

Periodo 13 de junio al 26 de junio 2022

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 30 DE MAYO AL 12 DE JUNIO

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

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

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 107 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los acumulados de lluvia diaria varían según la región azucarera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 1-26 mm, excepto el día 31 (54 mm), 1 y 6 de junio (43 y 61 mm, respectivamente) en la región Guanacaste Este; por su parte Guanacaste Oeste registra entre 1-24 mm, excepto los días 1 de junio (52 mm), 6 (71 mm) y 6 (45 mm); al tiempo que Región Norte reporta entre 1-27 mm, excepto el día 31 (41 mm). Puntarenas presento entre 1-20 mm, excepto los días 1 de mayo y 8 de junio con más de 80 mm cada uno; así como el 6 y 7 que superan los 40 mm. La Región Sur muestra entre 0-30 mm excepto el día 6 de mayo (41 mm); en cambio Turrialba acumula lluvias entre 0-12 mm, excepto el día 8 de junio (38 mm); mientras Valle Central evidencia entre 1-25 mm, excepto el día 31 de mayo y 1 de junio (rondando 37 mm), así como el día 11 con 45 mm.

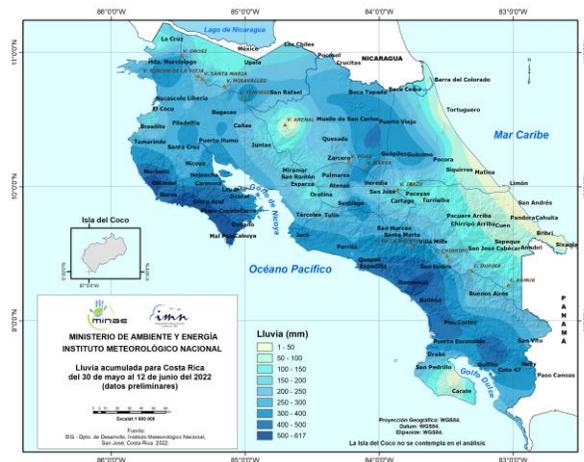


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 30 de mayo al 12 de junio del 2022.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 13 DE JUNIO AL 19 DE JUNIO

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras. La Región Norte mantendrá humedad alta hasta el jueves seguida de humedad media; mostrando viento del Este hasta el miércoles, seguido de viento del Oeste; además de tardes más frescas entre jueves y domingo; con madrugadas más cálidas el fin de semana. Guanacaste (Este-Oeste) mantendrá humedad alta durante la semana; viento del Oeste con su máximo el jueves; y madrugadas cada vez más cálidas, excepto por el jueves. El Valle Central (Este-Oeste) tendrá contenido de humedad alta; mostrando viento variable (Este-Oeste) con dominancia del Oeste; con la tarde del miércoles como la más cálida. Para Turrialba (Alta y Baja) se prevé humedad alta, excepto miércoles y jueves que será media; además de viento variado (Este-Oeste) con dominancia del Oeste; así como madrugadas más frescas miércoles y viernes.

IMN

www.imn.ac.cr
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17
Barrio Aranjuez,
Frente al costado Noroeste del
Hospital Calderón Guardia.
San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr
2284-6000

Avenida 15 y calle 3
Barrio Tournón
San Francisco, Goicoechea
San José, Costa Rica

En la Región Sur se espera contenido de humedad alta; además de viento del Oeste hasta el sábado seguido de viento del Este; así como el viernes con la madrugada más fresca. Puntarenas mantendrá humedad alta; con viento del Este hasta el jueves, seguido de viento variable (Este-Oeste); acompañado de madrugadas más cálidas martes y viernes particularmente.

“Este jueves la onda tropical #8 afectaría el país parcialmente, debido a que se acompaña de polvo Sahariano; seguido del efecto de la onda tropical #9 el fin de semana.”

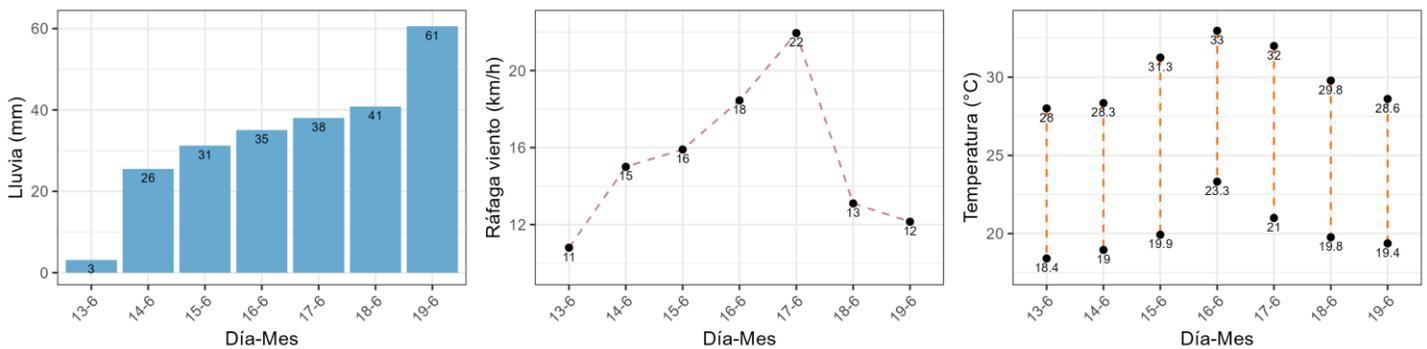


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Guanacaste Este.

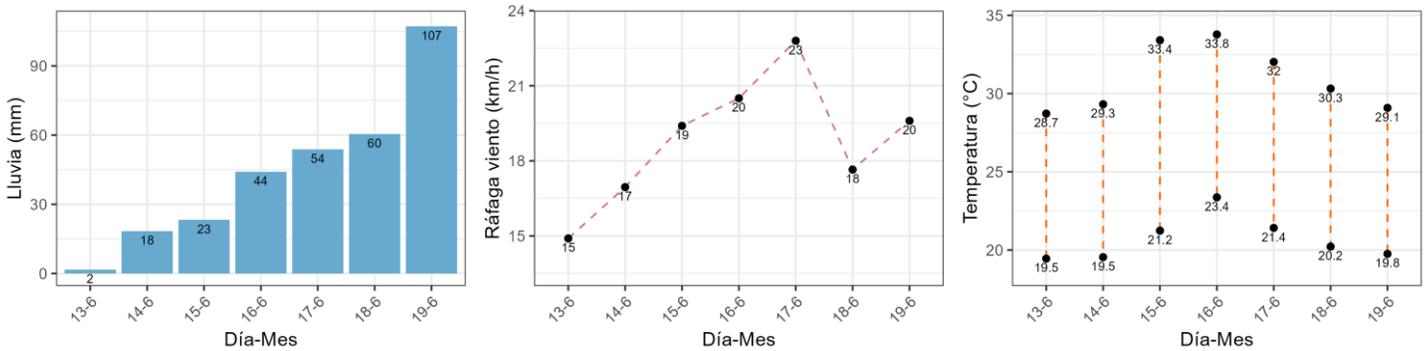


Figura 3 Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Guanacaste Oeste.

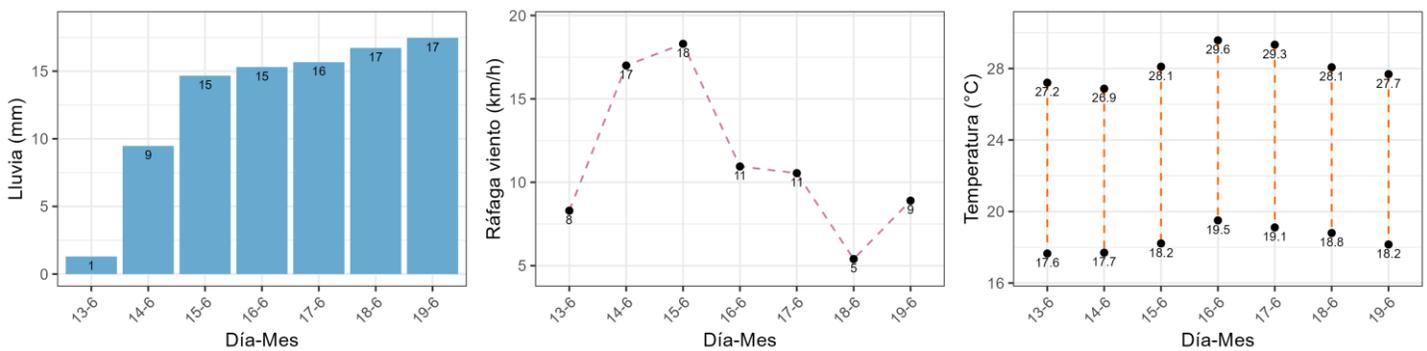


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Puntarenas.

Junio 2022 - Volumen 4 – Número 12

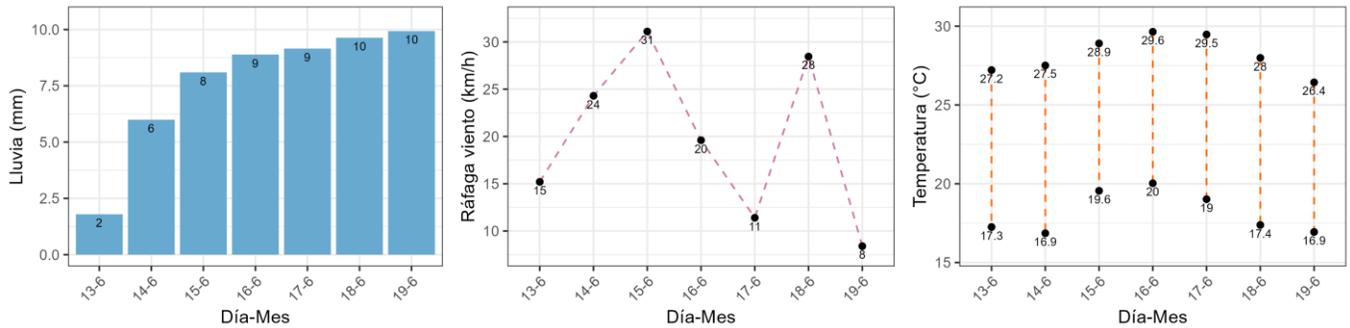


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Región Norte.

