

Periodo del 06 de noviembre al 19 de noviembre 2023

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 23 DE OCTUBRE AL 05 DE NOVIEMBRE 2023

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 108 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional. Periodo en el cual el IMN contabiliza 2 onda tropicales afectando el país.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región cañera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 1 – 27.0 mm, excepto los días 25 (57.0 mm) y 29 (52.9 mm) en la **Región Guanacaste Este**; mientras la **Región Guanacaste Oeste** se registraron entre 2 – 32.0 mm, excepto el día 29 (79 mm) y día sin lluvia (27); en la **Región Norte** se reportó entre 1 – 37.1 mm. La **Región Puntarenas** presentó entre 1 – 31.6 mm, excepto 29 (88.6 mm) y día sin lluvia (4). La **Región Sur** mostró entre 6 – 45.9 mm y días sin lluvia (30 oct y 4 nov). La **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 2 – 35.8 mm y día sin lluvia (4). La **Región Valle Central** tuvo entre 1 – 34.8 mm.

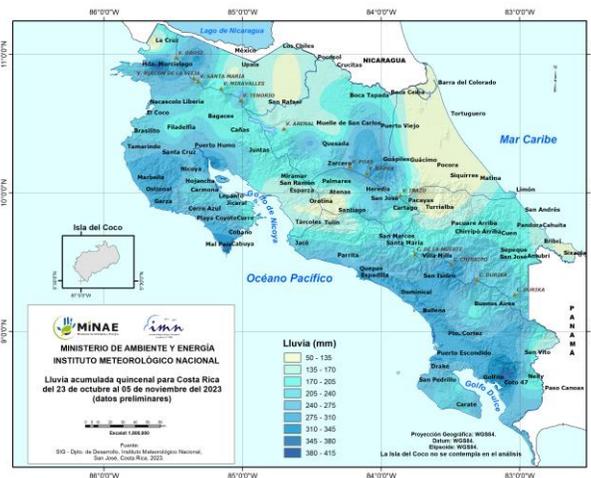


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 23 de octubre al 05 de noviembre del 2023.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 06 DE NOVIEMBRE AL 12 DE NOVIEMBRE

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 viento del Oeste el lunes, seguido de viento del Este el resto de la semana; temperatura media sobre lo normal y lluvia normal. La **Región Guanacaste (Este y Oeste)** presentará viento del Oeste solo el lunes, seguido de viento del Este; temperatura media más alta de lo normal y excedente de lluvia. En la **Región Sur** se espera viento variable (Este-Oeste) con temperatura media sobre lo normal y lluvia deficitaria. El **Valle Central (Este y Oeste)** tendrá viento del Este, excepto el lunes que será viento del Oeste; con temperatura media más cálida de lo normal; así como lluvia normal al Oeste y deficitaria al Este. Para la **Región Turrialba (Alta y Baja)** se prevé viento variable (Este-Oeste), excepto entre miércoles y viernes que será del Este; temperatura media sobre lo normal y más lluvia deficitaria. La **Región Puntarenas** mantendrá viento variable (Este-Oeste) con temperatura media más cálida de lo normal y lluvia normal.

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

“No se prevé afectación por alguna onda tropical en la semana. Sin presencia significativa de polvo Sahariano sobre el país.”

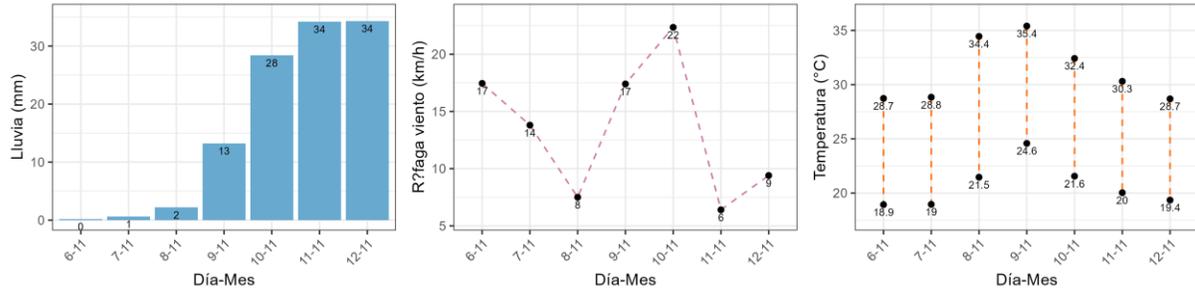


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Guanacaste Este.

