

REVISTA



ENTRE CAÑEROS

NÚMERO 23 • JUNIO 2022. ISSN 2215-597X.

Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).

Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).



PRESENTACIÓN

Saludamos a todos nuestros lectores con el gusto de siempre, agradeciendo la atención que le prestan a nuestra publicación.

Les compartimos en este número tres temas muy variados como una propuesta para ampliar su conocimiento referente al cultivo de la caña de azúcar y del sector azucarero costarricense. En primer lugar les brindamos un artículo referente a la nutrición del cultivo de la caña de azúcar con un enfoque en el rol que cumplen los nutrimentos en el funcionamiento metabólico, fisiológico y agronómico de la planta de caña de azúcar.

Seguidamente les participamos de la segunda entrega de un importante estudio sociológico sin precedentes en el sector azucarero costarricense, en el que se describe los componentes de la población agrícola vinculada al cultivo de la caña de azúcar en función de la edad y el comportamiento del relevo generacional.

También les instamos a que consulten la importante información que se publica en el tercer artículo, relacionada con el comportamiento de las estimaciones de productividad a partir de datos experimentales de un grupo importante de variedades en la zona Este de la Región de Guanacaste.

De nuevo agradecemos su atención e invitamos a que nos haga llegar sus comentarios al correo: echavarria@laica.co.cr.

Ing. Erick Chavarría Soto
Coordinador comité editorial
Revista Entre Cañeros
Correo-e: echavarria@laica.co.cr

CONTENIDO

02

Presentación

04

Esencialidad nutricional y fertilización de los cultivos agrícolas

43

Relevo generacional y desarrollo rural: el caso del sector cañero de Carrillo en Guanacaste, Costa Rica

75

Análisis comparativo entre la producción experimental estimada, y la cosecha real comercial de 6 variedades de caña de azúcar en un suelo Vertisol, finca Santa Paula, Cañas Guanacaste.

Revista Entre Cañeros
Número 23, Junio 2022. ISSN 2215-597X

Publicación técnica gratuita del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
Producida por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar.

Avenida 15 y calle 3, Barrio Tournón.
San Francisco, Goicoechea.
10802 San José, Costa Rica.
www.laica.co.cr

Comité Editorial
Ing. Agr. Erick Chavarría Soto, coordinador.
Ing. Agr. José Daniel Salazar Blanco.
Ing. Agr. Julio César Barrantes Mora.
Ing. Agr. José Eduardo Vargas Miranda

En el Sector Cañero Azucarero Costarricense decimos:

NO
Trabajo Infantil



¿Qué legislación existe en Costa Rica, para proteger a los niños y adolescentes?

- Constitución Política.
- Código de la Niñez y la Adolescencia
- Código de Trabajo
- Ley 8922 Prohibición del trabajo peligroso e insalubre para personas adolescentes trabajadoras.

¿Qué dice la legislación?

Trabajo Infantil (0-15 años) Es Prohibido

- No permite que los niños se desarrollen física, emocional y psicológicamente.
- Les puede causar enfermedades, lesiones o deterioro en la salud.
- Causa bajo rendimiento o abandono de la educación.

Trabajo adolescente (15-17 años) Permitido con regulaciones

- Se le debe facilitar al adolescente el espacio para estudiar y asistir al centro educativo.
- Se le deben dar las mismas garantías como remuneración y vacaciones que a una persona adulta.
- La jornada no puede ser mayor a 6 horas diarias ni 36 semanales.
- No pueden realizar trabajo nocturno ni trabajos peligrosos, como:
- Estar en espacios insalubres con altas temperaturas, espacios cerrados, alturas peligrosas o estar bajo tierra.
- Utilizar herramientas o maquinaria peligrosa.
- Levantar peso mayor a 15 kg los hombres y 10 kg las mujeres.



LAICA RSE



“Esta es una sección para opinión y discusión sobre temáticas de índole exclusivamente técnicas en lo referente al entorno de la producción de caña de azúcar a nivel nacional e internacional, los temas publicados en esta sección no representan ni reflejan las políticas internas o externas de LAICA; ni personifican tampoco la manera de pensar o de opinar del Comité Editorial. Los autores deberán de asumir la responsabilidad en lo personal y de manera independiente por lo que publiquen en esta sección.”

ESENCIALIDAD NUTRICIONAL Y FERTILIZACIÓN DE LOS CULTIVOS AGRÍCOLAS

Marco A. Chaves Solera¹

Introducción

La agricultura puede ser concebida en su esencia y fundamento más básico como “*el arte de modificar las tierras y los ecosistemas con fines alimentarios y económicos*”. Una definición opcional la describe con simpleza como “*el arte de cultivar la tierra*”, palabra proveniente del latín ager, agri (campo) y cultura (cultivo). Es también interpretada como el “*conjunto de actividades económicas y técnicas relacionadas con el tratamiento del suelo y el cultivo de la tierra para la producción de alimentos*”. El concepto comprende todo un conjunto de acciones humanas que transforma el medio ambiente natural para la producción de cultivos en el suelo, el desarrollo y recolección de las cosechas, la explotación de bosques y selvas (silvicultura), la cría y desarrollo de ganado, entre otras.

Esta concepción poco estructurada deja por fuera sin embargo elementos importantes de integrar y vincular relacionados con la eficiencia, el ambiente, los daños e impactos al hábitat, la contaminación, la degradación del suelo, la pérdida vertiginosa de la biodiversidad, la competitividad comercial y otros elementos que de manera mediática pero también coyuntural y muy objetiva, participan y forman parte activa y determinante de esa práctica milenaria. Es definitivo que sin el desarrollo de la agricultura y la domesticación de plantas y animales la calidad

de vida y la población mundial sería hoy muy inferior respecto a la existente actualmente, como ha sido ampliamente analizado y comentado en el entorno mundial.

Esa incuestionable, obligada y necesaria labor de asegurarse el sustento, la alimentación, la energía, el agua y el abrigo mediante la modificación y alteración de la biosfera, ha provocado pese a esos incuestionables beneficios, que el hombre en su afán de satisfacer



¹ Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Colaborador invitado especialista en el cultivo de la caña de azúcar, Costa Rica. E-mail: chavessolera@gmail.com. Teléfono: (+506) 8390-0957

y maximizar sus deseos y necesidades haya causado daños irreversibles e irreparables por el abuso o mal uso de los recursos naturales, lo cual hoy percibimos en el cambio climático y las desastrosas y graves consecuencias que ese fenómeno viene incrementalmente provocando en la vida en el planeta.

Posiblemente el lector se estará preguntando algo abrumado ¿Y qué tiene que ver todo eso con un asunto técnico tan puntual y específico como el abordado en esta ocasión? La respuesta es simple: mucho. Esto por cuanto la crisis ambiental y afectación ecológica ha promovido e inducido cambios de mucho fondo en la forma moderna, aceptada y vigente de hacer agricultura.

La búsqueda de equilibrios y balances en todos los factores vinculados concebidos como sostenibilidad, ecoeficiencia, eco-competitividad, calidad alimentaria, trazabilidad, inclusión social, responsabilidad social-empresarial, salud, equidad distributiva, agricultura de precisión, optimización de recursos, entre otros, forman parte del “paquete” que cualquier agricultor o empresario debe admitir y operar para participar con algún grado de éxito en el exigente comercio actual, donde los mercados y usuarios finales demandan e imponen nuevas reglas para la adquisición y consumo de productos agropecuarios.

Asegura Chaves (2022) en torno a este tema, que *“La agricultura mundial se encuentra confrontada y comprometida hoy día ante la inminente y obligada necesidad de modificar, ajustar y redireccionar la forma en que habitualmente se ha venido operando por muchos años en varios campos de gestión empresarial; lo que implica necesaria e imperativamente tener que incorporar cambios de fondo en los sistemas tradicionales de producción agropecuaria, muchos de los cuales se alejan de las necesidades y consideraciones que la legislación y los mercados comerciales de destino imponen irrestrictamente como condicionante y elemento básico de*



negociación. La decisión y mensaje del consumidor es clara y contundente: la calidad y forma de producir los alimentos debe cambiar.”

Uno de los componentes sobre los cuales los sistemas de producción agropecuaria mundiales han concentrado esfuerzos, hecho importantes inversiones y fijado el incremento observado en la producción de alimentos, lo representa lo que califican como “factor nutricional”. Los agricultores están por lo general mentalizados y creyentes en que por medio de la fertilización pueden resolver sus limitaciones de productividad y obtener una mayor producción en el campo; lo cual es cierto desde una perspectiva mediática, cortoplacista y alejada de los principios ambientales y comerciales fundamentales que como se indicó, moderan y orientan hoy los mercados finales más sofisticados, con mayor demanda y mejores precios.

Se pretende con el presente documento abordar y desarrollar el tema de la nutrición de plantas desde una visión con trasfondo teórico, pero a la vez de consecuencias muy pragmáticas que todo agricultor, técnico y empresario deben conocer para interpretar y operar la práctica de fertilizar en la forma correcta. Pensar en mejorar

la condición nutricional de un cultivo sin conocer sobre los principios que establecen la “esencialidad de los elementos”, es riesgoso y comprometedor por incurrir en efectos detrimentales que generan impactos ambientales, gastos innecesarios, desequilibrios nutritivos y seria afectación de la calidad alimenticia de los productos finales.

Problema con la producción

No cabe duda en reconocer y aceptar que el uso de fertilizantes minerales y orgánicos en sus diferentes presentaciones comerciales, son responsables directos de gran parte de los significativos incrementos que en relativamente pocos años se han venido obteniendo en la producción agrícola mundial y nacional.

Acontece que ante la demanda creciente y sostenida de alimentos que una población en activo crecimiento requiere día a día para satisfacer sus necesidades nutricionales básicas;

los Gobiernos han debido diseñar y accionar medidas estratégicas orientadas a solventar y resolver esa inquietante, imperiosa y no delegable obligación.

La intención no resulta sin embargo fácil de atender considerando que muchas de las áreas con mejores condiciones para hacer agricultura y producir alimentos, han venido siendo lamentable y paradójicamente desplazadas por el acelerado y muchas veces poco o nada planificado crecimiento urbano, turístico y paisajístico; lo cual provoca que las zonas con potencial agroproductivo sean restringidas y las disponibles encuentren limitantes para operar y desarrollarse en condiciones óptimas y rentables. Al menos en Costa Rica esta situación resulta cierta y perfectamente comprobable.

Esta realidad nos conduce a enfrentar una situación compleja: alimentar una población creciente con recursos limitados; lo que ha llevado a algunos especialistas a señalar inclusive que la “frontera agrícola” es cada vez menor y





está ya casi agotada. Es aquí donde entendemos la razón y origen de la gran polémica permanente y aún pendiente de resolver, al menos en Costa Rica, como es producir o importar los alimentos que a diario consumimos bajo la figura de soberanía o seguridad alimentaria, autosuficiencia o simple abastecimiento interno. Lo cierto del caso es que todos los países hacen agricultura y deben independientemente del modelo de política interna que apliquen, asegurar una alimentación de calidad a sus habitantes.

Sea por causa de la marginalidad territorial y geográfica, la carencia de buenas condiciones naturales, la sobreexplotación a que han sido sometidas las tierras de cultivo o por causa de la baja productividad y rentabilidad asociadas; los agricultores han debido recurrir a factores externos sea en forma complementaria o suplementaria para superar esas limitantes y atender con capacidad la demanda existente. En este gigantesco desafío los sistemas de producción han recurrido al empleo y manejo en grado variable de los factores que determinan y resuelven la tradicional ecuación de la

producción agrícola, definida por Chaves (2020c) como se indica a continuación:

$$R = f (cl,p,h,s,t)$$

Donde:

R = rendimiento; cl = clima; p = planta; h = hombre; s = suelo y t = tiempo

Como se infiere de la misma, los rendimientos finales obtenidos en un sistema agroproductivo como es el caso de la caña de azúcar o cualquier otro, son el resultado de la conjunción, integración y articulación positiva de los factores que lo constituyen y también lo influyen, incitan y determinan; algunos son en este caso de naturaleza biótica, otros no. El éxito productivo, no necesariamente financiero, se sustenta en alto grado en la suma de factores positivos que se agreguen e interaccionen en el campo y las plantaciones.

En lo específico la ecuación implica necesariamente integrar, articular y potenciar elementos

conocidos de carácter genético mediante el empleo de mejores variedades con alta resiliencia al entorno edafoclimático, con capacidad productiva reconocida y validada, dotados de alta fitosanidad, disponibilidad de material reproductivo (semilla) de calidad, suelos fértiles, disponibilidad de agua, sin riesgo de inundación o sequía, mecanizables, contar con los agroquímicos de calidad necesarios, plantaciones cercanas a las zonas de consumo, con acceso y disponibilidad de mano de obra y tecnología asequible y rentable, capacitación y asistencia técnica permanente, entre otros.

Entre todos esos factores y elementos asociados estrechamente con la producción y la productividad agrícola destacan los fertilizantes y los correctivos empleados en la adecuación y mejoramiento de las condiciones fisicoquímicas y microbiológicas prevalecientes en un suelo y entorno agroproductivo. Ese factor en lo particular ha sido empleado de manera prudente y racional pero también, cabe reconocer, en forma excesiva e incorrecta virtud de su demostrado impacto sobre la producción (Chaves 2015). La adición de dosis altas de fertilizante, principalmente a base de nitrógeno (N), están directamente asociados con incrementos significativos en crecimiento vegetal y productividad de biomasa (kg, t) por unidad de área (ha), lo cual ha conducido lamentablemente a practicar una agricultura basada en excesos para resolver lo que el suelo muchas veces no dispone y no provee, por causa de su infertilidad natural o inducida por la degradación y la sobreexplotación han provocado. En la circunstancia coyuntural y esperemos mediática actual (crisis por Pandemia por Covid-19, contenedores, precios del petróleo, guerra en Ucrania, valor cambiario del US\$), donde el precio de los fertilizantes alcanzó niveles insospechados, la verdad inesperados y casi inalcanzables para el sector productivo; se podría aducir como justificación que la aseveración anterior no es cierta porque ahora resulta casi un lujo fertilizar, pero queda vigente todo un

antecedente de muchos años como prueba de que precios bajos conducen al uso desproporcionado de fertilizantes y correctivos.

Lo grave de ese empleo calificado como excesivo o más bien innecesario, es que ciertamente se eleva la productividad física de biomasa, pero adicionalmente se afecta el ecosistema por causa de la contaminación hídrica y atmosférica provocada por las pérdidas al medio, afectación de la biota del suelo, desbalances nutricionales generados y, lo más grave, pérdida de calidad de los alimentos y aumento de los costos asociados, como lo ha señalado con fundamento Chaves (2015, 2020ab, 2021abcdehijk, 2022).

Principios de la nutrición

Igual que acontece con cualquier actividad humana sobre todo de carácter técnico y comercial que involucre al ecosistema u otros agentes en la producción de alimentos, hay reglas, normas y principios declarados o no, que procuran aprovechar y optimizar el uso de los recursos disponibles sean abundantes o limitados, reducir los impactos negativos sobre el ecosistema, armonizar vínculos con el ambiente, eliminar pérdidas onerosas innecesarias, disminuir los costos asociados, maximizar la rentabilidad buscando la ecoeficiencia y la eco-competitividad como metas actuales y finales.

En el campo de la nutrición existen algunos principios básicos y fundamentales que deben necesariamente respetarse y cumplirse para buscar satisfacer el mejor uso y optimizar su empleo, evitando incurrir en errores y omisiones, que como señalara Chaves (2015) con sentido pragmático “...sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera”, como son entre otros los siguientes:

- 1) La nutrición integral de un cultivo y una plantación comercial no se resuelve con la simple adición de uno o varios nutrientes, es más compleja que eso.
- 2) Deben conocerse con sumo detalle las características y condiciones fisicoquímicas y microbiológicas del suelo, vinculada con su taxonomía.
- 3) Se debe fertilizar con base en un muestreo representativo (suelo-foliar).
- 4) Es imperativo conocer las exigencias particulares del cultivo en sus diferentes etapas fenológicas.
- 5) Tener claro y presente que la función y funcionalidad de un nutriente en la planta es determinante, por lo que no todos se expresan necesariamente con incrementos tangibles y medibles de productividad.
- 6) Fertilizar y nutrir una planta son conceptos muy diferentes en fondo y forma.
- 7) Las plantas no poseen mecanismos de absorción selectivos, lo que les permite absorber tanto elementos esenciales como superfluos y también perjudiciales.
- 8) Adecuar previo a fertilizar y adicionar nutrientes las condiciones del suelo (encalado, laboreo, MO), pues sin ello la práctica se torna ineficiente.
- 9) Tener presente que fertilizar sin contar con la humedad necesaria en el suelo es inútil.
- 10) Prestar atención a todos los nutrientes y no sólo a unos pocos. La integralidad es la base de la nutrición.
- 11) Aplicar lo requerido en cantidad, momento y forma.



- 12) Los nutrientes para ser absorbidos deben estar disueltos en agua (solubles), salvo algunas excepciones.
- 13) Las dosis deben incorporarse en cantidades apropiadas y equilibradas; ni más ni menos.
- 14) Debe emplearse la fórmula comercial y forma química más conveniente y necesaria, tanto en el elemento principal como en el complementario ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, NO_3^- , NH_4^+ , SO_4^{2-} , Cl^- , etc.).
- 15) Conocer los sinergismos y antagonismos que establece la interacción entre nutrientes siempre es de gran valor porque potencia relaciones favorables y exime efectos indeseables.
- 16) Considerar los factores potenciales de pérdida involucrados (fijación, lixiviación, volatilización, desnitrificación, inmovilización).
- 17) La eficiencia de un fertilizante se refiere a aquella parte del producto aplicado, que va a estar realmente disponible para el cultivo.
- 18) Los nutrientes deben aplicarse en la forma química accesible y disponible más conveniente.
- 19) Tener presente siempre que por sí sola la fertilización no resuelve todo, hay otros factores determinantes asociados.
- 20) En fertilización no cabe la extrapolación, adaptación o adopción de programas procedentes de otros entornos de condiciones diferentes. Es una práctica muy específica y particular para cada situación.
- 21) Cualquier recomendación debe tener como fundamento y antecedente la investigación y validación en campo, nunca el preconceito, la creencia o el empirismo.
- 22) La relación económica es siempre un determinante importante que define y habilita la implementación de un programa de fertilización, operando a favor o en contra.



Función y funcionalidad

Considerando su valor y trascendencia para comprender de mejor manera el tema abordado, es importante referirse de manera puntual y específica a este tópico, pues resulta determinante en la estimación de los efectos esperables con la adición de un nutrimento.

Como es conocido, todos los seres vivos y por ende las plantas superiores utilizan los minerales y otros nutrimentos para poder crecer, mantenerse y producir sus frutos y semillas adecuadamente. En esta actividad de carácter fisiológico y metabólico los conceptos de función y funcionalidad deben dimensionarse y aplicarse en su verdadera concepción.

Para fines comprensivos e interpretativos correctos es válido y conveniente rescatar lo apuntado por Mengel y Kirkby (2000) al señalar, que *“La nutrición puede definirse como el suministro y la absorción de compuestos químicos necesarios para el crecimiento y el metabolismo; y los nutrientes como los compuestos químicos requeridos por un organismo. Los mecanismos por los cuales los nutrientes se convierten en material celular o suministran energía son los llamados procesos metabólicos. El término “metabolismo” comprende las diversas reacciones que ocurren en una célula viva a fin de mantener la vida y el crecimiento. Así, la nutrición y el metabolismo están estrechamente relacionados entre sí.”* A manera de complemento puede indicarse, que *“La Fisiología Vegetal estudia los procesos que tienen lugar en las plantas. Estudia cómo funcionan las plantas y explica los fundamentos físicos de dicho funcionamiento sobre bases estructurales a diferentes niveles: molecular, celular, de tejidos, de órganos y de planta entera.”*

En primera instancia la mayoría de los elementos químicos cumplen funciones específicas en las plantas las cuales puede ser clasificadas de acuerdo con Alcántar y Trejo (2013) en tres grandes grupos:

- **Estructural:** El elemento forma parte de la molécula de uno o más compuestos orgánicos, por ejemplo: N en aminoácidos y proteínas; Ca: pectato (sal de ácido poligalacturónico) de la lámina media de la pared celular; Mg: ocupa el centro del núcleo tetrapirrólico de la clorofila; P: opera como parte integral de los nucleótidos y ácidos nucleicos.
- **Constituyente de enzima:** Esta función se trata de un caso particular del primer grupo, ya que se refiere a elementos, generalmente metales o elementos de transición (Mo), que forman parte del grupo prostético de enzimas y que son esenciales en su actividad. Este es el caso del Cu, Fe, Mn, Mo, Zn y Ni, quienes participan como cofactores (activadores) de numerosas reacciones enzimáticas.
- **Transporte y regulación osmótica:** El nutrimento forma enlaces de baja energía (generalmente iónicos) con moléculas orgánicas de bajo peso molecular, para favorecer su movilidad de un órgano a otro. Se almacena en las vacuolas para procesos de osmorregulación; tal es el caso del K que cumple ambas funciones como catión acompañante de los carboxilatos.

Las diferentes funciones que un mismo elemento puede desempeñar corresponden a uno o más procesos vitales como fotosíntesis, respiración, síntesis de aminoácidos y proteínas, transferencia de los caracteres hereditarios, y muchos más. Al N se le atribuyen funciones muy variadas pues participa de procesos, productos y reacciones asociadas con aminoácidos y proteínas, aminos, amidas, amino azúcares, nucleótidos, purinas y pirimidinas, alcaloides, coenzimas, vitaminas y pigmentos, molécula de clorofila, estructura molecular de ácidos nucleicos (ADN y ARN) y citocromos, entre otras.

Las relaciones entre elementos nutricionales pueden ser de índole sinérgica y promotora o en su caso antagónica e incompatible, directa o

asociada a otros efectos; es así como el K es sinérgico para el N, pero el Al es negativo para la planta. La **función** de un elemento se refiere por tanto al lugar donde actúa; la **funcionalidad** puede concebirse como la forma en que actúa y ejerce sus funciones en la fisiología y metabolismo de la planta. Ambos términos es prudente y conveniente diferenciarlos y contextualizarlos en su verdadera dimensión para comprender mejor el papel que desempeñan los elementos en la nutrición de las plantas. Por su función, el N y el P son determinantes en la producción de biomasa y el desarrollo radical, respectivamente, por lo que su adición es fácil valorarla, medirla y cuantificarla. El K por su parte tiene funcionalidad sobre diversos procesos (por ej. enzimáticos y osmóticos) que no necesariamente son perceptibles y cuantificables, aunque su ausencia o deficiencia genera un grave estado de afectación general a la planta que puede ser asociado a otras causas (Chaves 1999, 2017; Kingston 2014).

Nutrición y Fertilización

Puede asegurarse con buen criterio y fundamento técnico asentado en antecedentes pragmáticos de campo, que buena parte de la agricultura costarricense ha concentrado y restringido sus programas de fertilización comercial al empleo indiscriminado de la fórmula tradicional N-P-K y, en muchos casos, mayoritariamente al uso exclusivo de N con aportes mínimos de P-K, más por inclusión obligada en las presentaciones comerciales de formulación química. Esta situación mantenida por muchos años ha inducido y provocado afectación de los balances y equilibrios nutricionales necesarios, tanto en suelo como en planta. Podría asegurarse de manera categórica que, en el campo de la nutrición de cultivos agrícolas, el uso continuo y desproporcionado de la fórmula N-P-K constituye uno de los males que desde hace muchos años aqueja al agro

costarricense. El tema es polémico y deberá abordarse en otra ocasión con mayor especificidad.

Lo anterior se comenta para señalar y enfatizar en que **fertilizar un cultivo no significa ni implica necesariamente que con el acto se llegue a nutrirlo**. La nutrición se refiere a los nutrientes que componen una fórmula fertilizante y se aplican para satisfacer las necesidades de un cultivo; involucra los procesos que suceden en el suelo y la planta luego de aplicado, ser absorbido, translocado y asimilado por el organismo. Puede como comúnmente sucede y practica habitualmente el agricultor al fertilizar sus plantaciones, adicionar solo algunos elementos importantes y necesarios, pero no precisamente nutrir integralmente el cultivo; esto por cuanto la adición es parcial para apenas unos pocos elementos y muchas veces adicionados en concentraciones muy bajas y por tanto insuficientes. La nutrición es un concepto integral, completo que involucra muchos elementos que son calificados por su acción como “elementos esenciales” virtud de su grado de necesidad.

