

Periodo 26 de octubre al 08 de noviembre 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 12 DE OCTUBRE AL 18 DE OCTUBRE

En la figura 1 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 Florencia de San Carlos, Santo Domingo de Heredia, Horquetas de Sarapiquí, Palmar de Osa y Corredores, así Río Nuevo y Cajón de Pérez Zeledón.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 133 estaciones meteorológicas consultadas muestran al viernes como el día menos lluvioso de la semana, con 33% del total de lluvia reporta el miércoles, día con los mayores acumulados.

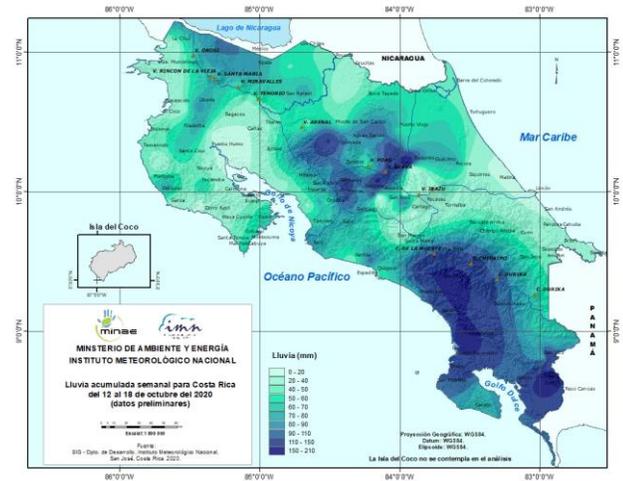


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 12 de octubre al 18 de octubre del 2020 (datos preliminares).

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 19 DE OCTUBRE AL 25 DE OCTUBRE

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

Los distritos que sobrepasaron los 250 mm de lluvia acumulada en la semana fueron Parrita, Quepos, Palmar, Puerto Jiménez, Guaycara, Corredores y La Cuesta.

A nivel nacional, los registros de lluvia de 129 estaciones meteorológicas consultadas muestran al jueves como el día menos lluvioso de la semana, con 32% del total de lluvia reporta el miércoles, día con los mayores acumulados.



Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la semana del 19 de octubre al 25 de octubre del 2020 (datos preliminares).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CLIMÁTICAS PERIODO DEL 26 DE OCTUBRE AL 01 NOVIEMBRE DE 2020

Durante la semana se esperan condiciones levemente más lluviosas de lo normal en el país, principalmente en el Pacífico Sur; a excepción de la Zona Norte, Caribe Norte y Pacífico Norte que mantendrán lluvias normales para la época. En cuanto a la temperatura media, ésta se mantendrá levemente más cálida de lo normal en el Pacífico Central y Pacífico Norte; mientras el resto del país presentará temperaturas sutilmente más frías de lo normal.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 26 DE OCTUBRE AL 01 NOVIEMBRE 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 lluvias a lo largo de la semana que se perfilan con mayor medida en la segunda mitad de semana, donde la zona de Turrialba será quien perciba mayores precipitaciones. Las regiones cañeras mantendrán un leve incremento en la velocidad del viento durante la semana con reducción de esta hacia el fin de semana, a diferencia de la Zona Norte que registra una reducción desde inicio de semana, así como Turrialba quien mantendrá viento relativamente constante a lo largo de la semana. Las áreas cultivadas tendrán amplitudes térmicas homogéneas, mostrando su máximo de la temperatura mínima el día miércoles.

“Mañana se espera el efecto de la onda tropical #48, mientras la Tormenta Tropical Zeta no tendrá efecto directo en el país.”

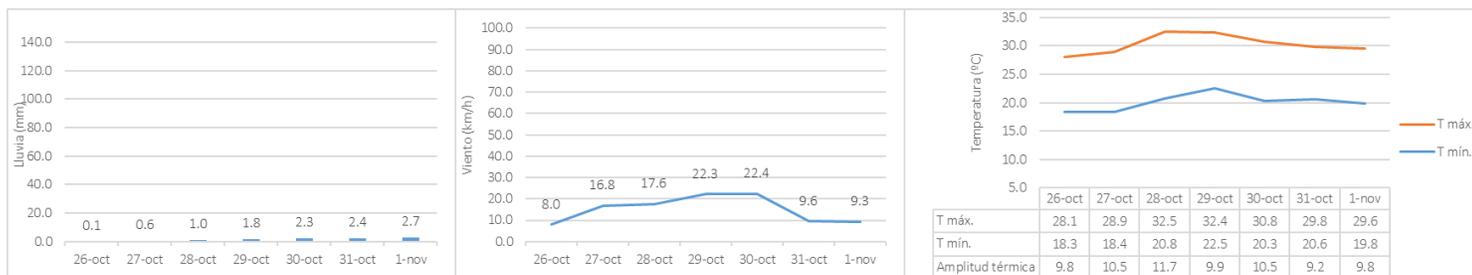


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Guanacaste Este.

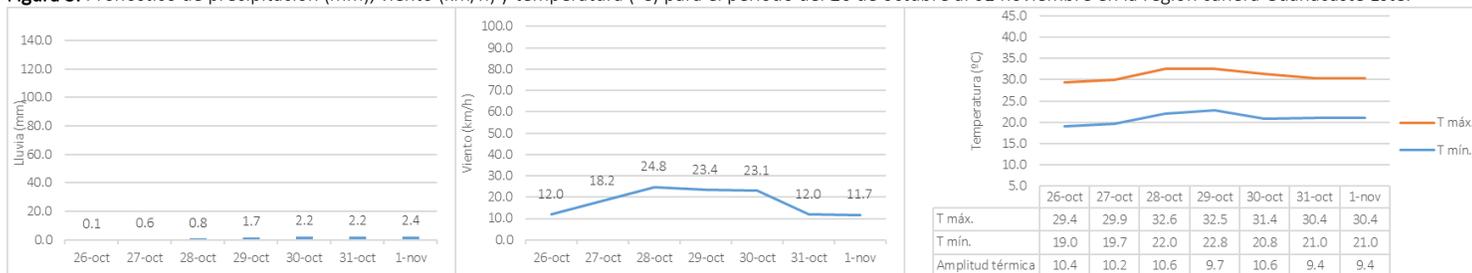


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

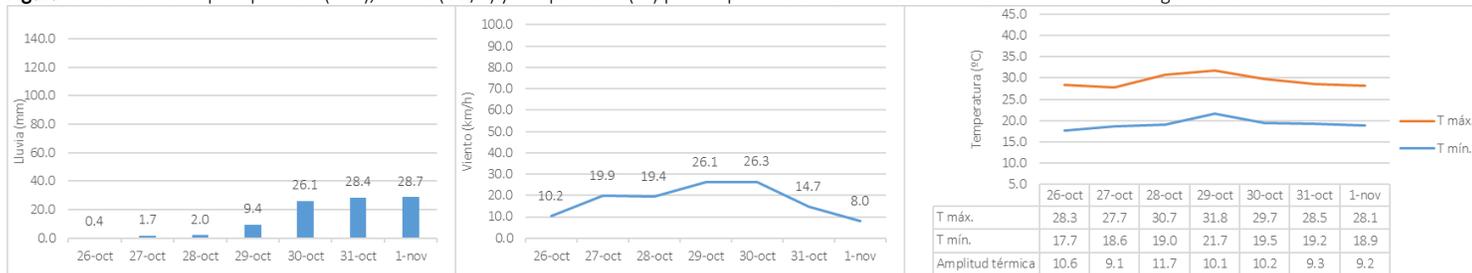


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Puntarenas.