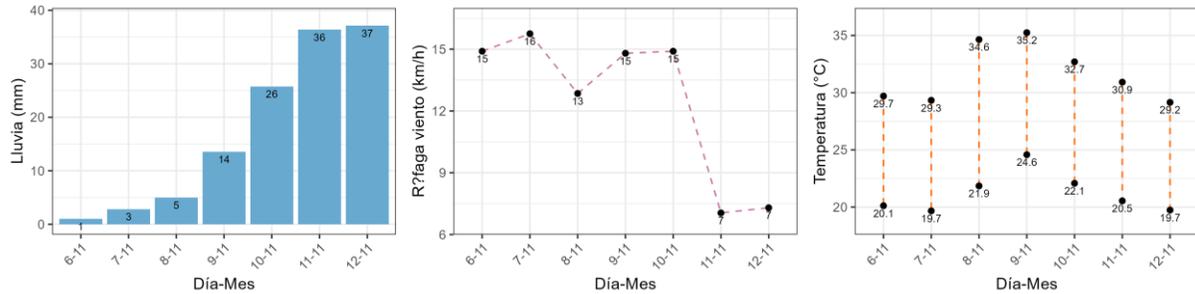


Figura 3 Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Guanacaste Oeste.

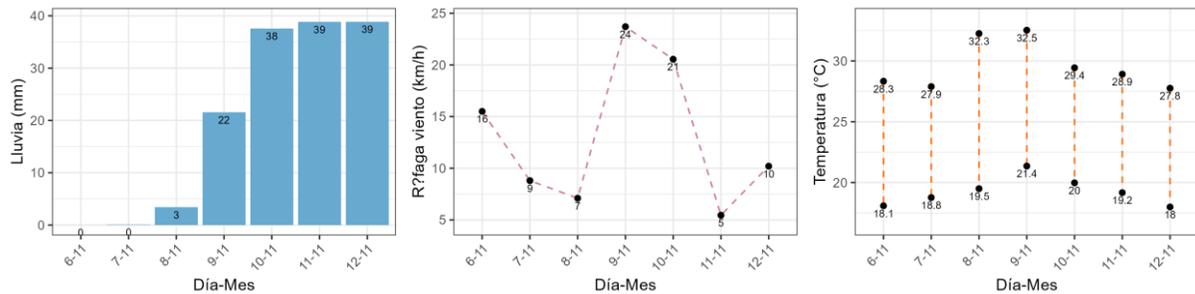


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Puntarenas.

4

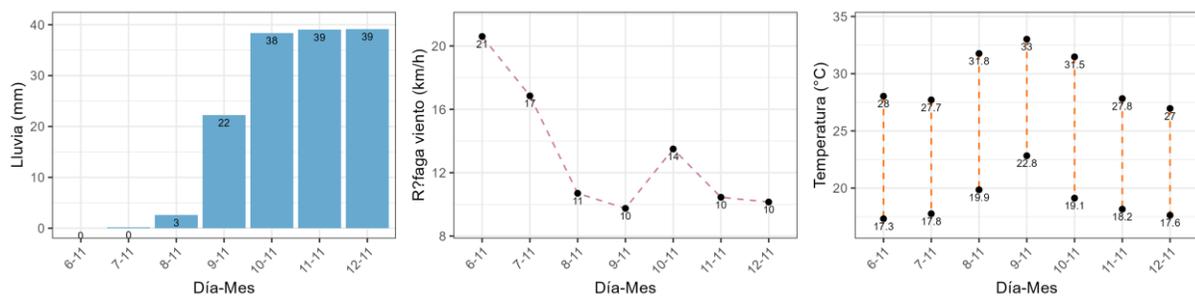


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Región Norte.