Esencialidad nutricional ¿Qué es?

Importante saber que a la fecha se tienen identificados un total de 118 elementos químicos diferentes que se encuentran contenidos y ordenados en el cuadro periódico de uso mundial, de los cuales 26 (22%) han sido obtenidos en laboratorio por lo que son sintéticos, es decir, artificiales, lo que significa que no existen en la naturaleza sino, únicamente, creados en los laboratorios.

Quedan por tanto 92 (78%) elementos que, si pueden ser ubicados y encontrados en el entorno natural, lo que resulta muy significativo y da lugar a preguntarse ¿son acaso todos esos 92 elementos químicos necesarios, absorbidos y utilizados por las plantas en sus procesos fisiológicos y metabólicos? Porque de ser así



resultaría utópico pensar en una fertilización integral, pues ninguna fórmula ni producto de uso comercial podría satisfacer a cabalidad ese objetivo.

Como es razonable y sensato pensar, si esos elementos están presentes en la naturaleza es porque algo los origina y alguien también los utiliza, pues de lo contrario sería un contrasentido, una aberración y un absurdo su existencia en la naturaleza. Aquí el tema pasa por varios aspectos concluyentes que pueden operar como indicadores para determinar la importancia de un elemento químico, como son presencia, contenido, función y uso, lo cual permite comprobar cuáles son los elementos que en mayor concentración están presentes en el caso que nos interesa, en las plantas de uso agrícola con fines alimentarios.

Se considera que la simple presencia en la planta o que sus contenidos sean elevados no necesariamente determinan ni dan certeza de la relevancia de un elemento para actuar y ser clasificado como nutriente esencial. Esto llevó luego de muchos años a buscar establecer un criterio de aceptación mundial que permitiera determinar y concluir cuando un elemento podía calificarse como “nutriente esencial” para las plantas.

Expresan Epstein y Bloom (2006) al respecto, que “La presencia de un elemento en una planta

no significa por sí solo que él tenga un papel esencial en la vida de ella. Suelos conteniendo un gran número de elementos químicos; con métodos suficientemente sensibles, la gran mayoría de los elementos de la tabla periódica probablemente podría ser detectada en cualquier muestra de suelo tomada al azar. Una planta creciendo en el suelo podría, consecuentemente, contener por lo menos trazas de la mayoría de los elementos -aquellos esenciales para su crecimiento, así como otros que son absorbidos porque los mecanismos de absorción no pueden distinguir completamente los esenciales de otros elementos.”

El criterio de esencialidad no ha sido por ello fácil de establecer, compartir y sobre todo conciliar por parte de los diferentes grupos científicos e investigadores internacionales, como lo señala y reconoce Epstein (1994, 1999). Es así como el criterio propuesto por Arnon y Stout en el año 1939, en el sentido de que un elemento no es esencial a menos que su deficiencia haga imposible que la planta complete su ciclo de vida resulta hoy cuestionable; por cuanto la evidencia ha demostrado que un elemento puede presentar una deficiencia severa y aun así la planta puede completar su ciclo de vida.

Tampoco el argumento de que ningún elemento puede ser sustituido por otro, sugiere que en principio este se considere deficiente. El supuesto de que el elemento debe estar directamente relacionado con la nutrición de la planta más que

corrigiendo alguna condición ambiental o edáfica desfavorable fue también desestimado, como lo comprueban nutrientes como el B que no satisfacen ese principio al no formar parte de ninguna estructura en las plantas.

Criterio y principios de la esencialidad nutricional

El concepto de esencialidad fue enunciado y propuesto formalmente por primera vez por Arnon y Stout en el año 1939, los que pasaron rápidamente a formar verdaderos principios universales sobre los que se sustentó la nutrición de plantas por mucho tiempo, y para lo cual dichos investigadores establecieron lo siguiente:

“Un elemento no es considerado esencial a menos que (a) la deficiencia de él torne imposible para la planta completar el estado vegetativo o reproductivo de su ciclo de vida; (b) tal deficiencia sea específica al elemento en cuestión, y pueda ser prevenida o corregida apenas adicionando ese elemento; y (c) el elemento esté envuelto directamente en la nutrición de la planta, independientemente de sus posibles efectos en la corrección de alguna condición microbiológica o química desfavorable del suelo u otro medio de cultivo.”

Dicho en otra forma más simple y para su mejor comprensión, los postulados de Arnon y Stout establecen requisitos que deben ser cumplidos y satisfechos a cabalidad para que un elemento pueda ingresar y calificar en este selecto grupo de nutrientes bajo la categoría de “esenciales”, como son:

a) La ausencia del elemento le impide al vegetal alcanzar un crecimiento y desarrollo satisfactorio, impidiéndole completar su ciclo vegetativo natural, pudiendo inclusive morir.

b) Los síntomas de deficiencia pueden ser

corregidos solo incorporando y abasteciendo el elemento causante, no pudiendo ser reemplazado o sustituido por otro elemento.

c) La función e influencia del elemento debe ser conocida.

d) La acción del elemento debe ser directa sobre la nutrición de la planta y no sobre otros factores, reacciones del entorno o el sustrato.

La propuesta clásica de esos connotados investigadores revela y concluye en primera instancia de manera clara que el simple análisis de las plantas es insuficiente para determinar la esencialidad de un elemento. De acuerdo con Malavolta *et al* (1974), la propuesta de Arnon y Stout estableció dos criterios que un elemento debe necesariamente satisfacer para ser catalogado como “esencial”, ubicándolos en directos e indirectos.

El primero expresa que la presencia y participación de un compuesto vital para la vida de la planta o de una reacción enzimática (o no) esencial para su metabolismo, es suficiente argumento para demostrar su esencialidad; en cuyo caso caben muchos ejemplos que exponer como acontece con el N en las proteínas, la presencia de Fe en los citocromos y el transporte electrónico vinculado con la respiración, el Mg en la clorofila que determina la fotosíntesis y el P presente en el material genético (ARN, ADN). Sin esos elementos, presume la teoría, no es posible que esas actividades, reacciones y productos tengan lugar, lo que convierte ese tipo de elementos indiscutiblemente en esenciales.

En el caso del criterio y las relaciones indirectas indican que éstas pueden ubicarse como previas a la anterior, señalando Arnon que un elemento no puede ser calificado como esencial, a menos que:

- a) Su carencia impida que la planta complete su estado vegetativo o reproductivo de su ciclo vital.
- b) Tal carencia sea específica del elemento en cuestión y solo prevenida o corregida mediante su aplicación.
- c) El elemento debe estar implicado directamente en la nutrición de la planta, no siendo por ello su acción consecuencia de la eventual corrección de condiciones físicas, químicas o microbiológicas desfavorables del suelo o medio de cultivo.

Señalan y concluyen los autores de la teoría al respecto, que el primer criterio es sin duda el más importante, pues ante la ausencia del elemento el desarrollo es paralizado y la planta muere; aunque antes del colapso aparecen por lo general síntomas visibles la mayoría de las veces muy típicos y característicos (clorosis, necrosis, secamiento, enrollamiento) en particular en las hojas. Esos síntomas expresan el estado de desnutrición y “hambre” del vegetal por el elemento mineral en particular, los cuales pueden ser corregidos, si la carencia no es aguda, con su incorporación, haciendo que los síntomas desaparezcan o al menos la nueva vegetación presente un aspecto normal.

El criterio considera y exceptúa el caso de elementos que no están implicados directamente con el metabolismo, pero que su efecto aparece y se muestra como favorable al intervenir y evitar la absorción excesiva de otro elemento que por acción o acumulación puede llegar a convertirse en tóxico. Las aplicaciones foliares llegaron a evidenciar y resolver esta discrepancia y aportar un mejor criterio al respecto.

A lo anterior se agrega otra razonable discrepancia basada en la inconveniente e indiscriminada generalización que se hace al considerar que la esencialidad de un elemento para una o varias plantas es válida y aplicable para todas las especies vegetales, lo cual como se

ha demostrado no es cierto, lo que abre espacio a pensar en la esencialidad específica.

Es importante considerar que próximos a la mitad del siglo XIX los investigadores de plantas no contaban aún con una técnica experimental confiable, que permitiera determinar con certeza el efecto provocado por la ausencia o presencia en bajas concentraciones de un determinado elemento, sobre plantas cultivadas en un medio o solución estable y confiable. Fue hasta que Hoagland (1944) propuso la solución apropiada que permitía incluir o retirar un elemento a voluntad, que la valoración de esencialidad se estudió con mayor rigor.

Posteriormente con el dinámico y progresivo avance científico, la purificación de reactivos químicos, la formulación de nuevas soluciones nutritivas, el uso de arena lavada y otros métodos de evaluación y detección más sensible, fue posible realizar caracterizaciones más finas y específicas de la función y funcionalidad de los elementos, siempre bajo la tradicional y conocida técnica del “elemento faltante”. Interesante mencionar que los estudios desarrollados por Arnon y Stout en los años 30 en los laboratorios de la Universidad de California, dirigido y liderado por D.R Hoagland y que les permitieron perfeccionar la técnica de remoción de elementos contaminantes en las soluciones nutritivas, fueron orientados a investigar la acción del Mo en plantas de tomate.

La crítica de muchos investigadores sobre la validez de lo que calificaron como frágiles criterios y argumentos a la teoría propuesta por Arnon y Stout y que sustentaban su concepto de esencialidad; generaron con el dinámico avance científico nuevos resultados obtenidos por la investigación empleando técnicas finas y apropiadas, que hicieron que surgiera una nueva acepción al concepto de esencialidad, provocando que este fuera revisado, recalificado y sustituido por el siguiente:

“Un elemento es esencial si satisface uno o ambos de dos criterios: (1) el elemento es parte de una molécula que es un componente intrínseco de la estructura o del metabolismo de la planta; (2) la planta puede ser tan severamente privada del elemento que exhibe anormalidades en su crecimiento, desarrollo o reproducción -esto es, en su actividad -en comparación con plantas menos privadas.”

Como se infiere y concluye de la mención anterior, el cambio conceptual incorporado es importante y de mucho fondo por integrar razonamientos objetivos y verificables al criterio de esencialidad de un elemento, lo que dio un giro a los principios originales con que se condujo esta materia por muchos años, no solo en el campo teórico sino también pragmático expresado en la fertilización de los cultivos.

Los juicios y criterios empleados para clasificar los nutrimentos pueden ser muy variados dependiendo de los fundamentos que les den sustento; sin embargo, vale reconocer que cada sistema es útil para el fin y objetivo procurado. En esa dirección Alcan-

tar y Trejo (2013) plantean la siguiente propuesta de clasificación:

- A. **Con base al grado de requerimiento por el cultivo:** opera en forma aproximada, para lo cual los elementos pueden desagregarse y ubicarse en calidad de indispensables, útiles y prescindibles como se anota y describe en el Cuadro 3.
- B. **Por las cantidades requeridas por las plantas:** se clasifican en principio en macro y micronutrientes de acuerdo con las cantidades contenidas y encontradas en el vegetal (% , mg kg⁻¹), aunque valga reconocer de una forma un tanto arbitraria.
- C. **Por la forma en que son absorbidos (cationes, aniones):** en este criterio el índice de acidez (pH) ejerce gran influencia y tiene por ello gran importancia. Existen dos particularidades como la del N de ser absorbido como anión (NO₃⁻) o catión (NH₄⁺) y el B como único elemento mineral que es absorbido como



molécula neutra, sin ionizar, debido a que el ácido bórico (H_3BO_3) es un electrolito muy débil que a pH próximo a 7 no se encuentra disociado.

D. Por su naturaleza química y funciones fisiológicas: la magnitud de la importancia del elemento para la fisiología de la planta constituye un criterio de clasificación determinante; por ej. las plantas absorben más Si del que realmente requieren. En este caso los criterios de selectividad por un elemento, como también los sinergismos, antagonismos y balances cumplen un rol esencial. Se estima por esto que una clasificación basada en propiedades bioquímicas y funciones fisiológicas resulta más apropiada y conveniente, como se muestra en el Cuadro 4.

Elementos minerales

En las plantas superiores la mayor parte del componente vegetal está constituido por agua presente en contenidos variables entre 80 y 95% según la especie, estructura y actividad metabólica de cada una de sus partes; por ello los meristemas, raíces y puntos en crecimiento contienen mayor humedad (90-95%), contrario a lo que sucede con las maderas, los granos y las semillas donde es baja (7-30%).

Caso el tejido vegetal fresco sea secado evaporando el agua contenida e incinerado (100°C por 48 horas) en el laboratorio, el material seco generado representa apenas entre 10-20% del peso inicial del tejido. La materia seca (MS) está constituida básicamente de C, H y O conocidos como elementos organogénicos, representando cerca del 90-98% del total, los cuales están combinados principalmente en forma de carbohidratos, lípidos y proteínas. En consecuencia, entre el 2 y 10% restante cons-



tituye y representa el componente mineral del vegetal.

La investigación desarrollada por muchos años ha logrado identificar y caracterizar con base en sus propiedades particulares una gran cantidad de elementos minerales presentes y que pueden encontrarse en la naturaleza, que hoy día suma 92 de 118, como ya se comentó oportunamente.

Un largo periodo de experimentación, investigación, análisis y validación de campo y laboratorio con apropiación y mejoramiento de las técnicas, instrumentos y protocolos empleados llevó a tener una idea clara y comprobada de la importancia, o no, de muchos de esos elementos para la nutrición de las plantas, calificando varios dentro del grupo especial y selecto de “esenciales”.

El Cuadro 1 expone un interesante detalle aproximado de los años e investigadores que, de acuerdo con la literatura, se considera actuaron y son reconocidos como presuntos descubridores de los principales elementos que operan en la nutrición vegetal.

Cuadro 1.

Descubrimiento de los elementos esenciales de las plantas.

Elemento	Descubridor	Año	Descubridor de esencialidad	Año
C	*	*	T. De Saussure	1804
H	Cavendish	1766	T. De Saussure	1804
O	Priestley	1774	T. De Saussure	1804
N	G.K. Rutherford	1772	T. De Saussure	1804
P	Brand	1722	Ville	1860
S	*	*	Von Sachs, Knop	1865
K	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Ca	Davy	1807	Von Sachs, Knop	1860
Mg	Davy	1808	Von Sachs, Knop	1860
Fe	*	*	Von Sachs, Knop	1860
Mn	Scheele	1774	J.S. McHargue	1922
Cu	*	*	Sommer	1931
			C.B. Lipman & MacKinnon	1931
Zn	*	*	A.L. Sommer & C.B. Lipman	1926
Mo	Hzelm	1782	D.I. Arnon & P.R. Stout	1939
B	Gay Lussac & Thenard	1808	Sommer & Lipman	1926
Cl	Scheel	1774	T.C. Broyer et al	1954
Ni			R.M Welch	1981
			D.L. Eskew et al	1983
			P.H. Brown et al	1987

Fuente: Glass (1989); Benton et al (1991); Bataglia et al(1992); Epstein y Blomm (2006)
* Elemento conocido desde tiempos antiguos.

Criterios diferentes pueden esgrimirse para ordenar y clasificar los nutrimentos, sea por la proporción contenida en la materia seca o función desempeñada en la planta, entre otros (Chaves 1999, 2017; Morvtveadt et al 1972; Marschner 1986; Ferreira y Pessôa 1991; Bertsch 1998; Mengel y Kirkby 2000; Epstein y Bloom 2006). Siguiendo el primer criterio los mismos se ordenan en dos grandes grupos:

A. Macronutrimentos: N, P, K, Ca, Mg y S.

B. Micronutrimentos: Fe, B, Cu, Zn, Mn, Cl y Mo, entre otros como se comentará más adelante.

Desde el punto de vista de la nutrición de cultivos y fertilidad del suelo se hace también una desagregación de los primeros al calificarlos como:

C. Macronutrimentos primarios: N, P y K.

D. Macronutrimentos secundarios: Ca, Mg y S.

La separación entre macro y micro nutrientes se basa solo en la concentración en que el elemento aparece contenido en la materia seca, la cual se va a reflejar y expresar en las cantidades requeridas, contenidas y demandadas sea por el suelo, el fertilizante o ambas para el crecimiento y la formación de cosecha del vegetal. De acuerdo con Mengel y Kirkby (2000) esa división carece de sentido desde una perspectiva fisiológica, ya que muchas veces un macro y un micro operan en términos metabóli-

cos de manera similar, lo cual no ocurre sin embargo entre dos macronutrientes.

La Figura 1 presenta de manera gráfica lo señalado anteriormente, lo cual lleva a describir un fertilizante mineral como una sustancia sólida, fluida o gaseosa que contiene uno o más elementos nutricionales, sobre una forma inorgánica de rápida disponibilidad para la planta.

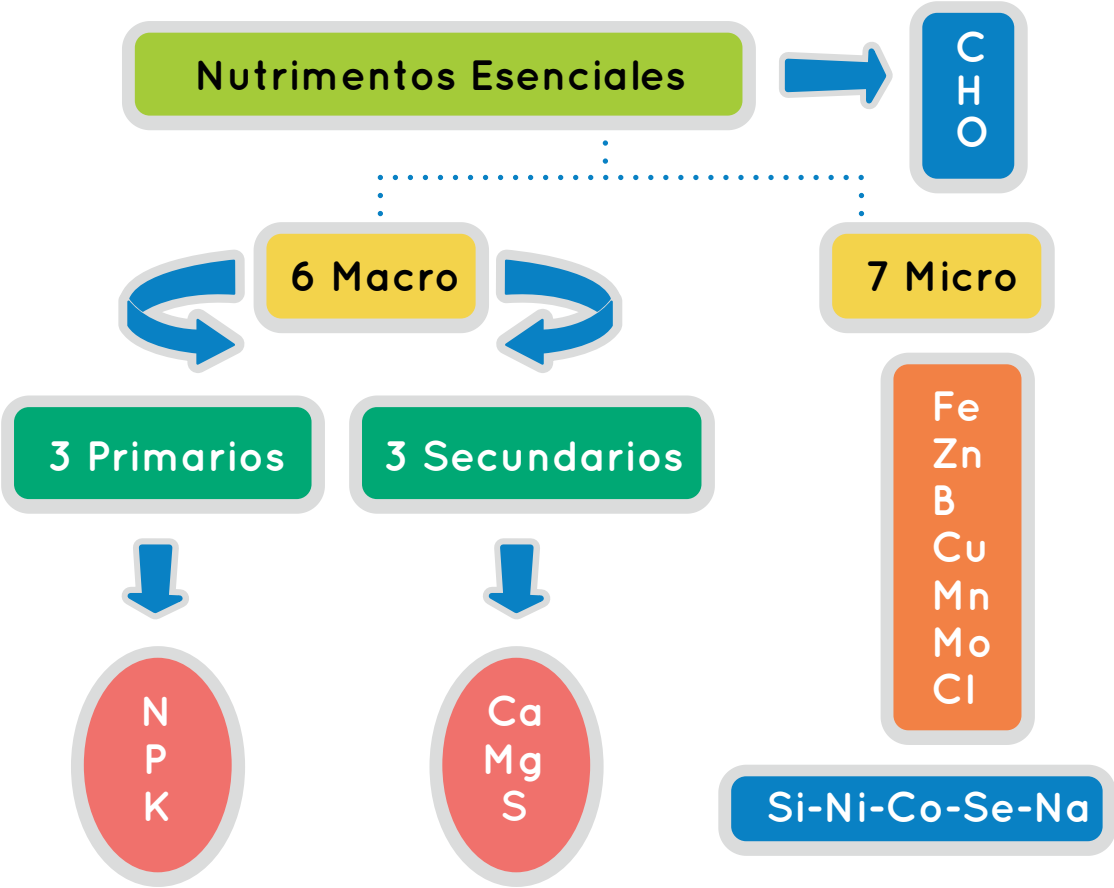


Figura 1.
Caracterización de los nutrientes esenciales según su proporción en la MS.

¿Cuáles elementos químicos califican como esenciales?

En su actividad metabólica y conformación estructural fundamental las plantas utilizan elementos minerales que adquieren por absorción y sintetizan a partir del medio donde se encuentran situadas, sea éste sólido, líquido o gaseoso. Es así como el C proveniente del CO2 atmosférico es incorporado a la planta por medio de la fotosíntesis; mientras que el H es tomado del H2O del suelo o medios nutritivos (hidropónicos) por las raíces activas.

El O se adquiere por su parte de la atmósfera, el agua y de sales minerales como nitratos, sulfatos, fosfatos, boratos y carbonatos. Resulta entonces válido y necesario tener presente para fines productivos, que pese a esas fuentes naturales casi inagotables (relativo) que los proveen, las plantas no pueden vivir y subsistir abastecidas solo con aire y agua, pues requieren además disponer de otros elementos minerales como N, P, K, Ca, S, Mg y otros presentes y absorbidos en menor cantidad como Fe, Zn, Cu, entre varios.

En los cultivos agrícolas se ha determinado de acuerdo con Alcántar y Trejo (2013), que la composición general de las plantas se basa en: Carbono (44-49%), Oxígeno (42-46%), Hidrógeno (5-7%) y elementos minerales (2-10%). Trascendente es conocer y deducir que pese a representar los elementos minerales apenas entre el 2-10% del peso total de las plantas, su influencia es vital y determinante para el desarrollo de éstas; lo que revela que la nutrición no es por ello un simple asunto de cantidades. Expresan Malavolta et al (1974) en torno al tema, que “De los tres medios que contribuyen elementos para la planta, a saber, aire, agua y suelo, el último es, cuantitativamente, el menos importante.” Concluyendo a su vez de manera pragmática, que “De los tres medios, el suelo es tal vez, el más fácilmente modificado por el hombre.”





Los tiempos han cambiado, la tecnología ha evolucionado y tal aseveración puede hoy ser cuestionada ante la evidencia que los sofisticados sistemas de producción agrícola en ambientes controlados presentan en la actualidad, sin entrar en consideraciones de trasfondo técnico y financiero.

La inferencia anterior lleva a concluir con buen fundamento que la composición mineral de las plantas desarrolladas en diferentes entornos y condiciones edáficas no puede ni debe ser empleada como criterio para establecer y concluir si un determinado nutrimento es esencial o no. Aseguran Malavolta *et al* (1974) al respecto, que *“El análisis de los residuos no combustibles de una planta, esto es, las cenizas, da una idea general y grosera, algunas veces errónea, de las exigencias, de su composición.”*

Es aceptado para Malavolta *et al* (1989) que el análisis de una planta no es un argumento suficiente para caracterizar y calificar un elemento como esencial, pues expresan aludiendo a Aristóteles, que *“Las plantas no tienen alma para pensar”*, razón por la cual absorben del suelo sin discriminación alguna lo que hay presente y disponible, sean elementos

esenciales, beneficios y aún aquellos que pueden perjudicarlos y hasta provocarles la muerte. Por lo anterior, constituye un principio fundamental de la nutrición vegetal indicar que:

“Todos los elementos esenciales son encontrados dentro de la planta, más no todos los elementos encontrados en la planta son esenciales”

En la propuesta clásica, se consideró y aceptó por muchos años que los **nutrimentos esenciales** eran 16, representados por: C, H, O, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, B, Cu, Mn, Mo y Cl; lo cual con el nuevo, moderno y renovado criterio de esencialidad favoreció la inclusión (relativa) de otros que satisfacían los preceptos que sustentaban los principios fundamentales, entre los cuales se mencionan como novedad el silicio (Si), cobalto (Co), níquel (Ni), selenio (se) y sodio (Na) que eleva el número a 21, como se muestra en la Figura 1.

Son numerosos y sólidos los argumentos que dan sustento a la incorporación de esos nuevos elementos bajo conceptos un tanto diferentes pero afines a la esencialidad, todos reforzando su importancia y trascendencia nutricional; encontrando ejemplos suficientes que

demuestran dicha relevancia la cual es sin embargo en muchos casos selectiva, parcial y específica.

La esencialidad del Cl fue descubierta hasta 1954 pese a que la cantidad requerida por las plantas es muy superior respecto a otros microelementos, lo que se atribuye a la capacidad de éstas para adquirirlo de la atmósfera. El Ni es por su parte un elemento interesante de muy reciente incorporación (Welch 1981) en la lista de elementos reconocidos por su esencialidad, pese a que cuantitativamente su necesidad es mínima.

