y agregación, interfiriendo sobre el ordenamiento, volumen y distribución de su particulado, el cual se ve alterado por efectos de compresión y reducción del espacio poroso (macro y micro), el cual es ocupado por partículas sólidas. Anota Boone (1986) adicionalmente que, otras propiedades y atributos físicos del suelo son también modificados, como acontece con la aireación, la humedad, la temperatura y la resistencia mecánica a la penetración, inducida por las partículas que obstruyen el libre paso del aire y el agua y con ello el desarrollo normal de las raíces.

Esa condición interviene y afecta también otras propiedades del suelo en este caso de naturaleza química, vinculadas con el balance y la disponibilidad de nutrientes absorbibles y de carácter biológico asociados con la biota del suelo y el desarrollo de microorganismos en la rizosfera o zona ocupada por las raíces. El proceso revela y establece la interrelación e interacción de todos esos factores sobre el crecimiento y buen desarrollo de las plantas, lo que al final se traslada y expresa en la cosecha recolectada.

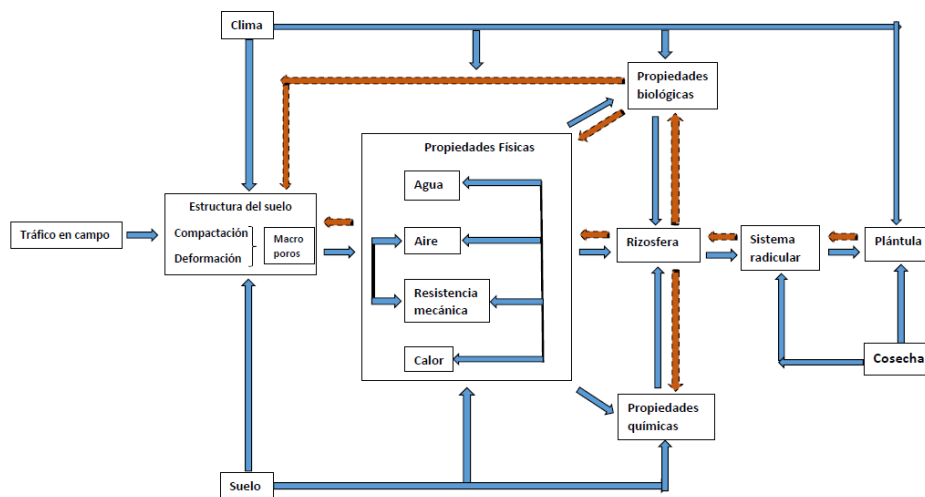


Figura 1. Sistema simplificado de relaciones funcionales entre compactación del suelo y crecimiento vegetal (Boone 1986).

No cabe la menor duda que la compactación de un suelo representa uno de los principales factores que limitan el desarrollo normal del sistema radicular de cualquier planta, impidiendo y restringiendo severamente su potencial de exploración, que como anotara Chaves (2020c), en el caso de la caña de azúcar es excepcional y constituye uno de mayores atributos anatómicos y ventajas biológicas. El crecimiento radicular se ve más impactado en suelos con texturas que varían de franco-arenoso a franco arcilloso, con bajo contenido de materia orgánica, con arcillas de baja actividad iónica expresada por su Capacidad de Intercambio Catiónico-CIC, condiciones de alta pluviometría y temperatura, lo cual es típico de muchos suelos tropicales fuertemente intemperizados y degradados. La compactación de los suelos hace perder todas las ventajas eco fisiológicas que el cultivo por dotación natural posee, lo que resulta ser un despropósito productivo, tecnológico, comercial y empresarial.