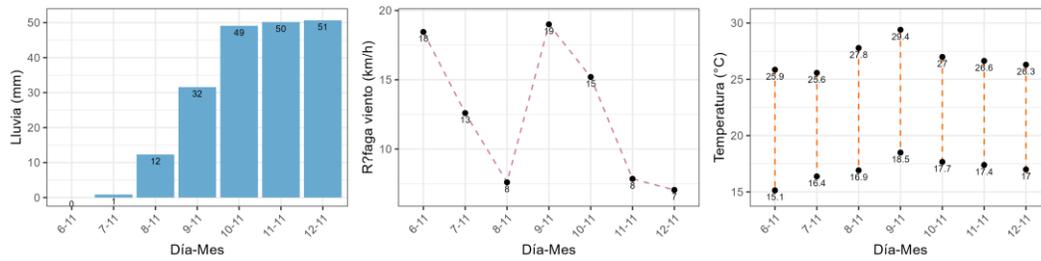


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

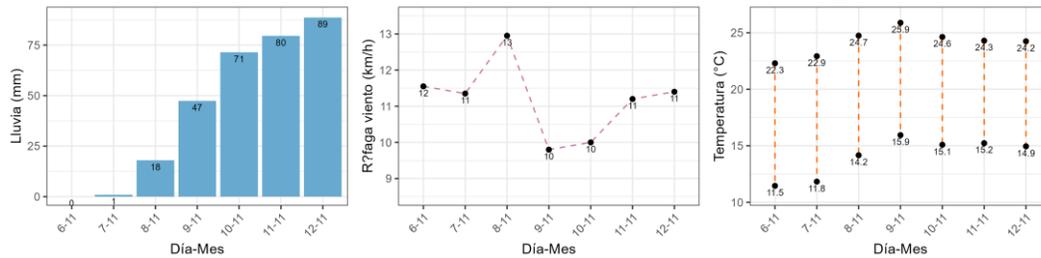


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

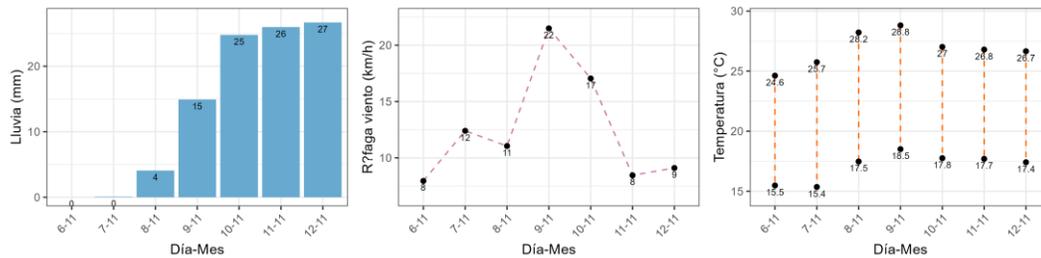


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 06 al 12 de noviembre en la región cañera Región Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 13 DE NOVIEMBRE AL 19 DE NOVIEMBRE

Debido a que no ha finalizado la temporada de huracanes de la cuenca del Atlántico, no se descarta afectación por onda tropical en la semana. La **Región Huetar Norte** mantendrá viento del Oeste más acelerado de lo normal; temperatura media más cálida y lluvia normal. La **Región Chorotega (Este y Oeste)** presentará viento del Oeste más acelerado de lo normal; con temperatura media normal y excedente de lluvia. En la **Región Sur** evidenciará viento del Oeste más acelerado de lo normal; con temperatura media y lluvia normales. La **Región Valle Central (Este y Oeste)** mostrará viento normal de la época; así como temperatura media sobre lo normal y más lluvia de lo normal. La **Región Turrialba (Alta y Baja)** tendrá viento del Oeste más acelerado de lo normal, con temperatura media más alta de lo normal y más lluvias de lo normal. La **Región Puntarenas** mostrará viento del Oeste más acelerado de lo normal, temperatura media normal y más lluvia de lo normal.

LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:



@IMNCR



Instituto Meteorológico Nacional CR



@InstitutoMeteorologicoNacional



www.imn.ac.cr

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, durante el periodo del 30 de octubre al 06 de noviembre de 2023 se tuvieron condiciones de alta saturación en todas las regiones cañeras, pero hacia el fin de semana hubo una disminución en el porcentaje de humedad en todas las regiones productoras.

Como se observa en la figura 09, las regiones Guanacaste Oeste y Guanacaste Este tienen entre 30% y 75%. La Región Puntarenas presenta entre 30% y 60%; las regiones Valle Central y Valle Central Este están entre 45% y 60%.

La Región Norte tiene entre 30% y 75%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 30% y 75% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) presenta entre 30% y 60%. La Región Sur varía entre 30% y 90% de humedad.