El Se es por lo general tóxico para las plantas, pese a lo cual algunas lo toleran en cantidades apreciables, mostrando inclusive alguna necesidad y selectividad por el mismo; sirviendo algunas leguminosas como indicadoras del mismo (Minorsky 2003). El Co resulta especial virtud de su complejo accionar pues en plantas superiores su grado de esencialidad no se estableció de forma generalizada, aunque si en plantas que son hospederas de bacterias fijadoras de N atmosférico como sucede con las leguminosas; sin embargo, cuando éstas tuvieron acceso a NO_3^- , NH_4^+ o aminoácidos no se pudo validar con certeza su necesidad y esencialidad. En caña de azúcar este elemento ha mostrado alguna respuesta lo que ha derivado investigaciones al respecto.

Al Na^+ no se le conocen exigencias por parte de las plantas verdes, aunque algunas halófitas (raíces están en contacto con el agua salada o viven en terrenos con gran cantidad de sal) nativas de suelos salinos se desarrollan mejor en altos contenidos de Na. Se le ubica como esencial en plantas que fijan carbono por los mecanismos Vía C4 y CAM, calificando según Browneil (1979) como micronutriente.

El caso del Si es muy especial particularmente en gramíneas como la caña de azúcar donde forma parte estructural de las mismas, variando su contenido en las plantas en función de la especie y el ambiente prevaleciente en el suelo, entre otros factores. Luego del O el Si es el segundo elemento más abundante en el suelo

siendo constituyente de silicatos, cuyo grado de solubilidad y presencia en la solución del suelo es muy variable. Pese a su presencia y abundancia, el Si como anotaran Epstein y Bloom (2006), no es considerado un nutrimento esencial excepto en dos casos: ciertas algas diatomeas de agua dulce y marina y plantas vasculares como algunos helechos del género *Equisetum*. El Si se asocia con la respuesta de las plantas sometidas a condiciones de estrés. Investigadores como Epstein (1999) lo colocan como un elemento nombrado como **“casi esencial”**, argumentando que la segunda parte de la nueva definición aplica para algunas (no todas) las plantas ubicadas en ciertas condiciones ambientales particulares. La amplia divulgación y promoción comercial que se le da a este elemento debe mirarse con mucha prudencia y reserva, pues su aplicación debe estar necesariamente fundamentada en la investigación y no apenas en discursos comerciales.

Existe otra cantidad importante de elementos en el medio que pueden también ser absorbidos por las plantas, aunque su actividad es poco favorable y hasta detrimentales como acontece con el aluminio (Al) y el yodo (I); también metales pesados como arsénico (As), cadmio (Cd), cromo (Cr), plomo (Pb), selenio (Se) y mercurio (Hg) han sido reportados. Bertsch (1998) menciona y suma los casos del galio (Ga) y el vanadio (V). Información sobre esos y otros micronutrientes aplicados a la agricultura es abundante y va en dinámica evolución y crecimiento, como lo demuestran los textos de Mortvedt, J.J *et al* (1972), Ferreira y Pessôa (1991) y Chaves (2021h), donde el abordaje temático es muy amplio, completo y específico.

En el Cuadro 2 se expone un detalle de las principales características que presentan 21 elementos químicos importantes en la nutrición mineral de las plantas superiores, revelando sus formas iónicas absorbibles, peso atómico, la unidad en que es expresado y los rangos de concentración en que son por lo general encontrados en los tejidos vegetales de la sección aérea (principalmente hojas) pertenecientes a diferentes especies y genotipos de plantas y condiciones de entorno.

Cuadro 2.

Caracterización y variación concentración de nutrimentos (21) en plantas cultivadas.

Elemento	Símbolo	Forma absorbible por plantas	Peso Atómico	Unidad	Concentraciones	Observaciones
Nitrógeno	N	NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺	14,01	%	0,5 - 6	Macronutrimentos
Fósforo	P	H ₂ PO ₄ ⁻ , HPO ₄ ²⁻	30,98	%	0,15 - 0,5	Esenciales
Azufre	S	SO ₄ ²⁻	32,07	%	0,1 - 1,5	
Potasio	K	K ⁺	39,1	%	0,8 - 8	
Calcio	Ca	Ca ²⁺	40,08	%	0,1 - 6	
Magnesio	Mg	Mg ²⁺	24,32	%	0,05 - 1	
Hierro	Fe	Fe ³⁺ , Fe ²⁺	55,85	ppm	20 - 600	Micronutrimentos
Manganeso	Mn	Mn ²⁺	54,94	ppm	10 - 600	Esenciales
Zinc	Zn	Zn ²⁺	65,38	ppm	10 - 250	
Cobre	Cu	Cu ³⁺ , Cu ²⁺	63,54	ppm	2 - 50	
Níquel	Ni	Ni ²⁺	58,69	ppm	0,05 - 5	
Boro	B	H ₃ BO ₃	10,82	ppm	0,2 - 800	
Cloro	Cl	Cl ⁻	35,46	ppm	10 - 80.000	
Molibdeno	Mo	MoO ₄ ²⁻	95,95	ppm	0,1 - 10	
Cobalto	Co	Co ²⁺	58,94	ppm	0,05 - 10	Esencial en sistemas que fijan N
Sodio	Na	Na ⁺	22,91	%	0,001 - 8	Esencial para algunas plantas; casi esencial para otras
Silicio	Si	Si(OH) ₄	28,09	%	0,1 - 10	
Aluminio	Al	Al ³⁺	26,98	%	0,1 - 500	No conocido como esencial, frecuentemente tóxico
Oxígeno	O	O ₂ , H ₂ O	16,00			Nutrimentos
Carbono	C	CO ₂	12,01			Esenciales
Hidrógeno	H	H ₂ O	1,01			

Fuente: Adaptado de Epstein y Bloom (2006); Salisbury y Ross (1994).
* Con base en peso seco.

Todas las plantas cultivadas en el suelo absorben y contienen pequeñas cantidades, algunas veces ínfimas (ppm, μM, ppb) de numerosos elementos minerales, algunos de los cuales se consideran dispensables virtud de que su presencia no es estrictamente necesaria ni vinculante; pese a lo cual, consideran Epstein y Bloom (2006) no conveniente ni adecuado denominarlos como **“no esenciales”**, sugiriendo aplicar en su caso términos más apropiados como: **aparentemente no esenciales o no conocidos como esenciales**.

Asegura Malavolta (1980) en torno a ese tópico, que *“Un análisis refinado de muchas especies muestra en el tejido de la planta prácticamente toda la tabla periódica de elementos, hecho sabido desde el inicio del siglo XX, comenzando con la plata, Ag, y terminando con el zirconio, Zr; el vegetal contiene, pues, en su composición elementos esenciales, útiles y tóxicos.”*

Existen elementos considerados como no esenciales, pero de acción benéfica que cumplen un papel funcional importante en la vida de ciertos grupos de plantas, como sucede con el Na, no considerado esencial para la mayoría de los cultivos, pero que en plantas C4 y halófitas resulta indispensable para su crecimiento, actuando sobre la optimización del K. El caso del

Si es como se comentó muy actual, pues muchos, posiblemente más con interés comerciales, lo ubican como esencial cuando no lo es por no satisfacer los postulados vigentes, pese a tener y cumplir un papel de resistencia relevante e incuestionable al ataque de plagas y patógenos y condiciones de estrés.

Basado en lo anterior y en un intento por clasificarlos, el mismo autor ubica y categoriza los elementos minerales absorbidos por la planta como sigue:

- **Esenciales:** son los nutrientes minerales de la planta sin los cuales ésta no completa su ciclo vegetativo ni vive. El C, H y O son considerados por su parte nutrientes orgánicos.
- **Útiles:** no son esenciales, pudiendo la planta vivir sin su presencia. Pueden sin embargo contribuir para el crecimiento y la producción o la tolerancia a condiciones desfavorables del medio (clima plagas, patógenos, toxicidades).
- **Tóxicos:** son perjudiciales para el vegetal no calificando en las dos categorías anteriores.



Cuadro 3

Clasificación de los elementos minerales de acuerdo al nivel de requerimiento por las plantas.

Clasificación	Requerimientos por las plantas
Elementos indispensables	Aquellos de importancia vital para la nutrición de la planta y que reúnen los requisitos establecidos por los criterios de esencialidad. Son 17 los ubicados en esta categoría: C, H, O, N, P, S, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, B, Mo, Ni y Cl.
Elementos Útiles	Los elementos que en una forma directa o indirecta benefician la nutrición de las plantas superiores o de algunas específicas, sin ser indispensables en la nutrición vegetal, como: Si, Co, Na y Se.
Elementos Prescindibles	Elementos que no son absorbidos por la planta, pero que no realizan funciones fisiológicas específicas, ni benefician directamente o indirectamente el crecimiento de las plantas.

Fuente: Alcántar y Trejo (2013).

Un criterio muy similar fue esbozado por Alcántar y Trejo (2013) con alguna ligera variación en el término aplicado para describir el criterio en que opera la esencialidad, como se anota en el Cuadro 3.

Como se anotó al inicio una clasificación de esencialidad nutricional empleando como criterio

diferenciador la naturaleza química y las funciones fisiológicas desempeñadas por el elemento en la planta (Cuadro 4), resulta muy conveniente y apropiado porque resuelve muchos diferendos que otros criterios por el contrario confunden, disimulan y hasta ocultan, como es el caso de las cantidades presentes; sin embargo, dicha definición no es fácil de discriminar.

Cuadro 4.

Clasificación de los nutrimentos (20) basado en propiedades químicas y funciones fisiológicas.

Nutrimento	Grupo Químico	Absorción	Funciones Fisiológicas
C H O N S	No metálicos	En forma de O ₂ , CO ₂ , HCO ₃ ⁻ , H ₂ O, NO ₃ ⁻ , NH ₄ ⁺ , N ₂ , SO ₄ ²⁻ , SO ₂ ⁻ . Los iones son tomados de la solución del suelo y los gases de la atmósfera.	Principales constituyentes de las biomoléculas y la materia orgánica. Participan en todas las reacciones enzimáticas y en los procesos metabólicos; síntesis de proteínas, respiración, fotosíntesis. Asimilación por reacciones redox.
P B ¹ Si ²	No Metálicos	En forma de oxocomplejos; fosfatos, boratos (ácido bórico), silicatos de la solución del suelo.	Participan en reacciones de esterificación con grupos alcohólicos (oxhidrilo) de numerosas moléculas nativas en plantas. Los ésteres fosfato son los responsables de las principales reacciones de transferencia de energía.
K Na Ca Mg	Metales alcalinos y alcalinoterreos	En forma de cationes de la solución del suelo	Funciones no específicas estableciendo potenciales osmóticos. Como activadores enzimáticos modifican la conformación (estructura terciaria) de la proteína. Formación de puentes entre las parejas de la reacción. Participan en la regulación del potencial osmótico y en el balance y equilibrio de aniones, controlando la permeabilidad de la membrana y los potenciales eléctricos.
Fe Mn Cu Zn Mo Ni Co	Metales Pesados	En forma de cationes, de iones o quelatos de la solución del suelo.	Forman quelatos y se incorporan en los grupos prostéticos de enzimas. Participan en el transporte de electrones mediante cambios de valencia.
Cl	Halógenos	En forma de cloruro de la solución del suelo y a través del follaje en zonas costeras.	Esencial en la fotólisis del agua del PSII y en el balance de cationes.

Fuente: Bataglia *et al* (1992); Alcántar y Trejo (2013); Mengel y Kirkby (2000).

¹/ El B y el Mo son metales de transición o metaloides con predominancia de no metales.

²/ Elementos benéficos o esenciales solamente para algunas especies.



El grupo de **no metales** incluye los elementos que, en conjunto con el C, H y O son utilizados en la formación de sustancias orgánicas, siendo incorporados en las cadenas carbonatadas y absorbidos como oxocomplejos por lo general en su grado de oxidación más elevado (NO_3^- , SO_4^{2-}). El grupo de elementos **“alcalinos y alcalinotérreos”** comprende los elementos que son absorbidos y transportados por la planta en forma catiónica. Del K y Na no es conocido ningún compuesto orgánico. Los **metales pesados** destacan por su marcada tendencia a formar complejos metálicos quelatados, que pueden ser absorbidos y transportados como iones y/o quelatos (Chaves 2021h).

Se diferencian de los alcalinos y alcalinotérreos en que están fuertemente unidos y hasta incorporados en sustancias orgánicas, de manera

que un ion con fuerte tendencia a formar quelatos (ej. Cu) puede desplazar otro ion (ej. Mg) del complejo. Elementos en forma de quelato no son afectados por los procesos de fijación o precipitación que se dan comúnmente en el suelo. La literatura actual coincide en señalar transcurridos 83 años de que son 17 y no los 16 elementos nutricionales clásicos que partiendo de los postulados de Arnon y Stout se establecieron a partir de 1939 y fueron reconocidos por muchos años como base de la nutrición. Se incorpora ahora al níquel (Ni) como esencial. El Cuadro 17 presenta un detalle de los nutrimentos indicando su forma absorbible del suelo o medio nutritivo en solución hidropónica por las raíces. Se infiere que a pesar de encontrarse en concentraciones de 2 a 10% del peso de las plantas, ejercen una influencia importante sobre las fases de crecimiento y desarrollo general de las mismas.

Cuadro 5.

Elementos esenciales (17) de las plantas superiores y sus concentraciones promedio.

Elemento	Símbolo	Forma absorbible por plantas	Concentración en tejido seco ¹		No. relativo de átomos comparado con el MO
			mg kg ⁻¹	(%)	
Molibdeno	Mo	MoO_4^{2-}	0,1	0,00001	1
Níquel	Ni	Ni^{2+}	6	0,00060	100
Cobre	Cu	Cu^{3+} , Cu^{2+}	6	0,00060	100
Zinc	Zn	Zn^{2+}	20	0,00200	300
Manganeso	Mn	Mn^{2+}	50	0,00500	1.000
Boro	B	H_3BO_3	20	0,00200	2.000
Hierro	Fe	Fe^{3+} , Fe^{2+}	100	0,01000	2.000
Cloro	Cl	Cl^-	100	0,01000	3.000
Azufre	S	SO_4^{2-}	1.000,0	0,10000	30.000
Fósforo	P	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}	2.000,0	0,20000	60.000
Magnesio	Mg	Mg^{2+}	2.000,0	0,20000	80.000
Calcio	Ca	Ca^{2+}	5.000,0	0,50000	125.000
Potasio	K	K^+	10.000,0	1,00000	250.000
Nitrógeno	N	NO_3^- , NH_4^+	15.000,0	1,50000	1.000.000
Oxígeno	O	O_2 , H_2O	450.000,0	45,00000	30.000.000
Carbono	C	CO_2	450.000,0	45,00000	35.000.000
Hidrógeno	H	H_2O	60.000,0	6,00000	60.000.000

Fuente: Epstein y Bloom (2006); Alcántar y Trejo (2013); Salisbury y Ross (1994).
Nota: Las formas más comunes de absorción son Cu^{2+} , Fe^{2+} y H_2PO_4^- .

Elementos mencionados en la literatura y declarados por algunos como esenciales, como es el caso del Na, Si y Co, no califican aún para todas las plantas superiores, razón por la cual son apenas selectivos para algunas. Se estima con buen criterio que, en un futuro muy próximo con la disponibilidad de nuevas técnicas y equipos

más sofisticados y el empleo de sales más puras, pueda demostrarse e incorporarse la esencialidad de otros elementos. También los criterios de esencialidad pueden cambiar adoptando otros principios que amplíen la cantidad y diversidad de nutrimentos.

Requerimientos en plantas superiores, animales y microorganismos

Se podría pensar de manera errónea que en todos los seres vivos del reino vegetal sean plantas superiores o inferiores, también del reino animal, así como otros organismos identificados en lo específico como microorganismos, hongos, algas o bacterias, los requerimientos de elementos esenciales son similares en todos los casos; lo cual no es cierto como se muestra en el Cuadro 6. Se infiere de esa información que son apenas 9 los elementos que comparten esa

condición, como sucede con: N, P, K, S, Mg, Fe, Mn, Zn y Cu. Existen otros 12 cuya esencialidad alcanza solo algunos grupos o miembros de estos, como acontece con: Ca, B, Cl, Na, Mo, Se (selenio), Si, Co, I (iodo) y Va (vanadio). No se anotan en dicho cuadro elementos que en algunas especies pueden de manera aún más específica sustituir con capacidad al elemento funcional, como ocurre con el rubidio (Rb) por el K, el estroncio (Sr) por el Ca o el bromo (Br) por Cl.

Cuadro 6.

Esencialidad en plantas superiores e inferiores.

Elemento	Plantas Superiores	Algas	Hongos	Bacterias
N, P, S, K, Mg, Fe, Mn, Zn, Cu	+	+	+	+
Ca	+	+	±	±
B	+	±	–	–
Cl	+	+	–	±
Na	±	±	–	±
Mo	+	+	+	±
Se	±	–	–	–
Si	±	±	–	–
Co	–	±	–	±
I	–	±	–	–
Va	–	±	–	–

Fuente: Epstein (1972); Alcántar y Trejo (2013).
Nota: (+): esencial para el grupo; (–): desconocido si es esencial para el grupo; (±): esencial para algunos miembros pero no para todos los miembros del grupo.

El Cuadro 7 demuestra que existe una importante y estrecha correspondencia y relación, aunque también grandes y significativas diferencias, entre la exigencia que se tiene por los nutrimentos esenciales entre plantas superiores y vertebrados. Resulta interesante saber que O’Dell y Sunde (1997) no consideran en lo particular al N y el S como elementos minerales, porque a diferencia de las plantas, los animales los adquieren a partir de alimentos orgánicos.

Asimismo, el Na y el Cl son macronutrientes declarados tanto en la nutrición humana como animal, no así en plantas. Elementos como iodo (I), selenio (Se) y cobalto (Co) son esenciales para animales, pero aún discutibles y en fase de investigación en el caso de los vegetales, como ya se comentó con anterioridad. En plantas la evidencia de esencialidad de elementos como plomo (Pb), flúor (F), cromo (Cr), arsénico (As), litio (Li) y vanadio (V) es aún incierta.

Cuadro 7.

Elementos esenciales en animales

Esencialidad confirmada por mecanismos bioquímicos		Esencialidad indicada por daño fisiológico	
Macronutriente			
Ca	Cl		
P	K		
Na	Mg		
Micronutriente			
Fe	Co	F	As
I	Mo	Cr	Li
Cu	Se	V	Pb
Mn	Zn	Si	B
		Ni	

Fuente: Epstein y Bloom (2004).

¿Por qué es importante conocer la esencialidad nutricional?

Como quedó demostrado y es fácil comprobar en la numerosa literatura que sobre esta materia existe, las calidades, las concentraciones y las relaciones naturales que se establecen entre nutrimentos varían entre las diversas especies vegetales empleadas en el caso que interesa, como cultivos con fines alimentarios; esto muchas veces de manera muy significativa, aún entre plantas con igual genotipo creciendo en diferentes condiciones.

Conociendo además la extrema complejidad intrínseca que el factor suelo posee virtud de las numerosas actividades físicas, químicas y biológicas que allí se desarrollan con sus respectivas interacciones, sinergismos y antagonismos; muchos de los elementos minerales presentes y que son absorbidos por las plantas no desempeñan, como se ha demostrado, función alguna conocida. Como expresaran Malavolta *et al* (1974) al respecto, eso “...equivale a decir: las plantas no tienen necesidad de ellos.”

Esta situación obliga a todo agricultor, técnico y empresario, a conocer la esencialidad nutricional del cultivo que laboran y trabajan, pues de lo contrario se trabajaría sin la orientación debida. Cada cultivo y genotipo posee necesidades diferenciadas que deben tenerse presente al momento de adquirir y aplicar un fertilizante en el campo; pues no es igual fertilizar plantaciones de café, caña de azúcar, piña o palma aceitera, respecto a hortalizas, tubérculos, remolacha, brócoli o tabaco, por ejemplo.

La fertilización de un cultivo nutricionalmente exigente como la caña de azúcar debe tener un enfoque con énfasis y orientación hacia el incremento sostenible de la productividad agro-industrial, considerando primordial el balance nutricional, la rentabilidad financiera y la calidad

de los productos finales, manifestados en principio en una buena cantidad de materia prima con alta concentración de sacarosa y, al final, una alta productividad de azúcar. Balance nutricional significa que todos los nutrimentos esenciales deben estar presentes en el medio de crecimiento del cultivo en niveles no limitantes para el crecimiento y la maduración natural de las plantaciones.

La ausencia o la aplicación excesiva de un nutrimento puede en el caso particular de la caña de azúcar, tener efectos negativos sobre el sistema agroeconómico, generando desbalances que pueden de acuerdo con Kingston (2014):

- Afectar la calidad del producto (N excesivo puede deprimir los niveles de sacarosa en la caña y también elevar los colorantes indeseables en el azúcar crudo, como lo indicaran Chapman *et al* (1996)).
- Afectar el consumo y la utilización de nutrientes (altos contenidos de Ca y Mg en el suelo interfieren con la nutrición potásica (Duvenhage y King 1996)).
- Afectar la fertilidad del suelo en el largo plazo (altos niveles de fertilizantes nitrogenados elevan las tasas de acidificación del suelo (Aitken *et al* 1998)).
- Tener efectos adversos para una producción económica y rentable.

¿Cómo interpretarla y aplicarla en el campo?

Lo normal y habitual en la agricultura es corregir las deficiencias nutricionales de la plantación mediante la práctica de la fertilización al suelo, lo cual debe referenciarse y basarse para su correcta ejecución en criterios válidos y representativos, donde el muestreo (suelo y foliar) es siempre la vía apropiada e indiscutible por

seguir. La evidencia de una deficiencia nutricional, así como la respuesta correctiva obtenida mediante la adición del elemento faltante y limitante son por su complejidad muy difíciles de sensibilizar, identificar e interpretar; en particular para algunos nutrimentos por cuanto no siempre es exclusiva y además viene asociada y confundida con otros efectos adicionales. La deficiencia visual de un nutriente como expresión física, es posterior a la ocurrencia del efecto metabólico, lo cual debe tenerse presente pues cualquier acción implementada resulta en este caso de carácter correctivo, pero no preventivo.

En cuanto a efectos y respuestas en la planta es difícil discriminar cuando un efecto es directo o en su caso indirecto para un tratamiento aplicado al suelo. En el primer caso el nutriente agregado presenta un efecto directo al ser absorbido por la planta; el segundo se da por cambios secundarios generados por el tratamiento, en cuyo caso puede ser obviado mediante aplicaciones foliares.

Como primer elemento de acción para atender con capacidad la presencia de posibles deficiencias de elementos nutricionales esenciales en la plantación, es necesario conocer, saber diferenciar y tipificar la sintomatología de los elementos más importantes para la planta, o aquellos que, por antecedente del lugar, resulta esperable encontrar su limitación y consecuente deficiencia. Sin embargo, nada supera los análisis químicos representativos del suelo y tejidos específicos del cultivo como criterios correctos para juzgar integral y particularmente por elemento, el estado nutricional de una plantación (Chaves 1999, 2017, 2021b).

La fertilización como práctica de campo para incorporar los elementos nutritivos esenciales necesarios y requeridos por un cultivo, puede tener diferentes criterios basados y determinados por el fin y objetivo pretendido, como son: *correctiva, preventiva, sustitutiva, com-*

plementaria y estimulante. El tema constituye todo un capítulo que deberá ser abordado en otra ocasión.

Conclusión

El dinámico y acelerado aumento de la población en el mundo exige, obliga y demanda en consecuencia y en correlación directa, disponer de más y mejores alimentos para satisfacer las crecientes necesidades alimentarias implicadas; lo cual, asociado a los profundos y determinantes cambios que, en materia ambiental, comercial, de gustos y preferencias de los consumidores se vienen dando, no resulta fácil de resolver con la capacidad y celeridad necesarias. Dicha coyuntura un tanto mediática, pero con proyección futura muy sólida, viene sin embargo asociada a la menor disponibilidad de tierras aptas y presencia de condiciones agrestes para desarrollar una agricultura eco-competitiva, ecoeficiente y rentable; lo que obliga imperativa e insoslayablemente a procurar ejercer el mayor control posible sobre los factores de la producción que participan de toda la cadena agroindustrial y comercial. El reto y desafío planteados como expresara Chaves (2022) no es fácil de superar por la complejidad e inestabilidad de la situación prevaleciente en todos los ámbitos.