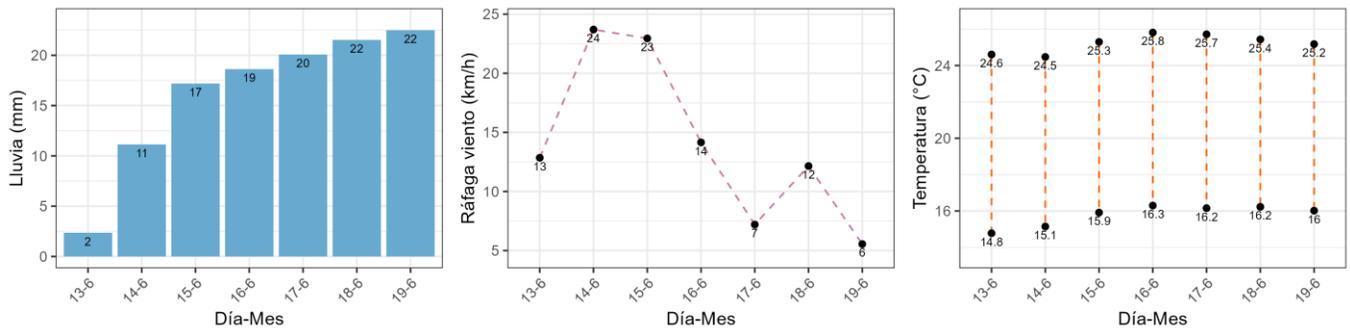


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

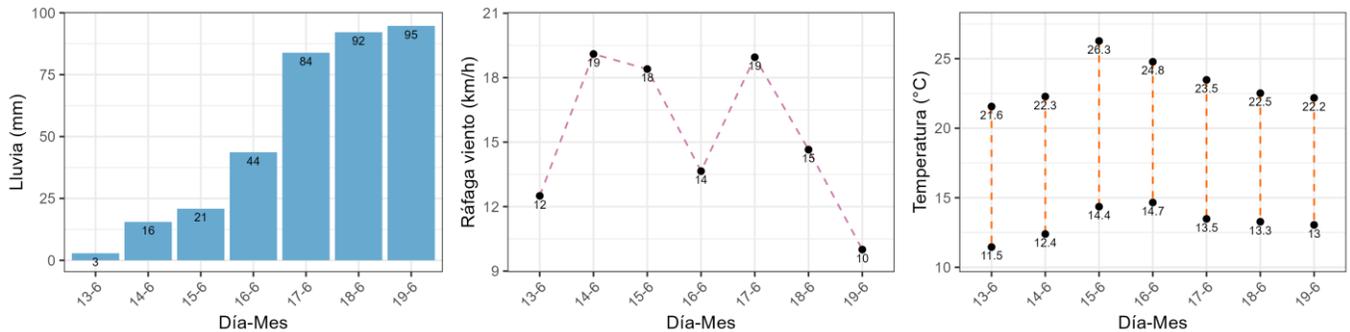


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

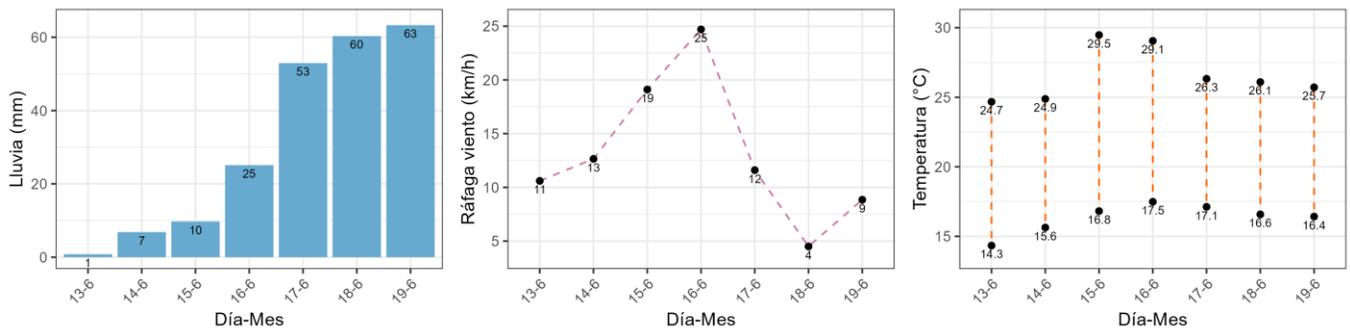


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 13 de junio al 19 de junio en la región cañera Región Sur.

Junio 2022 - Volumen 4 – Número 12

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 20 DE JUNIO AL 26 DE JUNIO

Existe la posibilidad de la afectación por la onda tropical #10. La región Huetar Norte entre lunes y miércoles mantendrá humedad media, viento variable (Este y Oeste) y tardes más cálidas que las del fin de semana previo; en tanto la semana completa mostrará condiciones lluviosas normales acompañadas de viento normal para la época. La Región Chorotega (Este y Oeste) entre lunes y miércoles presentará contenido de humedad medio; viento variable (Este- Oeste) y madrugadas más cálidas respecto a las del fin de semana; en tanto la semana completa evidenciará condiciones lluviosas normal y viento normal. En la Región Brunca entre lunes y miércoles, evidenciará condiciones de humedad media y alta; con viento variable (Este-Oeste) con la madrugada más frescas el lunes; en tanto la semana completa evidenciará lluvia y viento para la época. La Región Valle Central (Este y Oeste) entre lunes y miércoles mostrará humedad media y alta, así como viento variable (Este-Oeste) y tardes más cálidas que el fin de semana previo; en tanto la semana completa presentará lluvia y viento normales. La Región Huetar Caribe entre lunes y miércoles presentará humedad media, viento variable (Oeste-Este) con dominancia del Este y madrugadas cada vez más frescas; en tanto la semana completa mantendrá lluvia y viento normal para la época. La Región Pacífico Central entre lunes y miércoles mostrará humedad media, así como viento variable del Oeste y la madrugada cada vez más cálidas en esos 3 días; en tanto la semana completa presentará condiciones levemente más lluviosas de lo normal y viento normal.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, en la semana del 06 al 12 de junio se presentaron condiciones de alta saturación en los suelos de las regiones cañeras, solamente la Región Turrialba mantuvo porcentajes de humedad bajos. El domingo 12 de junio hubo un mayor incremento de la saturación en todas las zonas productoras.

Como se observa en la figura 9, la Región Guanacaste Oeste tiene entre 30% y 90%, la Región Guanacaste Este presenta entre 45% y 90%, la Región Puntarenas está entre 45% y 75%, la Región Valle Central Oeste tiene entre 60% y 75% y la Región Valle Central Este está entre 45% y 60%.

La Región Norte presenta entre 45% y 100%, la Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) tiene entre 45% y 100%, la Región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) está entre 45% y 75%. La Región Sur varía entre 30% y 100% de humedad.

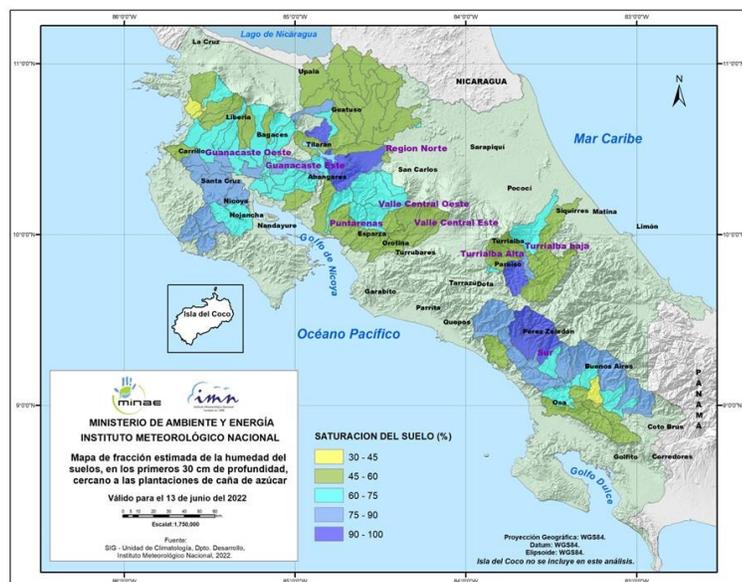


Figura 9. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 13 de junio del 2022.

NOTA TÉCNICA

Retos tecnológicos de la agroindustria azucarera costarricense en procura de lograr la ecoeficiencia y la competitividad comercial

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc.

chavessolera@gmail.com

Especialista en el Cultivo de la Caña de Azúcar

Introducción

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.*

Esta situación alcanza sin restricción ni atenuante alguno también a la agroindustria azucarera virtud de las características de los productos generados, vinculados directamente con la alimentación (azúcar, miel) y la energía (bagazo, etanol) como factores determinantes del desarrollo social. Esta realidad mundial exige en el caso nacional revisar lo actuado, corregir lo pertinente y orientar lo necesario, buscando actuar en conformidad con los condicionantes y exigencias vigentes en la actualidad, pues caso contrario, las consecuencias no serán nada agradables para ninguna de las áreas de gestión, sea comercial, productiva, tecnológica, legal o administrativa. Pretender incursionar en mercados selectos y competitivos para gozar de precios, remuneraciones y reconocimientos especiales, obliga actuar de conformidad con lo establecido y vigente en todos los ámbitos del quehacer comercial; caso contrario, se estará al margen de esos beneficios (Chaves 2017b, 2021b).

En esta difícil y compleja coyuntura comercial llena de expectativas y casi sin opciones para actuar en contrario, los movimientos organizacionales e institucionales que se hagan en el campo azucarero deben ser decididos y muy bien orientados hacia la solución de problemas, la superación de limitantes, la modernización de sistemas productivos, la mejora integral en la calidad de los productos finales y el aprovechamiento de los potenciales que existen para aplicar capacidades y colocar a la agroindustria en una posición ventajosa. Importantes retos y desafíos surgen para ajustar los sistemas de producción, mejorar los rendimientos de campo y fabriles, elevar la calidad de la materia prima producida y procesada y lograr con ello la mejora integral de las plantaciones, lo cual se torna inminente y prioritario; para ello, se deben buscar y potenciar los aliados apropiados para conseguirlo de una manera rápida, rentable y eficiente. El tiempo de implementación en todo esto es fundamental.

Puede asegurarse con buen fundamento, como ha sido suficientemente demostrado, que la agroindustria de la caña orientada a la fabricación de azúcar es en el caso particular de Costa Rica muy compleja, diferenciada y diversificada, en consideración de las grandes discrepancias y disparidades que presenta. Si bien cabe reconocer no es una actividad de grandes dimensiones en producción y área sembrada como ocurre en otras naciones cercanas, aunque si posee características y particularidades que la distinguen y tornan muy heterogénea y diferente al valorarla comparativamente entre regiones, zonas y localidades productoras. Poseer distribuidas actualmente 60.668 hectáreas cultivadas con caña de azúcar en las seis regiones oficiales (LAICA 1998, 2000) del país implica tener que incursionar entornos agroproductivos muy disímiles en todos los sentidos, tanto fisiográfico, edáfico, climático, productivo, tecnológico, económico y social, lo que inevitablemente se

traduce en problemas y limitantes, potenciales de productividad, eficiencia y rentabilidad también variables e inestables, como lo han refrendado los estudios de Chaves *et al* (2018, 2019), Chaves (2016, 2017a, 2018, 2019abc, 2020bd) Chaves y Chavarría (2021), entre otros.

En el ámbito industrial el país cuenta hoy con 11 ingenios activos operando en todas las seis regiones agrícolas. En lo social durante la zafra 2020-2021, LAICA contabilizó y reportó la presencia de un total de 5.188 Productores Independientes de caña que efectivamente entregaron materia prima en ese periodo distribuidos por región, como sigue: 2.227 agricultores (42,9%) en Zona Sur; 1.111 (21,4%) en Zona Norte; 807 (15,6%) en Valle Central; 753 (14,5%) en Guanacaste; 248 (4,8%) en Turrialba y 42 (0,8%) en Puntarenas. El número de productores registrados en esa zafra en nómina oficial fue de 6.089.