La compactación como concepto agronómico

Pese a ser un concepto que pareciera fácil de entender pues todos hablan con mucha fluidez y pareciera con

mucho conocimiento del tema, el tópico en realidad no es sencillo, pues tiene implicaciones en prácticamente todos los órdenes sean estos físicos, químicos, biológicos, climáticos, productivos, conservacionistas, manejo del agua, el equipo mecánico y las plantaciones, también financieros, entre otros. La errónea percepción de simpleza la provoca, favorece y fortalece el hecho de creer que pasando un subsolador todo el problema se resuelve, cuando en realidad lo que deben atacarse son las causas primarias y no apenas el efecto como por lo general ocurre y aplican muchos de los sistemas de producción agrícola actuales.

Pareciera por todo esto sensato y razonable coincidir en primera instancia en concebir y coincidir en definir ¿Qué es la compactación de los suelos? Para luego abordar sus causas y medidas de mitigación más accesibles. De acuerdo con Chaves (2017a), *“La compactación es una disminución ocasionada en el volumen del suelo por causa de compresión del mismo, 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.”

Podría creerse que con la definición anterior se resuelve lo concerniente a la conceptualización del problema, sin embargo existe otra anomalía similar en sus consecuencias aunque diferente en su origen, como anotara Chaves (2017a) al referirse al adensamiento, señalando que “... 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, ejemplo las 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.”

Importante tener presente en esta materia tan ordinaria y habitual en cualquier explotación agropecuaria, que tanto la compactación como el adensamiento de un suelo pueden ocurrir por causas naturales, como también ser inducidas y provocadas por el manejo indebido que el agricultor haga de su plantación y sus terrenos cultivados, lo cual es lo más común como origen y causa del problema. Pragmáticamente se tiene por conocido que la compactación es la causante del endurecimiento observado en las capas superficiales e internas del suelo y que limitan y dificultan su laboreo; la razón que favorece la pérdida de infiltración y percolación del agua en el perfil del suelo provocando inundaciones, escorrentía y erosión; induce la falta de oxigenación interna; imposibilita también que las raíces puedan profundizar y

movilizarse horizontalmente auspiciando el volcamiento de las plantas por falta de anclaje y sostén físico, el estrés hídrico por desecamiento y la desnutrición vegetal por no poder satisfacer sus necesidades básicas de alimentación; el debilitamiento de la planta volviéndola susceptible a ataque de plagas y enfermedades. Esos efectos al integrarse y concentrarse en uno solo provocan una pérdida en principio gradual y sistemática hasta tornar la plantación poco rentable y nada competitiva.

¿Qué la provoca y favorece?

El tema quedaría incompleto si no se conocen y abordan las causas que inducen y provocan la compactación de un suelo, las cuales son diversas por su naturaleza y de impacto variable por sus efectos sobre el sistema agro productivo, debido a que la compresión que se ejerce sobre un volumen del particulado del suelo es también diferente. De acuerdo con su origen las causas de la compactación pueden ubicarse en: a) Naturales: como acontece con el caso del adensamiento, el tipo de suelo dominante, la prevalencia de condiciones climáticas inconvenientes y b) Inducidas: incitadas por las labores agrícolas que el agricultor incorpora en su plantación como sucede con la labranza, el tráfico de equipos mecánicos de diferente dimensión y peso, el pisoteo provocado por los animales en su recorrido, la ausencia o la baja rotación de cultivos, la sobreproducción sin optimización de factores como meta empresarial, el manejo inadecuado y la degradación como consecuencia integral, entre otras. Algunos autores aplican conceptos e indicadores de interpretación más específicos, ubicándolas en escalas diferenciadas que alteran la porosidad del suelo, clasificándolas por su origen: a) Externo: relacionadas con el tráfico de animales, equipos mecánicos, personas y las provocadas por el agua y, b) Internas: asociadas a ciclos alternos de humedecimiento y secado, contracción y expansión de la masa del suelo.