Como es sabido, la producción de los cultivos se relaciona directamente con el desarrollo y crecimiento de las plantas, mecanismos naturales que son fuertemente influenciados por factores externos tales como el clima, las características del suelo, los microorganismos, estado de fitosanidad prevaleciente y el manejo agronómico que se le dedique a la plantación desde el momento de la siembra y hasta su cosecha. La influencia e interacción de los factores abióticos y bióticos afectan de forma significativa la cantidad, calidad y costo del producto final. En este proceso inclusivo e interactivo la nutrición del cultivo constituye uno



de los factores importantes de intervenir, debido a que mal conducido puede ser determinante y ocasionar problemas asociados con deficiencias o toxicidades que afectan las expectativas planteadas; por ello, es crucial conocer los elementos implicados con la fertilización de cada especie vegetal, considerando que su función básica es aportar la energía necesaria para que la planta pueda generar sus propias estructuras y tejidos. Las plantas son en principio organismos autótrofos que utilizan la energía solar (fotoautótrofos) para sintetizar sus componentes básicos y vitales a partir del CO_2 , el H_2O y los elementos minerales. El 90-95% del peso seco de las plantas está constituido por C, H y O, que

obtienen del CO_2 y del agua; representando el 5-10% restante la fracción mineral conformada por una gran cantidad y diversidad de elementos químicos (podrían ser 92 encontrados en la naturaleza de los 118 identificados). Aunque la proporción es pequeña, no dejan por ello de ser fundamentales para el desarrollo y bienestar del vegetal, lo que explica sean considerados, nombrados y reconocidos como “elementos esenciales” para la nutrición.

Desde una perspectiva económica la producción agrícola, pecuaria o forestal, sin contar con una adecuada disponibilidad de nutrientes, las plantas y animales no producen ni aprovechan su

potencial genético intrínseco; por lo cual el logro de una producción rentable pasa por un manejo adecuado de la fertilidad del suelo y nutrición del cultivo, asegurando con ello la adecuada disponibilidad de nutrientes para las plantas.

Para lograr alcanzar un nivel de desarrollo normal en las plantas superiores, se considera con criterio científico sólido y bien fundamentado, requieren contar con 17 elementos o nutrimentos esenciales, los cuales son usados por las plantas en cantidad variable, por lo cual clasifican como macro (N, P, K, S, Ca, Mg) y micronutrientes (Fe, Zn, B, Cu, Mn, Cl, Mo, Ni). Un nutrimento se considera y califica como esencial si cumple con los postulados y requisitos que para ese fin fueron en principio formulados en 1939 por Arnon y Stout, y que luego de varias revisiones y ajustes han adoptado criterios diferentes a la luz de la investigación científica. Como condicionamiento moderno se estima de acuerdo con Epstein y Bloom (2006), que *“Un elemento es esencial si satisface uno o ambos de dos criterios: (1) el elemento es parte de una molécula que es un componente intrínseco de la estructura o del metabolismo de la planta; (2) la planta puede ser tan severamente privada del elemento que exhibe anormalidades en su crecimiento, desarrollo o reproducción -esto es, en su actividad -en comparación con plantas menos privadas.”*

Cada cultivo necesita contar de manera particular con cantidades específicas de nutrientes, lo que depende en gran parte del rendimiento obtenido (o esperado) del cultivo, la condición edafoclimática del entorno y del manejo que se le proporcione a la plantación. Aún en una misma especie o cultivo, las diferentes variedades también podrían tener requerimientos disímiles de nutrientes y respuesta diferenciada a los fertilizantes, siendo ésta superior en las variedades mejoradas.

El conocimiento, pero sobre todo el manejo adecuado de la esencialidad de los nutrimentos

como concepto técnico con alcance pragmático, es incuestionablemente un asunto de gran relevancia y trascendencia para el éxito productivo y económico de un emprendimiento o actividad agroempresarial, por el vínculo directo que sobre la productividad y los costos de producción asociados tiene. Como principio fundamental no debe existir duda ni cuestionamiento alguno en esta materia, en que nutrir y fertilizar una plantación son cosas muy diferentes, pues el primero implica integralidad, proporcionalidad, conjunción, articulación, sinergismo y optimización; el segundo consiste en aplicar al suelo lo que se puede posiblemente de manera parcial y desproporcionada, aun empleado técnicas sofisticadas basadas en criterios válidos y aceptados como son el muestreo y la dosificación de nutrientes.

Nutrir es implementar y aplicar un concepto de máxima optimización consistente en incorporar todos los nutrimentos esenciales conocidos y aceptados, actualmente 17, en las proporciones, formas y momentos fenológicos del ciclo vege-



tativo natural donde son requeridos; lo cual se realiza por medio de la práctica de la fertilización al suelo y/o foliar. Ciertamente pensar en nutrir de manera completa y satisfactoria una plantación en el campo resulta un tanto utópico por las dificultades prácticas, técnicas y financieras existentes; pese a lo cual se debe buscar siempre la mayor proximidad a cumplir ese deseo. Acontece, sin embargo, que la práctica comercial normal y habitual verificada entre agricultores es, como se indicó, parcial, incompleta y desproporcionada pues apenas cubre unos pocos nutrimentos aplicados no siempre en las condiciones requeridas y deseadas. Mantener una proporcionalidad y balance correcto de los nutrientes aplicados en las diferentes etapas del ciclo natural de desarrollo vegetativo de la planta, es siempre una actividad clave y deseada en las aplicaciones de campo que favorece y potencia sinergismos y evita antagonismos innecesarios e inconvenientes.

La esencialidad nutricional debe traducirse, interpretarse y operarse en la práctica de campo buscando siempre emplear las fuentes fertilizantes más apropiadas que incorporen las formas químicas activas y absorbibles deseadas; complementadas preferiblemente con un elemento (ion) acompañante que contribuya con el concepto de variabilidad e integralidad. Es importante en este punto considerar la posibilidad de satisfacer la adición de la mayoría de los 17 nutrimentos requeridos, sea por mejoramiento de la fertilidad del suelo que resulta más efectiva y posiblemente menos onerosa, que, mediante el uso de fórmulas comerciales (completas) de elementos, que podría incrementarse y perpetuarse de manera inconveniente en el tiempo. La aplicación de los nutrimentos en la forma (manual, mecánica, fraccionada, incorporada, superficial) y momento fenológico (germinación, crecimiento, diferenciación, floración, fructificación) cuando son requeridos es igualmente determinante. No

puede obviarse mencionar que las aplicaciones foliares pueden contribuir y complementar exclusivamente en el caso de algunos micronutrientes esenciales.

Importante llamar la atención sobre un asunto que parece irrelevante, pero tiene mucho trasfondo técnico y económico y es el asociado con el supuesto beneficio que algunas fórmulas comerciales dispuestas en el mercado pretenden convencer y vender. Se trata de formulaciones completas que bajo la etiqueta de contener muchos nutrientes (expresados con muchos números) se ofrecen como solución a la infertilidad y satisfacción de las necesidades del cultivo; cuando la realidad y valoración detallada revela que los contenidos incorporados (casi trazas) poco o ningún impacto aportan a la fertilidad del suelo y menos a la absorción por las raíces y estado de nutrición de la planta. El productor debe tener mucho cuidado en que compra y que le venden, y las organizaciones y los cuerpos técnicos profesionales de orientar al respecto pues “no todo lo que brilla es oro”. En el caso de los fertilizantes foliares la situación es aún más grave como lo indicara Chaves (2021k).

Como corolario es importante siempre enfatizar y reiterar en la imperiosa necesidad, pero sobre todo beneficio de muestrear y acondicionar el suelo previo a sembrar y fertilizar la plantación sea empleando correctivos de acidez, bioinsumos y muy particularmente incorporando materia orgánica de calidad buscando recarbonizar el suelo. La mejor y más estable inversión que un productor puede hacer es sin lugar a duda elevar la condición de fertilidad natural del suelo, lo que le permitiría prescindir en algún grado de la inconveniente y onerosa dependencia por los fertilizantes químicos. Los fertilizantes minerales son buenos y necesarios, no cabe duda, no así su dependencia como factor primario para sustentar y sostener el incremento productivo.



Literatura citada

Aitken, R.I.; Kingston, G. 1998. *Strategies for correcting subsoil acidity in sugarcane soils*. Proceedings of the 1998 National Acidity Conference 15-17 July Poster Session. Hyatt Regency Coolum, Queensland australia.

Alcántar González, G.; Trejo Téllez, L.I. 2013. *Elementos esenciales*. En: Nutrición de Cultivos. 1ª edición. México. Universidad Autónoma de Chapingo. Editorial Colegio de Postgraduados. p: 8-47.

Arnon, D.I.; Stout, P.R. 1939. *The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to cooper*. Plant Phy siology 14: 371-375.

Bataglia, O.C.; Dechen, A.R.; Rodriguez dos Santos, W. 1992. *Diagnose visual e análise de plantas*. Em: Simpósio Adubação, Produtividade e Ecologia. Campinas, São Paulo, Fundação Cargill. XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, julho. p: 369-393.

Benton Jones, J.; Wolf, B.; Mills, H.A. 1991. *The Essential Elements*. In: Plant Analysis Handbook: A Practical Sampling, Preparation, Analysis, and Interpretation Guide. Georgia, USA. Micro-Macro Publishing, Inc. p: 3-17.

Bertsch, F. 1998. La Fertilidad de los Suelos y su Manejo. 1º ed. San José, Costa Rica: Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo (ACCS). 157 p.

Browneil, P.E. 1979. *Sodium as na essential micronutriente elemento for plants and its possible role in metabolism*. Advances in Botanical Research 7: 118-224.

Chapman, L.S.; Ham, G.J.; Hurney, A.P. 1996. *Preliminary evaluations of field factors affecting amino acids in sugarcane juice*. Proceedings of the Australian Society of Sugar Cane Technologist, 18: 213-221.

Chaves, M. 1999. *Nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p:193-214. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 46-67.

Chaves Solera, M.A. 2015. *Errores y omisiones técnico-administrativas que sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 16 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, 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, MA. 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. *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. *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. 2020c. *Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(24): 5-13, noviembre.

Chaves Solera, M.A. 2021a *Estrés mineral y caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(11): 5-21, mayo.

Chaves Solera, M.A. 2021b. *Principios generales de la nutrición y fertilización de cultivos*. San José, Costa Rica. Presentada en evento organizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de la Región de Desarrollo Brunca, San Isidro de El General, con motivo de celebrar la “Jornada Agropecuaria Virtual”, mayo. Presentación Electrónica en Power Point. 80 láminas.

Chaves Solera, M.A. 2021c. *Factores que intervienen y modifican la eficiencia y efectividad de la fertilización y los fertilizantes nitrogenados en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(13): 5-20, junio.

Chaves Solera, M.A. 2021d. *¿Cuánto Nitrógeno se aplica en las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica?* Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(17): 5-26, agosto.

Chaves Solera, M.A. 2021e. *Óxido nitroso (N2O) y uso del nitrógeno en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(19): 5-29, setiembre.

Chaves Solera, M.A. 2021f. *Nitrificación y pérdidas potenciales de nitrógeno en suelos cañeros*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(20): 6-24, setiembre.

Chaves Solera, M.A. 2021g. *Amonificación y volatilización de nitrógeno en suelos cañeros*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(21): 6-22, octubre.

Chaves Solera, M.A. 2021h. *Aluminio: un elemento contraproducente para la productividad y rentabilidad de la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 21. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, septiembre. p: 5-45.

Chaves Solera, M.A. 2021i. *Fertilizantes de liberación controlada, lenta y estabilizados para uso en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(25): 6-23, noviembre-diciembre.

Chaves Solera, M.A. 2021j. *Sugerencias y recomendaciones para el uso óptimo de fertilizantes en la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(26): 8- 23, diciembre.

Chaves Solera, M.A. 2021k. *Fertilización foliar en caña de azúcar: concepto, principios y práctica*. Revista Entre Cañeros N° 22. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 65-125.

Chaves Solera, M.A. 2022. *Retos tecnológicos de la agroindustria azucarera costarricense en procura de lograr la ecoeficiencia y la eco-competitividad comercial*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(12): 5-21, junio.

Duvenhage, A.J.; King, A.G. 1996. *Improving the prediction of potassium requirement of sugarcane in base-saturated soils of Swaziland*. Proceedings of the South African Sugar Technologist Association, 22(2): 40-46.

Epstein, E. 1972. *Mineral Nutrition of Plants: principles and perspectives*. John Wiley and Sons, New York. 412 p.

Epstein, E. 1994. *The anomaly of silicon in planta biology*. Proceedings of the National Academy Sciences of the United States of America 91: 11-17.

Epstein, E. 1999. Silicon. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology, 50: 641-664.

Epstein, E.; Bloom, A. 2006. *Componentes Inorgânicos de Plantas*. Em: Nutrição Mineral de Plantas: Principios e Perspectivas. 2 edição. Trad. Maria Edna Tenório Nunes. Londrina, Brasil. Editora Planta. p: 41-68.

Ferreira, M.E.; Pessôa Da Cruz, M.C. 1991. *Micronutrientes Na Agricultura*. Piracicaba, São Paulo. Simpósio sobre Micronutrientes Na Agricultura. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS). 734 p.

Glass, A.D.M. 1989. *Plant Nutrition: An introduction to current concepts*. Jones and Barlett Publishers, Boston, MA.

Hoagland, D.R. 1944. *Lectures on the Inorganic Nutrition of Plants*. Chronica Botanica, Waltham, MA.

Kingston, G. 2014. *Mineral Nutrition of Sugarcane*. In: Chapter 5. SUGARCANE: Physiology, Biochemistry, and Functional Biology. edited by Paul H. Moore, Frederick C. Botha. New York: Ed John Wiley & Sons, Inc. Iowa USA. p: 85-120.

Malavolta, E.; Haag, H.P.; Mello, F.A.F.; Brasil Sobrinho., M.O.C. 1974. *Nutrição Mineral e Adubação de Plantas Cultivadas*. São Paulo, Brasil: Livraria Pionera Editora. 727 p.

Malavolta, E. 1980. *Os Elementos Minerais. Em: Elementos de Nutrição Mineral de Plantas*. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda. p:

Malavolta, E.; Vitti, G.C.; De Oliveira, S.A. 1989. *Avaliação do Estado Nutricional*. Em: Avaliação do Estado Nutricional das Plantas. Principios e Aplicações. Piracicaba, São Paulo. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato (POTAFOS). p: 1-129.

Marschner, H. 1986. *Mineral nutrition of higher plants*. London, Academic Press, Inc. 674 p.

Mengel, K.; Kirkby, E. A. 2000. *Los Nutrientes de las Plantas*. En: Principios de Nutrición Vegetal. Traducción de 4a edición (1987). Basel, Switzerland, International Potash Institute. p: 11-24.

Minorsky P.V. 2003. *Selenium in plants*. Plant Physiology 133: 14-15.

Mortvedt, J.J.; Giordano, P.M.; Lindsay, W.L. 1972. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Wisconsin, USA. Soil Society of America, Inc. 666 p.

O'Dell, B.L.; Sunde, R.A. 1997. *Handbook of Nutritionally Essential Mineral Elements*, Vol. 2 of Clinical Nutrition in Health and Disease. Dekker, New York: Marcel Dekker.

Salisbury, F.B.; Ross, C.W. 1994. *Fisiología Vegetal*. México. Grupo Editorial Iberoamericano S.A. 759 p.

Welch, R.M. 1981. *The biological significance of nickel*. Journal of Plant Nutrition 3: 345-356.



RELEVO GENERACIONAL Y DESARROLLO RURAL: EL CASO DEL SECTOR CAÑERO DE CARRILLO EN GUANACASTE, COSTA RICA.¹

M.Sc. Enrique Valenciano Ulate

Resumen

El proyecto consistió en desarrollar una investigación de enfoque cualitativo de tipo exploratoria y descriptiva sobre el fenómeno del relevo generacional en el sector cañero costarricense. Se focalizó en las pequeñas y medianas personas productoras del cantón Carrillo en Guanacaste. La iniciativa de investigación nace al observar en este sector, procesos debilitados o ausentes de relevo generacional, personas productoras de avanzada edad, poca participación de personas jóvenes, pérdidas de áreas del cultivo de caña y reducciones importante en las entregas en las zafras.

La ausencia de estudios en el sector cañero sobre el relevo generacional evidenció la importancia y la necesidad de profundizar en una investigación sobre esta problemática, que permitiera conocer cuáles son los elementos que caracterizan e influyen en este proceso de vital importancia en el desarrollo rural. Se implementa la investigación con las personas productoras que entregaron menos de 1500 toneladas por zafra.

Se utilizó el abordaje teórico desarrollado

para el estudio del relevo generacional en las empresas familiares agropecuarias. Al analizar las características de estas personas productoras en Carrillo, se identifica que cumplen con esta conceptualización: (a) persona productora agropecuaria, (b) integrantes con vínculos de parentesco, (c) familiares aportan capital, liderando la gestión y la toma de decisiones, (d) es prioritario que los activos y su gestión continúen en propiedad de la familia.



¹ Elaborado con base en:
Valenciano, E. 2021. Análisis de la problemática del relevo generacional en el sector cañero entre los años 2016 al 2020: las pequeñas y medianas personas productoras de caña de azúcar del cantón Carrillo en Guanacaste, Costa Rica (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Costa Rica). Maestría en Desarrollo Rural, tesis. <https://mrd-r-una.org/index.php/servicios/tesis/category/27-tesis-2021>

El relevo generacional se define como el proceso mediante el cual, las generaciones adquieren y transfieren participación y derechos, mediante un diálogo de saberes generacional, sobre: (a) la gestión empresarial, toma de decisiones y liderazgo, (b) la propiedad de los activos, principalmente tierra y (c) los beneficios y las utilidades.

La metodología de la investigación se implementó en tres fases: (I) caracterización general de las personas productoras del sector cañero de Carrillo, (II) caracterización de los principales elementos que influyen en los procesos de relevo generacional, mediante estudio de casos y (III) explorar la visión de las personas jóvenes vinculados a las familias productoras de caña de azúcar y de las personas productoras sobre el relevo generacional, mediante grupos focales.

La investigación identificó 145 personas productoras, con una alta edad promedio de 63 años, muy superior a los 54 años que es el promedio nacional en el sector agropecuario. El 56 % tiene más de 60 años y un 8 % es mayor de 80 años. Se evidenció poca participación de las personas jóvenes y adultas jóvenes, los menores de 40 años solo representan el 4 % del total identificado.

Se determina que el relevo generacional ocurre, principalmente, como un proceso de herencia a una avanzada edad de los relevados -titulares de la propiedad- y los relevos. Constituye un relevo entre personas adultas mayores y adultas, con poco involucramiento de las personas adultas jóvenes y jóvenes; el principal fin de este proceso es conservar el patrimonio de la tierra a nivel familiar.

Las generaciones como la Digital y la Virtual tienen poca participación, lo cual limita la innovación, el uso de la tecnología y el cambio de paradigmas.

Se analizó la importante participación de las mujeres, que representan el 39 % de las personas productoras investigadas, las cuales tienen mayor interés que los hombres, de dar -iniciación- en el relevo generacional a sus hijos e hijas. Existe la necesidad de mayor intencionalidad en la comunicación, discusión y la planificación en las familias sobre este proceso. El relevo generacional o la herencia de la tierra entre “sociedades de hermanos” constituye un fenómeno importante en el sector y que impacta el relevo por la baja proporción entre área de tierra y miembros de la familia.

Para las generaciones mayores y sus familias, la pensión no implica una verdadera jubilación, por lo que continúan al frente de la gestión del cañal y aplazan el relevo o la herencia. Los factores relacionados con la retribución económica y el derecho a las utilidades tienen influencia determinante en estos procesos; sumado a los factores culturales como el arraigo y la simbólica social. Existe una idea de desvinculación entre preparación académica e integración en la producción agropecuaria, lo cual debe evolucionar a una relación sinérgica; la frase “estudien para que no tengan que trabajar duro en el campo” influye en el proyecto de vida de las nuevas generaciones y parece concretarse en esta idea de desvinculación, tal como se discuten en los grupos focales.

Palabras claves: relevo generacional, sector cañero, cantón Carrillo.

Introducción

La realidad del sector cañero costarricense no está aislada de la problemática del sector agropecuario a nivel nacional. Los análisis revelan una gran pérdida en la contribución del sector agropecuario en la economía costarricense.

Como lo argumenta Herrera (2020:2):

... de 1999 en adelante la participación de la producción agrícola empezó a caer, hasta llegar en la actualidad al valor de 4.2 puntos porcentuales del PIB, significa que en menos de 30 años la producción llegó a ser una tercera parte de lo que era en 1998. Si seguimos con la misma tendencia que traemos desde 1999, la producción en el año 2031 llegará a 0.0 % del PIB.

Esta preocupante realidad, ha sido reflejada en varios estudios, como el Censo Agropecuario

(Cenagro, 2014) del Instituto Nacional de Estadística y Censos que registra esta problemática, el INEC (2015:23) indica que «el total de fincas censadas fue de 93.017, lo que comparado con la cantidad reportada en 1984 representa un decrecimiento del 8,7 %». Afirma el INEC (2015), que es una tendencia contraria a los censos agropecuarios realizados desde 1950 a 1984, donde siempre se reporta un crecimiento en el número de fincas.

La siguiente figura resume el perfil de la persona productora según el Cenagro 2014.

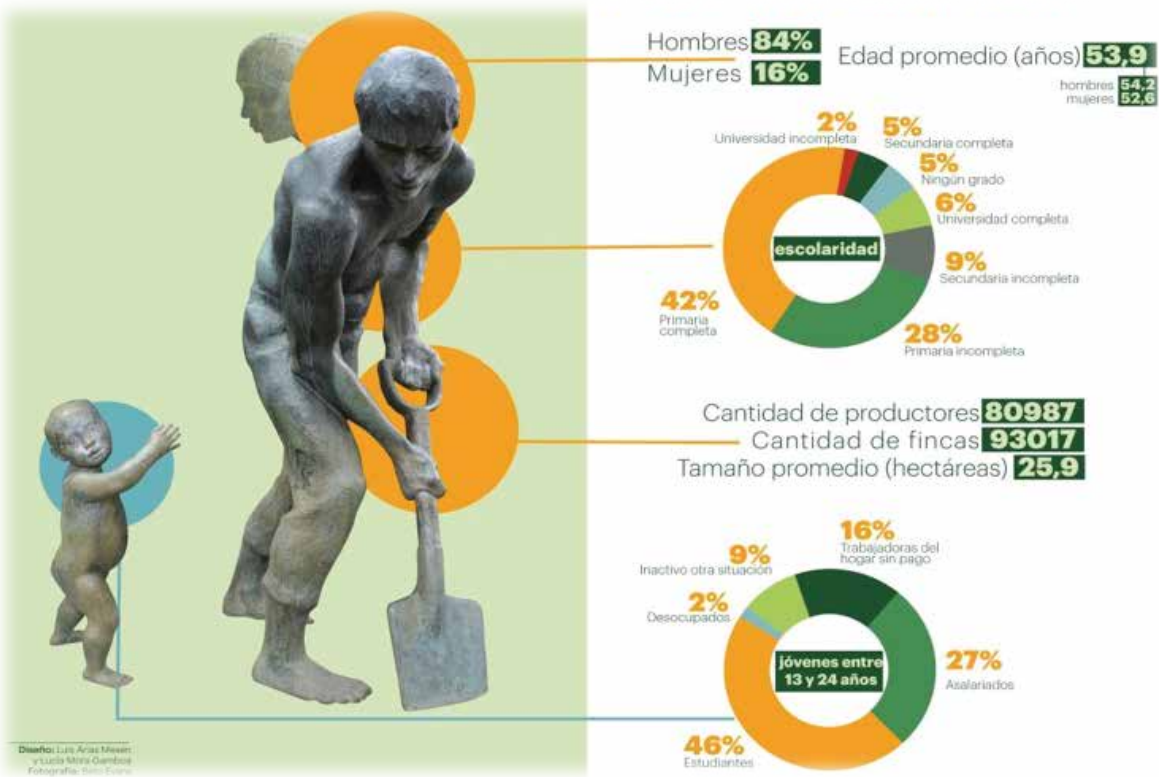


Figura 1.