En pocas palabras y desde una perspectiva agroindustrial en el caso particular de la caña de azúcar, los principales objetivos pretendidos alcanzar por todo agricultor y empresario visionario se traducen en obtener la máxima productividad de caña en el campo (t/ha), reducir los costos de producción vinculados y lograr la mayor recuperación de azúcar y sus derivados en el ingenio, lo cual traza y define la ruta correcta hacia la ansiada maximización de la rentabilidad y deseada competitividad técnica y comercial (Chaves 2017b). Esa es la misma intención y motivación que estimula a todos los participantes de la actividad cañero-azucarera en el mundo.

El área agrícola del cultivo busca con esmero y dinamismo lograr materializar con su gestión la mayor producción de caña y mejor calidad posible de materia prima industrializable. Por su parte, al área fabril tiene como objetivo inmediato y principal el incremento del “rendimiento industrial” traducido en obtener una mayor cantidad y calidad de azúcar y derivados (alcohol, melaza, bagazo, cachaza, etc.) producida por tonelada de caña. Para alcanzar y satisfacer a cabalidad esas metas y objetivos empresariales, es imperativo que el cometido desarrollado en las diferentes áreas de trabajo opere de manera conjunta, integral y articulada y tengan conocimientos transversales sobre las diferentes operaciones involucradas en todo el proceso agroindustrial de la caña.

La planificación y programación de procesos y labores como también la comunicación eficiente y efectiva entre las áreas agrícola e industrial, vinculadas con las diferentes operaciones de cosecha contribuye ostensiblemente a generar respuestas y soluciones a problemas y situaciones adversas inherentes y ligadas al proceso azucarero y el incremento de la eficiencia industrial. En la actualidad nuevas variables e indicadores se han incorporado como requisitos exigidos al proceso productivo y fabril, complicando aún más el comercio, destacando entre ellos los de índole ambiental asociados con la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI), mitigación del Calentamiento Global, combate al Cambio Climático, descarbonización de la economía, recarbonización del suelo, eliminación de la contaminación, protección y conservación de los recursos naturales y la biodiversidad, huella de carbono, entre otros. Esas novedosas y complejas materias pueden integrarse, conceptualizarse y operarse por sus alcances como ecoeficiencia y eco-competitividad agroindustrial.

El presente documento se formula con el fin primordial de aportar elementos y comentar con alguna especificidad en torno a los desafíos y retos tecnológicos e institucionales que la agroindustria azucarera costarricense mantiene actualmente vigentes y visualiza a futuro, en procura de alcanzar la competitividad comercial y ambiental en un contexto de ecoeficiencia.

Entorno productivo actual en el agro

Comentar sobre las dificultades que aquejan a la agroindustria azucarera es referirse a muchos de los mismos y añejos problemas que históricamente han afectado y oprimido al sector agropecuario nacional, lo cual por su similitud puede inclusive proyectarse a nivel latinoamericano y mundial. Pese a los años (décadas) transcurridos, una revisión en retrospectiva objetiva de causas, motivos y razones demuestra fácilmente que muchas de las limitantes que sufren hoy los agricultores, son por su fondo casi las mismas de tiempos pasados, aunque revestidas con elementos distractores que las redefinen y disimulan, pero no las desvirtúan en su esencia. Es así como los problemas asociados con precios, costos, mercados, clima, fitosanidad, infraestructura, equipo y maquinaria, crédito, tecnología, legalidad, valor agregado, intermediación, política

económica y contexto comercial internacional (aranceles, subsidios) destacan como los más álgidos y “comunes” a los que deben enfrentarse el productor y el empresario agrícola en su labor habitual. Ahora se suma con ímpetu y mucha fuerza a esas temáticas el tópico ambiental y sus elementos asociados. El productor nacional de caña de azúcar no está en absoluto ajeno de padecer esta situación, obviamente en una dimensión diferente virtud de las ventajas que le ofrece la organización sólida que regula, interviene, defiende y orienta sus intereses.

En algunos segmentos de la producción, particularmente la rural conformada mayoritariamente, aunque no exclusivamente de pequeños agricultores, la evolución y el desarrollo tecnológico ha sido más lento y limitado debido a su mayor vulnerabilidad, lo cual se manifiesta en una baja productividad y un nivel de competitividad insuficiente y muy restringido. La pobreza y la vulnerabilidad social emergen sin embargo como elementos que inciden e influyen de manera determinante sobre el desarrollo rural, razón por la cual constituye el punto focal sobre el cual deben orientarse todos los esfuerzos nacionales, sectoriales e institucionales en procura de lograr avances significativos, trascendentes y sostenibles en el campo; caso contrario, se tendrá un indeseable sector polarizado y fragmentado con grandes diferencias y retrasos en todos los sentidos: productivo, tecnológico, económico, social y competitivo.

Estudiosos del tema rural como De Janvry y Sadoulet (2001), consideran que el entorno actual proporciona cuatro posibles “salidas” a los agricultores más pobres, como son:

- 1) Los productores con más recursos relativos o con una cercanía y proximidad a los centros urbanos se especializan en cultivar productos destinados al mercado nacional o internacional.
- 2) Los productores que no tengan estas ventajas continuarán con actividades de subsistencia, complementando las mismas con un mayor nivel de empleo fuera de sus fincas.
- 3) Otros productores con pocas ventajas inevitablemente emigrarán a las ciudades con o sin sus familias.

- 4) Aquellos productores y comunidades de escasos recursos y localizados en zonas aisladas continuarán con un alto nivel de marginalización y pobreza.

El anterior es lamentablemente un reflejo de lo que acontece en algunas actividades productivas del sector agropecuario costarricense, lo que se estima, alcanza en mucho menor grado a la actividad cañera.

En este complejo marco social, económico y tecnológico surgen nuevas iniciativas y emprendimientos destinados a procurar impulsar al sector rural a alcanzar las metas y objetivos, no siempre fáciles, del desarrollo sostenible. En el ámbito de la generación del conocimiento como instrumento indiscutible para superar los problemas y las limitantes, la ciencia y la técnica integrada, insertada y ligada a tecnologías de producción, postcosecha y transformación para agregar valor a los productos primarios, se convierten, junto con el desarrollo y posicionamiento de mercados, en herramientas indispensables para provocar el cambio necesario y deseado.

Problemática del productor de caña

Siendo específico en cuanto a ubicar los problemas y limitantes que más aquejan al productor de caña de azúcar en Costa Rica se presenta el Cuadro 1, donde se citan y enumeran de manera priorizada los 20 asuntos (de un total de 48) con una significativa representatividad del 87,4%, que ha criterio del agricultor más preocupación le demandan en el quehacer diario de sus actividades y labores ordinarias de producción en el campo. Se infiere de ese cuadro que fueron seis las áreas de gestión donde se concentraron las restricciones enunciadas en las respuestas recibidas con el siguiente orden de prioridad: Económica con 7 asuntos para un 51,4% de las respuestas; Institucional con 4 (18,3%); Tecnológica 5 temas (8,3%); Ambiental con 2 asuntos (5,3%); temas Varios con 1 (3,0%) y los asociados con Equipo y Maquinaria con apenas una mención (1,1%). Los bajos precios pagados por el azúcar producido y los altos costos asociados con la producción agrícola se constituyen indiscutiblemente en los asuntos más sentidos para una representación conjunta del 36,3%.

Cuadro 1. Problemas y limitantes señalados por los agricultores de caña (365) que constituyen barreras a su gestión productiva. Evaluación noviembre - diciembre 2018.

Nº	Problema / Limitante	Área Temática	Respuestas (%)
1	Bajos precios pagados por el azúcar producido	Económica	19,5
2	Altos costos de producción agrícola	Económica	16,8
3	Escasez y limitaciones de mano de obra calificada	Institucional	6,1
4	Problemas asociados con cuota y extracuota de azúcar	Institucional	6,0
5	Pagos realizados a la CCSS	Económica	5,7
6	Relación con ingenios	Institucional	4,3
7	Altos costos por corta, carga y transporte (CAT) de la caña	Económica	4,2
8	Efectos e impacto por causa del clima	Ambiental	3,1
9	Problemas con la finca y el terreno de cultivo	Varios	3,0
10	Falta financiamiento, crédito, altos intereses, relación con bancos	Económica	2,7
11	Impacto por sequía e inundaciones	Ambiental	2,2
12	Falta semilla de calidad	Tecnológica	1,9
13	Poca ayuda y apoyo del Estado	Institucional	1,8
14	Quemas	Tecnológica	1,7
15	Falta de riego	Tecnológica	1,6
16	Problemas con plagas	Tecnológica	1,6
17	Variedades de caña	Tecnológica	1,5
18	Razones de índole económico	Económica	1,5
19	Falta de maquinaria y equipo	Equipos	1,1
20	Impuestos, relaciones tributarias	Económica	0,9
	Total %		87,4

Fuente: Chaves *et al* (2019).

El resultado de esas opiniones proviene de la consulta realizada entre noviembre y diciembre del año 2018 (zafra 2018/2019) a 365 productores de caña de azúcar distribuidos en 6 provincias, 21 cantones y 59 distritos de Costa Rica, lo que les da mucha consistencia, confiabilidad y credibilidad a los resultados obtenidos (Chaves *et al* 2019). Es destacable reiterar que la mayoría de las limitantes señaladas por los agricultores corresponden a temas asociados con la economía y la institucionalidad y muy poco con tópicos de índole ambiental (5,3%) o tecnológico (8,3%) para un 13,6% conjunto; siendo en detalle, los efectos provocados por causa del clima (3,1%), los impactos ocasionados por las sequías y las inundaciones (2,2%), la falta de semilla de calidad (1,9%), los problemas con quemas (1,7%) y la carencia de riego (1,6%), los más relevantes. El resultado es contributivo al objetivo buscado.

Logros relevantes

Como acontece con cualquier organización, institución, empresa o persona, siempre los esfuerzos y emprendimientos individuales o grupales desarrollados por lo general generan logros que mostrar, algunos de ellos relevantes y de gran impacto para la causa emprendida y satisfacción de las

necesidades del agricultor; otros, por el contrario, resultan destacables, aunque muchas veces de bajo impacto y consistencia en el tiempo. También se dan inevitablemente malas experiencias con fracasos en la misma dimensión, que deben servir como antecedente y enseñanza para evitar incurrir en los mismos males.