Lo cierto del caso es que cualquier acción, movimiento o actividad que se desarrolle en el campo puede ser causa

de compactación, lo cual debe sin embargo contar con la complicidad y colaboración de otros factores que la habilitan, como son el clima en sus elementos lluvia, temperatura, viento, evapotranspiración; el tipo (órdenes taxonómicos), la textura y el grado de agregación del suelo, el contenido de materia orgánica presente; como también la calidad e intensidad del trabajo de campo desarrollado por parte del agricultor. Una valoración detallada de los entornos agro productivos y las características físico-químicas propias de cada suelo de acuerdo con su naturaleza taxonómica llevada a nivel de orden y suborden, revelan y evidencian muchas de las razones que las favorecen, limitan y caracterizan, como lo anotara Chaves (2017bcde, 2019cd, 2020a).

¿Es serio el problema en el sector cañero?

No cabe la menor duda que la compactación es un problema serio, muy serio en el sector cañero costarricense, que no es tampoco exclusivo ni actúa y opera solo de manera aislada, pues la situación es aún más grave cuando se interpreta el problema desde una perspectiva más amplia visualizándolo como degradación integral del factor suelo, donde la compactación es apenas uno de los elementos que la conforman y contribuye con su impacto. Uno de los problemas más pronunciados para ubicar la distorsión, lo constituye el hecho de no poder visualizarlo y percibirlo fácilmente, razón por la cual *“la compactación es calificada como un mal oculto, una enfermedad casi asintomática que revela sus efectos en condiciones muy particulares que pueden confundirse con otras anomalías y patologías”*.

Para un agricultor percibir e interpretar problemas como encharcamientos fuertes y prolongados del terreno, escorrentía y erosión en tiempos de lluvia, dureza de la capa arable, resistencia al laboreo, poco crecimiento y desarrollo de las plantas, ausencia de materia orgánica en el medio, poco desarrollo radicular, pueden perfectamente confundirse con limitantes comunes y clásicas generadas por el tipo de suelo asociado a

texturas, poca o exceso de lluvia, semilla de baja calidad, causas fitosanitarias ocasionadas por plagas como jobotos y gusanos del suelo, nematodos, enfermedades bacteriales y otras como hongos del suelo, daño mecánico, problemas de nutrición originados por infertilidad del substrato o fertilización limitada, competencia por las malezas, efecto residual y tóxico de agroquímicos, inadaptación de la variedad sembrada, uso comercial continuado de la plantación, entre otras. Son muchas las posibles inferencias e interpretaciones que podrían darse al problema al no poder ni saber cómo medirla.

Rojas Downing (2012) encontró en el estudio realizado en el Ingenio Taboga, ubicado en el cantón de Cañas, Guanacaste, sobre tres tipos de suelos: Inceptisol, Mollisol y Vertisol, que *“...como factor crítico de compactación de suelos de caña de azúcar son la cosechadora, las carretas autovolteo y las carretas de semilla. Además se cuantificó que se está utilizando maquinaria muy pesada que sobrepasa los puntos de pre compactación de los suelos, provocando la falla de los mismos. Asimismo se cuantificó que el objetivo del subsolado no se está cumpliendo en ninguno de los tres tipos de suelos. Y finalmente se concluye que el Molisol es el que se encuentra con mayor grado de compactación en todos los momentos.”*

Una valoración y contextualización objetiva y detallada de carácter y alcance estructural y operativa de los diferentes entornos geográficos y agro productivos existentes en el país, como el realizado y expuesto por Chaves (2019cd, 2020aefg), denota y demuestra fácilmente la presencia de condiciones edáficas, climáticas, de relieve y de manejo de plantaciones de caña de azúcar muy disímiles y heterogéneas que potencian la manifestación de circunstancias favorables que aseguran la existencia del problema en nuestros campos cañeros. Esta realidad conduce a afirmar con mucha certeza, que el mayor inconveniente de la

compactación del suelo no es solo que el problema exista, sino que no se sepa, reconozca y acepte su presencia.

¿Cómo medirla?