Octubre 2020 - Volumen 2 – Número 22

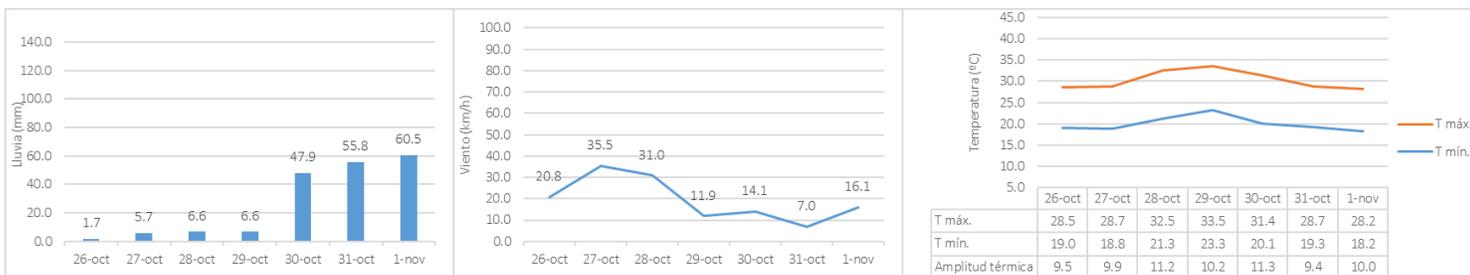


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Zona Norte.

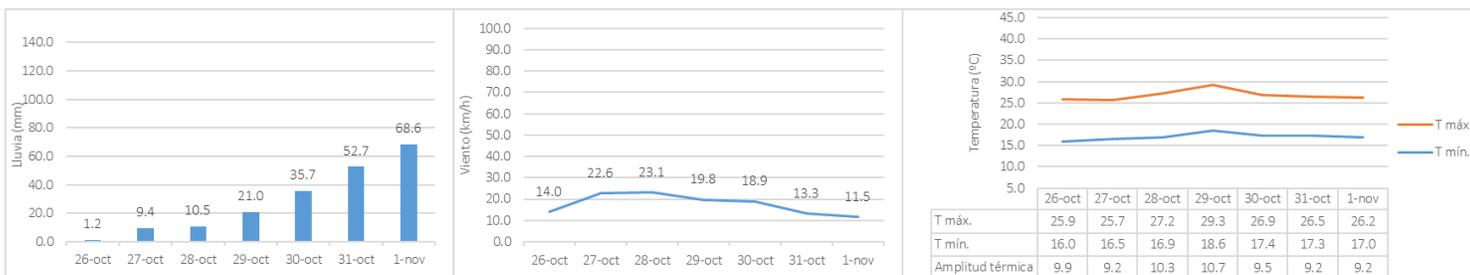


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Valle Central Este.

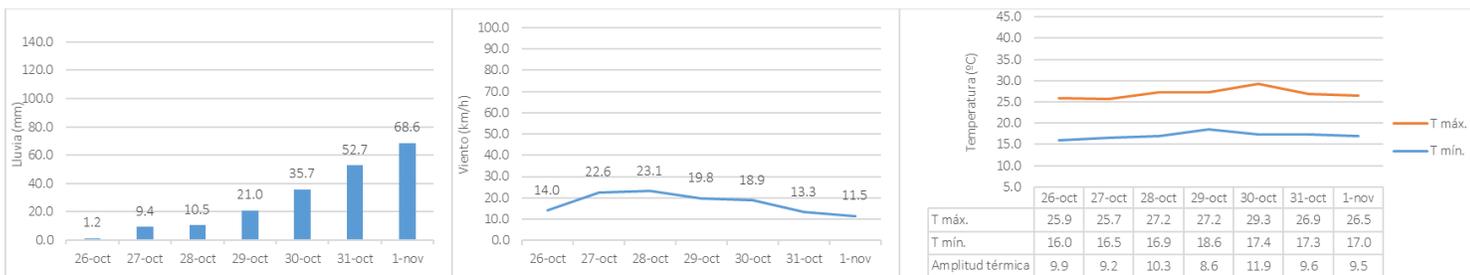


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Valle Central Oeste.

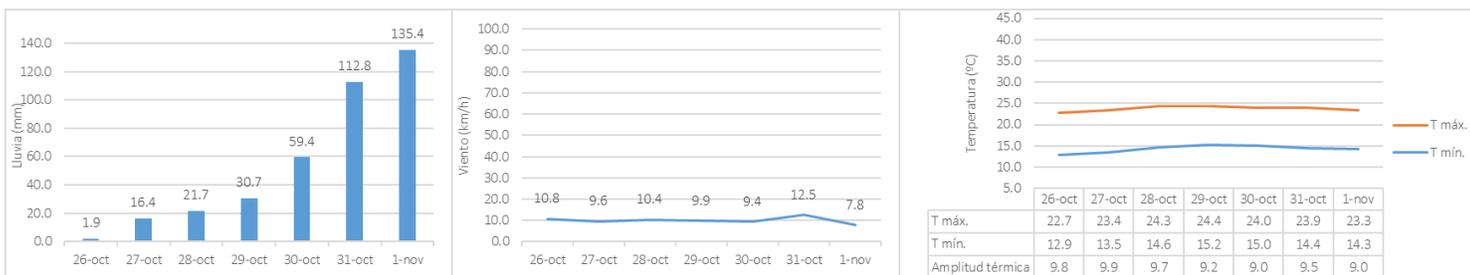


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Turrialba.

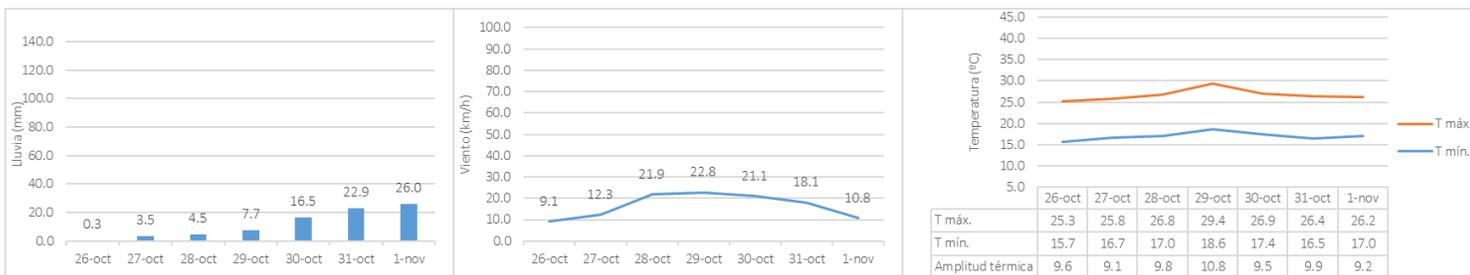


Figura 10. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 26 de octubre al 01 noviembre en la región cañera Zona Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 02 DE NOVIEMBRE AL 08 DE NOVIEMBRE DE 2020

Se prevé una semana con condiciones más lluviosa de lo normal en todo el territorio nacional, particularmente 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 26 de octubre del 2020.

La Región Guanacaste Oeste presentan porcentajes de saturación que varía entre 0% y 100%, mientras que la Región Guanacaste Este tiene entre 15% y 100%.

Los porcentajes de la Región Puntarenas están 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 100%. La Región Norte está entre 15% y 100%.