Producto del ingente esfuerzo institucional realizado con esmero, planificación y visión de futuro durante muchos años, es que hoy el sector azucarero tiene consolidados importantes logros en el campo institucional y tecnológico con alcance relevante y especial en materia socioambiental. Dichos logros traducidos en ventajas van orientados en varias áreas de gestión muy particulares como son entre otras la organizacional e institucional materializada con elementos tecnológicos constatables como los siguientes:

- 1) Creación y fortalecimiento del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) en el año 1982, como órgano tecnológico líder especializado del sector azucarero nacional, dotado de presupuesto y personal propio.
- 2) Operación en forma integrada y articulada entre sectores agrícola e industrial.
- 3) Promoción de Alianzas Público-Privadas y relación internacional con Centros y Estaciones de Investigación de amplio reconocimiento mundial.
- 4) Disponibilidad de infraestructura adecuada para la investigación (Estación Experimental, invernaderos, laboratorios y campos para investigación).
- 5) Laboratorios e instalaciones equipadas (control biológico, biotecnología, cultivo de tejidos *in vitro*, planta de biocarbón (*biochar*), planta de tratamiento hidrotérmico de semilla, planta para producción de substratos y cámara de fotoperiodo) (Chaves 2020f).
- 6) Personal técnico-profesional especializado, experimentado y muy estable.
- 7) Operación regionalizada con funcionarios ubicados permanentemente en las regiones productoras.
- 8) Planes y programas de trabajo formulados con base en demandas priorizadas por región, localidad y usuario.
- 9) Enfoque biológico en la atención de problemas fitosanitarios provocados por plagas y patógenos.

- 10) Concentración de esfuerzos técnicos en el campo genético con independencia al fabricar sus propias variedades (sigla LAICA). Se cuenta con un Banco de Germoplasma y una Cámara de Fotoperiodo (Chaves 2016).
- 11) Desarrollo de un dinámico y amplio Programa de Transferencia Tecnológica de cobertura nacional que utiliza diversas estrategias, herramientas e instrumentos didácticos (Chaves 2015b) (Foto 1).
- 12) Cuenta con asistencia técnica especializada.
- 13) Produce y comercializa productos biológicos y presta servicios tecnológicos especializados a terceros.

Con el objeto de ubicar y contextualizar algunos de los factores y elementos de naturaleza variable considerados como más relevantes asociados con los logros alcanzados y las ventajas que se estima goza la agroindustria azucarera costarricense en el campo tecnológico, se anotan en el Cuadro 2 un total de 28 asuntos calificados como más destacables virtudes de su significado e implicaciones pragmáticas para la agroindustria.



Foto 1. Transferencia de tecnología a productores.

Es definitivo partiendo de una valoración objetiva de lo expuesto, reconocer que el productor costarricense de caña de azúcar cuenta y parte actualmente de una posición institucional y tecnológica privilegiada para incursionar en nuevas áreas del desarrollo científico-tecnológico; no apenas por lo alcanzado, sino también por la base técnica existente para aspirar a otros niveles superiores, como los que establece por ejemplo la denominada “Agricultura 4.0” vinculada con las actividades de precisión, referidas a todas las intervenciones que se operan en el campo agrícola basadas en el análisis preciso y puntual de los datos y la información recopilados y transmitidos a través de

herramientas y tecnologías avanzadas. Cualquier esfuerzo de mejora que se pretenda implementar a nivel de campo, cuenta con elementos que facilitan su adaptación y desarrollo.

Ecoeficiencia, eco-competitividad y desarrollo sostenible

Uno de los grandes retos actuales que podría elevarse inclusive al grado de desafío para la agroindustria azucarera nacional, lo representa el tener que ajustar y alinear muchos de sus sistemas y procesos productivos, productos, residuos y derivados finales generados en las fases de producción primaria (agrícola), industrial y de comercialización a la dinámica de los acuerdos internacionales, la legislación y normativa establecida y vigente en el país en el campo ambiental, alimentario y de la sostenibilidad; los cuales por su fondo y relativa novedad representan condicionantes de aplicación obligada e incondicional.

En torno al tema ecológico y ambiental aplican hoy día nuevos conceptos que recogen lo tradicional y lo vinculan con lo actual y futuro en términos de producción y comercialización de productos, muy particularmente agropecuarios por su contenido y trasfondo alimentario. En este caso el azúcar por ser un producto de mesa de consumo diario y directo recibe una mayor atención y regulación interna y externa, lo que obliga imperativa e insoslayablemente ajustarse a lo solicitado y demandado; no queda otra opción si se pretende mantener vigente en el ámbito comercial. Dichos términos son ecoeficiencia, eco-competitividad y desarrollo sostenible los cuales están técnica, conceptual y jurídicamente bien definidos en Costa Rica (2012).

La ecoeficiencia consiste en un desarrollo más eficiente, estable y sostenible de los procesos productivos, que incluye las actividades vinculadas con la optimización de los recursos empleados en una operación y producción más limpia. Por medio de la ecoeficiencia se pueden analizar además los impactos ambientales provocados durante el Ciclo de Vida de los productos, valorando desde su fase inicial de generación, distribución, utilización hasta su depósito final, con el fin de optimizar las materias primas empleadas y los residuos formados. Permite en la práctica crear más bienes y servicios utilizando menos recursos mientras se reduce la polución, la

Cuadro 2. Logros y ventajas tecnológicas alcanzadas por la agroindustria azucarera costarricense.

Nº	Logros tecnológicos	Ventajas
1	Contar con una organización (LAICA) que reúne, integra, articula, representa y lidera gestión e intereses de productores e ingenios.	No hay duda que contar con una organización líder y sólida como LAICA asegura estabilidad, respaldo y visión integradora a la gestión de Investigación, Innovación y Transferencia de Tecnología desarrollada por el sector.
2	Contar sectorialmente con unidades técnicas especializadas (DIECA, Departamento Técnico) en materia agrícola e industrial.	Esa especialización institucional favorece desarrollar acciones en la misma dirección asegurando una atención profunda de los temas abordados.
3	Contar con Estación Experimental y campos de investigación regional propios, que suman al apoyo de los Ingenios.	La Estación Experimental de DIECA ubicada en Grecia, Alajuela, concentra infraestructura y labores en algunas áreas técnicas; dejando los campos regionales para investigación. Ingenios son grandes colaboradores.
4	Disponer de infraestructura y equipamiento moderno para el desarrollo de investigación y labores técnicas.	DIECA cuenta con infraestructura (laboratorios, invernaderos) y equipamiento sofisticado necesario para desarrollar programas de investigación complejos.
5	Contar con personal profesional y técnico especializado estable y de amplia experiencia en el cultivo.	DIECA cuenta con 42 personas de las cuales 20 (47,6%) son de formación técnico-profesional interdisciplinario (agronomía, biotecnología, economía agr.).
6	Disponer profesionales regionales en las zonas cañeras.	En cada región productora de caña hay asignado al menos un profesional permanente, lo que da presencia y atención puntual a problemas específicos.
7	Disponer de un presupuesto anual para el desarrollo de actividades de Investigación y Transferencia Tecnológica.	DIECA cuenta con un presupuesto ordinario y de inversión para desarrollar sus actividades de investigación, transferencia tecnológica y asistencia técnica.
8	Operar bajo planes y programas formulados, articulados y operados sectorialmente.	Las demandas y necesidades de investigación y prestación de servicios técnicos son recabadas, identificadas, priorizadas y socializadas sectorialmente. Las mismas se consignan y comprometen en un Plan Anual Operativo (PAO) de trabajo.
9	Desarrollar "Paquetes Tecnológicos" particulares para cada región y zona productora de caña.	En razón del trabajo sectorial integrado y regionalizado se dispone de tecnologías propias para cada región, zona y localidad, lo que la hace muy resolutiva.
10	Contar con un programa de variedades propio y con visión de futuro.	Un logro relevante es contar con variedades de fabricación nacional siglo LAICA y selección de clones importados en forma direccionada procedentes de entornos afines. El programa trabaja por fases y criterios estrictos basados en indicadores.
11	Disponer de un Banco de Germoplasma ubicado en Cañas, Guanacaste.	El sector dispone de un Banco de Germoplasma compuesto por una rica colección de materiales de alto valor genético empleado por el programa de cruzamientos.
12	Adaptar variedades a condiciones particulares de los diferentes entornos agroproductivos.	El enfoque de trabajo genético regionalizado permite seleccionar variedades adaptables a las condiciones particulares de cada uno de los entornos de producción.
13	Realizar el control de enfermedades por la vía genética.	La fitosanidad y control de patógenos se realiza mediante sustitución de variedades sensibles por clones tolerantes y de mejor adaptación, evitando el uso de químicos.
14	Empleo de semilla mejorada de alta pureza genética y calidad reproductiva.	Uno de los tópicos incorporados en la mejora de plantaciones comerciales es el empleo de material reproductivo de alta calidad vegetativa y genética.
15	Reproducción de material vegetativo de calidad por cultivo de tejidos.	consecuentes con lo anterior, DIECA reproduce material vegetativo de muy alta calidad mediante cultivo <i>in vitro</i> , semilleros básicos y semilla prebotada.
16	Control de Plagas mediante Manejo Integrado (MIP).	Las plagas se controlan mediante la reproducción y uso masivo y generalizado de parasitoides (<i>Cotesia flavipes</i>) y hongos entomopatógenos (<i>Metarhizium anisopliae</i> , <i>Beauveria bassiana</i> y <i>Lecanicillium spp</i>); además de otros agentes actualmente en evaluación, evolución y crecimiento. Se evita el uso de plaguicidas químicos.
17	Promoción y manejo biológico de las plantaciones.	Criterio basado en el aprovechamiento de los potenciales anatómico, genético y ecofisiológico natural que posee la planta de caña y adecuan al entorno.
18	Empleo reducido (relativo) de agroquímicos.	Un recuento de los agroquímicos empleados (fertilizantes, cal, herbicidas, madurantes) revela que son pocos con relación a otras actividades agroproductivas.
19	Incorpora Tecnologías de Precisión (Agricultura 4.0).	Segmentos importantes de la producción (ingenios, productores de avanzada) emplean criterios de manejo apegados a la "Agricultura de Precisión".
20	Cuenta con tecnologías de riego y drenaje apropiadas.	La región seca y con déficit hídrico (Guanacaste) dispone de sistemas tecnificados de riego por ventanas, gravedad, aspersión y goteo, que resuelven faltante de agua.
21	Aprovechamiento e incorporación de Valor Agregado a los residuos y derivados generados por la agroindustria.	Los Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) o biomásicos, cachaza, cenizas, bagazo, vinazas y mieles son aprovechadas (agricultura circular) de diferente forma y destino.
22	Empleo de materiales orgánicos en el acondicionamiento, la nutrición y fertilización de plantaciones.	El empleo de materiales orgánicos se ha incrementado buscando incrementar fertilidad y recarbonizar el suelo. Se emplean RAC, cachaza, cenizas, vinazas y biocarbón para lo cual DIECA cuenta con planta piloto.
23	Realización de prácticas de conservación de recursos naturales.	Se procura mantener y conservar recurso edáfico, hídrico y proteger la biodiversidad.
24	Producen y comercializan productos y servicios tecnológicos.	DIECA reproduce, comercializa y vende materiales biológicos (parasitoides, hongos, semilla mejorada) y presta servicios técnicos a usuarios interesados que atraen recursos.
25	Desarrolla programas sociales con enfoque hacia la sostenibilidad.	Vincula y articula la tecnología agrícola con otros programas y esfuerzos sectoriales.
26	Contar con un Sistema de Información, Capacitación y Transferencia Tecnológica sólido y consolidado.	El componente de participación social es inclusivo, masivo y de muy amplia cobertura, manifestado en actividades de información, capacitación, adiestramiento y orientación técnica empleando diferentes mecanismos, estrategias y didácticas. Punto alto de DIECA.
27	Tener una Biblioteca Virtual de fácil y libre acceso público.	La documentación técnica generada y de interés se concentra en una Biblioteca Virtual.
28	Relaciones interinstitucionales y alianzas público-privadas en materias técnicas y socioambientales con organismos tecnológicos nacionales e internacionales.	DIECA mantiene Convenios y acuerdos con numerosas entidades públicas y privadas, Centros de Investigación y Estaciones Experimentales especializadas en materias de interés tecnológico y ambiental asociadas con la agricultura y la agroindustria.