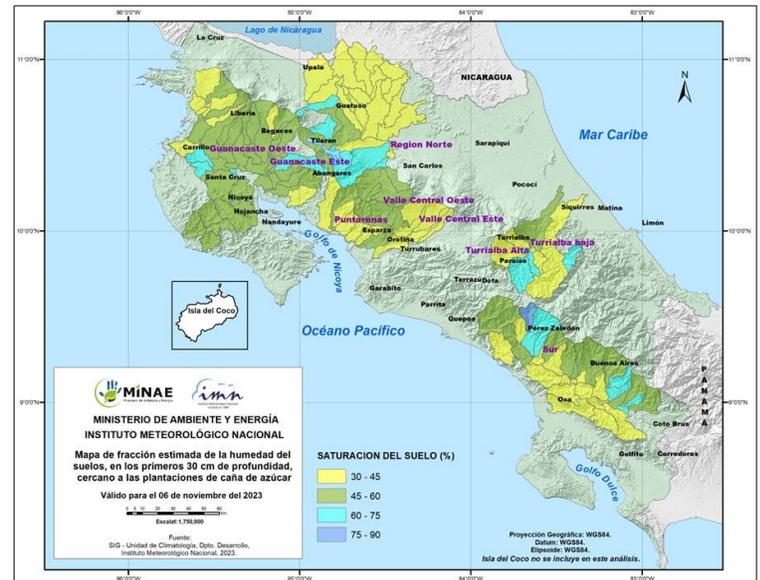


Figura 09. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 06 de noviembre de 2023.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

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

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

NOTA TÉCNICA

Depresión Tropical #21 y su afetación nacional del 20-23 de octubre 2023.

Meteoróloga Karina Hernández Espinoza, M.Sc
khernandez@imn.ac.cr
 Coordinadora del Boletín Agroclimático del IMN
 Coordinadora del pronóstico estacional (CTPE y COENOS)

La depresión tropical #21, tuvo influencia sobre el territorio nacional entre el 20-23 de octubre del año en curso. Esta depresión se originó en el Mar Caribe, algo normal del mes de octubre, impactando territorio nicaragüense. La **figura 1** muestra la trayectoria del sistema. Es importante recalcar que los efectos de este evento no se consideran un temporal, debido entre otras cosas, a que no rompe con el ciclo diurno de lluvia.



Figura 1. Trayectoria total de la depresión tropical #21. (Fuente: Wikipedia)

Un **análisis del evento (20-23 octubre)** a nivel nacional, es decir, para cada una de la región climática del país (**figura 2**). Muestra como el aporte de lluvia del evento viene a representar el 21% de la lluvia que suele caer en el Pacífico Central en un mes de octubre climatológico; así como un 17-18% en la vertiente del Caribe.

Un **análisis mensual (1-24 octubre)** de la anomalía promedio para cada región climática del país (**figura 3**). Evidencia la persistencia de condiciones deficitarias no solo en la vertiente del Caribe, sino que también, pero de menor intensidad, en la Zona Norte (Oriental y Occidental) del país. Esto a pesar del evento lluvioso del 20-23 octubre y otros aportes de lluvia propios de la época lluviosa; como la cercanía de la zona de convergencia intertropical.

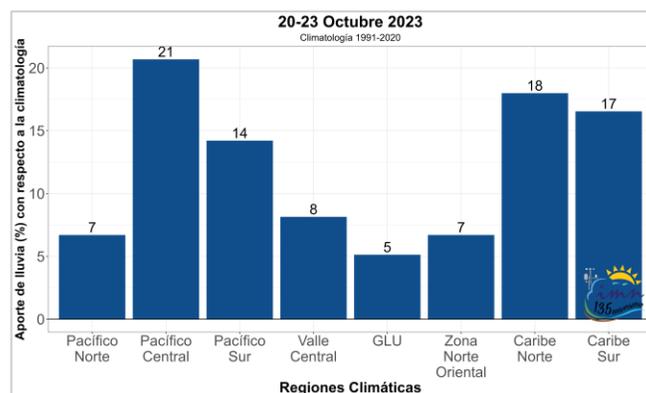


Figura 2. Aporte de lluvia registrado del 20-23 octubre 2023, respecto al total mensual climatológico del mes de octubre. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña, UCLIM-IMN)