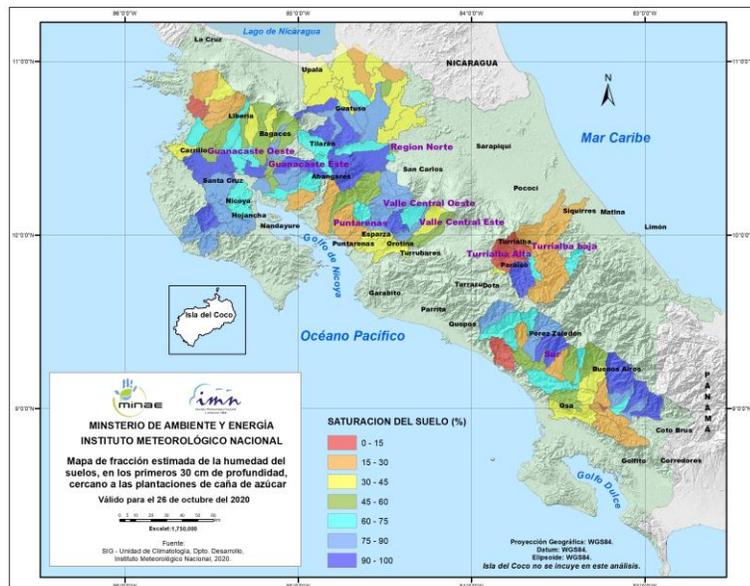


Figura 11. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), a 30m de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 26 de octubre del 2020.

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 TECNICA

Abono verde, consociación y rotación de cultivos en caña de azúcar

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)

Una rápida revisión histórica de lo actuado por el hombre y la evolución que han seguido los diferentes y dispersos grupos humanos que han poblado el planeta desde sus inicios, revela que la agricultura y la domesticación de plantas y animales han sido determinantes y fundamentales para su asentamiento, crecimiento, consolidación y mejoramiento general de su calidad de vida; por extensión, del desarrollo de la humanidad. De igual manera, la memoria histórica revela que en ese largo transcurrir del tiempo el uso bajo diferentes formas y presentaciones de los recursos orgánicos disponibles en el medio y/o generados por la acción humana, sea por incorporación de materia orgánica, rotación de cultivos, uso de animales, siembra complementaria y consociada de plantas, entre otros, dominaron los rústicos, bucólicos y artesanales sistemas de producción prevalecientes en esas épocas. La benevolencia de los compuestos naturales de contenido orgánico era conocida y fueron empleados por los romanos, los chinos, los griegos y los pueblos de la Europa Central, quienes usaron excretas, residuos y desechos con fines productivos; la orina tuvo destinos como mejorador del suelo y las cosechas. Los Incas en América del Sur también hicieron uso de los productos orgánicos. Los estudiosos estiman que la humanidad dependió casi exclusivamente de esos compuestos por al menos 20 siglos consecutivos, lo cual es aún válido para muchos esfuerzos y emprendimientos agroproductivos sustentados en figuras como la agricultura orgánica, regenerativa, alternativa, restitutiva, entre otras.

Por muchos prevaleció la idea, llevada a la práctica, de que la fertilidad del suelo dependía del acumulo de materia orgánica expresada como "humus" por ser el alimento básico de las plantas, hasta que a mediados del

siglo XIX propiamente entre los años 1838-1840 surge en Europa una novedosa y revolucionaria teoría vinculada con la nutrición vegetal, propuesta por el barón alemán Justus Von Liebig (1803-1873), por medio de la cual argumenta genéricamente que todo lo que una planta requiere para su nutrición puede ser encontrado en sus sales minerales, luego que toda la materia orgánica es destruida. Sugirió también que las plantas transforman la materia inorgánica de la tierra y de la atmósfera en materia orgánica. El conflicto con el humus como parte sustancial de la nutrición de las plantas, surgió por considerarlo un proceso exclusivamente químico y no microbiológico. Como se sabe hoy, esa aseveración resulta incompleta y parcialmente cierta, en consideración de que no involucra ni contabiliza todas las acciones biológicas que desarrollan las raíces de las plantas y la acción microbial vinculada con los procesos de mineralización de la materia orgánica y fijación simbiótica de nitrógeno (N); pese a ello, lo señalado por Liebig tuvo gran impacto en la época por lo que su obra sobre química orgánica y su aplicación a la agricultura y a la fisiología (1840) revolucionaron las ciencias agrarias. Esta teoría propicio el surgimiento de la agroindustria de los fertilizantes minerales solubles y posteriormente otros agroquímicos.

La apreciación y reconocimiento de los beneficios y atributos favorables del humus como componente orgánico se dio con el desarrollo de la microbiología entre los años 1845-1855, cuando se descubrió que los microorganismos descomponían la materia orgánica liberando nutrientes al suelo que podían ser absorbidos por las raíces de las plantas. A inicios del siglo XX la investigación científica demostró que numerosas sustancias de origen orgánico como aminoácidos,

azúcares, vitaminas, ácidos nucleicos, hormonas y antibióticos, entre otras, podían ser directamente absorbidas por las raíces vegetales, pudiendo algunas de ellas actuar como fuentes para suplir N, fósforo (P) y azufre (S), entre otros; además, favorece la actividad fungosa del interés agrícola como acontece con las micorrizas solubilizadoras de P. Se comprobó además que en presencia de humus el sistema radical elevaba su nivel de absorción de nutrimentos del suelo y con ello mejora la nutrición, sanidad y productividad de los cultivos. Como sabemos ahora, el humus es uno de los únicos agentes que es capaz de incrementar la fertilidad de los suelos, mejorando al mismo tiempo sus propiedades físicas, químicas y biológicas.

Sobre el mismo tema cabe recordar que hace 100 años dos químicos alemanes, Fritz Haber y Carl Bosch, encontraron una manera de utilizar el nitrógeno del aire para hacer amoníaco, con lo cual los fertilizantes se hacen indispensables para la alta producción de cultivos. Se estima que sin ellos casi la mitad de la población del mundo no estaría viva hoy.

Procurando ampliar y complementar en torno al tema de la materia orgánica, se expone seguidamente sobre el mismo tópico pero orientado esta vez en conocer algunas formas viables sobre como aportar e incrementar el contenido orgánico de un suelo y mejorar con ello la actividad y potencial de productividad del mismo.

¿Por qué cambiar?

Muchas de las prácticas que se realizan hoy día en los sistemas convencionales de manejo de plantaciones comerciales de caña de azúcar, han venido conduciendo y condenando sistemáticamente al productor a fomentar y consolidar una terrible dependencia de los conceptos y recursos proveídos por agentes externos cuyo interés es enteramente comercial, lo cual en algunos casos resulta excesivo por: a) ser innecesarios o no corresponder a realidades, b) no estar debidamente validados y

comprobados lo que torna sus efectos especulativos, c) el valor agregado y la tasa de retorno proveído medida en términos productivos y económicos no resulta favorable. Es necesario por esta razón revisar con criterio objetivo lo actuado en materia tecnológica hasta la fecha, retomar lo valioso, que hay mucho, y redireccionar donde sea necesario y pertinente otros asuntos procurando rescatar prácticas y conceptos que en su pureza y trasfondo científico no han cambiado con el tiempo, como acontece con el manejo de la materia orgánica, la microbiología de los suelos y el aprovechamiento de los residuos y desechos orgánicos, muchos de los cuales paradójicamente se generan en el mismo agro sistema y son precipitada e irreflexivamente retirados sin uso a un alto costo.