Fuente: Chaves (2015b, 2016, 2017cde, 2018, 2020ef, 2021d); Chaves y Bermúdez (2020).

contaminación y la generación de residuos. Como resultado es posible disminuir el impacto final sobre la biósfera, incrementando a la vez el valor de los productos y servicios sin sacrificar su rentabilidad.

La ecoeficiencia se alcanza mediante la producción y distribución de bienes con precios competitivos y servicios que satisfagan las necesidades humanas y aporten una mayor calidad de vida, a la vez que reduzcan progresivamente los impactos ambientales y la intensidad de uso de los recursos, por medio del análisis del Ciclo de Vida de un determinado producto o servicio. La ecoeficiencia de una empresa permite mejorar la competitividad de la organización. De esta forma la ecoeficiencia se posiciona como una vía operativa viable y factible para alcanzar el deseado y ansiado desarrollo sostenible.

La eco-competitividad por su parte se concibe como una condición o estado de eficiencia económica que le permite a un productor competir con sus productos en los mercados, y al mismo tiempo generar menos emisiones de GEI por unidad de producto con relación a un escenario de referencia. De igual manera califica como una estrategia integral basada en un enfoque de Ciclo de Vida en la utilización de los recursos empleados, que busca la creación de ventajas competitivas para una empresa, organización o país, que le permitan obtener un beneficio que provoque una mejora en términos productivos, sociales y ambientales. Se basa en el empleo de tecnologías, innovaciones y técnicas de producción más eficientes, o el uso óptimo y sostenible de los recursos utilizados; con el fin de obtener una mejor posición en el mercado, una mejor imagen, una mayor cantidad y/o calidad de productos o servicios, tener costos de producción menores por unidad de producto, reducir los impactos negativos generados a la sociedad o al ambiente y mejorar integralmente la calidad de vida de las personas.

El desarrollo sostenible se define como un modelo de desarrollo de alcance social, político, económico y ambiental en el cual se impulsa un uso y manejo sostenible de los recursos naturales disponibles, de tal manera que se puedan satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de que las generaciones futuras puedan

atender sus propias necesidades. El tema pasa por evitar utilizar todo hoy comprometiendo e hipotecando las posibilidades futuras de los que vendrán más adelante.

Retos actuales y desafíos futuros para la agroindustria cañero-azucarera

Chaves y Bermúdez (2020) identificaron y citaron a manera de recomendación en su documento un total de 32 asuntos de diversa naturaleza, calificados como tópicos “... pendientes de ejecutar considerados de importancia y trascendencia histórica, mediática y futura en materia sectorial...” y “...como material de trabajo por acometer y revisar a futuro...”. Una revisión estricta y selectiva de los mismos permite ubicar 17 (53,1%) que por su vínculo directo o no, se estima participan e intervienen de alguna manera sobre el desarrollo tecnológico actual y futuro del sector azucarero costarricense. Por su trascendencia se mencionan y transcriben textualmente a continuación:

- 1) *Abordar y referirse en lo específico al desarrollo y mejoramiento tecnológico alcanzado por el sector en materia industrial de procesamiento y fabricación de azúcar y derivados en el país.*
- 2) *Profundizar en torno al aporte e impacto tecnológico provocado con la gestión institucional desarrolladas por la Sección de Caña (MAG), DIECA, Ingenios y empresas privadas.*
- 3) *Es trascendente medir el grado de rentabilidad y valor agregado aportado integralmente por la investigación y la transferencia de tecnología al sistema productivo cañero-azucarero nacional.*
- 4) *Analizar el tema de las regulaciones ambientales, su impacto, implementación y desarrollo en la agroindustria azucarera. Incorporar la conveniencia de implementar la ecoeficiencia como base del desarrollo sectorial.*
- 5) *Abordar y contextualizar con objetividad el tema de la quema de plantaciones con sentido específico (ambiental, comercial, económico, social, productivo). Valorar la conveniencia, factibilidad y sostenibilidad futura de la práctica.*
- 6) *Profundizar en temas relevantes: cogeneración eléctrica, etanol, producción orgánica, azúcar líquido.*

- 7) Destacar la importancia de los usos alternativos de la caña, subproductos y sus derivados: avances logrados, expectativas, retos y potencial futuro.
- 8) Validar el posible desplazamiento del cultivo a zonas productoras de menor aptitud y con limitada capacidad productiva competitiva.
- 9) Situar y contextualizar la condición tecnológica presente y futura por sector (agrícola, industrial), región y zona.
- 10) Revisar y concluir elementos objetivos orientadores en torno al tema de la productividad y rentabilidad agroindustrial regional y sectorial; esto aplicado a indicadores fundamentales y universales como son: toneladas de caña recolectadas por hectárea (ha); concentración de sacarosa contenida y recuperada en los tallos industrializados, dada en kilogramos de azúcar por tonelada (t) de caña molida; toneladas de azúcar fabricada/ha; miel final obtenida reportada en kg/t; costos de producción (¢/ha, ¢/t); número de cosechas realizadas a la plantación. Identificar posibles factores interventores.
- 11) Revisar lo pertinente en torno a la participación, sostenibilidad y permanencia del Productor Independiente de caña en el sistema agro productivo: perspectiva futura.
- 12) Abordar temas relevantes actuales y futuros: juventud rural, relevo generacional en el sector cañero y participación de la mujer.
- 13) Revisar con criterio crítico, independiente y también integral los diferentes eslabones que componen la cadena agroindustrial y comercial del azúcar.
- 14) Incorporar temas atinentes a grandes proyectos de interés sectorial: azúcar líquido, azúcar orgánico, diversificación comercial, nuevos mercados, nuevos productos, incorporación de valor agregado.
- 15) Proyectar la sostenibilidad, necesidad y prudencia de mantener la dependencia que mantiene gran parte del sistema agro productivo nacional de la inmigración extranjera.
- 16) Revisar lo atinente al tema de la extra cuota: impacto, consecuencias, futuro.

- 17) Revisar lo relativo al crédito productivo en la agroindustria azucarera: historia, actualidad, futuro.”

Como señalaron oportunamente los autores en torno a esos temas “Se considera importante atenderlos con el objeto de procurar elevar el nivel de conocimiento (memoria histórica), participación, eficiencia, rentabilidad y competitividad nacional.” Es definitivo que, en cualquier materia, en este caso tecnológica, **no podemos mirar al futuro sin conocer y repasar el pasado, pues se pueden como esta constatado repetir errores e ignorar avances importantes** (Chaves 2015a).

Los retos tecnológicos que la agroindustria cañero-azucarera debe afrontar hoy día tanto de manera mediática, coyuntural y con visión de futuro para superar los obstáculos y limitantes prevalecientes y aprovechar los potenciales existentes, son numerosos, multifactoriales y de muy diversa naturaleza, lo que impide establecer patrones y estándares de ningún tipo, pues como se anotó al inicio, las diferencias prevalecientes entre regiones, zonas, localidades, entornos y sistemas de producción agrícola son extremas. Algunos de esos retos y desafíos son genéricamente y de manera sucinta entre otros los siguientes:

- 1) Asegurar la presencia, el mejoramiento y la estabilidad de los pequeños agricultores de caña y sus familias como base fundamental del modelo organizacional.
- 2) Incrementar significativamente y de manera sostenida los índices de productividad agrícola e industrial a nivel nacional, lo que involucra a los Productores Independientes y también los Ingenios. El antecedente de productividad nacional y regional (Chaves 2021a) debe superarse en valores promedio nacional no menores al 10%.
- 3) Debe integrarse el tema climático y sus elementos a los indicadores habituales empleados en la toma de decisiones. Es imperativo elevar la vista también al cielo y no dejarla solo fijada en el suelo.
- 4) Asegurar y certificar estabilidad permanente en materia fitosanitaria (plagas y patógenos).
- 5) Aumentar la cobertura territorial y la dinámica del programa integrado de control biológico de plagas (MIP) y enfermedades.

- 6) Desarrollar nuevos agentes (parasitoides, hongos, bacterias, virus) para ampliar cobertura técnica del control biológico de plagas.
- 7) Abrir y operar un área especializada para el trabajo investigativo en el campo de la microbiología de suelos y la fijación biológica de N (Chaves 2021c).
- 8) Estabilizar primero y superar luego el grave proceso sistemático de degradación que sufren los suelos sembrados con caña de azúcar en el país (Chaves 2020b).
- 9) Investigar sobre fertilización orgánica y el uso de bioinsumos buscando la recarbonización del suelo; evaluar también la vía foliar (Chaves 2020h, 2021d).
- 10) Lograr implementar y operar un plan agresivo orientado hacia la renovación de plantaciones productivamente agotadas, idealmente un 15-20% anual.
- 11) Desarrollar sistemas efectivos y accesibles que provean de semilla de alta calidad y pureza genética a los productores de caña necesitados, sea mediante suscripción de acuerdos/convenios con Ingenios para el establecimiento de semilleros básicos regionales, producción de material vegetativo *in vitro* o reproducción vegetativa por yemas pregerminadas.
- 12) Sustituir variedades viejas y superadas por nuevos clones adaptables dotados de mayor resiliencia climática, fitosanidad y alta productividad agrícola e industrial.
- 13) Promocionar, ampliar y consolidar la liberación y siembra de variedades nacionales sigla LAICA.
- 14) Prolongar el uso (vida) comercial y competitivo de las plantaciones superando las tradicionales cinco cosechas.
- 15) Promover e incorporar la Agricultura 4.0 mediante la transformación digital y digitalización de los procesos vinculados con la producción y manejo de materia prima (agricultura de precisión).
- 16) Mecanizar las labores de cosecha de plantaciones, particularmente las desarrolladas en condiciones especiales (relieve quebrado, unidades pequeñas, corta en verde, etc.).
- 17) Identificar un equipo mecánico apropiado y acondicionado para la cosecha de plantaciones en unidades productivas pequeñas.
- 18) Desarrollar sistemas de riego tecnificados y modernos que satisfagan las necesidades hídricas del cultivo, principalmente en las zonas deficitarias como Guanacaste y el Pacífico Central (Foto 2).
- 19) Mejorar la calidad industrial de la materia prima producida y procesada por los ingenios nacionales.
- 20) Consolidar el manejo sostenible y la mitigación de GEI en plantaciones comerciales interviniendo y ejerciendo control sobre los procesos que los generan, como son la fertilización nitrogenada, la aplicación de enmiendas al suelo, la quema de material biomásico y el uso de hidrocarburos fósiles en las actividades mecanizadas de cosecha, transporte, preparación y manejo de plantaciones.
- 21) Validar y acondicionar el uso de fertilizantes de liberación controlada, lenta y estabilizados para empleo en plantaciones comerciales de caña de azúcar (Chaves 2021e).
- 22) Generar “paquetes tecnológicos” discrecionales para segmentos particulares de productores de acuerdo con su tipología, condición y capacidad de inversión: *alta, media, baja*.
- 23) Revisar, ajustar y optimizar el sistema de cosecha y transporte de materia prima del campo al Ingenio en lo concerniente a tiempos (hr) implicados (quemacorta-molienda), capacidad de transporte (toneladas), modalidad (mecánica-manual, verde-quemada), distancias (km), tiempo de permanencia en patio (hr), etc.
- 24) Reducir y minimizar la práctica de quemar las plantaciones para su cosecha. Generar incentivos.
- 25) Debe incorporarse valor agregado al producto principal: azúcar y sus derivados y residuos.
- 26) Fortalecer los programas de transferencia de tecnología mediante la adopción e implementación de métodos masivos e individuales empleando estrategias y didácticas apropiadas para sectores, localidades y grupos específicos de usuarios (Chaves 2015b).