Existen diversas formas e instrumentos para medir con diferente nivel de sensibilidad y exactitud el grado de compactación que pueda tener un suelo, lo cual podría restringirse a 1) métodos de laboratorio donde se facilita el control de las variables interventoras (método Proctor) y 2) uso de sensores y equipos portátiles para medición directamente en el campo. Algunos de estos métodos tienen como desventaja el gran esfuerzo que se requiere durante las mediciones, sobre todo cuando el intervalo entre mediciones es corto, incrementando el número de muestras considerablemente. El diseño elaborado de las denominadas “Curvas de Compactación” constituye un mecanismo gráfico valioso y efectivo donde se integra y relaciona en el laboratorio (puede también realizarse en el campo), la densidad del suelo compactado artificialmente en función del grado de humedad presente en el medio; ambos aplicados en forma creciente y gradual. Dichas curvas son características para cada tipo de suelo, lo que limita extrapolar resultados y conclusiones. Cabe anotar en este punto que recientemente DIECA adquirió tres equipos portátiles de alta sensibilidad con el objeto de realizar próximamente un levantamiento de campo que permita inferir cual es la situación de compactación prevaleciente en nuestras plantaciones comerciales de caña; la valoración será desarrollada de manera estratégica en la geografía nacional efectuando mediciones en cada punto a varias profundidades.

Atenciones para su manejo

Desconocer y asumir que la afectación no existe resulta contraproducente para los intereses y esfuerzos empresariales. Es conveniente en primera instancia como acción seria y responsable adoptar una ruta crítica de

manejo de la situación existente, potencialmente viable de tener o en su caso que exima su presencia.

La figura 2 expone de manera sistemática la Ruta Crítica propuesta y sugerida para atender y conducir de forma ordenada y con posibilidades de éxito el manejo de la Compactación del suelo en plantaciones de caña de azúcar.

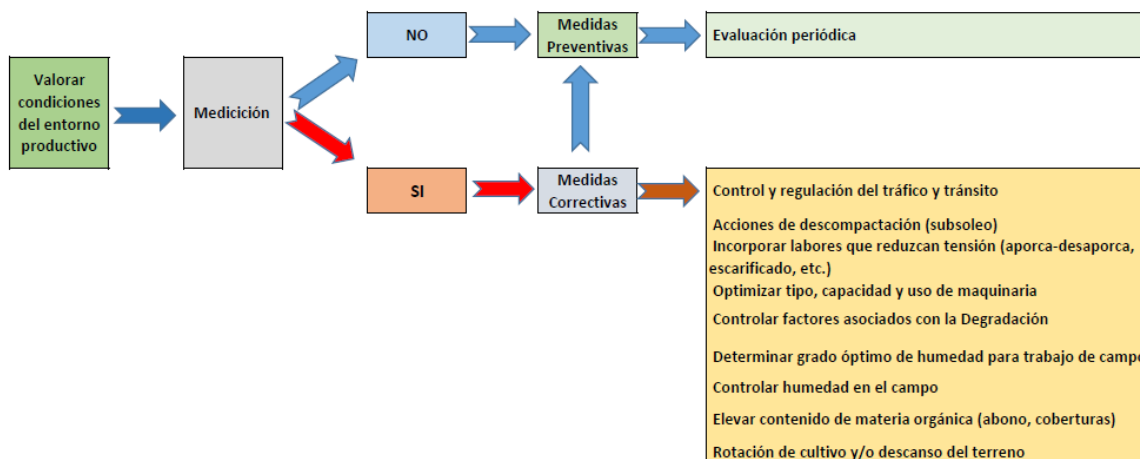
- A. Valoración del Entorno Productivo: corresponde con un examen amplio, detallado y objetivo de las condiciones prevalecientes entorno agro productivo donde se ubican las plantaciones, que involucra una revisión de todo lo actuado en torno al manejo de las plantaciones. Implica disponer de mucha información referente a condiciones climáticas en especial sobre lluvia, temperatura, viento; características físico-químicas de los suelos; planes de manejo que revelen acciones ejecutadas en la preparación de los suelos, aplicación de riego, medidas de drenaje; inventariar la cantidad, capacidad y uso de la maquinaria y equipo empleado habitualmente en las actividades de campo (tractores, carretas, camiones, cosechadoras, autovolteos, vehículos, personas, animales si fuera el caso, equipos de fumigación, transporte de agua, tubería, semilla, personas, etc.). Es muy importante desarrollar un ejercicio de tiempos en el cual se llegue a responder las inquietudes relevantes sobre ¿Qué equipos y de que capacidad es utilizado? ¿Cuál es la periodicidad de uso del mismo? ¿Ubicar el grado de tráfico que transita por los campos considerando tipo, regularidad y peso? De ser viable es fundamental poder conocer la capacidad de carga que transita y ejerce presión y tensión sobre el terreno. Esta fase del proceso es determinante virtud de que es la que permitirá al final poder incorporar cambios y ajustes al sistema de manejo de las plantaciones.
- B. Medición: implica realizar por los medios y métodos que se consideren más accesibles, efectivos y disponibles la medición y estimación del grado de