Por muchos años la agricultura ha tenido como base para su desarrollo la química, la economía y el uso intenso de capital y energía, lo cual Chaves (2020f) valora e interpreta, como sigue *“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)."

Es importante comprender, liberándose de los preconceptos y falsas verdades técnicas que por décadas han contaminado la libre observación de los sistemas de producción agropecuaria, entre ellos el de la caña de azúcar, que hay asuntos que es necesario revisar y recalificar a la luz del nuevo conocimiento y sobre todo los cambios que los gustos, deseos y preferencias del consumidor han impuesto en los mercados de destino de los productos de la finca. Una valoración realista y sensata demuestra que hay errores de concepción teórica y aplicación pragmática que deben corregirse para así ajustarse a la realidad actual y sobre todo futura que impone la nueva agricultura. Asegura Chaves (2020h) al respecto, que "El modelo tradicional para hacer agricultura rentable y competitiva debe incondicionalmente cambiar y ajustarse, pues resulta irreconciliable con las condiciones impuestas por la realidad comercial y social actual y también la futura."

¿Qué ajustar en el manejo de plantaciones?

Responder satisfactoriamente esta inquietud resultaría extenso y ameritaría todo un artículo específico en el cual se analice en su amplitud todo el ciclo vegetativo y las prácticas pre, durante y post cosecha involucradas (planificación, trazado y preparación de terreno, siembra,

manejo, corta y manejo posterior a la cosecha) en sus diferentes etapas interpretadas circunstancialmente para cada región y localidad productora; motivo por el cual en el presente caso solo se hará referencia a tres tópicos específicos: *uso de abonos verdes, consociación y rotación de cultivos*. En principio los tres asuntos no tienen ni implican onerosas y difíciles adaptaciones de infraestructura o aplicaciones tecnológicas, adquisición de sofisticados equipos; tampoco la incorporación de insumos caros difíciles de encontrar. Por el contrario, los ajustes sugeridos y recomendados implementar resultan ser como se comprobará muy sencillos, fáciles de incorporar, sin efectos ni consecuencias secundarias detrimentales o contraproducentes, de muy bajo costo y dotados de una tasa de retorno elevada cuando valorada en términos mediáticos y plazo más prolongado.

Las prácticas recomendadas implementar en el caso particular de la caña de azúcar son las mencionadas a continuación, las cuales cabe señalar, no son tampoco de aplicación generalizada para cualquier condición, pues es prudente y conveniente contar con algunas condiciones básicas necesario tener presente si se desean ejecutar como también ser consecuente con la visión que se tenga de la gestión empresarial emprendida:

- a) **Uso de abonos verdes:** se denomina abono verde a las plantas que son cultivadas con el objeto de incrementar el potencial productivo de un suelo mediante el enterramiento e incorporación de la biomasa vegetal producida o traída de áreas vecinas. La práctica como se mencionó al inicio fue empleada desde hace muchos siglos para mejorar la condición y productividad del suelo.
- b) **Consociación de cultivos:** consiste en el cultivo asociado, conjunto o intercalado de plantas. Es un sistema de cultivo mediante el cual se siembran diferentes especies vegetales al mismo tiempo y en la misma superficie de tierra. Es un ejemplo de lo que podríamos llamar policultivo.

c) **Rotación de cultivos:** la práctica radica en sembrar en forma alterna plantas de diferentes especies y con necesidades nutritivas diferentes en un mismo lugar durante varios ciclos vegetativos, evitando con ello que el suelo se agote y que las enfermedades que afectan a un determinado tipo de plantas se perpetúen en un tiempo determinado.

Como resulta obvio comprender, en los tres casos mencionados se busca maximizar y optimizar los sinergismos y nunca auspicar y estimular los antagonismos que pudieran existir en el ecosistema. Por ello, no tendría sentido agrícola, productivo y empresarial utilizar como abono verde plantas que no posean riqueza nutricional y no aporten beneficio alguno al suelo; tampoco asociar plantas que resulten competitivas entre sí, o en su caso, rotar cultivos de ciclo largo (perennes o semi perennes) o aquellos que impliquen realizar inversiones elevadas en infraestructura que resulte temporal. El enfoque conceptual implica incorporar al sistema agro productivo un principio de mutualismo, aproximación y sobre todo complementación en el aprovechamiento de las condiciones existentes en el entorno particular, sea extrayendo o incorporando factores que no afecten negativamente en este caso a la caña de azúcar.

¿Qué ventajas se lograrían con los ajustes?

Como principio fundamental lo que se desea con la adopción e implementación de las tres prácticas sugeridas y recomendadas es:

- 1) aprovechar y accionar los sinergismos existentes que puedan potenciarse y aprovecharse para generar un beneficio directo al sistema de producción agroindustrial de la caña de azúcar.
- 2) combatir y procurar contrarrestar la degradación que vienen padeciendo de manera sistemática buena parte de los suelos cultivados con caña de

azúcar en el país y que les resta capacidad productiva y competitiva.

- 3) descansar el suelo para que recupere parte de su balance general en los componentes que lo integran y actividades que desarrolla.
- 4) mejorar la condición nutricional del suelo mediante la incorporación de materia verde biodegradable.
- 5) incorporar nutrimentos esenciales en especial N al suelo que mejoren la condición integral del sistema suelo-planta. Se estima que las dos terceras partes del N total de las leguminosas proviene de la atmósfera, por lo que no compite con el cultivo.
- 6) elevar los contenidos de carbono orgánico del suelo.
- 7) favorecer la actividad biológica y microbiológica de los suelos.
- 8) ajustar en lo posible la Relación Carbono/Nitrógeno del suelo a niveles satisfactorios (<30).
- 9) contribuir con la condición física del suelo mediante mejoras en la estructuración de este.
- 10) coadyuvar a una mejor lixiviación y percolación del agua de lluvia y riego en todo el perfil del suelo.
- 11) mejorar las condiciones de aireación internas del suelo.
- 12) permitir y favorecer las condiciones que promuevan el desarrollo, la capacidad de exploración del sistema de raíces de la planta con lo cual se favorece la absorción de agua y nutrimentos aportando mayor tolerancia a los periodos secos.
- 13) crear un ambiente favorable en el ecosistema diferente al encontrado en los monocultivos.
- 14) incorporar un mejor aprovechamiento integral del espacio físico disponible en la unidad agroproductiva.
- 15) promueve la cobertura del suelo, protegiendo contra el impacto erosionante de la lluvia, aumentando la infiltración y disminuyendo la erosión y pérdida de suelo valioso.

- 16) disminuye el efecto provocado por la radiación solar directa, atenuando la temperatura del suelo y la amplitud térmica del medio.
- 17) establecer un sistema suelo-planta sano y equilibrado.
- 18) contribuye al control de plagas y enfermedades del suelo.
- 19) buscar la sostenibilidad del sistema productivo en el tiempo.
- 20) atraer de ser viable un ingreso extraordinario que mejore la rentabilidad general de la finca.
- 21) se contrarresta en algún grado la dependencia de los agroquímicos, en especial los fertilizantes.
- 22) Pueden reducirse significativamente los niveles de N aplicados, disminuyendo con ello la factura por ese concepto en la adquisición y pago de fertilizantes químicos.

Como se infiere de lo anotado anteriormente, lo que genérica e integralmente se busca satisfacer con la adopción de las tres prácticas recomendadas, es:

- 1) mejorar la condición fisicoquímica y biológica de los suelos contrarrestando la degradación de estos.
- 2) incorporar nutrimentos esenciales al suelo elevando su potencial productivo, principalmente N.
- 3) evitar el uso de sustancias contaminantes en contribución a favorecer y estimular en contrapartida los procesos naturales.
- 4) Incrementar la rentabilidad de la unidad productiva.