- 27) Incrementar y eficientizar el mecanismo de asistencia técnica aplicado en el campo.
- 28) Elevar ostensiblemente el grado de adopción e innovación tecnológica en el campo.
- 29) Establecer alianzas público-privadas con organismos nacionales e internacionales vinculados con la actividad productiva y la tecnología.
- 30) Reducir los costos de producción relacionados.
- 31) Maximizar la rentabilidad de la empresa cañera.
- 32) Favorecer la integración y el cambio generacional incorporando la familia, la mujer y la juventud rural al proceso productivo.



Foto 2. Riego tecnificado en zonas secas.

¿Dónde actuar?

La agroindustria azucarera es una actividad comercial amplia en procesos y labores y compleja por la cantidad y diversidad de factores y elementos bióticos y abióticos que participan e intervienen de forma simultánea, retardada, individual o en interacción, algunas veces de manera sinérgica, aunque también antagonica. La actividad se compone de dos grandes áreas operativas: a) fase primaria de producción (agrícola) y b) fase de transformación y fabricación (industrial), las cuales son continuas, sucesivas y están intervenidas por eventos muy particulares. El Cuadro 3 muestra un detalle genérico de los procesos que inciden y definen los indicadores de productividad, tanto de campo como fabril, evidenciando la

sensibilidad y susceptibilidad de la agroindustria a ser impactada, afectando la cantidad, la calidad y el costo asociado con la materia prima producida y el azúcar elaborado.

Esa intervención varía de acuerdo con el ciclo vegetativo o la fase de desarrollo y evolución en que se encuentre el proceso; por ejemplo, la presencia de una temperatura o nivel de precipitación bajo en la fase inicial de germinación, retoñamiento/ahijamiento del cultivo es muy negativa, pero presente durante la etapa final de maduración se torna por el contrario muy favorable, pues asiste la concentración de sacarosa en los tallos. De igual manera una variedad con alta fibra posee más resistencia al volcamiento en el campo y genera más energía en las calderas del ingenio, pero posiblemente posea muy poco jugo para extraer azúcar (Foto 3). Es por ello cierto que los factores y elementos del entorno agrícola e industrial deben ser necesaria y prudentemente ubicados y contextualizados en su momento antes de ser juzgados e interpretados.

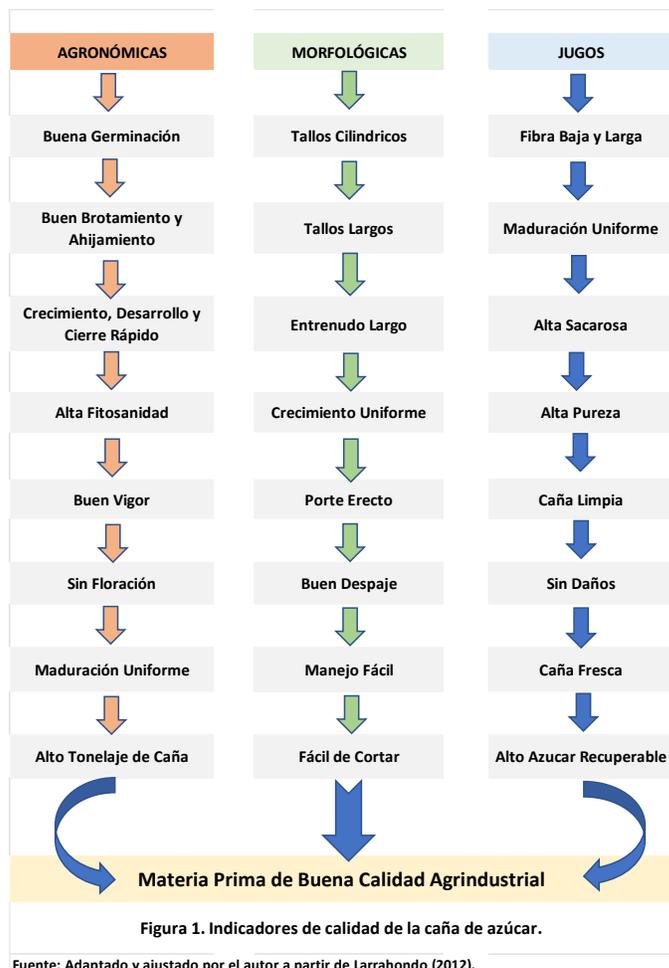


Foto 3. Cosecha de la plantación y calidad de materia prima.

Cuadro 3. Factores interventores sobre la productividad y calidad agroindustrial de la caña.

Proceso	
Agrícola	Industrial
Condiciones climáticas del lugar	Características y condiciones del Ingenio
Relieve y características fisiográficas del lugar	Duración del periodo de molienda (meses)
Orden taxonómico de suelo	Calidad de la materia prima
Acondicionamiento físico-químico del suelo	Recepción de la caña
Variedad sembrada	Preparación y limpieza de la caña
Ciclo vegetativo de la plantación: <i>planta - soca</i>	Molienda de la materia prima
Edad de cosecha (meses)	Extracción del jugo
Calidad de la semilla utilizada	Generación de vapor
Calidad de preparación del suelo	Purificación del jugo
Siembra de la plantación	Clarificación / filtración
Resiembra	Filtración de lodos
Germinación-ahijamiento-retoñoamiento	Evaporación
Riego y drenaje: <i>sistema, frecuencia, lámina</i>	Cristalización
Nutrición y fertilización de las plantaciones	Centrifugación
Control de malezas	Nivel de pérdidas (%) del proceso
Labores de mantenimiento de plantaciones	Refinación
Fitosanidad: <i>plagas - enfermedades</i>	Secado del azúcar
Floración: <i>baja - intensa</i>	Empaque final
Maduración uniforme: <i>control</i>	Almacenamiento
Quema - no quema durante cosecha	Transporte del producto a su destino final
Uso de madurantes	
Cosecha: <i>manual - mecánica</i>	
Manejo pos cosecha: <i>remanga, compostaje</i>	
Transporte: <i>medio, distancia (km)</i>	
Tiempo (Hr) entre corta y molienda	
Manejo de retoños	

Fuente: elaborado por el autor.



La Figura 1 modificada y ajustada a partir del modelo propuesto originalmente por Larrahondo (2012), menciona algunos condicionantes pragmáticos y constatables empleados para calificar la calidad deseada y esperada de una buena materia prima para ser empleada en el proceso industrial para fabricar azúcar. La misma va orientada en tres factores considerados como determinantes y definidores de esa condición: *agronómicas, anatómicas y propias del jugo contenido en los tallos.*

En su estudio Chaves (2022) identificó, enunció y declaró con gran detalle y especificidad 68 asuntos tecnológicos e institucionales de *expertis* (Cuadros 4ab) que estima potencialmente viable, factible, pertinente y necesario intervenir para incidir sobre dos elementos fundamentales de la agroindustria: 1) los índices de productividad agroindustrial, esto es el rendimiento de campo (t de caña/ha), la concentración de sacarosa contenida en los tallos y recuperada en la fábrica (kg azúcar/t caña), el rendimiento agroindustrial combinado (t azúcar/ha) y 2) mitigar la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) para ajustarse a los requerimientos ambientales. Esos logros conducen a la ruta de la competitividad y la rentabilidad (Chaves 2021b).

Una revisión detallada de esos 68 elementos y acciones expuestas en los Cuadros 4ab revela acciones concentradas en 7 áreas de trabajo: a) sectorial-institucional, b) cultivo, c) suelos, d) enmiendas, e) nutrición y fertilización, e) residuos y f) combustibles fósiles (Foto 4). Como se infiere en esos acápite,

son muy diversas las áreas de intervención lo que implica necesariamente definir programas y planes de acción que permitan priorizar y actuar en forma oportuna y con sentido de integralidad buscando la sinergia de procesos.