Perfil de las personas productoras

El INEC (2015) reporta, una alta edad promedio de la población agricultora en Costa Rica, el promedio es 53,9 años y el 22,5 % de las personas tiene más de 65 años.

El proceso de aumento de la edad promedio en el sector agropecuario, está relacionado a un bajo relevo generacional, donde personas jóvenes y adultas jóvenes no continúan el proyecto productivo de sus antecesores. Los factores como la baja rentabilidad, mejores condiciones laborales en el empleo no agrícola y aumento en la preparación académica influyen en el bajo relevo generacional.

El sector cañero costarricense

El sector cañero tiene presencia en el desarrollo histórico de los países de América Latina desde la época de la Conquista y la Colonia, y tiene gran importancia en el desarrollo social, económico y ambiental de las sociedades rurales latinoamericanas.

En el caso costarricense, León y Arroyo (2012) indican, que la adaptación del cultivo a las condiciones ecológicas y topográficas, la tecnificación, la inversión de capital y los buenos rendimientos, más la participación y la protección estatal son factores que han potenciado la expansión del cultivo a nivel nacional y el crecimiento como sector. Es la regulación de la actividad cañera y la relación entre los actores, mediante leyes y reglamentos, que le dan la configuración final al sector que se proyecta hasta la actualidad.

El aporte a la economía es muy importante, al considerar el producto interno bruto, el PIB y el empleo. En opinión de Chaves (2020) este sector aporta, 20 mil empleos directos y prácticamente 80 mil empleos indirectos, representa el 2.3 % del PIB, y aporta más de ocho mil quinientos millones en impuestos nacionales y contribuciones sociales.

Considerando los datos oficiales de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) sobre las zafras desde 2016 al 2019, que se reportan y analizan en publicaciones de Chaves (2019), Chaves y Bermúdez (2020), Chaves, Bermúdez y Méndez (2018), y Chaves, Bermúdez y Méndez (2019), se puede resumir que actualmente el sector cañero está conformado por 13 ingenios distribuidos por todas las zonas productoras, alrededor de 7000 personas productoras ubicados en seis zonas, cubren 30 cantones de seis provincias en 121 distritos y con más de 60 mil hectáreas en producción.

Existen siembras de caña desde los 0 hasta 1200 metros sobre el nivel del mar (msnm), como indicador de su amplia distribución territorial.

La actividad cañera ha evolucionado del Valle Central hacia el resto del país, y se concentra hoy en Guanacaste especialmente en los cantones Liberia y Carrillo. Tal como la reportan Angulo, Rodríguez y Chaves (2020), en las zafras del período 2015 al 2020; en Guanacaste, se procesa el 57,63 % de la caña de azúcar y se fabrica el 57,90 % del azúcar costarricense, con la contribución de 1048 personas productoras independientes que significan el 6,63 % del total nacional. Guanacaste posee el 56,77 % de toda el área nacional cultivada de caña de azúcar.

Los datos ofrecidos por Chaves y Chavarría (2013) permiten determinar que en Liberia y Carrillo se concentra el 32 % del área sembrada de caña de azúcar a nivel nacional y el 59 % del área cañera de la provincia Guanacaste. Dicha tendencia se mantiene hasta la actualidad.

En dichos cantones y como lo afirma Chaves y Chavarría (2013), se «determinan en un muy alto grado la producción nacional de caña y con ello de azúcar, razón por la cual cualquier impacto que acontezca en los mismos, sea positivo o negativo, resulta trascendente para la zona y el país». Por esta misma razón, los estudios realizados en esta región resultan importantes en

el desarrollo del sector cañero y el entendimiento de su dinámica.

Una problemática que enfrenta el sector cañero es la reducción en la cantidad de personas productoras con la consecuente pérdida de áreas de cultivo. Los análisis sobre las estadísticas oficiales de Laica de las zafras 2016 a la 2019, realizados por Chaves (2019), Chaves *et al* (2018) y Chaves *et al* (2019a), llegan a preocupantes conclusiones sobre esta problemática, las cuales se resumen a continuación:

- En Guanacaste, entre las zafras 2013 a 2016, disminuye la cantidad de caña molida en 38.888 toneladas correspondientes a un -1,2 %, por causas atribuidas básicamente a razones ambientales, como la sequía, viento y estrés térmico e hídrico y muchos agricultores que dejaron la actividad cañera.
- En el año 2016, se estiman 35.197 hectáreas (ha), lo que indica una disminución de 4.054 ha con respecto al año anterior, una reducción del 10,3 %.
- La disminución es principalmente en la zona Oeste, en los cantones Carrillo, Liberia, Santa Cruz y Nicoya, donde se reduce el área sembrada en 7.377 ha, un 25,5 %.

La reducción en 25,5 % del área de caña en la zona Oeste donde se incluye Carrillo y Liberia, es alta, comparándola con las demás regiones del país, incluso que la zona Este de Guanacaste, aspecto que debe llamar la atención. Generalmente se explica esta situación por la sequía, eventos hidrometeorológicos y la falta de agua para riego, sin embargo, es un aspecto que debe ser analizado con mayor profundidad, incluyendo los aspectos sociales como el relevo generacional.

Estas reducciones de áreas, también se reflejan en la cantidad de personas productoras, especialmente la pequeña producción con

entregas menores a 250 toneladas. Analizando esta situación Chaves *et al* (2018), reportan que:

....en el ámbito base constituida con cantidades menores que van de 1 a 250 toneladas, donde ocurrió la mayor disminución nominal con 405 registros menos equivalente a un importante -6,8 %. El rango superior de +5.000 toneladas fue contrariamente el único que elevó en (+17,4 %) la cantidad (+4) de entregadores registrados respecto a la zafra 2015-2016, pues en todos los otros cinco rangos hubo disminuciones.

El efecto de concentración de la producción en grandes productores y pérdida de participación de la pequeña producción es un fenómeno observado desde varias zafras atrás. Los estudios realizados por Chaves *et al* (2018), concluyen que a partir del período 2007-2008 una disminución sistemática de 3.887 entregadores para una muy significativa reducción del 77,4 % en el término de 10 zafras.

En el sector cañero se refleja una preocupante situación referente a la reducción en la participación en las entregas de caña de azúcar de las personas productoras independientes, especialmente la pequeña y mediana producción en la región Oeste de Guanacaste, específicamente en los cantones Liberia y Carrillo. Estos cantones son los mayores productores de este cultivo a nivel nacional, también es donde se está reflejando la mayor pérdida de participación de las personas productoras en las entregas de caña de azúcar.

Al respecto, Chaves *et al* (2018), afirman lo siguiente:

...de no detenerse la tendencia reduccionista que viene sistemática y consistentemente aconteciendo en todo el país y con particular incidencia en las regiones de Guanacaste y zona Sur, en

muy pocos años se tendrá posiblemente una alta concentración de la materia prima en pocas unidades productivas, menguando con ello la participación y representatividad del segmento de pequeños y medianos agricultores.

Esta problemática generalmente se atribuye a la falta de recursos financieros y factores climáticos como la sequía, huracanes u otros fenómenos hidrometeorológicos; sin embargo, los factores socioproductivos, como asociatividad, género, relevo generacional no están siendo suficientemente analizados para explicar esta problemática. Esta observación es reforzada por Chaves y Bermúdez (2020), en la revista conmemorativa de los ochenta años del sector cañero, donde señalan 32 sugerencias y recomendaciones por ser abordadas para su fortalecimiento, incluyendo las siguientes:

- Revisar lo pertinente en torno a la participación, sostenibilidad y permanencia del productor independiente de caña en el sistema agroproductivo.
- Abordar temas relevantes actuales y futuros: juventud rural, relevo generacional en el sector cañero y participación de la mujer.

Especialmente señalado, en el Primer Encuentro Nacional de Mujeres Productoras de Caña, reportado por la AED y LAICA (s.f.), «es necesario e impostergable establecer una estrategia que garantice el relevo generacional en la actividad cañera. El futuro, en este momento, apunta a la venta de tierras».

La pérdida de participación o bien la eventual desaparición de este segmento de personas productoras impactaría el fundamento social del sector cañero. Como lo argumenta Chaves *et al* (2018), «con lo cual se desnaturaliza y desfigura en alto grado el fundamento social mantenido por

la organización azucarera por más de 76 años de vida institucional continua».

Esta problemática debería motivar una discusión profunda que garantice acciones estratégicas para la permanencia de la pequeña y mediana producción, así como promover los procesos de relevo generacional para mantener la vigencia del sector.

Por tanto, el problema que esta investigación aborda es la identificación, la caracterización y el análisis de los elementos que influyen en el relevo generacional en el sector cañero, específicamente, en la pequeña y la mediana producción en el cantón Carrillo en Guanacaste.

Metodología

La investigación se desarrolla con el objetivo de analizar la problemática del relevo generacional en un contexto específico, rural y agrario, estudiando los elementos que caracterizan e influyen en este fenómeno social. Para este fin, se focaliza en las personas productoras de caña de azúcar del cantón Carrillo en Guanacaste, específicamente en la pequeña y mediana producción.

Es una investigación de enfoque cualitativo de tipo exploratorio y descriptivo. El diseño metodológico es guiado por los modelos de análisis del relevo generacional en el marco de la empresa familiar, el modelo de los tres círculos desarrollado por Tagiuri y Davis (1982) y el modelo de los cinco círculos propuesto por Amat (2000) como se citó en Pérez (2012).

En el siguiente cuadro, se resume el proceso investigativo.

Cuadro 1

Diseño y operacionalización de la investigación

Fase	Objetivo	Unidad de análisis	Productos	Productos
Fase I, caracterización de las personas productoras.	1. Identificar las características generales de las pequeñas y medianas personas productoras de caña de azúcar en el cantón Carrillo, que se mantienen activas en las zafas de los años 2016 a 2020.	Personas productoras, con entregas menores a 1500 toneladas en las zafas de los años 2016 al 2020. Focalizando en: edad, sexo, sector, distrito, comunidad, área de finca, georreferencia de la finca y toneladas de caña.	Caracterización general de las personas productoras. Se enfatiza en la edad como unidad de análisis principal, determinando el grupo etario y generacional. Sectorización de las personas productoras.	+ Consultas a las bases de datos de: * Laica, nómina de productores. * Cenagro. * Registro Civil. * Google Earth. + Consulta a expertos y líderes locales del sector cañero.
Fase II, elementos que caracterizan el relevo generacional.	2. Caracterizar los principales elementos que influyen en los procesos de relevo generacional en el sector cañero del cantón Carrillo.	Empresas familiares agropecuarias y sus procesos de relevo generacional. Visualizadas con el modelo de los cinco círculos: familia, empresa, propiedad, gestión y relevo generacional.	Análisis de los principales elementos que caracterizan e influyen en los procesos de relevo generacional.	Estudios de casos mediante entrevista individual semiestructurada con preguntas abiertas y cerradas.
Fase III, visión sobre el relevo generacional.	3. Explorar la visión de personas jóvenes vinculadas a las familias productoras de caña de azúcar y de las personas productoras, sobre el relevo generacional en el sector cañero de Carrillo.	Procesos de relevo generacional. Con los: + Hijos e hijas de las personas productoras. + Personas productoras.	Un análisis de los argumentos y de la visión de las personas productoras y jóvenes, sobre el relevo generacional.	Grupos focales por sector, en forma separada: +Tres grupos de personas jóvenes, 5 integrantes por grupo. +Tres grupos de personas productoras, 5 integrantes por grupo.

Se utiliza un muestreo no probabilístico o dirigido, denominado muestras diversas o de máxima variación, según Hernández, Fernández y Baptista (2014). Interesa seleccionar la mayor diversidad de grupos etarios, generacionales, de género y geográficos que permitan el estudio de la mayor diversidad, heterogeneidad y variación, que faciliten la identificación, la riqueza y el análisis de los elementos claves en la problemática de estudio.

La caracterización en la fase I, parte de la nómina de productores, que es publicada por

Laica, según lo estipula el artículo 88 de la Ley 7818.

En la fase II, se consideran los estudios de casos, porque facilitan el acceso a las personas productoras en su comunidad, en su ambiente de trabajo, de vida comunitaria y familiar. Esto les da mayor confianza y tranquilidad y un abordaje natural de las preguntas y los diálogos necesarios para la investigación. La guía para el estudio de casos, se orienta por el modelo de los cinco círculos de Amat y que se muestra en la siguiente figura.

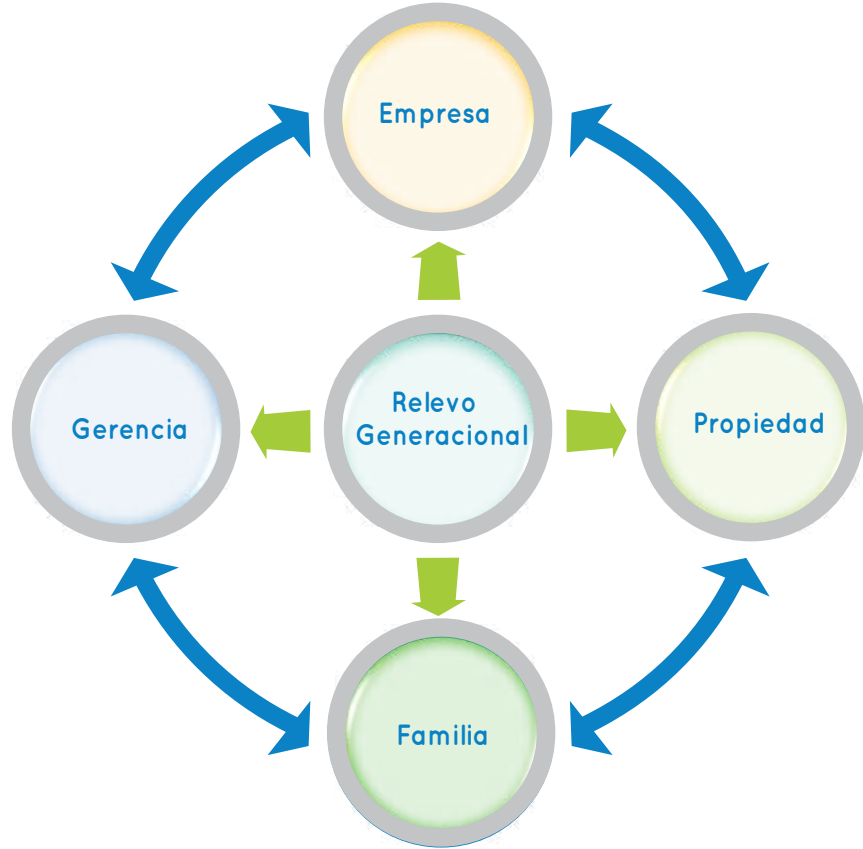


Figura 2.

Modelo de los cinco círculos

En la fase III, las sesiones se realizaron en las comunidades con la finalidad de evitar los traslados por seguridad sanitaria ante la pandemia del COVID-19. En forma separada

por sector y por grupo etario. La guía para el diálogo en los grupos focales, se basa en el concepto de relevo generacional que se esquematiza en la siguiente figura.

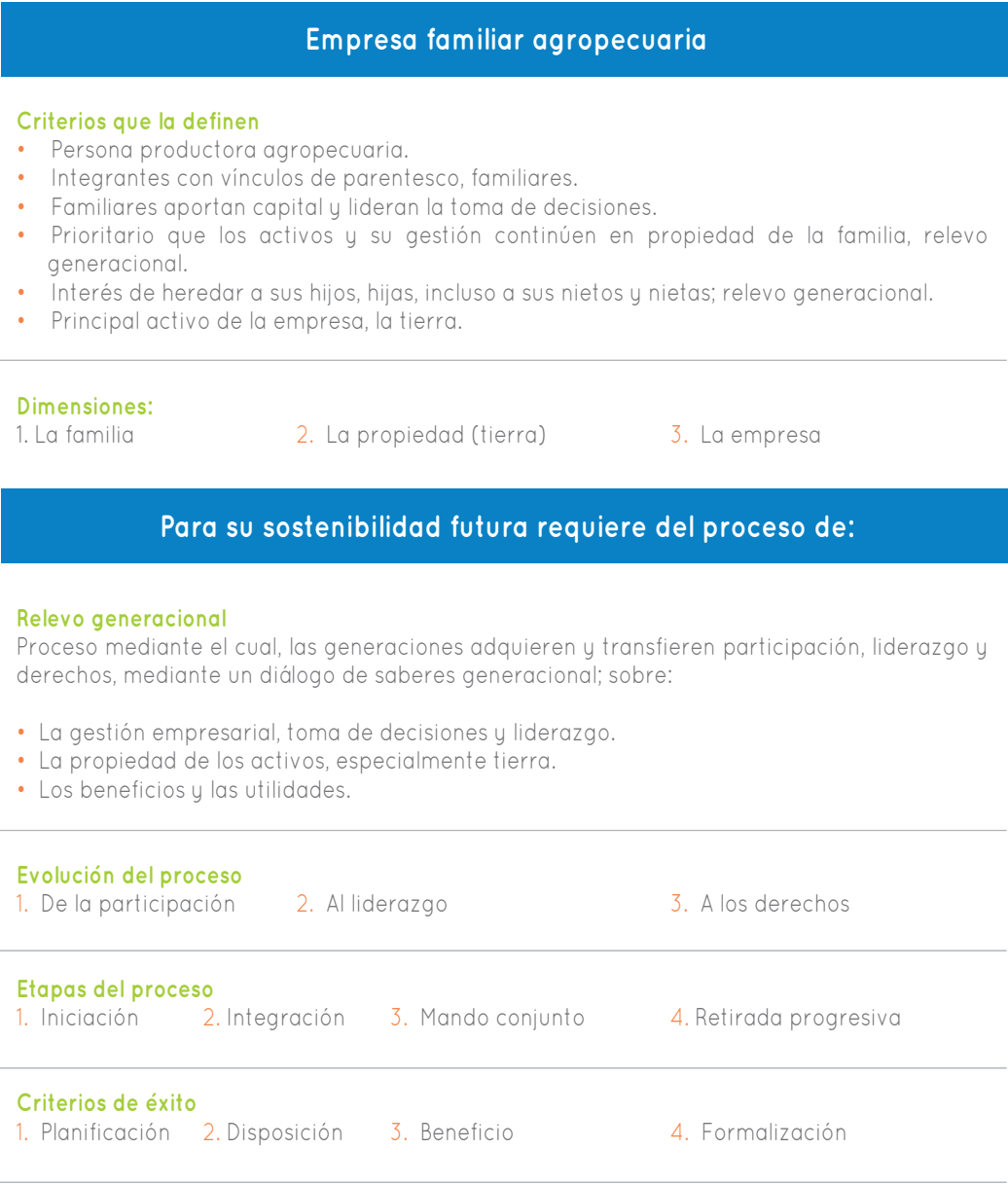


Figura 3

Concepto de relevo generacional



Resultados y discusión

Las fases se implementan en forma secuencial, de manera que los insumos generados en cada una son necesarios para el diseño, rediseño y

desarrollo de la siguiente, según se ejemplifica en la siguiente figura.

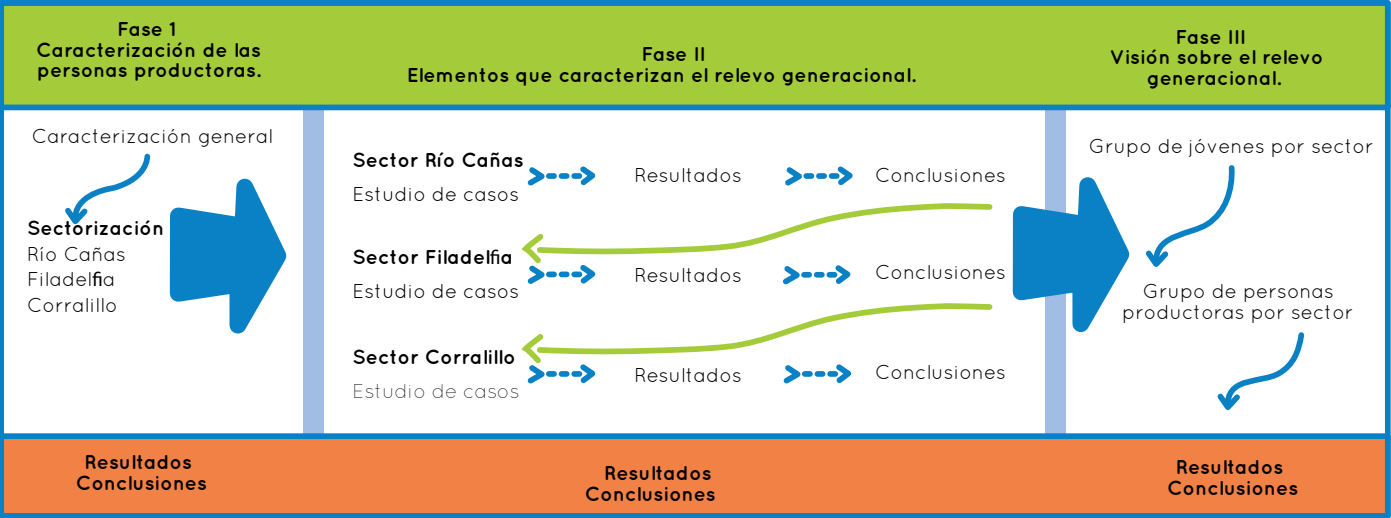


Figura 4.

Lógica de implementación de la investigación

A continuación, se presentan los resultados y su discusión.

Fase I, caracterización de las personas productoras:

Se identifican 145 personas productoras según la definición del objeto de estudio.

El Cenagro 2014, reporta en el cantón Carrillo 434 personas productoras en el ámbito agropecuario, una cantidad muy similar a la reportada por Senara (2018), que identifica 500. De las cuales, el INEC (2015), determina que 161 son personas productoras de caña de azúcar. En el siguiente cuadro se resume la composición del sector cañero de Carrillo según los datos reportados en el Cenagro 2014.

Cuadro 2.

Composición del sector cañero de Carrillo, según Cenagro 2014.

Rango (ha)	Personas productoras		Área en ha	
	Cantidad	Porcentaje %	Total	Porcentaje %
Menos de 20	107	66	615	6
De 20 a menos 50	21	13	376	3
Mas de 50 ha	33	21	9.714	91
Total	161	100	10.705	100

Fuente: Elaborado con base en INEC 2015.



En la siguiente figura se presenta la distribución y sectorización de las 145 personas productoras identificados en la presenta investigación.