Algunas desventajas

Como toda actividad productiva y gestión empresarial las medidas sugeridas pueden tener algunas desavenencias, contrariedades y hasta desventajas en su implementación en un sistema convencional y tradicional de producción de caña de azúcar, como son entre otras las siguientes:

- a) No compartir conceptual y pragmáticamente los principios de manejo orgánico recomendados por

considerarlos más difíciles de implementar en el campo, más riesgosos y con tasas de retorno económico más bajas; como dicen algunos “eso no va conmigo”.

- b) No tener acceso ni poder disponer de los materiales naturales requeridos.
- c) Estimar inconveniente realizar ajustes estructurales y de manejo al sistema ya establecido y operativamente desarrollado.
- d) Estar cómodo y satisfecho con el empleo de agroquímicos.
- e) El área potencial necesario atender es muy amplia lo que limita el impacto de lo que se pretende mejorar.
- f) Considerar que todo está bien y no hay necesidad de hacer cambios.
- g) La condición natural de los suelos es muy satisfactoria en términos de fertilidad y condición física y microbiológica.
- h) No poder soportar un periodo agrícola sin ingresos.
- i) No involucrarse en otras actividades productivas que le generen distracción administrativa.

Como se aprecia y concluye de las razones aludidas y consideradas como “desventajas”, la mayoría son de formación y concepción personal o en su caso de orientación empresarial; otras están fundamentadas en factores que en el fondo tampoco resultan totalmente ciertas o insuperables, como se comentará más adelante.

Lo cierto es que la disposición personal y mental que el agricultor, el profesional o el empresario tengan al cambio resulta determinante, pues de lo contrario no hay mucho que hacer.

Uso de abonos verdes

El uso de abonos verdes es una antigua práctica agrícola muy conocida y difundida a nivel mundial para procurar

la recuperación de suelos que presentan degradación. La misma fue desatendida desde hace muchos años por razones tecnológicas, como aseveraron Quirós y compañeros (1998) al señalar, que *“La tecnología de la Revolución Verde se expandió por la América Central y permitió el uso de maquinaria para facilitar el trabajo, lo que obligó al agricultor a dar un salto, de la tecnología del “espeque” al uso del “tractor”. Esto ocasionó el abandono de los abonos verdes y demás prácticas que ayudaban a preservar el medio ambiente, lograr la sostenibilidad y la seguridad alimentaria d la población.*

El planteamiento anterior contrastó con la realidad de Centroamérica, en donde el pequeño y mediano agricultor realiza sus actividades en áreas de ladera, donde las intensas precipitaciones aceleran el proceso de erosión y degradación de los suelos.”

La mención anterior trae a colación dos elementos importantes que aún están muy vigentes en la actividad cañero azucarera nacional y por tanto tenerlos en consideración resulta pertinente y obligado, como son: 1) la presencia del pequeño agricultor como parte fundamental de la organización azucarera costarricense, donde el 89,9% de los productores independientes que entregaron caña en la Zafra 2019-200 poseen unidades productivas inferiores a 6,9 hectáreas, 2) buena parte de las fincas sembradas de caña desarrollan sus actividades en condiciones de ladera con grados importantes de pendiente que limitan la mecanización y 3) las plantaciones sembradas en condiciones de ladera presentan serias limitantes de nutrición y productividad como lo señalaran Chaves y Alvarado (1994).

Esta realidad sumada a la ya mencionada y demostrada condición de alta degradación e infertilidad que presentan muchos de los suelos cañeros nacionales actualmente en uso, hacen necesario adoptar medidas inmediatas, casi emergentes, que conduzcan a reducir la pérdida sistemática de potencial y capacidad productiva que contraviene poder aspirar a lograr niveles de

productividad agroindustrial elevados, sostenibles y competitivos. Para lograr alcanzar ese objetivo, hay que reconocer, la caña de azúcar posee condiciones excepcionales que pueden ser utilizadas en su favor (Chaves 2020abcdeh).

Las leguminosas son las plantas que más se utilizan en la agricultura como abono verde debido a que tienen la capacidad natural de establecer asociaciones simbióticas con bacterias del género *Rhizobium*, las cuales poseen la propiedad de fijar N atmosférico y poder con ello mejorar la condición de fertilidad de un suelo cuando son incorporadas al mismo. La fijación de N no es un atributo nuevo, pues la historia revela que desde hace miles de años ya había sido detectado; fue sin embargo Beijerinck a quién se le reconoce haber comprobado en 1880 la existencia de bacterias capaces de fijar N atmosférico.

Tradicionalmente en la agricultura por muchos años se ha acostumbrado a sembrar simultánea y de manera complementaria al cultivo principal, otras plantas con el objetivo de abonar el suelo y mejorar la condición nutricional de los mismos; además de controlar malas hierbas, mantener la humedad, proteger los terrenos de la erosión y generar una fuente alterna de recursos (Chaves 2020f). Dicha asociación debe ser orientada buscando mutualismo y simbiosis y nunca antagonismo y competencia dentro del sistema de producción, lo cual no tendría ningún sentido técnico y productivo, motivo por el cual no es tampoco cualquier planta la que puede emplearse con ese fin. Se evita con la planta asociada que se seleccione y cultive, tener competencia por espacio físico, nutrimentos, luz y agua.

En este punto resulta necesario distinguir entre lo que son abonos verdes y abonos orgánicos, pues hay diferencias de fondo entre ambos conceptos que es importante tener claro. Los abonos orgánicos corresponden a materiales de origen natural y composición orgánica formulados y empleados para adicionar con fines productivos, nutricionales y mejoradores del suelo (Cuellar *et al* 2003

y Velarde *et al* 2004). La idea primordial es hacer uso de los residuos y desechos de origen animal y vegetal que quedan en el campo y que muchas veces se pierden por no ser recolectados, tratados y reciclados de nuevo dentro del sistema, o en su caso, ser quemados. Hay diferentes tipos de abonos orgánicos en presentaciones comerciales variables, como son: *compost*, *biofermentos*, *bocashi*, *lombricompost*, *vermicompost*, *extractos orgánicos (algas)*, *biofertilizantes* y *hasta ácidos húmicos y fúlvicos*, entre otros. Hoy día se cuenta con otro recurso muy interesante y efectivo para incrementar los contenidos de carbono orgánico y mejorar las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, como acontece con el denominado “*Biochar*” del cual DIECA adquirió e instaló recientemente una planta que pronto iniciara su producción.

En el caso de los abonos verdes como se anotó, el principio corresponde básicamente a la siembra y desarrollo de plantas especiales, principalmente leguminosas, cultivadas fundamentalmente con el objetivo de ser dejadas o incorporadas al suelo como fuente de materia orgánica y aporte de N obtenido de la atmósfera, generando todos los importantes beneficios que esta le provee al medio (Chaves 1999, 2010, 2017, 2020bch). Esta antigua y tradicional modalidad orgánica de mejoramiento del suelo, es por excelencia la más apropiada y recomendada para cultivos extensivos como la caña de azúcar que ocupan grandes áreas, por cuanto pueden ser producidas a un costo relativamente muy bajo en el propio lugar donde serán aprovechadas, sin tener que incurrir en onerosos gastos por adquisición del insumo, transporte y aplicación de este. Queda así establecida la diferencia entre abono verde y abonos orgánicos.