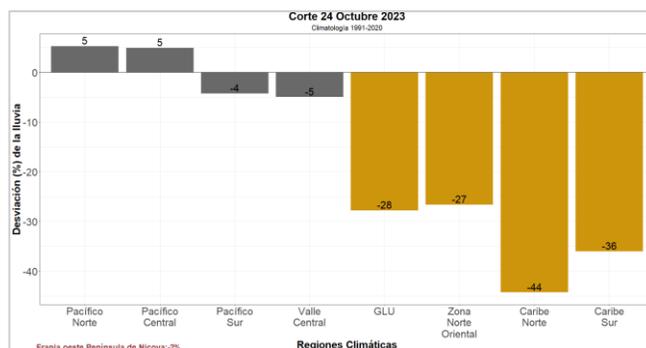


Figura 3. Anomalía mensual de lluvia del 1-24 octubre 2023, promedio por región climática del país. Estimado respecto al total mensual climatológico del mes de octubre. Color gris asociado a valores normales, color naranja representa condiciones deficitarias. (Fuente: Rosangelica Montero Acuña, UCLIM-IMN)

En ambas figuras, el valor mensual del mes de octubre climatológico se estima a partir de periodo 1991-2020. La Zona Norte Occidental es denominada “GLU”.

NOTA TÉCNICA

Desarrollo tecnológico de la caña de azúcar en Costa Rica ¿Dónde estamos y para dónde transitamos?

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

chavessolera@gmail.com

Especialista cultivo de la Caña de Azúcar

A. Introducción

Cualquier análisis o valoración que se haga sobre el desarrollo tecnológico de un país, un sector, una institución o una empresa en la actualidad, debe concebir, reconocer y tener presente los grandes cambios de paradigma que se han venido sistemáticamente sucediendo y consolidando con el tiempo en el orbe y por alcance en el país, en los ámbitos de la ciencia y la tecnología, como son entre otros los siguientes: a) la profunda preocupación por la problemática ambiental prevaleciente, b) las estrategias de desarrollo económico operadas, c) la implementación de la política económica nacional, d) los esfuerzos científico-tecnológicos desarrollados, e) las características y capacidades de las instituciones involucradas, f) el nivel de inversión y capacidad financiera de los actores sean institucionales o individuales, g) facilidades crediticias existentes para invertir en tecnología, h) cambio radical y profundo en los gustos y preferencias de los consumidores y demandantes de alimentos, i) el acceso y la calidad de los servicios básicos requeridos, j) la disponibilidad de instrumentos, insumos y materiales tecnológicos para trabajar en el campo agropecuario. Todos esos factores y elementos tienen una incidencia determinante sobre la calidad del proceso científico-tecnológico desarrollado (IICA 1985, 1993, 2014; Bocchetto 2008).

En el ámbito de la ciencia y la tecnología debe destacarse y aceptarse una realidad inobjetable como es la formidable dinámica que prevalece y promueve el surgimiento y necesidad de contar siempre con nuevas y mejores tecnologías; lo que definitivamente da lugar a la generación de nuevos paradigmas técnico-productivos que han sin duda, revolucionado la forma de organizar y operar los sistemas de

producción agropecuaria. Es así como lo nuevo rápidamente se torna en viejo y obsoleto, debiendo siempre buscar la actualización como medida viable y efectiva para mantenerse activo y vigente a nivel empresarial y comercial.

En el ámbito del tema ambiental el mismo debe valorarse e interpretarse por doble vía, considerando y proyectando por una parte lo que el clima afecta e impacta a la agricultura, y por otro, lo que la agricultura interviene e impacta el clima, el ambiente y la biodiversidad. Resulta innecesario por razones obvias, justificar la importancia que tiene la problemática ambiental en materia productiva, habiéndose convertido en una de las áreas que de manera obligada deben tenerse presentes y tomarse en cuenta en cualquier estrategia de desarrollo de investigación y desarrollo tecnológico que se pretenda implementar. El comercio así lo demanda.

En lo que se refiere propiamente a las estrategias de desarrollo económico operadas en la región latinoamericana y el país, a partir del agotamiento de la estrategia de sustitución de importaciones que venía desarrollándose desde décadas atrás y en consideración de la crisis económica que se generó en consecuencia, se observó una nueva modalidad de inserción a la economía mundial basada en el moderno concepto de la competitividad; lo cual determinó una importante y determinante variación de fondo en materia tecnológica.

La apertura de las economías que se dio posteriormente, operadas por medio de la eliminación de los proteccionismos arancelarios y técnicos existentes, el estímulo y fomento al libre comercio y la integración económica, el impulso a las exportaciones y habilitación de las importaciones, la prevalencia de un ambiente de competitividad en todos los

ámbitos, constituyeron elementos esenciales del nuevo modelo adoptado. La base de éxito de la estrategia se fundamentaba en la competitividad de los sectores económicos, las empresas y los empresarios agricultores como base del sistema, lo que les permitía, si era satisfactoria, subsistir y crecer frente a la competencia en el mercado nacional de productos importados y en los internacionales cuando de exportaciones se trataba; todo traducido en desarrollo económico.