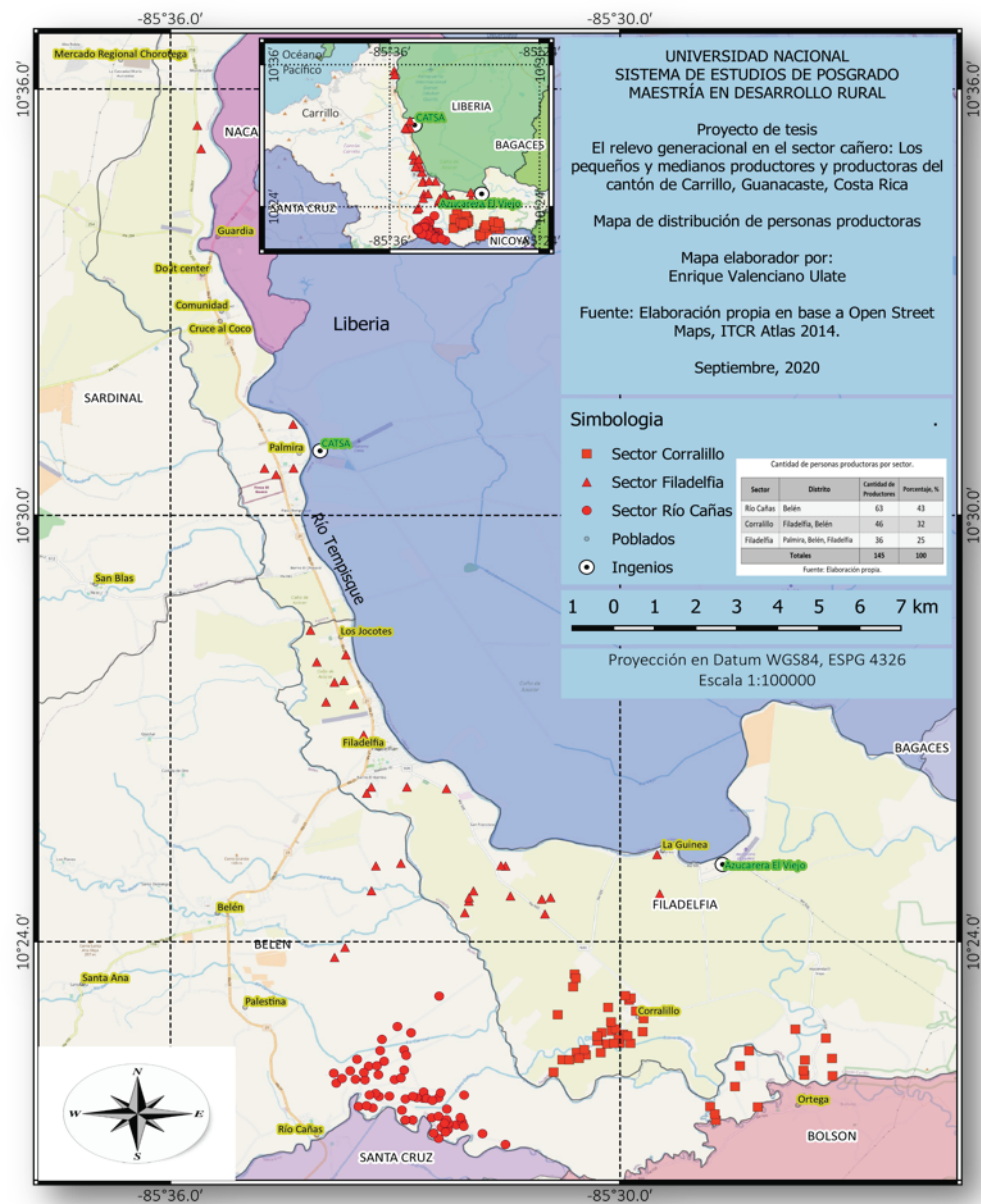


Figura 5.

Mapa de distribución y sectorización

Son personas productoras con fincas en promedio de 6 ha y un máximo de 25 ha, con base en la normativa del MAG (2013) se clasifican como pequeña producción. El Senara (2018) identifica, que el 70 % de las fincas de Carrillo tiene menos de 25 ha, ello refleja una importante aproximación de la caracterización realizada referente al marco general del sector agropecuario de Carrillo.

Se identifica que el 90 % de las personas productoras tienen menos de 10 hectáreas. La mayoría ha adquirido las tierras mediante asentamientos del Instituto de Desarrollo Agrario (IDA, hoy Inder) y esto explicaría el tamaño de las fincas.

La distribución por sexo de esta población en estudio se representa en la siguiente figura.

Es importante señalar la alta participación de las mujeres como productoras, un 39 %. Este dato es superior al reportado por INEC (2015) para la participación de las mujeres como productoras a nivel nacional, en Guanacaste y en Carrillo es del 16 %.

En el sector cañero nacional, se determina que existe una importante participación de las mujeres como productoras, según Chaves y Bermúdez (2020) se registraron en la zafra 2019-2020 un 34,2 % de mujeres productoras, característica que diferencia al sector y de gran importancia en el planteamiento de recomendaciones estratégicas para su fortalecimiento.

A continuación, se analiza la información por rangos de edad, según se representa en la siguiente figura.

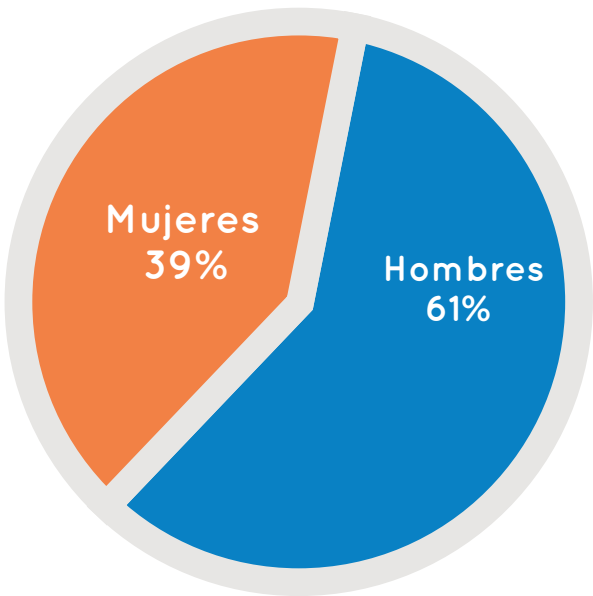
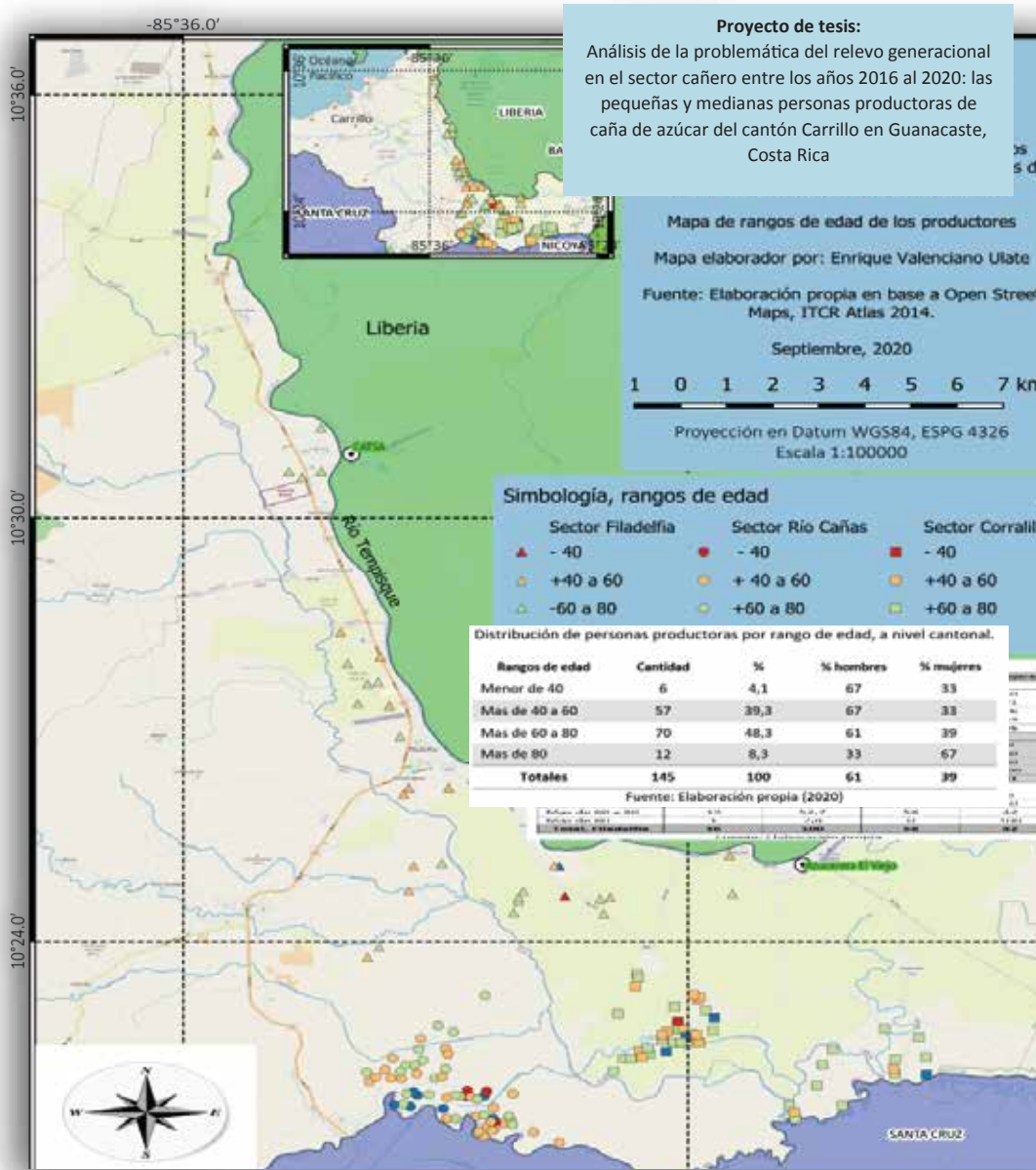


Figura 6.

Distribución según sexo



Fuente: Elaboración propia (2020) basado en OpenStreetMap (2020) y Ortiz Malavasi (2014).

Figura 7.

Mapa de rangos de edad

La información de los rangos de edad y sexo se detalla en el siguiente cuadro.

Cuadro 3.

Distribución por rango de edad

Rango de edad	Personas productoras			
	Cantidad	Porcentaje %	% hombres	% mujeres
=< 30 años	2	1	50	50
31 a 40	4	3	75	25
41 a 50	15	10	87	13
51 a 60	42	30	60	40
61 a 70	45	31	67	33
71 a 80	25	17	52	48
81 a 90	10	7	30	70
>= 91	2	1	50	50
Totales	145	100	61	39

Sobre las edades de las personas productoras de caña en Carrillo, es importante destacar lo siguiente:

- La edad promedio es 63 años, hombres en 61 y mujeres en 64.
- El 56 % de las personas tiene más de 60 años.
- En el rango superior a 50 años es 86 %.

- Mayores a 80 años, se ubica el 8 %.
- Menores a 40 años solamente el 4 %.
- Menores a 30 años, el 1 %.

Es evidente la alta edad promedio de las personas de este sector y la poca participación de la población joven, esto refleja el debilitado o ausente relevo generacional.

Se presenta la información por grupos etarios en la siguiente figura.

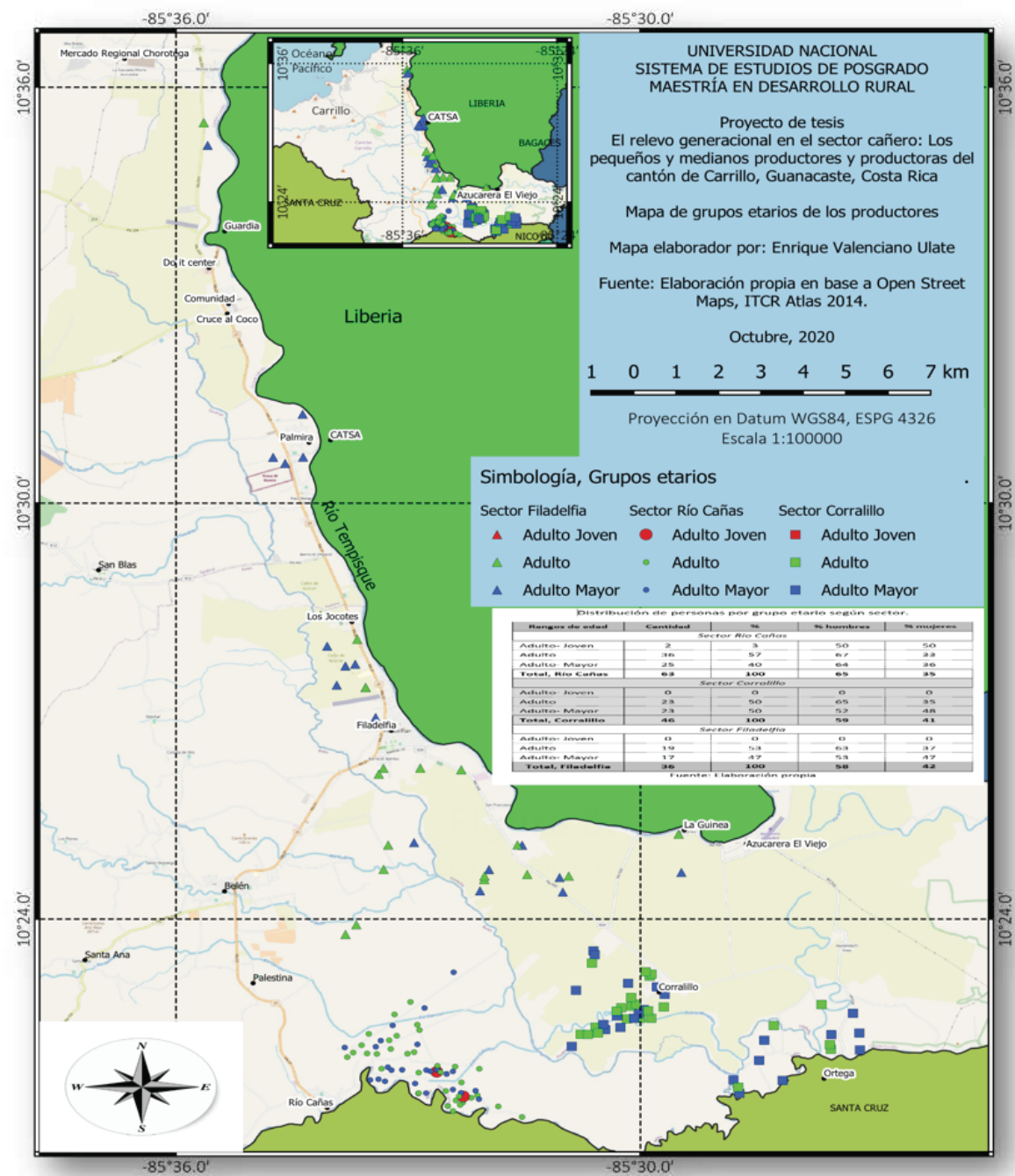


Figura 8.
Mapa de grupos etarios

La siguiente figura representa la distribución porcentual de los grupos etarios.

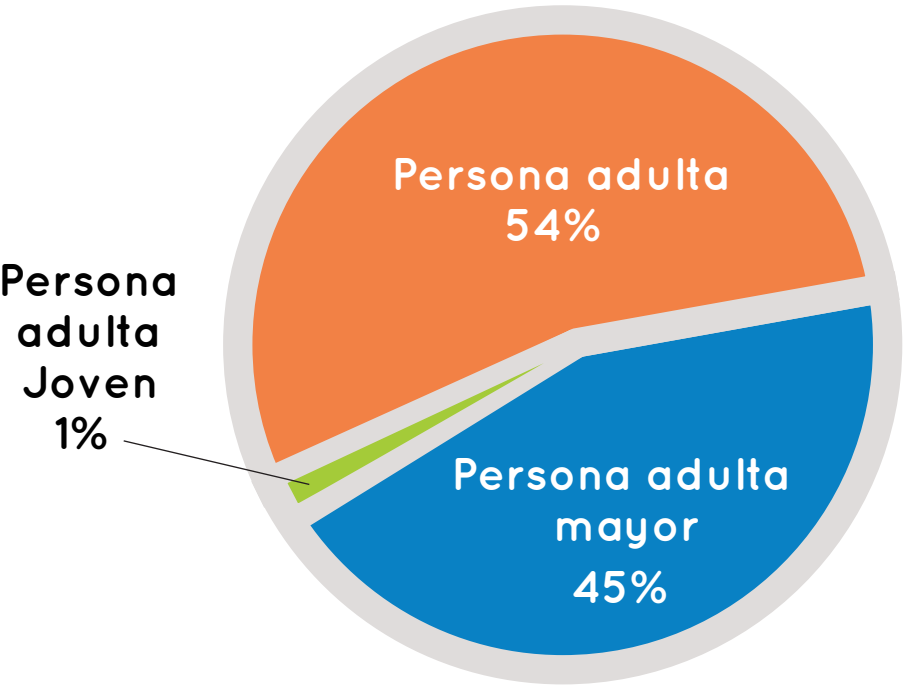


Figura 9.
Distribución por grupo etario

Es importante señalar algunos aspectos de la información de anterior:

- Solamente el 1 %, pertenece al grupo etario de persona adulta joven de 18 a 35 años. Un hombre y una mujer, edad promedio de 29 años. Lo que indica muy bajo relevo generacional.
- Solamente en Río Cañas se identifican personas adultas jóvenes como cañeras.

- El 54 % son personas adultas de 36 a 64 años, en promedio 55 años. Son 65 % hombres y 35 % mujeres.
- El 45 % son personas adultas mayores con 65 años o más, promedio de 73 años. El 57 % hombres y el 43 % mujeres. Un alto porcentaje de personas adultas mayores.

El cuadro siguiente presenta la distribución según el modelo de generaciones descritas por Sanabria *et al* (2017) y Unimer y Kölbi (s.f.).

Cuadro 4.

Distribución según generaciones costarricenses

Generación	%	Observaciones
AM, mayores a 80 años	8	12 personas productoras. - Edad promedio 85 años, un rango de 81 a 93 años. 67 % mujeres y 33 % hombres. - Ubicados en los siguientes sectores: Río Cañas, el 59 %; Corralillo, el 33 % y Filadelfia, el 8 %.
Pregoneros, entre los 60 a 80 años	51	74 personas productoras. - Edad promedio 68 años. 38 % mujeres y 62 % hombres. - Río Cañas el 36 %, Corralillo el 35 % y Filadelfia el 29 %.
Satelital, entre los 39 a 59 años	37	54 personas productoras. - Edad promedio 53 años. 35 % mujeres y 65 % hombres. - Río Cañas, el 50 %; Corralillo, el 26 % y Filadelfia, el 24 %.
Digital, de 21 a 38 años	4	- Cinco personas productoras. - Edad promedio 34 años, un rango de 28 a 37 años. 20 % mujeres y 80 % hombres. - Río Cañas, el 60 %; Corralillo, el 20 % y Filadelfia el 20 %.
Virtual, menores a 21 años.	0	No se identificaron.



Sobre las generaciones presentes en el sector cañero en estudios, se resaltan los siguientes aspectos:

- Existe una realidad marcada por la presencia de cinco generaciones.
- Las de mayor porcentaje son Pregonero con 51 % y Satelital con 37 %.
- La menor participación es la Digital.
- Resulta importante destacar la ausencia de la Virtual.
- La AM, de una participación relativamente baja con el 8 %, es la generación que influye con más fuerza en términos de arraigo a la tierra, valores familiares y morales.
- Se evidencia que, a mayor edad, mayor peso porcentual de participación de las mujeres.

Fase II, elementos que caracterizan el relevo generacional:

Los estudios de casos se realizan en una proporción del 30 % identificado en la fase I, un total de 44 personas. Logrando una buena distribución con respecto a los grupos etarios y generacionales presentes en este sector cañero.

En el siguiente cuadro se presentan los elementos que caracterizan e influyen en los procesos de relevo generacional, se presenta los elementos que lo potencian o lo limitan organizados según el modelo de los cinco círculos de Amat.

Cuadro 5

Elementos que caracterizan e influyen el relevo generacional

Unidad de análisis	Que potencian	Que limitan
Familia	- Existe gran arraigo y valor simbólico de parte de las generaciones mayores: a la familia, a la comunidad y la parcela. Transmiten estos valores a las generaciones más jóvenes. - Las generaciones jóvenes aún mantienen vínculos importantes con sus familias y la comunidad. - Existen interés de vincular las nuevas generaciones en la producción agropecuaria, siempre que la actividad lo permita económicamente, -iniciación- e -integración-.	- Las generaciones jóvenes mantienen un vínculo menor con la tierra, priorizan las opciones laborales de mayor ingreso que están fuera de la comunidad. - Familias relativamente numerosas en relación con el tamaño de la parcela, no alcanzaría para asignar un área mínima de tierra a cada integrante. - La rentabilidad de la producción es baja y familias numerosas. No es suficiente para el sustento económico de más de una familia.
Empresa	- Existen interés que las nuevas generaciones continúen con el legado de sus padres, especialmente, que conserven la tierra como patrimonio familiar. - Existe apoyo financiero y técnico para el mantenimiento del cultivo, por parte de los ingenios, Dieca y MAG. Que permiten afrontar situaciones de plagas, de emergencias o mantenimiento del cultivo; aunque no existen planes permanentes de acompañamiento a la producción. - Existen proyectos que potencian el desarrollo agropecuario y rural en el cantón Carrillo y Guanacaste, como los son el Mercado Regional Chorotega, PAACUME, proyecto de siembra de hortalizas del MAG y proyectos del Inder.	- La rentabilidad del cultivo no permitiría ingresos para más de una familia, según el área de las parcelas. No hay otras alternativas productivas. - Baja rentabilidad del cultivo de la caña y la agricultura en general, las nuevas generaciones tienen que salir de la comunidad y la producción agrícola, para ser independientes económicamente y apoyar a sus padres. - La falta del riego es mencionada como una fuerte limitante para el desarrollo agropecuario en esta región, que es afectada por los fuertes veranos y sequías.
Propiedad	- Se considera la parcela como patrimonio familiar, adquirida con esfuerzo y sacrificio por parte de las generaciones mayores, la AM y Pregonera. - La propiedad de la parcela es solamente compartida con el cónyuge o por hermanos y hermanas. La propiedad es compartida por “sociedades de hermanos”, entre 2 a 10 personas. - Por su ubicación estratégica este sector tiene potencial de desarrollar otras actividades productivas y comercializarlas localmente; muy cercanos al polo turístico de la región.	- Las parcelas son pequeñas en área y núcleos familiares numerosos. Limita el entregar una parte a cada integrante de la familia. - Las nuevas generaciones, como la Digital, empiezan a opinar que la venta de la parcela es una opción, contrario a la opinión de las generaciones mayores.

Unidad de análisis	Que potencian	Que limitan
Gestión	- El cultivo de la caña, por su dinámica agronómica, demanda de mano de obra en forma estacional y es un cultivo muy compatible con otras actividades económicas. Puede ser un excelente complemento en las económicas familiares y personales, en conjunto con otras actividades productivas o profesionales. - Participación familiar en las gestiones operativas del cultivo y la parcela. Las generaciones con trabajo fuera de la comunidad dan soporte económico y en mano de obra a los encargados de la parcela. - La dinámica de pagos de la cosecha mediante adelantos, ajustes mensuales y ajuste final; permite tener ingresos en forma constante durante el año, aunque pocos en algunos casos. Esta dinámica de pagos es identificada como un factor positivo.	- Centralizado en las personas adultas o adultas mayores el derecho a los activos, su gestión y las utilidades; lo cual no contribuye a la -integración- de nuevas generaciones. - Gestión de la comercialización centralizada en el responsable de la parcela, las generaciones mayores -personas adultas y adultas mayores. Lo cual, no facilita el aprendizaje o transmisión de conocimientos, iniciación- o -integración-, en las generaciones menores - personas jóvenes o adultas jóvenes-. - La participación de nuevas generaciones se implementa en la gestión operativa, como apoyo en mano de obra. Se limita a un proceso de -iniciación- e -integración-, sin trascender a un -mando conjunto- o -retiro progresivo -. - Altos costos de renovación de los cañales. Que por falta de mantenimiento van perdiendo densidad y productividad, sumado al efecto de las sequías. Impactando en su baja rentabilidad y en la pérdida de áreas del cultivo.
Relevo generacional	- Existe interés de los padres e hijos en invertir en su formación académica. La formación profesional de las nuevas generaciones puede potenciar o mejorar la gestión del cultivo y su rentabilidad. - Existen experiencias de personas adultas jóvenes en producción de caña de azúcar; aunque pocas, son importantes de destacar. Su experiencia puede estimular a más personas jóvenes en la producción agropecuaria.	- El relevo generacional, lo vinculan a la herencia, con el fallecimiento o pérdida de capacidades del titular de la parcela. Limitando iniciar el proceso en forma anticipada, aumentando la edad promedio de los participantes del relevo generacional. - Estos procesos son poco planificados y aunque existe disposición hacia el relevo generacional, la limitante principal es el beneficio, la rentabilidad del cultivo no es atractiva. - No se evidencia la participación de las personas jóvenes en el proceso de relevo generacional, se da entre personas adultas mayores y adultas. - La pensión en el medio rural y agroproductivo, no se asocia a un retiro laboral de las personas adultas mayores; es considerada como un complemento económico. No implica una verdadera jubilación.

Fase III, visión sobre el relevo generacional:

La distribución de los grupos focales se realiza en forma homogénea, cinco participantes por sesión para facilitar el cumplimiento de los protocolos sanitarios.