Chavez (1986) consideró de manera simple, que abono verde “*Consiste en la práctica de incorporar al suelo una masa vegetal descompuesta de plantas cultivadas, locales o importadas, con la finalidad de preservar o restaurar la*

capacidad o propiedad productiva de las tierras agrícolas.”

Plantas con potencial para abono verde

Las leguminosas son por predilección las plantas más utilizadas como abono verde, pues son las más ricas principalmente en proveer N al medio. Como es sabido, otros géneros como es el caso de las gramíneas no poseen la capacidad de fijar por simbiosis N atmosférico en esos niveles. Se estima que una plantación destinada para abono verde puede llegar a producir más de 40 toneladas de biomasa por hectárea y año para ser incorporada al suelo.

Los abonos verdes se recomienda incorporarlos de preferencia luego de sucedida la floración y previa fructificación de la planta para garantizar la producción de una gran cantidad de biomasa; pues caso contrario el material resultante es de baja calidad. Como se infiere, en este caso no resulta recomendable llegar a la fase de obtener producto (vainicas) con potencial comercializable pues la idea se contrapone al objetivo principal procurado. Considerando que los abonos verdes se descomponen con mucha rapidez, es recomendable realizar su incorporación al suelo al menos de 2-3 semanas previas a la siembra de la nueva plantación; en el caso de plantaciones establecidas debe efectuarse previo al cierre de esta. Es fundamental tener presente que el abono verde resulta beneficioso en el tanto no interfiera ni perjudique a la actividad principal, en este caso la caña de azúcar. Por este motivo se recomienda hacerlo en los periodos de entre zafra o cuando las condiciones y el momento, permiten su incorporación previa al establecimiento de una nueva plantación.

La escogencia y selección de la planta a ser utilizada como abono verde constituye una acción técnico-administrativa de extrema importancia para el éxito del objetivo pretendido, pues debe considerar no solo la cantidad y calidad del material previsto producir y ser

Octubre 2020 - Volumen 2 – Número 22

incorporado, sino también elementos vinculados con la duración del ciclo vegetativo, la capacidad potencial adaptación del mismo a la localidad donde se desarrollara la plantación o proyecto productivo, el tipo y hábito de crecimiento (arbustivo, rastrero, etc.), velocidad de mineralización, la condición fitosanitaria del material pues no debe ser hospedero o atrayente de plagas y enfermedades que afecten la caña y también la disponibilidad de semilla de calidad que disponga el mercado para realizar la siembra.

Resulta necesario también marcar diferencia entre las plantas que serán utilizadas como abono verde de las empleadas bajo la modalidad de cobertura, cuyo objetivo principal es la protección física del suelo y el control de malezas. Esta diferencia en el objetivo pretendido establece en la práctica que hay plantas sembradas para abono verde que son aptas para utilizarse como cobertura, en tanto que otras no lo son. Como principio general, una planta empleada como abono verde no debe necesariamente tener potencial para cultivarse en cobertura y viceversa, aunque sería muy deseable. La experimentación ha demostrado que no es tan necesario incorporar la biomasa verde al suelo, ya que al dejar los residuos en la superficie del suelo se obtienen los mismos resultados, lo que habilita su incorporación mecanizada o su empleo en modalidades de cultivo de mínima labranza. Criterios de corte pragmático más amplios aceptados en la actualidad, aceptan como “abono verde” la siembra de plantas en rotación, relevo y asocio con los cultivos, las cuales pueden ser como se indicó, incorporadas o dejadas en la superficie del suelo, con lo cual se habilitan las ventajas anotadas anteriormente (figuras 1, 2 y 3).



Figura 1. Plantación de Mucuna sembrada en caña en Pocosol, San Carlos.



Figura 2. Plantación de caña sembrada en asocio.



Figura 3. Plantas de *Mucuna pruriens* asociadas con caña.

Es muy interesante verificar como hay disponibles en el campo agrícola una amplia cantidad y diversidad de biotipos muy particulares de leguminosas que pueden ser potencialmente empleadas en diferentes condiciones, ambientes y objetivos, como expusiera Chaves (2019) al mostrar en el cuadro 1 diversas alternativas vegetales reportadas en este caso por Benites y Bot (2014) y Benites (2016). Chaves con base en lo indicado y recomendado por esos investigadores "...categoriza de acuerdo con diferentes entornos en: leguminosas adaptadas a tierras bajas húmedas, leguminosas adaptadas al fuego,

adaptadas a condiciones frías, adaptadas a áreas frecuentemente empantanadas e inundadas, leguminosas que toleran sequía, adaptadas a condiciones de sombra, adaptadas a suelos fértiles, a suelos de fertilidad media y leguminosas y otras especies tolerantes a suelos de baja fertilidad. Como se aprecia hay leguminosas para usar como coberturas cuyas condiciones de adaptación son muy amplias y diversas, lo que sirve de referencia para validar y experimentar, pero sobre todo para abrir un espacio a la investigación sobre su posible empleo."

Cuadro 1. Adaptación agro-ecológica de las leguminosas de cobertura más comúnmente empleadas a nivel mundial.

NOMBRE CIENTÍFICO	INGLÉS	ESPAÑOL
Leguminosas adaptadas a tierras bajas húmedas		
<i>Centrosema pubescens</i>	Centro, butterfly pea	Jetirana, bejuco de chivo
<i>Phaseolus mungo</i>	Black gram	
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Tropical kudzú	Kudzú tropical
Leguminosas adaptadas al fuego		
<i>Centrosema pubescens</i>	Centro, butterfly pea	Jetirana, bejuco de chivo
<i>Desmodium adscendens</i>		
<i>Glycine wightii</i>	Glycine	Soya perenne
<i>Macroptilium airopurpureum</i>	Siratro	Siratro
Leguminosas adaptadas a condiciones frías		
<i>Clitoria termalea</i>	butterfly pea	Campanilla, zapallito de la reina
<i>Desmodium intortum</i>	Greenleaf desmodium	Pega-pega
<i>Desmodium incinatum</i>		
<i>Glycine wightii</i>	Glycine	Soya perenne
<i>Lotononis bainesii</i>	Lotononis	Lotononis, Miles lotononis
<i>Medicago sativa</i>	Lucerne	Alfalfa
<i>Phaseolus lathyroides</i>	Phasey bean	Frijol de monte, frijos de los arrozales
<i>Trifolium spp.</i>	Clover	Trébol
Leguminosas adaptadas a áreas frecuentemente empantanadas e inundadas		
<i>Lotononis bainesii</i>	Lotononis	Lotononis, Miles lotononis
<i>Phaseolus lathyroides</i>	Phasey bean	Frijol de monto, frijos de los arrozales
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Tropical kudzú	Kudzú tropical
<i>Vigna luteola</i>	Dalrymplar vigna	
<i>Vigna umbellata</i>	Rice vean	