compactación que pueda tener el suelo, la cual puede ser exploratoria o detallada. La acción implica establecer un criterio técnico de épocas, condiciones, rutas, métodos (cuadrícula, lineal, aleatoria), puntos y profundidades de muestreo que permitan una evaluación representativa y justa de la condición real de la plantación. La incorporación del criterio estadístico es muy valioso para lograr inferencias con criterio probabilístico, eliminando imprecisiones y conclusiones basadas en sesgos personales y hasta emotivos.

- C. Resultado de la medición: una vez que se cuenta con los resultados de la medición el algoritmo expone dos posibilidades: 1) NO hay evidencia del problema y 2) SI se ubican situaciones preocupantes de calidades extremas o leves que merecen y justifican actuar.
- D. Acciones por adoptar caso NO: ante la evidencia de no existir problemas que requieran ejecutar acciones de corrección, lo razonable es establecer un Protocolo de Prevención y sobre todo cumplir las medidas que se adopten como son regular, limitar y optimizar el tránsito de maquinaria, equipos, personas y animales en el campo. Asegurar la salida de las aguas evitando posibles escorrentías y erosión, entre otras. Es valioso mantener una conducta preventiva basada en mediciones periódicas (cada 2-3 años) del estado de compactación de los suelos.
- E. Acciones por adoptar caso SI: comprobado el problema de compactación procede de acuerdo con las circunstancias, particularidades y capacidades adoptar medidas correctivas que permitan de ser viable corregir o al menos mitigar y atenuar los efectos e impactos provocados sobre la producción. Las

medidas tienen inevitablemente alcances preventivos y también correctivas de ejecución inmediata asociadas con la regulación del tráfico y tránsito de equipos, maquinaria y personas dentro de las plantaciones; realizar labores de descompactación superficiales o profundas dependiendo de la magnitud del problema; aplicar de forma adicional y complementaria labores (desaporca-aporca, escarificado con escardillo, etc.) que reduzcan el grado de tensión al menos superficial mediante equipos adecuados; regular y condicionar laboreo a necesidades reales lo que aplica a maquinaria y equipos; deben atenderse y controlarse adicionalmente otros factores asociados como acidez, salinidad, erosión, contaminación; es fundamental definir la “*humedad óptima de trabajo*” para evitar excesos y desastres lo que implica controlar la humedad; es fundamental elevar el contenido de materia (carbono) orgánica como ingrediente favorable para la salud del suelo, lo cual puede ser por la vía de los abonos o el uso de coberturas vegetales. En caso que la situación sea grave pareciera razonable practicar entonces una prudente rotación de cultivos, como de hecho se ha demostrado en el caso de Guanacaste con la rotación caña-arroz con periodicidades ideales establecidas en 4 ciclos de cosecha de arroz (2 años) seguido de 4 de caña (4 años), cuyos efectos son muy positivos en todos los extremos, tanto productivos, económicos y para la salud del suelo. Si la situación es extrema es conveniente darle un descanso al suelo por algún tiempo (2-3 años) para que recupere algunas de sus capacidades.