En el siguiente cuadro se presentan los argumentos y análisis de la visión sobre el relevo generacional desarrollados por los participantes, según el modelo conceptual de relevo generacional presentado en la Figura 3.

Cuadro 6 Resumen de la visión de los participantes

Unidad de análisis	Personas productoras	Personas jóvenes
Participación en la gestión empresarial, toma de decisiones y liderazgo.	- Reconocimiento por las personas productoras y jóvenes, a las generaciones mayores por su esfuerzo, su gran trabajo y legado en la empresa familiar agropecuaria y la familia. - Se identifica que solo personas adultas mayores y adultas están participando en la toma de decisiones y liderazgo en la gestión del cañal. - Se identifica que entre personas adultas mayores y adultas si se logra el relevo generacional, ya que a las personas jóvenes se les involucraba -Iniciación- desde temprana edad en las labores de tierra y sus cultivos, permitiendo procesos de aprendizaje y arraigo a la parcela y la agricultura en general.	- Este proceso, no se realiza con las personas jóvenes, desde temprana edad se les motiva ir a estudiar o buscar trabajo fuera de la comunidad. - La participación de las personas jóvenes, es según la disponibilidad de tiempo en su trabajo o estudio. La mayoría de las personas jóvenes estudian o van a buscar trabajos en las empresas de turismo u otras, donde tienen mayores ingresos, con más frecuencia, cada mes y el “esfuerzo físico” es menor. “Los adultos piensan que como jóvenes no tenemos capacidades o experiencia de liderar o aportar en una empresa agropecuaria”. “Pero como jóvenes podemos desarrollar la experiencia y la capacidad, con el acompañamiento y orientación adecuadas”.
Participación en la propiedad de los activos, derecho a los activos, especialmente tierra.	- Se señala la falta de proyectos y apoyos reales para la producción agropecuaria por parte de las entidades gubernamentales; como falta financiamiento accesible, acompañamiento técnico y opciones de mercado. Que facilitaría dar derecho a las personas jóvenes a la tierra y desarrollar sus proyectos. - Las propiedades son pequeñas, normalmente menores a 10 ha y las familias tienden a ser numerosas, lo que dificulta el acceso a la tierra a las siguientes generaciones, por el tamaño de las parcelas y las familias, además de la baja rentabilidad de la producción.	“No todos tenemos acceso a la tierra”, indican las personas jóvenes. - Se identifica que existe disposición de facilitar áreas de las parcelas para que las personas jóvenes puedan desarrollar sus proyectos productivos. - Señalan las personas jóvenes, la necesidad de recibir acompañamiento técnico para que su experiencia agropecuaria pueda fortalecerse y crecer.
Participación en los beneficios, derecho sobre las utilidades.	Baja rentabilidad de las actividades agropecuarias y la falta de opciones productivas viables, que limita el asignar mayor acceso a las personas jóvenes a los recursos y beneficios.	Las personas jóvenes señalan que la producción agrícola es más “pesada” requiere mayor esfuerzo físico y mayor exposición al sol, pero principalmente los ingresos son menores, no en forma mensual o quincenal como un salario, lo cual los desmotiva.

“Las personas jóvenes observan y analizan que en la agricultura es mucho esfuerzo, alto riesgo y las utilidades son limitadas, por lo que buscan opciones laborales fuera de la comunidad, con ingresos más estables”; según manifestaron las personas productoras.	Se identifica como potencial el complementar los ingresos del trabajo remunerado y producción agropecuaria, como mecanismo de aumentar la viabilidad de las parcelas agrícolas.
---	---

Etapas del proceso: iniciación, integración, mando conjunto y retirada progresiva.	- Las personas productoras identifican estas etapas como fundamentales para el proceso de -integración- de las personas jóvenes y un posterior relevo generacional; señalan con mucho positivismo los procesos de -iniciación- recibidos a etapas tempranas con sus padres. - Se identifica la gran importancia de la etapa de -iniciación-, para que las personas jóvenes se vinculen en la producción agropecuaria y desarrollen su propia experiencia productiva con el acompañamiento de personas productoras más experimentados.	- Su participación en la gestión de la parcela es muy limitada, su -iniciación- en la producción agropecuaria es muy baja con respecto a generaciones anteriores. - El apoyo que reciben las familias en la gestión y trabajo de las parcelas, de las personas jóvenes es definido o considerado una forma de “colaboración o apoyo”, no necesariamente un proceso de -iniciación- o encaminado a un relevo generacional. - El proceso de relevo generacional se realiza en una edad muy avanzada de los sucesores, las personas jóvenes no tienen participación.
---	---	---

Criterios de éxito: planificación, disposición y beneficio.	- En muchas situaciones, en la iniciativa de las personas jóvenes para involucrarse en la gestión de la parcela, no se les brinda la oportunidad para que desarrollen su experiencia y aprendizaje. Falta disposición de los padres o mayores para involucrarlos en la gestión de la producción. - Tienen interés de trabajar en lo propio, pero sus padres no los estimula por temor a que pierdan su estabilidad de ingresos en su trabajo remunerado.	“Como jóvenes sabemos poco del manejo del cultivo de la caña de azúcar, porque no nos hemos involucrado mucho”, no hay disposición o planificación del relevo. - Se identifica una mayor -integración- de las jóvenes en las decisiones de la parcela, cuando el relevo es entre mujeres, madre-hija y es más limitado cuando es padre-hija o padre-hijo; por las experiencias contadas en los grupos focales. - Al no tener participación en la gestión de la parcela, por eso a “uno tiende a dejarle de importar esas cosas” de la agricultura, manifiestan los participantes jóvenes. - Cuando acompañaba a mi familia en la parcela, “me decía es que no sabe y eso me desmotivo a seguir apoyando en la producción, y ahora no me hacen ir a ayudar”. Pérdida de disposición. - Las personas jóvenes señalan el poco estímulo en las escuelas y colegio para vincularse a la producción agropecuaria, “no nos enseñan nada sobre eso y cuando salimos del colegio es a buscar un trabajo en las empresas locales o fuera de la comunidad”.
--	--	--

Conclusiones

La investigación se realiza en un contexto de tendencia hacia la baja en la participación de la pequeña y mediana producción en el sector cañero; sin embargo, se mantiene este cultivo como una actividad importante en la economía local y regional.

- 1. Existe una alta edad promedio de las personas productoras y poca participación de jóvenes. Las personas productoras son en un alto porcentaje adultas y adultas mayores. Bajo involucramiento de las personas adultas jóvenes y jóvenes.

Este hallazgo es una tendencia contemporánea en Latinoamérica y el mundo.

Por ejemplo, Coopevictoria (2019) reporta en su base asociativa que el 72 % tiene más de 50 años y solamente el 2 % menos de 30 años. Alfaro (2019) quien, analizando el sector ganadero costarricense concluye que es un sector con una alta edad promedio, principalmente las regiones Pacífico Central y Chorotega, donde más del 70 % de los ganaderos superan los 50 años.

En la realidad rural y agraria europea, REDR (2018) reporta que un 56 % de las personas productoras superan los 55 años y un 6 % es menor de 35 años.

- 2. Existe baja participación de la generación Digital y ausencia de la Virtual; sin duda, esta realidad limita la implementación e innovación de procesos tecnológicos y de gestión, que facilitarían la posibilidad de aumentar la viabilidad y desarrollar nuevos paradigmas en la actividad cañera.

- 3. La participación de la mujer es muy importante. Representa el 39 % de las personas productoras, muy superior a los porcentajes reportados en el sector agropecuario costarricense.

Este hecho es relevante en la problemática de estudio, porque las mujeres productoras, tienen una mayor disposición que los hombres, de realizar -iniciación- e -integración- en el relevo generacional. Las mujeres jóvenes tienen mayor liderazgo y disposición de vincularse a proyectos de producción.

- 4. Aunque el tema es relevante y repercute en la vida familiar y productiva de distintas generaciones, en términos generales, no se cuenta con suficiente conciencia de la problemática que está implicada. Es un concepto no muy conocido en el medio rural, pero de interés para las personas productoras y jóvenes una vez que lo asimilan.

El relevo generacional es relacionando mayoritariamente con la herencia de la tierra y otros activos. Lo importante, para las familias productoras es conservar la finca como patrimonio familiar, pero la falta de opciones rentables y las dificultades económicas pone en discusión la venta de tierras.

- 5. Por lo incómodo que resulta el tema y la carencia de herramientas para un buen manejo, el relevo generacional se realiza en una muy avanzada edad de los relevados y sus relevos.

Las generaciones participantes son: AM, mayores de 80 años, Pregoneros de 60 a 80 años y Satelital entre 39 a 59 años.

Un relevo generacional, entre personas

adultas mayores y adultas; las personas jóvenes y adultas jóvenes son una tercera generación actora, pero con poca participación.

Ante esta situación, las personas jóvenes y adultas jóvenes, generación Digital y Virtual, ya han buscado opciones económicas para sus proyectos de vida, no necesariamente vinculadas a la producción agropecuaria.

Esta misma tendencia es identificada por Perrachón (2011), para el caso de Uruguay y reafirmada por Dirven (2002), que analiza la problemática a nivel latinoamericano y global.

- 6. Es necesaria una mayor comunicación, discusión y planificación de los procesos de relevo generacional, muy especialmente en la dimensión familiar.

Es un proceso que requiere ser realizado en forma consciente y planificada. Un hecho importante que evidencia la factibilidad de hacerlo de esa forma es que personas jóvenes, especialmente mujeres, incluyeron en sus proyectos de vida realizar relevo generacional con sus hijos o hijas.

- 7. El relevo generacional o herencia de la tierra entre “sociedades de hermanos” es un fenómeno importante en el sector y que impacta el relevo por la relación entre área de tierra y miembros de la familia, son propiedades pequeñas y familias numerosas como potenciales relevos. Este fenómeno se presenta en el 16 % de los casos y puede duplicarse en un corto tiempo, se evidencia una situación compleja para estas familias productoras en este particular, entre las soluciones que discuten esta la venta de la tierra.





8. Existe una diferenciación práctica entre pensión y jubilación en este sector productivo. Al recibir la pensión, no implica una verdadera jubilación, trasladando el relevo generacional a una mayor edad. Se entiende la jubilación como un retiro de la actividad agroproductiva.

Al preguntar por los planes futuros a los encargados de las parcelas, estos indican que no piensan retirarse, se sienten “bien y con fuerzas” y que estarán al frente de la parcela hasta que “las fuerzas o Dios se lo permitan”. La

pensión es considerada como un complemento económico para la persona y su familia. No implica en el medio rural un retiro o jubilación.

9. Existe disposición de los padres y madres de facilitar a sus hijos o hijas terrenos para que desarrollen sus experiencias agroproductivas, -iniciación-.

Esto, ofrece una oportunidad para desarrollar experiencias con personas jóvenes, quienes requieren apoyo técnico y acompañamiento de parte de instituciones de desarrollo. Este acompa-

Mapa de grupos etariosñamiento requiere un abordaje interdisciplinario, además, es necesario un marco de planificación y formalización.

Lo que se debe promover no es una sustitución de la persona joven en lo que ya hacen las mayores, sino que es un proceso de -integración- entre la experiencia de las personas productoras mayores y las nuevas formas de ver el mundo y su realidad que tienen las nuevas generaciones.

10. Los factores relacionados con la retribución económica y el derecho a las utilidades tienen influencia determinante en estos procesos de relevo generacional.

Las personas jóvenes no siempre logran tener derecho a las utilidades o retribución económica por su participación, sus aportes son considerados contribuciones a la economía familiar y reducción de costos. En todo caso, la prioridad o derechos a las utilidades la tienen las personas adultas mayores, fundadores y titulares de los activos.

Resulta importante recalcar la importancia simbólica y económica que representa para las generaciones AM y Pregonera, la posesión de la tierra para su seguridad, su bienestar económico y emocional, siendo estos de generaciones de mayor arraigo a la tierra y conservadoras en sus tradiciones. Dirven (2002), refuerza esta idea, el relevo generacional debe estudiarse desde la visión de su valor simbólico, así como la seguridad para las personas adultas mayores.

11. Existe una idea de desvinculación entre preparación académica y producción agropecuaria, lo cual, debe evolucionar a una relación sinérgica. La frase “estudien para que no tengan que trabajar duro en el campo” influye significativamente en los proyectos de vida de las nuevas generaciones y parece concretarse en esta idea de desvinculación. En los grupos focales de personas jóvenes se argumenta que existe poco o nulo estímulo en las escuelas y colegios para vincularse a la producción agropecuaria.

12. Se visualiza, la influencia que tienen en el relevo generacional, los procesos psicológicos y emocionales; que requieren un mayor estudio interdisciplinario por lo complejo y sensible del abordaje de estas problemáticas, principalmente para las personas jóvenes en el medio rural.

Finalmente, como recomendación es importante analizar el relevo generacional como eje transversal para contribuir con las oportunidades y espacios para personas jóvenes y facilitar su -integración- en los procesos desarrollo rural, se debe visualizar como una buena práctica en iniciativas de desarrollo rural y agrícola. La FAO y FIDA, la OIC, la Alianza Cooperativa Internacional, así como la Unión Europea, reportan tal inclusión en sus políticas, sus planes y programas.





Literatura citada

- Alfaro, F. 2019. *Análisis de la situación actual de la integración y el relevo generacional en el sistema de producción pecuaria familiar*. [Tesis de licenciatura no publicada]. Universidad de Costa Rica.
- Alianza Empresarial para el Desarrollo y Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. s.f. *Memoria del proyecto: Fortalecimiento de PyMES agrícolas en el sector cañero azucarero de Costa Rica*. Cultivando Futuro. AED y Laica. Recuperado el 6 de septiembre de 2021, de https://www.aedcr.com/sites/default/files/docs/memoria_proyecto_al_invest_2018.pdf
- Angulo, Á., Rodríguez, M., y Chaves. M. 2020. *Guía técnica cultivo caña de azúcar, región Guanacaste*. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar, Laica y Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, Dieca. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/jieydwRDmVvUeWJGLRfYLzXbibjLZNW>
- Chaves, J. 25 de mayo del 2020. *¿Por qué es necesario resguardar la producción de azúcar costarricense?* El Observador. <https://observador.cr/noticia/por-que-es-necesario-resguardar-la-produccion-de-azucar-costarricense>
- Chaves, M. 2019. *Resultado final de la zafra 2018-2019 en Costa Rica: Un período agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. Laica, Dieca. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/yWCKhLgwOeiOvQoFEuJKfdrtelkxnmYD>
- Chaves, M. y Bermúdez, A. 2020. *80 años de vida institucional del sector cañero-azucarero costarricense: Breve recorrido por su historia*. ENTRE CAÑERO, Edición conmemorativa (16), 1-70. <https://laica.cr/wp-content/uploads/2020/08/revista-entre-cancc83eros-no16.pdf>
- Chaves M., Bermúdez, L., y Méndez, D. 2018. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2016-2017*. CONEXIÓN (11), 1-95. <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/SQHIRUZQMpdnhhdFTrtPcUjSaQZBWfyH>
- Chaves, M., Bermúdez, L. y Méndez, D. 2019a. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2017-2018*. CONEXIÓN (12), 1-137. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/SQHIRUZQMpdnhhdFTrtPcUjSaQZBWfyH>
- Chaves, M., Bolaños, J., Barrantes, J., Calderón, G., Rodríguez, M., Angulo, A., y Barquero, E. 2019b. *Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: opinión del agricultor*. Laica, Dieca. <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/zQgirDgNNoreiqeUNCYZjGYwryQpfsIB>

SECCIÓN ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Chaves, M. y Chavarría, E. 2013. *¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica?* Ataca, Atacori. <https://www.researchgate.net/publication/304014157>
- Cooperativa Agrícola Industrial Victoria R.L. 2019. *Balance social cooperativo CoopeVictoria R.L. Período 2017-2018*. <http://www.coopevictoria.com/wp-content/uploads/2019/05/Balance-Social-final-2017-2018.pdf>
- Dirven, M. 2002. *Las prácticas de herencia de tierras agrícolas: ¿Una razón más para el éxodo de la juventud?* Serie Desarrollo Productivo 135. Cepal, División de Desarrollo Productivo y Empresarial. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/4525-practicas-herencia-tierras-agricolas-razon-mas-exodo-la-juventud>
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M. 2014. *Metodología de la investigación*. McGRAW-HILL. <https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf>
- Herrera, W. 6 de junio de 2020. *Causas de la crisis en agricultura*. La Revista. <https://www.larevista.cr/walter-herrera-causas-de-la-crisis-en-agricultura/>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. 2015. *VI Censo nacional agropecuario: resultados generales*. <https://www.inec.cr/censos/censo-agropecuario-2014>
- León, J., y Arroyo, N. 2012. *Desarrollo histórico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el siglo XX: aspectos económicos, institucionales y tecnológicos*. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas, Universidad de Costa Rica.
- Ley 7818 de 1998. *Ley orgánica de la agricultura e industria de la caña de azúcar*. 22 de setiembre de 1998. D.O N.º 184. http://www.pgrweb.go.cr/SCIJ/BUSQUEDA/normativa/normas/nrm_norma.aspx?param1=NRM&nValor1=1&nValor2=44897&nValor3=66945&strTipM=FN
- OpenStreetMap. 2020. <https://www.openstreetmap.org/>
- Ortiz, E. 2014. *Atlas de Costa Rica 2014*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Repositorio TEC. <http://hdl.handle.net/2238/6749>
- Pérez, A. 2012. *El modelo de empresa familiar: los cuatro pilares fundamentales*. 3Ciencias, 1-12. <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/06/1.-El-modelo-de-los-cuatro-pilares-EF.pdf>
- Perrachón, J. 2011. *Relevo generacional en predios ganaderos del Uruguay* (Tesis de maestría, Universidad de la República Uruguay). Colibrí. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/1820>
- Quesada, A. 21 de junio del 2017. *La agricultura: un oficio sin herederos*. Semanario Universidad.

<https://semanariouniversidad.com/pais/agricultor-oficio-sin-herederos/>

- Red Europea de Desarrollo Rural. 2018. *Relevo generacional*. Rural Connections, (44), 10. https://enrd.ec.europa.eu/sites/default/files/enrd_publications/publi-enrd-magazine08-2018-es.pdf
- Sanabria, P., Chacón, A., Linares, S., y Salas, R. 2017. *La verdad sobre las generaciones en Costa Rica #Gentico*. Unimer y kölbi. Yulök, Revista de Innovación Académica, 1(1), 18- 35. <https://revistas.utn.ac.cr/index.php/yulok/article/view/103>
- Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento. 2018. *Estudio de factibilidad, Proyecto Abastecimiento de Agua para la Cuenca Media del Río Tempisque y Comunidades Costeras (Paacume)*. <http://www.senara.or.cr/proyectos/paacume/componentes/Estudio%20de%20Factibilidad%20PAACUME.pdf>
- Tagiuri, R y Davis, J. 1982. *Atributos ambivalentes de la empresa familiar*. En A, Gimeno y S, Pérez (Eds) *Familia empresaria: Desarrollo de la continuidad*. (pp. 11-16). https://biblio.colsan.edu.mx/arch/especi/hi_eco_027.pdf
- Unimer y kölbi. s.f. *Costa Rica cuenta con su propio estudio de generaciones*. La verdad sobre las generaciones en Costa Rica. Unimer. Recuperado el 11 de setiembre de 2020, de <https://blog.unimercentroamerica.com/costa-rica-cuenta-con-su-propio-estudio-de-generaciones>





ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE LA PRODUCCIÓN EXPERIMENTAL ESTIMADA, Y LA COSECHA REAL COMERCIAL DE 6 VARIEDADES DE CAÑA DE AZÚCAR EN UN SUELO VERTISOL, FINCA SANTA PAULA, CAÑAS GUANACASTE.

Álvaro Angulo Marchena¹, Ricardo Arce Muñoz²

Resumen

La agroindustria de la caña de azúcar es una actividad de suma importancia en la región de Guanacaste, ya que ofrece beneficios significativos desde la perspectiva socioeconómica, generando empleos directos e indirectos durante todo el año. Los suelos Vertisoles son un agro ecosistema propio de suelos planos, muy húmedos, de pH alcalino y de fertilidad media, asociados a problemas de labranza agrícola y drenaje superficial y subsuperficial limitado.

Este trabajo consistió en evaluar el comportamiento agroindustrial de 6 variedades de caña de azúcar: LAICA-08 361, LAICA 08-371, LAICA 09-374, LAICA 09-370, DB 86-209 y B 82-333 como testigo comercial, a las condiciones de un sistema agroecológico de un suelo vertisol proveniente de la rotación con arroz. Se establecieron parcelas semicomerciales de 7 surcos de 42 metros lineales, separados a 1,7 m entre surcos, para un área (500 m²), se evaluaron las variedades bajo dos modalidades de cosecha (experimental y

comercial). El manejo de plantación en las parcelas semicomerciales fue acorde al manejo de la finca en los lotes comerciales adyacente a la prueba.

La evaluación de productividad se realizó a la cosecha (12 meses edad) para ambas modalidades de cosecha, en el caso de la modalidad experimental se realizó a través de muestreos de madurez y análisis biométrico de las variedades, lo cual permitió estimar la productividad de caña y azúcar por hectárea, en el caso de la evaluación comercial se realizó directamente con la entrega comercial de la caña proveniente de cada parcela semicomercial, el análisis de sacarosa se realizó con la sonda mecánica (*core sampler*), y se aplicó el sistema de pago de caña por calidad propuesto por LAICA, y realizado por el ingenio Taboga durante la zafra. De acuerdo a los resultados obtenidos se logró comprobar que los suelos Vertisoles (“sonsocuites” como se conocen popularmente en la región) provenientes de

¹ Coordinador zona este Guanacaste LAICA – DIECA. aangulo@laica.co.cr

² Técnico agrícola de Queskomo S.A, Finca Santa Paula. munozarce56@gmail.com

la rotación con arroz, ofrecen un ambiente favorable desde la perspectiva (química, física y biológica), que propicia producciones excelentes de caña de azúcar. En general todas las variedades mostraron índices de productividad satisfactoria, de la cual sobresalen las variedades LAICA 08-361 y LAICA 09-374 con producciones de caña y azúcar extraordinaria.

El análisis comparativo entre una evaluación experimental y una comercial, permitió determinar las diferencias notorias que se presentan en la actividad azucarera, cuando se evalúan plantaciones comerciales a través de muestras experimentales de pesos aproximados a (10,5 kg), posteriormente esas plantaciones se cosechan comercialmente con pesos aproximados de carretas entre (8.000 a 10.000 kg).

La evaluación permitió determinar que hubo variación importante en los valores de sacarosa y peso de los tallos, entre la cosecha experimental y comercial de las variedades. Por ejemplo, para la variable rendimiento industrial (kg azúcar/t), hubo una merma considerable de un 10,6%, en la cosecha comercial respecto a la cosecha experimental, también hubo una variación importante en la producción de caña y azúcar/ha, en el orden de 7,7% y 19,2%, respectivamente.

Justificación

El cultivo de la caña de azúcar es una planta de gran adaptabilidad a diferentes ambientes agroecológicos, su rusticidad biológica le ha permitido establecerse diferentes sitios específicos de suelos y climas. La caña de azúcar es una gramínea de gran capacidad fotosintética tipo (C4), de características extraordinarias por su uso eficiente del agua, por su alta eficiencia en el fotosistema II, y su baja conductancia estomática, le confieren como una planta con alto

índice de conversión de materia seca, (Viveros V, 2012).

Los suelos Vertisoles se caracterizan por su alta fertilidad, de pH alcalino y muy profundos, con relieves planos (< 3%) y propensos a saturación de agua, su limitante principal se asocia a problemas en la labranza agrícola y de drenaje, ya que presentan arcillas expandibles del tipo 2:1 (montmorillonita) que se contraen en época seca y se expanden en ambientes con mucha humedad (Wikipedia, 2021a). El sistema agro productivo en suelos Vertisoles la producción es afectada por múltiples factores tales como clima, suelo y manejo agronómico, que hacen que la productividad aumente o disminuya según sea la temporalidad de las condiciones ambientales. En zonas húmedas al aumentarse los niveles de humedad en el suelo con el fenómeno “La Niña”, además de ocasionar inundaciones se dificultan la ejecución oportuna de labores agrícolas, que provocan trastornos en el manejo del cultivo, y en consecuencia afectación en la producción de toneladas métricas de caña por hectárea (TCH) en la cosecha (Wikipedia, 2021b).