Leguminosas que toleran la sequía		
<i>Cajanus cajan</i>	Pigeon pea	Gandúl
<i>Canavalia brasiliensis</i>		
<i>Canavalia ensiformis</i>	Jack bean, sword bean	Canavalia
<i>Clitoria tematea</i>	butterfly pea	Campanilla, zapallito de la reina
<i>Desmanthus virgatus</i>		
<i>Desmodium uncinatum</i>	Silverleaf desmosium	
<i>Dolichos lablab</i>	Lablab bean	Frijol caballo, gallinita
<i>Galactia striata</i>		Frijolillo, Galactia
<i>Glycine wightii</i>	Glycine	Soya perenne
<i>Indigofera endecaphylla</i>		Indigo
<i>Leucaena endecaphylla</i>		
<i>Macrotyloma axillare</i>	Archer axillaris	
<i>Stylosanthes guyanensis</i>	Common stylo, tropical lucerne	Alfalfa de Brasil
<i>Stylosanthes hamata</i>	Caribbean stylo, pencil flower	Tebeneque
<i>Stylosanthes humilis</i>	Townsville stylo, wild lucerne	Alfalfa salvaje
<i>Stylobium spp.</i>	Mucuna, velvet bean	Frijol terciopelado
<i>Vigna unguiculata</i>	Cowpea	Caupí
Leguminosas adaptadas a la sombra		
<i>Arachis pintoi</i>	Horse groundnut	Maní forrajera
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Calapo	Rado de iguana
<i>Canavalia ensiformis</i>	Jack bean, sword bean	Canavalia
<i>Indigofera spp.</i>		Indigo
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Leucena, acacia bella rosa, aroma blanca
<i>Pueraria phaseoloides</i>	Tropical kudzu	Kudzú tropical
<i>Trifolium repens</i>	White clover	Trébol blanco
Leguminosas adaptadas a suelos fértiles		
<i>Glycine wightii</i>	Glycine	Soya perenne
<i>Medicago sativa</i>	Lucerne	Alfalfa
<i>Stilozohium deeringianum</i> (=Mucuna pruriens)	Mucuna, Velvet bean	Mucuna, Frijol terciopelado
<i>Trifolium spp.</i>	Clover	Trébol
<i>Vicia sativa</i>	Common vetch	Arveja común
Leguminosas adaptadas a suelos medios fértiles		
<i>Centrosema pubescens</i>	Centro, butterfly pea	Jetirana, bejuco de chivo
<i>Galactia striata</i>		Frijolillo, Galactia
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Siratro	Siratro
<i>Lupinus albus</i>	White lupin	Lupino blanco
<i>Lupinus angustifolius</i>	Blue lupin	Lupino azul
<i>Lathyrus sativus</i>	Grass pea, chickling pea	Guija
<i>Crotalaria juncea</i>	Sunn-hemp	Crotalaria

Leguminosas y otras especies tolerantes a suelos de baja fertilidad		
<i>Cajanus cajan</i>	Pigeon pea	Gandul
<i>Calopogonium mucunoides</i>	Calapo	Rabo de iguana
<i>Canavalia brasiliensis</i>		
<i>Canavalia ensiformis</i>	Jack bean, sword bean	Canavalia
<i>Centrosema spp.</i>	Centro, butterfly pea	Jetirana, bejuco de chivo
<i>Desmodium spp.</i>	Desmodium	Pega-pega
<i>Galactia striata</i>		Frijolillo, Galactia
<i>Indigofera spp.</i>		Indigo
<i>Leucaena leucocephala</i>	Leucaena	Leucena
<i>Lotus corniculatus</i>	Birdsfoot trefoil	
<i>Lupinus luteus</i>	Yellow lupin	Lupino amarillo
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	Siratro	Siratro
<i>Stylosanthes spp.</i>	Stylo	
<i>Stylobium aterrimum</i>	Black mucuna	Frijol terciopelo negro
<i>Teramnus uncinatus</i>		Maní de venado
<i>Vicia villosa</i>	Hairy vetch	Arveja peluda
<i>Vigna unguiculata</i>	Cowpea	Caupí
<i>Zornia diphlla</i>	Zornia	Zornia, barba de burro
<i>Lolium multiflorum</i>	Italian ryegrass	
<i>Ormithopus sativus</i>	Pink serradella, bird's foot	
<i>Secale cereale</i>	Rye	Centeno
<i>Spergula arvensis</i>	Corn spurry, spurry	Linacilla
Fuente: Benites y Bot (2014); Benites Jump (2016).		

Consociación y rotación de cultivos

Una práctica usual, muy generalizada y por tanto recomendada en cultivos semiperennes y extensivos como la caña de azúcar, es el plantío intercalado de plantas entre los surcos de caña con fines de actuar como abonos verdes o cultivos con alguna tasa de retorno económico. Esta práctica es muy difundida y utilizada en plantaciones pequeñas de agricultores que buscan aumentar sus ingresos con una actividad complementaria. En Costa Rica la práctica es común en plantaciones de café o cultivos que disponen de espaciamento amplio que permite la asociación o consociación como acontece con los cítricos y la fruticultura. En la caña lo más común desde tiempos

coloniales ha sido la siembra de frijol y maíz, lo cual en el caso del último no resulta conveniente por resultar más bien competitivo para la caña por tratarse de gramíneas.

En torno al uso de plantas leguminosas con potencial y con base en prácticas desarrolladas en el país en cuanto al uso como coberturas, Chaves (2019) hizo una amplia exposición de dos experiencias muy interesantes que fueron ejecutadas en dos zonas cañeras con condiciones climáticas y edáficas muy diferentes, como indica seguidamente al manifestar, que “En Costa Rica hay poca experiencia comercial y ninguna investigativa en torno al empleo de coberturas vegetales en el cultivo de la caña de azúcar. En los años 2000-2003 se realizó una experiencia de cultivo (300 ha) de caña orgánica en la Zona Alta de

Juan Viñas ($\approx 1.200 - 1.400$ msnm) con la variedad H 77-4643 cosechada a 24 meses y sembrada en un suelo del Orden Ultisol, donde se sembró como cobertura verde el frijol terciopelo o *Mucuna* (*Mucuna pruriens*) con doble propósito: control de malezas y aporte de Nitrógeno. El resultado final de la experiencia no fue todo lo satisfactoria que se esperaba por caída significativa (hasta 30%) y sistemática de los rendimientos agroindustriales a niveles antieconómicos, la dificultad para controlar las malezas por lo tardío del ciclo vegetativo hasta cierre de la plantación, los altos costos asociados (mano de obra, compost) que no retornaban la inversión realizada y aprietos por los bajos precios de mercado que no compensaban la inversión. La experiencia con el uso de cobertura verde fue sin embargo positiva, aunque por causa del ciclo vegetativo largo debían realizarse dos chapías y una arranca cerca de los 7-8 meses lo que elevaba significativamente el gasto. Luego de realizar dos cosechas y fabricar azúcar orgánica el proyecto se desechó (Comunicación Personal, Sr. Tomás Madriz Palma. 11 octubre 2019).

Actualmente se desarrolla una bonita experiencia de campo en la localidad de San Gerardo de Pocosol, San Carlos (120 msnm), donde se estudia el uso de la *Mucuna* como cobertura en plantaciones de caña de la variedad B 77-95 sembrada en un suelo del orden Ultisol. Se recomienda en caña planta sembrarla antes de instalar la caña en el campo, cortarla e incorporarla al suelo con equipo mecánico luego entre 3-4 meses de edad, cuando la misma este floreada en más del 50% y su contenido nutricional es máximo. En caña soca se recomienda sembrarla en el entresurco (50 cm entre plantas) entre 45-60 días posteriores al retoño y crecimiento de la caña. Esto es importante pues la *Mucuna* es muy agresiva y podría afectar y “ahogar” el cultivo, lo cual hay que evitar. La siembra puede ser podando las guías y cultivando en el entresurco, o dejarlo a libre crecimiento por 3-4 meses hasta corta, previo al cierre de la plantación. De acuerdo con lo manifestado por el Ing. Agr. Elverth Barquero

Madrigal (Comunicación Personal, 11 octubre 2019), la experiencia solo cosas positivas ha generado a excepción de los costos implícitos, perfilando su uso como conveniente para controlar malezas e incrementar la fertilidad del suelo por aporte de N y mejora de la Relación C/N. Ha sido notorio el control de malezas difíciles como la *Rottboellia*. Seguidamente se adjuntan algunas fotografías sobre dicha experiencia.”