Figura 2. Ruta Crítica para el manejo de la Compactación de los Suelos en plantaciones de caña de azúcar.



Fuente: el autor.

Consideraciones finales

Reconocer la existencia del problema es la actitud inicial correcta para pretender y procurar resolver o al menos reducir y mitigar los efectos del problema de la compactación de los suelos, el cual como se anotó oportunamente, no opera solo, sino que es la coalescencia de factores y elementos vinculados a la degradación del substrato. En definitiva la compactación del suelo es importante, impactante y merece se le preste toda la atención requerida, si es que se quiere acceder a un sistema agro productivo rentable y competitivo. Cualquier gestión que se realice en esta línea de gestión debe ser sistemática y permanente en sus actividades, comprendiendo que los efectos positivos serán percibidos en tiempos prolongados.

Debe tenerse claro para evitar confusión que entre las medidas sugeridas ejecutar no se trata de impedir en absoluto el ingreso de maquinaria y equipo al campo, lo que se trata es de regular, adecuar y optimizar su empleo al mínimo aceptable, en las condiciones y momentos más convenientes y recomendables. Es entendible que en caña de azúcar no puede haber desarrollo agrícola con

metas elevadas de productividad agroindustrial sin el uso de equipos y maquinaria, lo cual justifica su empleo, lo cual debe implementarse de manera racional y sensata, entendiendo que lo que se protege es el mayor activo y patrimonio que posee el agricultor: su suelo.

Literatura citada

- Boone, F.R. 1986. *Towards soil compaction limits for crop growth*. Neth J. Agric. Sci., Wageningen, 34: 349-360.
- Chaves Solera, M.A. 2017a. *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. 2017b. *Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros

- de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017c. *Taxonomía de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica: Ordenes y Subordenes presentes*. Congreso de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 21 y Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Honduras (ATAHON), 20, San Pedro Sula, Honduras, 2017. Memorias. San Pedro Sula, Honduras, ATACA/ATAHON, agosto 22 al 25, Centro de Convenciones Copantl. 14 p.
- Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2017d. *Aproximación taxonómica y territorial de los suelos sembrados con caña de azúcar en Costa Rica. I. ORDENES DE SUELO*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 55 p.
- Chaves Solera, M.A.; Chavarría Soto, E. 2017e. *Tipos de suelo y producción de caña de azúcar en Costa Rica: Primera aproximación taxonómica*. Congreso Nacional de Suelos, 9, San José, Costa Rica, 2017. Memorias. San José, Costa Rica, Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS), octubre 25 al 27, Hotel Crowne Plaza San José Corobici. 6 p.
- 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, MA. 2019c. *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. En. Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica*. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019d. *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. 2020a. *Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(1): 5-12, enero.
- Chaves Solera, M.A. 2020b. *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. 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.
- Chaves Solera, M.A. 2020e. *Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(15): 5-13, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2020f. *Clima y erosión de suelos en caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(16): 7-16, agosto.
- Chaves Solera, M.A. 2020g. *Clima, acidez del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(18): 8-17, agosto.

Fernández, J.; Ripoli, T.C.; Milan, M. 1983. *A compactação do solo e a brotação das soqueiras*. Álcool & Açúcar, São Paulo, 3 (12): 12-17.

Rojas Downing, M. 2012. *Análisis de los niveles de compactación del suelo asociado a tres labores para cultivo de la caña de azúcar en el Ingenio Taboga*. Tesis de Lic. Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agrícola, Universidad de Costa Rica. 243 p.

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