Como se indicó al inicio, la manera de implementar y operar las políticas de desarrollo económico, visualizado e interpretado a través de la participación del Estado en el proceso también ha mantenido una intervención decisoria. Este rol se interpreta en el nivel de vinculación e involucramiento directo mantenido por el Estado en la producción y la prestación de servicios básicos, reforzando y articulando su papel orientador en todas las actividades económicas; proveyendo también la infraestructura requerida para impulsar el desarrollo y acumulación de las necesarias capacidades competitivas.

Más recientemente el tema ambiental estrechamente articulado con los componentes social y económico concebido, manifestado y pragmatizado en los conceptos de sostenibilidad, ecoeficiencia y eco-competitividad, tornan aún más complejo, pero a la vez necesario trabajar en ciencia y tecnología.

Es entonces una necesidad y un imperativo insoslayable el poder generar nuevos conocimientos traducidas en tecnología adaptable, viable y factible de acceder y operar, así como buenas prácticas, con el objetivo de hacer que el sector crezca, considerando los efectos e impactos sobre el ambiente y cerrando brechas sociales inconvenientes. Como indica el Banco Mundial en referencia a la Innovación tecnológica: *“Aumentar la productividad en el sector agrícola puede generar más y mejores empleos, y permitir que más personas se trasladen del campo a las ciudades en busca de nuevas oportunidades. Para ello se necesita llevar a cabo una reforma integral de los sistemas nacionales de innovación agrícola, mejorar la eficacia del gasto público y promover cadenas de*

valor agrícolas inclusivas con una mayor participación del sector privado” (Pazarbasioglu, 2019).

Todos los cambios anotados y comentados están estrechamente relacionados y vinculados entre sí, por lo que son en buena medida mutuamente sinérgicos o en su caso antagónicos cuando son mal proyectados y operados. Esta realidad determina que el diseño de estrategias y políticas de desarrollo tecnológico en la agricultura, deban partir y considerar de manera insoslayable la imperiosa necesidad de considerarlas e incorporarlas en un marco integrado de políticas públicas. Es por ello imperativo para conocer el nuevo paradigma en que nos desarrollamos actualmente y hacia donde nos dirigimos, comprender en primera instancia la dinámica de la innovación tecnológica en la región y el país, lo que permea a las instituciones públicas y privadas, desarrollada en condiciones de apertura económica y alta competitividad.

B. Objetivo

El presente documento se formula con el objetivo principal de comentar de manera muy sucinta en torno a la dinámica seguida por la tecnología agrícola a nivel global y también en el país, aplicada en este caso particularmente a la agroindustria cañero-azucarera nacional. Se procura, asimismo, inferir y calificar el estado actual de la tecnología sectorial a la luz de uno de los criterios de juzgamiento empleados internacionalmente con ese fin, como es el basado en las cinco revoluciones industrial, que se estima se han sucedido a través de la historia de la humanidad.

C. Importancia de la agricultura

El cultivo de las plantas, aunado a la domesticación y cría de animales es considerado por muchos autores como el evento más trascendente que posibilitó el dominio de la Tierra por el hombre; permitió y dio además lugar al nacimiento y desarrollo de la civilización, superando la inestabilidad y mutabilidad nómada al crear poblados estables que luego se convirtieron en comunidades, ciudades y grandes orbes como vemos hoy día. El control y manejo de los animales y los cultivos por medio de sus semillas permitieron en primera instancia el autoconsumo sin tener que recorrer grandes distancias, y dieron luego inicio

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

el comercio en sus formas más rústicas por medio del trueque, hasta llegar a los mecanismos más sofisticados actuales.

A través de la historia se ha establecido un vínculo y una dependencia muy estrecha entre el hombre y un reducido número de plantas y animales sobre las cuales ha desarrollado su atención y prioridad, con el agravante, de que la supervivencia y estabilidad de las mismas depende de los cuidados y atención que reciban del hombre. En torno al tema, expresa Martínez (sf), que:

“Estimaciones recientes indican que de, quizás, diez millones de especies de plantas y animales que pueblan la Tierra, el hombre utiliza para alimentos, construcción, vestido, carburantes, así como para pinturas, lubricantes y plásticos, unas cuarenta mil; de ellas ha recolectado o cosechado para su alimentación unas siete mil especies.