En cuanto a la rotación de cultivos la mejor experiencia cañera nacional se ha desarrollado en la zona baja (<400 m.s.n.m) de Guanacaste, con la rotación Caña-Arroz-Caña, la misma surgió como una opción comercial para dar provecho y aumentar la productividad en los suelos arcillosos de manejo complicado y por tradición óptimos para ser cultivados con arroz. La experiencia comercial en esos suelos ha demostrado en la práctica que cuando una plantación de caña agotada se cultiva seguidamente con caña las productividades bajan significativamente. Por esta razón, la rotación más común opera aprovechando y cosechando la plantación de caña por entre 4-5 años consecutivos para luego sembrar arroz por dos años, realizando cuatro cosechas consecutivas; pueden ser también dos cosechas. Con la medida se ha logrado anexar tres elementos importantes a la agro empresa: 1) recuperar los suelos cañeros agotados y elevar significativamente sus niveles de productividad agroindustrial, 2) trabajar suelos de muy difícil manejo agronómico como son los del orden taxonómico Vertisol sin incurrir en inversiones onerosas y 3) mantener un ingreso económico importante al cosechar la plantación de arroz en al menos dos oportunidades por ciclo anual (Figura 4).

Como características importantes por agregar se tiene que la rotación es casi exclusiva sobre suelos pesados del orden Vertisol, cultivados bajo sistemas de riego, muy poco sobre suelos francos de condiciones fisicoquímicas diferentes y más favorables. En consideración de su condición especial donde no cualquier variedad comercial

de caña prospera, lo común es emplear las variedades de reconocida adaptación, como son: NA 56-42, LAICA 00-301, SP 81-3250, B 82-333, CC 01-1940 y LAICA 08-361 que viene entre otras, mostrando buena adaptación y resultados productivos.



Figura 4. Rotación Caña-Arroz-Caña en Cañas, Guanacaste.

Conclusión

En los complejos, confusos y difíciles tiempos actuales la agricultura requiere y debe para ser rentable y competitiva y poder mantenerse comercialmente vigente por mucho tiempo más, romper tradiciones, esquemas rígidos, sistemas cerrados y abrir por el contrario espacios y mentalidades a nuevas opciones de producción y vías alternas para resolver problemas habituales. Hoy es tiempo de revisar con detenimiento y objetividad en su totalidad la agro-cadena productiva y revalidar lo que se estime válido y pertinente que permita bajar costos e incrementar productividad. Como se ha manifestado reiteradamente, es imperativo y necesario rehabilitar los suelos cañeros sacándolos del estado de degradación en que se encuentran, retornándoles su capacidad de ser naturalmente productivos y no apenas artificialmente eficientes como acontece en muchos casos, donde las tasas de retorno demuestran relaciones poco estimulantes y atractivas. Esta necesidad debe conducir a buscar e identificar que está afectando, que no se está haciendo bien y que artificiosamente genera beneficios mediáticos que proyectados en el tiempo no vislumbran consistencia, sino por el contrario, agotamiento paulatino del sistema y generación de más costos para su

manutención visualizado en el tiempo. Es por ello, momento de revisar la posibilidad, viabilidad y factibilidad de incorporar prácticas que en algún momento tuvieron auge y gran uso en el país, virtud del incuestionable beneficio que generaron y que la “modernidad” eliminó en un sentido equivocado de desarrollo agrícola. No hay duda de que lo hecho en el pasado casi desde tiempos ancestrales en materia de recuperación de suelos mediante el uso de abonos verdes, coberturas vegetales y rotación cuando es viable, tiene mucho que ofrecer en la actualidad para corregir problemas complejos.

Se considera que el manejo de la materia orgánica por medio de la rotación de cultivos, el uso de abonos verdes y la consociación de plantas, entre otras formas, puede proporcionar un mejor aprovechamiento y eficiencia de los fertilizantes químicos, si fuera el caso; sin embargo, los beneficios complementarios que generan en materia de control de malezas, retención de la humedad, reducción de la erosión y pérdida del suelo, aporte de materia orgánica, suplencia de nutrimentos esenciales al medio, aumento de la actividad biológica y mejoramiento de las propiedades físico-químicas del suelo con reflejo en la productividad agrícola. Si a eso todavía se le agrega el poder recibir una renta económica extra, demuestra que los beneficios y ventajas de actuar diferente resultan excepcionales e incuestionables en los momentos actuales.

Literatura citada

- Benites Jump, JR.; Bot, A. 2014. *Agricultura de Conservación: una práctica innovadora con beneficios económicos y medioambientales*. 1ª ed. Lima, Perú. Agrobanco, noviembre. 344 p.
- Benites Jump, JR. 2016. *Las leguminosas en la alimentación y en la fertilidad de los suelos*. Lima, Perú. LEISA Revista de Agroecología 32 (2): 5-7. Consultado en octubre 2019. Disponible en <http://www.leisa-al.org/web/index.php/volumen->

32-numero-2/1508-las-leguminosas-en-la-alimentacion-y-en-la-fertilidad-de-los-suelos.

Cuellar Ayala, I.; De León Ortíz, M.E.; Gómez Ruíz, A.; Piñón Gómez, D.; Villegas Delgado, R.; Santana Aguilar, I. 2003. *Caña de Azúcar. Paradigma de sostenibilidad*. Primera Edición. La Habana, Cuba. Instituto de Investigaciones de la Caña de Azúcar (INICA). Unidad de Producciones Gráficas del MINREX. 175 p.

Chaves Solera, M.A.; Alvarado H., A. 1994. *Manejo de la fertilización en plantaciones de caña de azúcar (Saccharum spp) en Andisoles de ladera de Costa Rica*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 41 p. También en: Memorias. 15th World Congress of Soil Science. International Society of Soil Science (ISSS). Acapulco, México, del 11 al 15 de julio de 1994. Volumen 7a. p: 353-372.

Chaves Solera, M. 1999. *El Nitrógeno, Fósforo y Potasio en la caña de azúcar*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 130 p.

Chaves Solera, M.A. 2017. *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. 2019. *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(12): 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. *También en:* Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 51-71.

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, suelo y manejo: factores determinantes en la compactación de los suelos*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(20): 5-15, setiembre.

Chaves Solera, M.A. 2020h. *Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno para la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(21): 6-16, octubre.

Chavez, J. 1986. *Nutricão, Adubacão e Calagem do Cafeeiro*. Londrina, IAPAR, Circular N° 48. 24 p.

Quirós, E.; Meneses, D.; Cervantes, C.; Urbina, L. 1998. *Abonos Verdes: una alternativa para mejorar la fertilidad del suelo*. Programa Regional de Reforzamiento a la Investigación Agronómica sobre los granos en Centroamérica (PRIAG). 36 p.

Velarde Sosa, E.; De León Ortíz, M.; Cuellar Ayala, I.; Villegas Delgado, R. 2004. *Producción y Aplicación de Compost. Orientado a las condiciones de la agroindustria azucarera*. Primera Edición. La Habana,

Cuba. Unidad de Producciones Gráficas del MINREX. 182 p.

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