Cuadro 4a. Acciones (68) a desarrollar según área de gestión para incrementar la productividad agroindustrial, reducir y mitigar la emisión de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Costa Rica.	
Nº	Actividad - Labor - Práctica
A INSTITUCIONAL - SECTORIAL	
1	Organizar y trazar un plan estratégico para el manejo planificado de la unidad productiva: <i>asignación y distribución de recursos y labores, tiempos implicados, áreas, etc.</i>
2	Desarrollar e implementar a nivel de finca un sistema de registro apropiado con indicadores representativos y reveladores por lote y unidad productiva: <i>insumos utilizados, productividad alcanzada, edad y momento de ejecución y aplicación de insumos, variedades sembradas, número cosechas, etc.</i>
3	Implementar un sistema sencillo de contabilidad que cuantifique la situación financiera desagregada por lote y finca: <i>costos, ingresos, balance</i>
4	Disponer de información meteorológica apropiada, actual y representativa que oriente sobre el posible comportamiento del clima en el lugar
5	Aprovechar en las empresas azucareras la existencia de Unidades de Gestión Ambiental involucrándolas en el NAMA a nivel regional
6	Diseñar e implementar un amplio y estratégico programa de capacitación nacional operado regionalmente fundamentado en el establecimiento de parcelas piloto, demostrativas y fincas "modelo"
7	Diseñar un Manual de Buenas Prácticas Agrícolas (MBPA) del sector azucarero orientado a desarrollar de manera puntual tópicos atinentes al cultivo y su manejo
8	Revisar, dar contenido, implementar y operar en lo pragmático el concepto de "Zafra Ideal" integrando, articulando y optimizando todas las actividades implicadas en el establecimiento y manejo del cultivo y muy particularmente lo concerniente a la fase de cosecha
9	Asegurar que los almacenes regionales proveedores de insumos (Cámaras y Cooperativas) dispongan de los insumos técnicamente recomendados. Valorar la posibilidad de que algunas materias primas e insumos sean adquiridos sectorialmente (proveduría común), superando la tradicional gestión individual
10	Diseñar, formalizar, implementar y desarrollar un sistema efectivo de gobernanza y Medición-Reporte-Verificación (MRV-Caña de azúcar) que opere en estrecho vínculo y articulación con las unidades responsables de ejecución. Formular y operar protocolos específicos según área de gestión
B CULTIVO	
11	El enfoque de mitigación debe ser en la práctica de campo de carácter integral y asociado directamente con la mejora de las plantaciones y el incremento de la productividad agroindustrial del cultivo y no apenas orientado a mitigar fuentes de emisión GEI
12	Adecuar, ajustar y acondicionar las prácticas de manejo de plantaciones al estado fisiológico y fenológico del ciclo vegetativo
13	Trabajar en el aseguramiento sostenible de la fitosanidad integral de la plantación, pragmatizando el concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP) y Manejo Integrado de Cultivo (MIC)
14	Adaptar e implementar sistemas de "Agricultura de Precisión" que aumenten la eficiencia de las prácticas agronómicas incorporadas, posicionada pragmáticamente mediante la "agricultura de sitio"
15	Desarrollar una plataforma tecnológica sectorial específica que permita el manejo de información básica, representativa y de calidad con indicadores estratégicos para disponer y operar parámetros técnicos, fotos satelitales, datos climáticos, etc., bajo principios de "agricultura de precisión o sitio". Alcance debe ser regional
16	Desarrollar acciones y labores que favorezcan el desarrollo espacial y profuso del sistema radical en el suelo
17	Operar programas de renovación y resiembra de plantaciones agotadas y poblacionalmente limitadas
18	Emplear en la siembra y renovación de plantaciones semilla mejorada de alta calidad y pureza genética
19	Desarrollar en la medida de las posibilidades semilleros básicos técnicamente bien orientados
20	Desarrollar programas de reproducción vegetativa de material de siembra mediante técnica de "yemas pregerminadas"
21	Promocionar y acondicionar al entorno agroproductivo particular el empleo de nuevos sistemas de siembra (transversal o en escalera)
22	Incorporar prácticas que favorezcan la prolongación de la longevidad en el uso comercial de las variedades y plantaciones de caña
23	Asegurar el manejo óptimo del recurso hídrico: <i>sistemas de riego y drenaje apropiados</i>
24	Planificar y organizar la sistemática de tiempos y labores vinculadas con el manejo de retoños (ciclo soca)
25	Favorecer el uso de coberturas vegetales a nivel de finca en áreas apropiadas de la unidad productiva
26	Recomendar cuando sea permisible la rotación caña-arroz-caña con el objeto de mejorar la condición del suelo, la productividad y la economía de la empresa
27	Aumentar la cobertura vegetal de la finca mediante el cultivo de especies arbóreas y arbustivas adecuadas y adaptadas al lugar
28	Formular protocolos específicos atinentes al empleo de Buenas Prácticas Agrícolas para implementar según temática, región y condición agrícola
29	Utilizar variedades de caña apropiadas, validadas y adaptadas a los entornos y condiciones agroproductivas particulares
C SUELOS	
30	Atender el suelo de manera integral visualizando la degradación sistemática que padece por problemas asociados: <i>acidificación, compactación, erosión, infertilidad, contaminación, etc.</i>
31	Desarrollar prácticas de conservación de suelos que permitan su recarbonización y minimicen las pérdidas de recursos valiosos: <i>edáfico, hídrico, biodiversidad</i>
32	Aumentar los sumideros de carbono por medio de la intensificación de la rotación, la asociación intercalada de cultivos y la incorporación al sistema de producción de cultivos de cobertura apropiados
33	En suelos con algún grado de compactación se torna necesario realizar mediciones específicas antes de ejecutar la labor de preparación (ej. penetrómetro), lo que evita el gasto innecesario de energía en maquinaria, favoreciendo el ahorro en combustible y tiempo, reduciendo además la emisión de GEI. Es válido realizar un levantamiento de información sobre compactación, particularmente en condiciones de alta mecanización
34	Diseñar y operar un programa formal y permanente de capacitación en agricultura de precisión, abordando tópicos vinculados con aplicaciones / dispositivos móviles, sensores remotos, SIG, interpretación de imágenes satelitales de alta resolución
35	Establecer estratégicamente estaciones de medición de contenidos de Carbono Orgánico en el Suelo (COS) en todas las regiones productoras del país y medir grado de recarbonización
36	Promocionar el uso y la incorporación de biocarbón (<i>biochar</i>) al suelo lo que implica disponer acceso al insumo en cantidad, calidad y precio
37	Optimizar la preparación de los terrenos de cultivo adecuando las prácticas implicadas: <i>arada, rastreo, subsolada, nivelación</i> . Evitar excesos incorporando criterios selectivos de acuerdo con el relieve, el grado de pendiente, la profundidad, textura y material parental existente
38	Fomentar y adecuar la mínima y/o cero labranza a las condiciones de cultivo donde sean aptas y recomendables

Fuente: Chaves (2022).

Cuadro 4b. Acciones (68) a desarrollar según área de gestión para incrementar la productividad agroindustrial, reducir y mitigar la emisión de Gases de Efecto invernadero (GEI) en Costa Rica.	
Nº	Actividad - Labor - Práctica
D ENMIENDAS	
39	Fertilizar y aplicar enmiendas estrictamente con base en análisis fisicoquímicos y microbiológicos de suelos y tejidos. Disponer información requerida
40	Encalar los suelos con base en la capacidad efectiva de neutralización de la acidez intercambiable, la necesidad de encalado (NC) y la calidad (PRNT) de las fuentes comerciales disponibles en el mercado
41	Promocionar y optimizar el uso de enmiendas incorporadas al suelo, particularmente correctores de acidez. Asegurar fuente (carbonato, dolomita, etc.), dosis (kg/ha), momento (planta, soca), forma (manual, mecanizada)
42	Interpretar y adecuar correctamente la periodicidad más conveniente de aplicación y corrección del suelo según ciclo vegetativo (siembra, anual, bianual)
E NUTRICIÓN - FERTILIZACIÓN	
43	Diseñar y formular con criterio técnico programas nutricionales muy específicos con adaptación en el ámbito regional, local, de finca y lote
44	Las dosis recomendadas e incorporadas deben ser afines y consecuentes con el nivel y el potencial real de productividad agroindustrial de la localidad y la condición particular de manejo. Debe evitarse mucho N para poca producción, lo que aplica para todos los nutrimentos
45	Ubicar las dosis óptimas de respuesta nutricional de las variedades de acuerdo con región, orden de suelo, elemento y ciclo vegetativo
46	Incentivar la formulación e incrementar el uso de abonos orgánicos a nivel de finca
47	Promover el uso y la producción de abonos verdes apropiados. Asegurar la disponibilidad de material reproductivo de calidad de especies adaptadas
48	Fomentar, auspiciar y promocionar el compostaje de materias orgánicas a nivel de finca, favoreciendo las condiciones y capacitación requeridas
49	Incrementar el uso de agentes biológicos, biofertilizantes, inoculación con bacterias y mejoramiento de la biomasa microbiana del suelo
50	Identificar y cuantificar fuentes potenciales de residuos y abono orgánico disponible y accesible en la región y localidad productora
51	Identificar y validar plantas (especies vegetales) con potencial de uso como abonos verdes, en especial leguminosas, adaptables a cada localidad productora. Disponer semilla para ese fin
52	Operar la fertilización bajo un concepto integral de nutrición y no apenas de aplicación individual de elementos, lo que implica ampliar la cantidad y diversidad de "elementos esenciales". Superar criterio inconveniente del N-P-K
53	Optimizar la selección, el uso y el manejo integral de los fertilizantes nitrogenados: <i>urea, amoniacales, nitratos</i>
54	Asegurar que la fuente y/o fórmula seleccionada, la dosis (kg/ha), la forma (superficial, incorporada, fraccionada) y el momento de fertilizar sean los técnicamente idóneos
55	Emplear preferentemente dentro de las posibilidades técnico-económicas fertilizantes de liberación controlada, lenta y estabilizados
56	Incorporar la fertilización siguiendo criterio de aplicación de Tasa Variable en sustitución de la tradicional y poco eficiente Tasa Fija
57	Calibrar los aplicadores manuales y los equipos (abonadora mecánica) cuando son utilizados para lograr un uso eficiente y óptimo del fertilizante
58	Adaptar las fórmulas fertilizantes comerciales recomendadas a las condiciones particulares y específicas del entorno agroproductivo donde serán empleadas, lo cual implica interceder ante las empresas proveedoras y formuladoras
F RESIDUOS	
59	Operar un manejo óptimo de la biomasa y los residuos agroindustriales generados a nivel de unidad productiva: <i>recuperación, tratamiento, almacenamiento, distribución, etc.</i>
60	Optimizar el manejo y tratamiento de los Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) asegurando su conveniente y oportuna incorporación al suelo: <i>remanga, trituración, tratamiento.</i>
G COMBUSTIBLES FÓSILES	
61	Diagnósticar e inventariar a nivel regional y nacional la cantidad y las características (modelo, potencia, estado, etc.) de los equipos empleados en el manejo de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en sus diferentes fases de actividad
62	Ubicar y diagnósticar para la condición y contexto particular de cada unidad productiva el tipo, la capacidad y características del equipo mecánico empleado en las labores de preparación por implementar (evitar sobre dimensionamiento).
63	Trabajar en el diseño y rediseño de lotes sembrados o previstos cultivar con caña para hacer mas eficiente el uso de maquinaria agrícola
64	Desarrollar estrategias y acciones que optimicen el uso de vehículos, maquinaria y equipos mecánicos: <i>mantenimiento preventivo, organización, cambio de unidades</i>
65	Controlar y reducir en lo posible el consumo de combustibles fósiles mediante una gestión planificada, organizada (optimizada) y administrada de labores
66	Incrementar la eficiencia en el transporte de la caña aumentando capacidad (t) de unidades, adecuando rutas, reduciendo recorridos (km), mejorando caminos. Debe organizarse y adecuarse la implementación de un sistema nacional bien conceptualizado y organizado regionalmente
67	Asegurar que la materia prima cortada y transportada vaya limpia (sin basura) y bien acomodada en las unidades de transporte mejorando la eficiencia
68	Capacitar e informar a productores y operarios de maquinaria, equipos mecánicos y administradores de finca sobre equipos adóneos, mantenimiento preventivo, labores de preparación de suelos y manejo de plantaciones
Fuente: Chaves (2022).	



Foto 4. Mecanización de labores agrícolas.

Por otra parte, como es conocido y ha sido ampliamente constatado es definitivo que el azúcar se hace en el campo y recupera en el ingenio, lo cual significa que los cuidados durante el proceso de cosecha deben extenderse y maximizarse, pues mucho del esfuerzo realizado durante la fase de siembra, desarrollo, mantenimiento y maduración de la plantación pueden perderse por descuido, inoperancia o impericia en esta etapa final. Como expresara Chaves (2020c) con justa razón *“El azúcar en el cultivo de la caña se produce en el campo y extrae en la fábrica”*, ampliado de manera contundente por el criterio de que *“La fábrica no puede extraer más azúcar de la que contenga la planta de caña”*.