Tradicionalmente en un pasado estos suelos eran destinados solamente a la siembra del cultivo de arroz con riego en Guanacaste. Con el avance de las investigaciones agrícolas se ha logrado demostrar la importancia de la rotación de cultivos (arroz-caña), con aportes beneficios en la condición del suelo desde la perspectiva química, física y microbiológica, logrando con ello altas productividades de caña y azúcar por hectárea en los primeros tres años de plantación de caña. Actualmente los suelos Vertisoles representan cerca del 31,2 % del área donde se cultiva caña de azúcar en Guanacaste, predominando la mayor cantidad de estos suelos en los cantones de: Bagaces, Liberia, Carrillo y Cañas (Wikipedia, 2021c).

De acuerdo a lo anterior, los objetivos del estudio fue determinar la respuesta biométrica y productiva de variedades promisorias de caña de azúcar, en un suelo Vertisol proveniente de la rotación arroz-caña, propio de la región de Guanacaste.

Además, comparar la variación en peso y calidad industrial de la biomasa en las variedades de caña de azúcar, entre la cosecha experimental, versus la cosecha comercial de las parcelas de variedades en finca Santa Paula.

Características finca Santa Paula

La finca Santa Paula se encuentra ubicada en la localidad de Paso Hondo, del cantón de Cañas provincia de Guanacaste, posee una área de aproximadamente 361,1 ha de cultivo de caña bajo la modalidad de rotación arroz-caña, donde aproximadamente el 75,3 % del suelo de esta finca es de características Vertisol (“sonsocuites”) con riego complementario durante todo el año, el resto del área comprende suelos tipo Molisol de textura franco arenoso, relleno con depósitos de aluvión, por efecto del

desbordamiento del río Cañas. Estos suelos se caracterizan por ser de fertilidad alta y bien drenados.

Metodología

Por el interés de la institución LAICA-DIECA, y la del productor cañero en disponer de nuevos materiales genéticos, de caña de azúcar para condiciones de suelos “sonsocuites” (Vertisoles), se estableció en marzo de 2017 una prueba semicomercial de variedades en un lote proveniente de la cosecha de arroz, localizado en las coordenadas latitud 10,38603; longitud 85,12819; una altitud de 30 msnm; con una temperatura media diaria de 28,09 °C; y precipitación media anual de 1.550 mm. Se evaluaron cinco variedades promisorias de caña de azúcar LAICA 08-361, LAICA 08-371, LAICA 09-374, LAICA 09-370, DB 86-209 y B 82-333 como testigo comercial.

Las parcelas semicomerciales fueron de 7 surcos de 42 metros lineales cada uno, con una separación entre surcos de 1,7 metros lo cual dimensionó un área 500 m². El manejo de plantación de las parcelas experimentales fue acorde al manejo de la finca en los lotes comerciales adyacentes a la prueba. La cosecha se realizó a los doce meses de edad. La referencia de evaluación experimental y comercial se efectuó en el segundo ciclo vegetativo de las variedades, o sea en la primera soca de cultivo correspondiente a la zafra 2017-2018.





Figura 1.

Ilustración de un suelo Vertisol en proceso de preparación, finca Santa Paula, Cañas, Guanacaste.

Se realizaron dos tipos de evaluaciones para medir la productividad de azúcar en cada variedad, la primera evaluación consistió en medir la productividad de caña y azúcar por hectárea a través de los parámetros biométricos y muestreos de madurez de cada variedad; la segunda modalidad fue a través de la cosecha comercial de cada una las parcelas de validación, la cual se realizó de forma semimecánica (Figura 2).

El transporte de la caña correspondiente a cada

parcela se realizó en carretas de aproximadamente 8 toneladas métricas (Figura 3).

La determinación de la calidad industrial de la caña de las variedades en estudio se realizó en el Ingenio Taboga; se utilizó el sistema de muestreo mediante sonda mecánica o *core sampler* y se aplicó el método de análisis que se detalla en el reglamento de pago de caña por calidad de LAICA y que rige a todos los ingenios azucareros.



Figura 2.

Ilustración de una “ruma” de caña de azúcar de variedades promisorias, finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. Marzo del 2018.



Figura 3.

Ilustración del transporte de la caña comercial de variedades promisorias al Ingenio Taboga en finca Santa Paula, Cañas, Guanacaste. Marzo del 2018.

Resultados y discusión

Diversos estudios han demostrado los efectos beneficiosos de la rotación arroz-caña en suelos arcillosos, ya que mejora las condiciones químicas (nutrimentos), físicas y de actividad microbiana en estos suelos, lo cual convierte esta modalidad en una opción interesante para mejorar la

productividad de estos suelos en la región de Guanacaste. En la práctica lo recomendable es manejar cuatro ciclos de siembra de arroz, por cuatro ciclos vegetativos de caña de azúcar, lo cual comprende en términos de cultivo un período de rotación completo.

Cuadro 1

Análisis biométrico de las variedades de caña de azúcar en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. 2018.

Variedades	Parámetros biométricos					
	No. tallos/m	Altura tallos (m) *	Grosor de tallos (cm)	Peso 1 tallo (kg)	Volumen peso (kg/m)	Calidad rebrote soca
LAICA 08-361	12	2,8	3,0	2,0	24,0	Excelente
LAICA 09-374	12	2,8	2,9	1,9	22,8	Bueno
LAICA 09-370	13	2,6	2,8	1,8	23,4	Excelente
LAICA 08-371	13	2,7	2,8	1,7	22,1	Bueno
DB 86-209	11	2,9	2,7	1,9	22,0	Bueno
B 82-333 (T)	13	2,4	2,9	1,8	23,4	Bueno
Promedio	12	2,7	2,9	1,9	23,0	-

*Altura al punto natural de quiebre del verticilo caulinar (palmito).

El análisis biométrico y productivo evidenció una excelente respuesta de las variedades promisorias a las condiciones de un suelo Vertisol proveniente de la rotación con arroz, en general todas las variedades mostraron índices satisfactorios del crecimiento siendo las variedades LAICA 08-361, B 82-333 y LAICA 09-374 las que mostraron el mejor comportamiento biométrico en términos de (altu-

ra, grosor y peso) de los tallos molederos, (Cuadro 1). Bajo esta condición específica fue posible correlacionar de forma directa el volumen de peso por metro lineal, con la producción de toneladas de caña por hectárea para cada variedad. Además, se valoró la condición fitosanitaria de las variedades a la edad de 7 meses y medio (Cuadro 2).

Cuadro 2

Evaluación fitosanitaria de variedades de caña de azúcar en un suelo Vertisol en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas Guanacaste. 2018.

Variedades	Variables fitosanitarias						
	Chinche encaje	Presencia escamas	Perforaciones <i>Diatraea</i> spp	Cigarrita	<i>Fusarium</i> spp.	Yemas brotadas	Floración
LAICA 08-361	no	10	0	no	2	no	10
LAICA 09-374	no	0	1	no	0	no	0
LAICA 09-370	si	0	1	no	0	no	10
LAICA 08-371	no	10	0	no	2	no	10
DB 86-209	si	0	0	no	0	no	10
B 82-333 (T)	no	1	0	no	0	no	0
Promedio	-	-	-	-	-	-	-

*Escala de infestación en la planta.

El análisis agroindustrial de las variedades promisorias de caña de azúcar se presenta en el Cuadro 3; puede observarse que la mayoría de clones mostraron un excelente comportamiento industrial en ambas modalidades de cosecha, a excepción de los clones DB 86-209 y B 82-333, que mostraron niveles bajos en los parámetros de calidad de los jugos (brix, pureza y sacarosa).

Es importante señalar el buen rendimiento industrial (kilogramos de azúcar por tonelada de caña), obtenido con las variedades (LAICA 08-

361, LAICA 08-371 y LAICA 09-374) en ambas modalidades de cosecha (Figura 4). Desde el punto de vista de productividad de caña y azúcar por hectárea, hubo respuesta diferenciadas entre las variedades evaluadas, la mejor respuesta se logró con clones de la serie LAICA los cuales superaron ampliamente a los clones extranjeros en ambas modalidades de cosecha, siendo la variedad LAICA 08-361 la que mostró la mayor productividad en caña por hectárea, seguida de la variedad LAICA 09-374 (Cuadro 3, figuras 5 y 6).

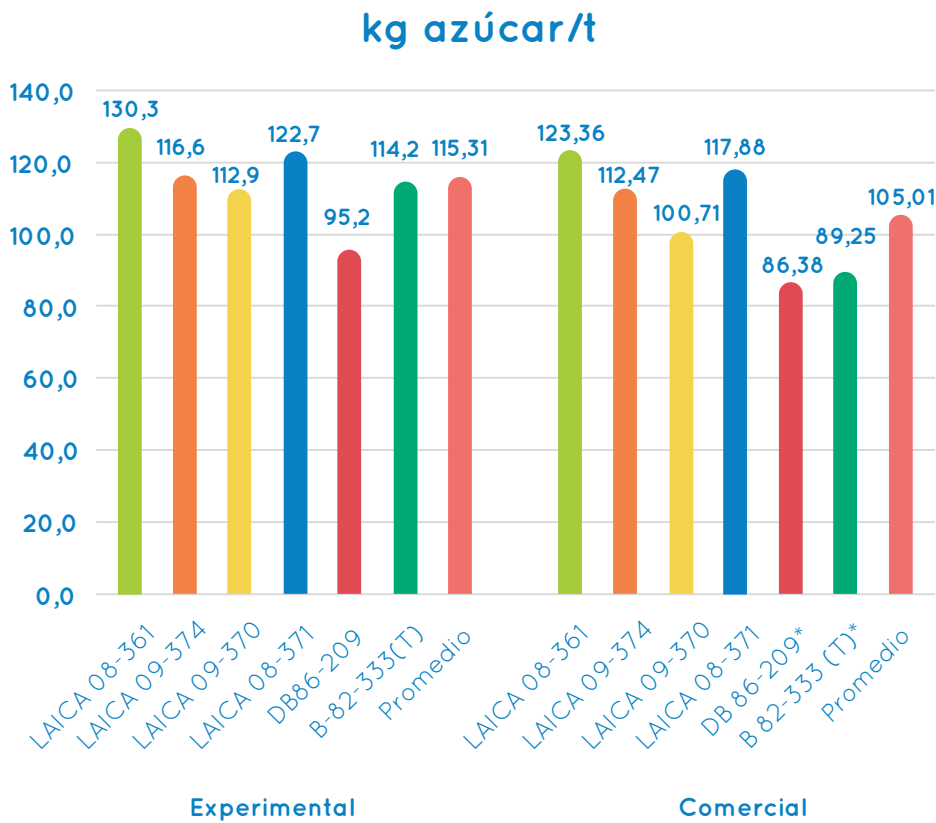


Figura 4.
Kilogramos de azúcar por tonelada métrica de caña de las variedades evaluadas, según modalidad de cosecha en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. 2018.

Cuadro 3.

Resultados agroindustriales de las variedades de caña de azúcar, según modalidad de cosecha en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. 2018.

Variedades	Porcentaje				Rendimiento Industrial (Kg azúcar /t)	t Caña /ha	t Azúcar /ha
	Brix	Pol	Pureza	Fibra			
Experimental							
LAICA 08-361	21,8	19,8	93,5	93,5	130,3	145,5	19,0
LAICA 09-374	19,9	18,6	90,5	90,5	116,6	135,3	15,8
LAICA 09-370	19,8	17,8	90,0	90,0	112,9	141,5	16,0
LAICA 08-371	20,8	19,2	92,1	92,1	122,7	135,1	16,6
DB 86-209	18,8	16,2	86,3	86,3	95,2	130,5	12,4
B 82-333 (T)	19,8	18,0	91,0	91,0	114,2	136,8	15,6
Promedio	20,14	18,25	90,57	90,57	115,31	137,45	15,89
Comercial							
LAICA 08-361	20,59	18,19	88,36	88,36	123,36	131,19	16,18
LAICA 09-374	20,36	16,98	83,42	83,42	112,47	127,40	14,33
LAICA 09-370	18,95	16,05	84,71	84,71	100,71	140,95	14,20
LAICA 08-371	21,61	18,54	85,80	85,80	117,88	117,64	13,87
DB 86-209	18,12	13,74	75,82	75,82	86,38	130,11	11,24
B 82-333 (T)	18,57	14,85	79,98	79,98	89,25	120,57	10,73
Promedio	19,70	16,39	83,02	83,02	105,01	127,98	13,43

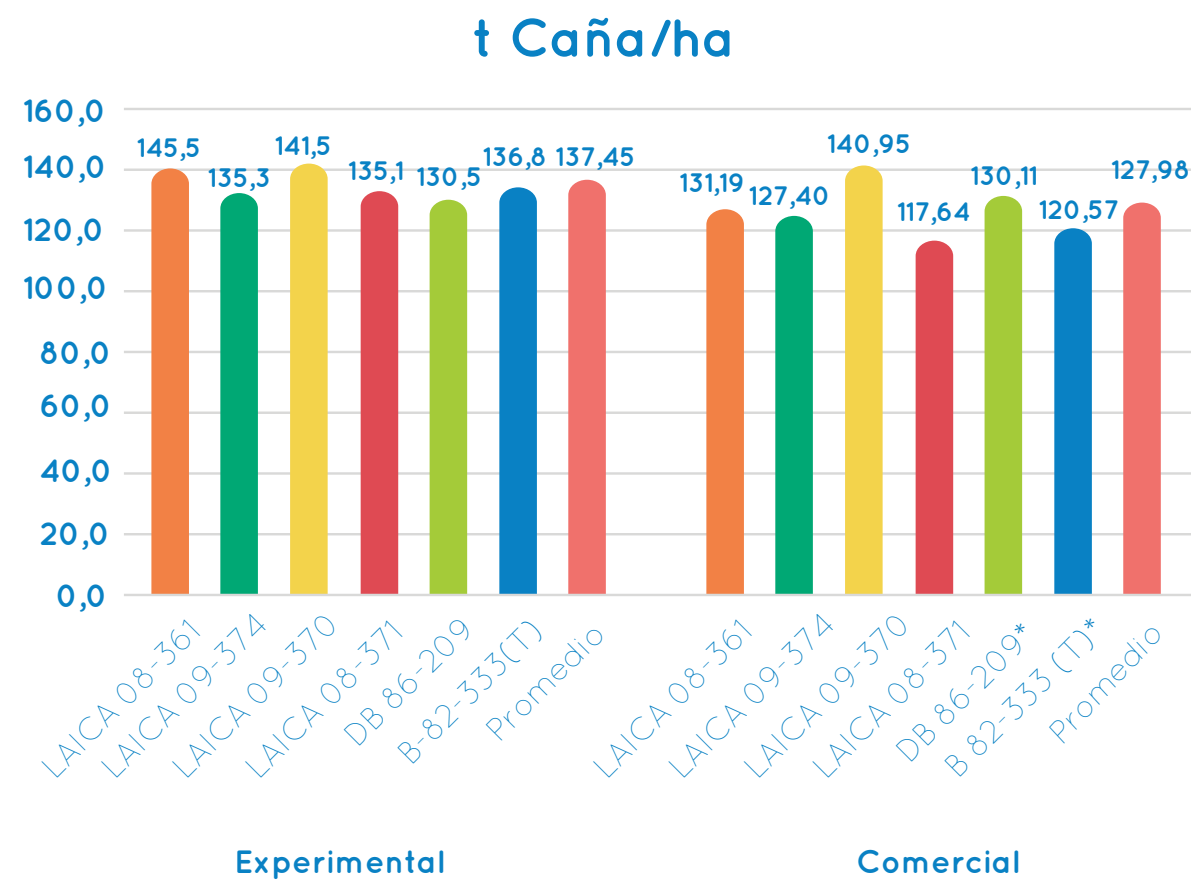


Figura 5.

Toneladas métricas de caña por hectárea de las variedades evaluadas, según modalidad de cosecha en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. 2018.

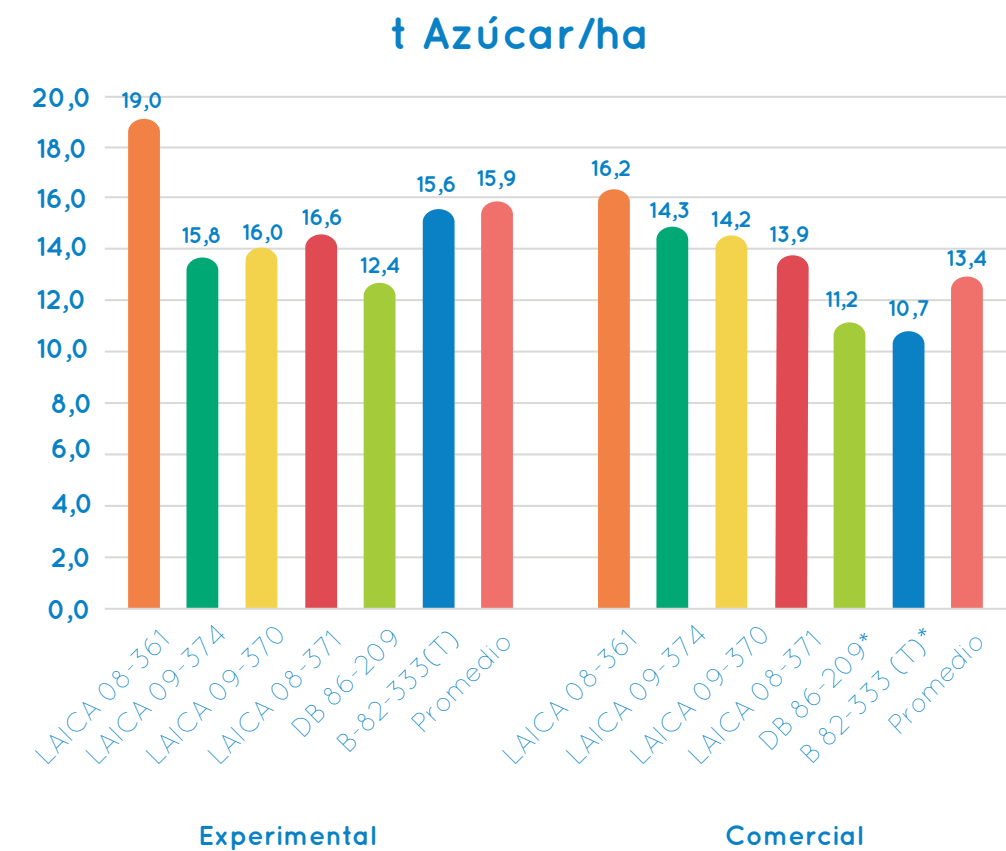


Figura 6.

Toneladas de azúcar por hectárea de las variedades evaluadas según modalidad de cosecha en finca Santa Paula, Paso Hondo Cañas Guanacaste, 2018.

Comparativamente el análisis entre la cosecha experimental y comercial logró evidenciar que hubo diferencias marcadas entre las modalidades de cosecha y variedades, es importante indicar que la relación de volumen entre una muestra experimental de (10,50 kg), respecto a una comercial de aproximadamente (8.000,00 kg) es proporcionalmente elevada, lo cual es probable que a mayor volumen de biomasa evaluada, la desviación y error experimental de los datos es menor y muy próximos a un escenario comercial en las fincas cañeras.

Se realizó el análisis comparativo de las tres principales variables de productividad entre la

cosecha experimental y comercial (Cuadro 4). Para la variable kilogramos de azúcar por tonelada de caña (kg azúcar/t), hubo en promedio una variación de 10,30 kg azúcar por tonelada menor en la cosecha comercial, respecto a la cosecha experimental entre las variedades, esto significó una diferencia porcentual de merma del 10,6% Cuadro 4). También se observó diferencias marcadas entre variedades, por ejemplo, la mayor inconsistencia productiva entre las modalidades de cosecha se obtuvo con la variedad B 82-333, que mostró una diferencia de hasta 25 kg azúcar por tonelada, correspondiente a una variación porcentual del 28% (Cuadro 4, Figura 4).

Cuadro 4.

Diferencias observadas entre la cosecha comercial y la experimental en las variedades de caña de azúcar en finca Santa Paula, Paso Hondo, Cañas, Guanacaste. 2018.

Variedades	Diferencias entre modalidad*			Variación (%)		
	Rendimiento Industrial (Kg azúcar /t)	t Caña /ha	t Azúcar /ha	Rendimiento Industrial (Kg azúcar /t)	t Caña /ha	t Azúcar /ha
LAICA 08 361	6,9	14,3	2,8	5,6	10,9	17,2
LAICA 09 374	4,1	7,9	1,4	3,6	6,2	10,1
LAICA 09 370	12,2	0,6	1,8	12,1	0,4	12,5
LAICA 08 371	4,8	17,5	2,7	4,1	14,8	19,5
DB 86 209	8,8	0,4	1,2	10,2	0,3	10,5
B 82 333 (T)	25,0	16,2	4,9	28,0	13,5	45,6
Promedio	10,3	9,5	14,8	10,6	7,7	19,2

*Se refiere a la diferencia observada entre las modalidades de cosecha: experimental versus comercial

Finalmente, respecto a la producción de toneladas de caña y azúcar por hectárea, el análisis muestra una gran diferencia entre modalidades de cosecha y variedades, hubo diferencias contundentes entre modalidades de cosecha, lo cual se evidenció en un ámbito promedio de 7,7 toneladas de caña/ha y 19,2 toneladas de azúcar/ha entre la evaluación experimental y la comercial (Cuadro 4 y Figura 5).

Los resultados obtenidos en esta evaluación son reveladores ya que aportan conocimiento sobre el comportamiento de las variedades de caña de azúcar a condiciones de un sistema agroecológico de suelos Vertisoles, muy húmedos, y proveniente de la rotación con arroz; por lo tanto, es un soporte técnico para las investigaciones futuras del sector azucarero regional.

Conclusiones

Los suelos Vertisoles con riego son una opción productiva muy importante en la región de Guanacaste, ya que son suelos de fertilidad media que aportan grandes cantidades de nutrimentos a los cultivos, especialmente gramíneas como el arroz y la caña de azúcar. La práctica de rotación de cultivos (arroz-caña), favorece la respuesta biométrica y productiva de la caña de azúcar. Se logró evidenciar en las diversas evaluaciones que hubo un excelente crecimiento y desarrollo de los tallos en las variedades promisorias de caña de azúcar.

La respuesta productiva en términos de caña y azúcar por hectárea, fue diferente según las

variedades de caña de azúcar. Sobresalen los clones LAICA 08-361, LAICA 09-374 y LAICA 08-371, los cuales mostraron valores extraordinarios de productividad de azúcar, lo que indica que les favorecen los suelos Vertisoles provenientes de la rotación con arroz.

El análisis comparativo demuestra que hubo una variación importante entre una muestra experimental de (10,5 Kg) y una muestra comercial entre (8.000 - 10.000 Kg) y los resultados así lo confirman, por ejemplo, para la variable rendimiento industrial (kg azúcar/t) hubo una diferencia considerable de un 10,6%, o sea 10,30 kg de azúcar menos en la cosecha comercial respecto a la cosecha experimental. También se determinó una diferencia importante de 9,5 y 2,5 toneladas de caña y azúcar por hectárea respectivamente entre la cosecha la experimental y la comercial (cuadros 3 y 4).





Literatura citada

Viveros, V, CA; Muñoz, P CG; Amaya, E. A. 2012. *Características asociadas con la mayor eficiencia en el uso de agua para la producción de caña de azúcar Saccharum spp.* Memorias Congreso de Atalac-Tecnicaña 2012. P 180 -193.

Wikipedia 2021a Consultado en 2021, disponible en: <http://www.cia.ucr.ac.cr/pdf/Memorias/Memoria%20Curso%20Fertilidad%20de%20Suelos.pdf>

Wikipedia 2021b Consultado en 2021, disponible en: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/Av-1823.pdf>.

Wikipedia 2021c Consultado en 2021, disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1932/193217916004.pdf>.



Sabe a lo
que nunca
has probado!

Nuevas bebidas instantáneas



Bajo en calorías

Con extracto de
Stevia

Descubrí tu sabor