En el Cuadro 5 se detallan algunos de los factores que se estima con buen criterio intervienen, participan y definen la calidad de la materia prima, los cuales se ubican y operan en la fase de cosecha de la plantación, representada por la corta, alza y transporte de la caña hasta su molienda en el ingenio. Es por ello un verdadero reto tecnológico para cualquier agricultor independientemente de su condición, lograr producir y entregar al ingenio materia prima fresca y de muy alta calidad industrial, lo cual va incuestionable en beneficio de todos.



Foto 5. Calidad de la materia prima procesada es determinante.

Cuadro 5. Factores de la cosecha influyentes sobre la calidad de la materia prima procesada en el ingenio.

Manejo de la materia prima - caña
Preparación logística de la plantación para cosecha
Quema – no quema de plantación para cosecha
Corta manual - mecánica de la plantación
Alce manual - mecánico de la caña
Caña entera (larga) - caña en esqueje (corta)
Contacto con el suelo (<i>contaminación por dextranas</i>)
Exposición de la caña en el campo a elementos del clima
Tiempo y condiciones ambientales en el patio (Hr)
Tiempo perdido <i>¿Falta Caña? ¡Fin Semana!</i>
Tiempo entre corta en campo y procesamiento fabril en el Ingenio
Grado de limpieza (<i>contaminación en molinos</i>)
Cantidad y movilización de la caña en patio del Ingenio
Manejo poscosecha de la plantación

Fuente: Elaborado por el autor.

Conclusión

La ciencia, el conocimiento y el desarrollo tecnológico constituyen fuerzas económicas y sociales de extraordinaria e incuestionable importancia que deben ser sin reserva potenciadas, fomentadas y aprovechadas; no hacerlo, constituye un contrasentido para el mejoramiento de la calidad de vida de las poblaciones y las personas. Esto se torna coyuntural y mediático cuando comprobamos como la sociedad viene cambiando y modificando su estructura y configuración tradicional, muy particularmente en las zonas rurales, donde los espacios de crecimiento y mejora para muchas familias se torna limitado y hasta inalcanzable. Esta realidad motiva para que los procesos de generación y transferencia de tecnología sean estimulados, promovidos e impulsados como condición para que el sector agropecuario y rural en que esta inserto, transite de acuerdo con las tendencias que mayor oportunidad de mejora y desarrollo ofrecen. El conocimiento constituye para una sociedad, como está demostrado, una fuerza productiva directa dotada de una extraordinaria capacidad de

transformación, motivo por el cual el impulso al desarrollo tecnológico representa, sin lugar a duda, una de las principales necesidades de inversión pública y privada en materia agroproductiva.

Debe entenderse y concebirse la tecnología como una prolongación del conocimiento que envuelve todas las actividades involucradas en este caso con el desarrollo agropecuario, las cual van desde la producción primaria hasta la fase de industrialización, comercialización y llegada del producto al consumidor final y como éste lo percibe y califica. Esta realidad no debe limitar y restringir como muchas ocurre, la tecnología exclusivamente al uso eficiente de los factores de la producción pues su alcance es más extenso.

En el caso particular de la caña de azúcar el crecimiento productivo nacional del sector ha sido explicado más por la vía del incremento del área sembrada, que, por el mejoramiento unitario de sus indicadores básicos de productividad agrícola e industrial, lo cual tiene fundamento y debe ser por ello motivo de preocupación, pero más de acción en busca de resolver con capacidad esa inconveniente situación. Una revisión comparativa revela que los indicadores básicos de productividad de la actividad son muy inferiores en relación con otras naciones cercanas como Colombia y Guatemala; aunque también vale reconocer, similar y hasta superior a otras de amplio antecedente y reconocimiento como Brasil, Cuba, México y Argentina para citar algunas. La explicación a esa limitante tiene varias interpretaciones que serán motivo de otro estudio posterior, aunque circunstancias asociadas a precios deprimidos e inestables, proteccionismo internacional, altos costos de producción, dimensión del área involucrada, estructura de tenencia de la tierra, apoyo estatal, inversión en tecnología y economías de escala, entre otros, se convierten en serias limitantes o estímulo para promover la competencia a grados superiores.

La tecnología adquiere en este contexto mayor relevancia económica no apenas por la fabricación de azúcar como producto básico, sino también por el aprovechamiento integral y potencial de los derivados y subproductos que genera, como son bagazo, melaza, alcohol y energía por cogeneración. En este sentido, la diversificación e incorporación de valor agregado permitirá aumentar la rentabilidad y competitividad de los productores y el sector cañero-azucarero como un todo. Al tema económico se suma de manera inalienable el social, virtud del significado y alcances que tiene para toda la sociedad costarricense la estabilidad y el bienestar del productor cañero y sus familias.

El reto insoslayable e impostergable del sector azucarero nacional y en particular de los productores de caña de azúcar en este contexto, lo representa lograr el incremento de su productividad agrícola e industrial, expresada por las toneladas de caña (t/ha), azúcar (t/ha) y concentración de sacarosa contenida y extraída de los tallos procesados (kg/t), mediante el uso generalizado de tecnologías eficientes, rentables, accesibles, amigables con el ambiente y muy competitivas, conceptualizadas y entronizadas en los principios del desarrollo sostenible. Esto será posible solo mediante la investigación, la innovación, la transferencia de tecnología, la capacitación y la asistencia técnica permanente y bien orientada hacia la atención y solución priorizada de los problemas, limitantes y demandas más imperiosas que aquejan al sector productor. Asimismo, el aprovechamiento real y efectivo de los grandes potenciales de diversificación y mejoramiento que la agroindustria posee.

La situación del sector azucarero nacional es en la actualidad como se ha demostrado favorable desde una perspectiva organizacional, institucional y tecnológica (Chaves 2020f), aunque los logros y ventajas que posee deben para tener valor real, traducirse sin justificación ni condicionamiento alguno en mejores niveles de productividad en el campo y en la fábrica.

Como corolario, cabe mencionar que la tecnología para el desarrollo productivo implica imperativamente incorporar y tener una visión holística e integrada de la investigación y la transferencia de tecnología como partes de un único proceso que debe operar en estrecha relación y armonía.

Literatura citada

- Costa Rica. 2012. **Reglamento del sistema de reconocimientos ambientales (SIREA) y derogatoria del Decreto Ejecutivo N° 33525-MINAE, Reglamento para otorgar el Certificado Bandera Ecológica, del 27 de noviembre de 2006 No. 37109-MINAET.** San José, Costa Rica.
- Chaves Solera, M.A. 2015a. **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. 2015b. **Histórico de la gestión de transferencia de tecnología desarrollada por DIECA en el sector azucarero costarricense. Periodo 1982-2014 (33 años).** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 50 p. *También en:* Congreso Tecnológico DIECA 2015, 6, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 20 y 21 de agosto del 2015. 50 p.

- Chaves Solera, M.A. 2016. **La mejora genética de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Congreso Nacional Agropecuario, Forestal y Ambiental, 14, Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2016. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, octubre 27 al 29. 28 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017a. **Suelos, nutrición y fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 1, Puntarenas, Costa Rica, 2017. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), octubre 10 al 12, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 38 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017b. **Productividad agropecuaria: ruta correcta hacia la competitividad**. Revista Germinar, Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Año 7, Edición N° 20, febrero. p: 4-5.
- Chaves Solera, M.A. 2017c. **Enfoque biotecnológico integral en DIECA: pasado, presente y futuro**. Revista Entre Cañeros N° 7. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, enero. p: 5-18.
- Chaves Solera, M.A. 2017d. **Programa de control biológico de plagas de DIECA: 33 años apoyando la sostenibilidad económica y ambiental de la agricultura cañera costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 13 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017e. **DIECA: 35 años al servicio de la agricultura cañera costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 29 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018. **Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica**. En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 89 p.
- Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. **Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Periodo 2004-2016 (13 zafros)**. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 75 p. *También en*: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- Chaves Solera, M.A.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Calderón Araya, G.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, M.; Barquero Madrigal, E. 2019. **Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: opinión del agricultor**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 122 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2019b. **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. 2019c. **Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020a. **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. 2020b. **Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(24): 5-13, noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020c. **El azúcar se hace en el campo y extrae en la fábrica: una verdad incuestionable**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(19): 6-13, setiembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. **Ambientes climáticos y producción competitiva de la caña de azúcar en Costa Rica**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(26): 5-12, diciembre-enero.
- Chaves Solera, M.A. 2020e. **Investigación e innovación agropecuaria: el caso de la caña de azúcar**. En: FORO "TENDENCIAS Y PERSPECTIVAS DE LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN AGRÍCOLA", Organizado por la Fundación para el Fomento y Promoción de la Investigación y

- Transferencia de Tecnología Agropecuaria de Costa Rica (FITTACORI). San José, Costa Rica, 12 de noviembre. 32 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2020f. **Pasado, Presente y Futuro de DIECA. INFORME FINAL RENDICIÓN DE CUENTAS. Periodo 1990 - 2020 (30 años)**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 133 p.
- Chaves Solera, M.A. 2020g. **Materia orgánica y disponibilidad de nitrógeno para la caña de azúcar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(21): 6-16, octubre.
- Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020. **80 años de Vida Institucional del Sector Cañero-Azucarero Costarricense: Breve Recorrido por su Historia**. Revista Entre Cañeros N° 16. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, agosto. 37 p
- Chaves Solera, M.A. 2021a. **Indicadores históricos de producción y productividad de la agroindustria azucarera costarricense: análisis del periodo 1969-2019 (51 zafras)**. Revista Entre Cañeros N° 19. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 9-67.
- Chaves Solera, M.A. 2021b. **Desafíos, retos y aportes del sector agropecuario en el presente y en el futuro**. Moravia, Costa Rica. Presentada en Semana Inaugural 80 Aniversario Creación Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, 01 de noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 80 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2021c. **Fijación biológica de nitrógeno atmosférico (N₂) por la caña de azúcar: un importante potencial por aprovechar**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(15): 7-24, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2021d. **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. 2021e. **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.; Chavarría Soto, E. 2021. **Distribución geográfica de las plantaciones comerciales de caña de azúcar en Costa Rica según altitud y localidad**. Revista Entre Cañeros N° 20. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica. p: 5-35, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2022. **Acciones estratégicas para mitigar Gases con Efecto Invernadero (GEI) en la fase de producción primaria de la caña de azúcar en Costa Rica: recomendaciones y sugerencias pragmáticas**. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(6): 5-27, marzo.
- De Janvry, A.; Sadoulet, E. 2001. **Concepts for an Approach to Rural Development in México and Central America**. En: Taller Regional del BID "Desarrollando la Economía rural de Puebla a Panamá", Guatemala 7-7 marzo.
- LAICA. 1998. **Ley Orgánica de la Agricultura e Industria de la Caña de Azúcar N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998**. San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.
- LAICA. 2000. **DECRETO N° 28665 - MAG. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998**. Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.
- Larrahondo A., J.E. 2012. **Composición y características químicas de la caña de azúcar y su impacto en el proceso de elaboración de azúcar**. 1era edición. Cali, Colombia. Universidad del Valle. p: 6.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

Producción y edición del Departamento de Desarrollo
Meteoróloga Karina Hernández Espinoza
Ingeniera Agrónoma Katia Carvajal Tobar
Geógrafa Nury Sanabria Valverde
Geógrafa Marilyn Calvo Méndez

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

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