Una estimación más reducida es la expresada por Rosenthal, que considera que hay unas 270.000 especies vegetales que pueden alimentar al hombre, de las cuales este utiliza apenas un uno por ciento: unas 2.400 especies:

- 50 especies de cereales
- 1.100 especies comestibles por sus frutos y semillas
- 720 especies comestibles por sus raíces y hojas
- 330 especies utilizables como materia prima grasa
- y algo más de 200 especies para fabricar bebidas alcohólicas.

A estas especies hay que añadir apenas unas ocho textiles y azucareras.”

Los números reconocidos por la literatura son sin embargo muy variables reseñando algunos que son cerca de 4.000 las especies cultivadas; reduciendo apenas a unas 200 las especies que proporcionan alimentos importantes, y de ellas, aseguran, solo la mitad forma parte del comercio mundial de alimentos destinados al consumo del ser humano. Otros aducen que de las más de 300.000 especies vegetales comestibles que existen, el hombre apenas consume unas 200.

En un interesante estudio de clasificación de las plantas utilizadas por el hombre con alguna significación más que la anecdótica realizado por Martínez (sf), donde no incluyó las plantas ornamentales, redujo el número a unas 1.030 especies vegetales, las cuales catalogó y organizó atendiendo su aprovechamiento principal, como sigue:

- 60 especies comestibles por sus granos.
- 20 especies comestibles por sus otros órganos.
- 5 especies azucareras.
- 40 especies textiles.
- 15 especies oleaginosas alimenticias.
- 10 especies oleaginosas industriales.
- 6 especies para vinos y alcoholes.
- 40 especies para especias y condimentos.
- 385 especies para otros usos industriales.
- 70 especies de hortalizas.
- 120 especies de frutales.
- 210 especies de forrajes y pastos para el ganado.
- 50 especies forestales para madera, corcho y otros.

Resulta interesante refrendar y comprobar si se consulta la información de la FAO, que el 80% de la alimentación mundial se basa en solo 19 cultivos, que mencionados por su orden de importancia corresponde a los siguientes: *trigo, arroz, maíz, papa, cebada, yuca, camote, soya, caña de azúcar, plátanos, tomate, vid, sorgo, naranja, avena, cocotero, col, manzano y centeno*. De los anteriores, los 12 primeros superan el 70% y los 3 primeros el 40% de toda la alimentación mundial.

Llevando el mismo análisis al campo pecuario se llega a resultados muy similares, pues solamente unas pocas especies alimentan a la humanidad: *cerdo, vacuno, aves (volatería), cordero, cabra, búfalo y caballo*, y de ellas las tres últimas en una muy pequeña proporción.

Salmerón y Goff (2004) expresan basados en información confiable, que *“...el 99% de la producción depende solo de 24 especies vegetales domesticadas. De ellas, el arroz, el trigo y el maíz representan la mayor parte de la ingesta calórica mundial”*.

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

Caso se reduzca aún más el número de especies vegetales a las esencialmente prioritarias, se encuentra entonces que son solo 15: 5 cereales (arroz en Asia, trigo en Europa, maíz en América, y mijo y sorgo en África), 2 tubérculos (papa y camote), 4 oleaginosas (soya, girasol, colza y palma aceitera) y 2 azucareras (caña de azúcar y remolacha azucarera). Nótese que en todas aparece la caña de azúcar como base alimentaria mundial.

Queda así demostrada la enorme trascendencia que ha tenido, tiene y tendrá siempre la agricultura para el ser humano, lo que ha motivado y obligado a buscar la máxima eficiencia y la mejor calidad en su producción, con el objeto de satisfacer la creciente y cada vez más sofisticada demanda mundial de alimentos. Es en este complejo, dinámico y exigente entorno donde la ciencia, la tecnología y la innovación surgen y se disponen como instrumentos esenciales, necesarios y obligados implementar y operar para lograr satisfacer a cabalidad las cada vez más altas demandas alimentarias mundiales y, con ello, activar e intensificar el comercio internacional y el intercambio de bienes y servicios como fundamento del progreso de la civilización. En este sentido, hay consenso entre la comunidad científica respecto a que la única forma de lograr producirlos, en sistemas agroalimentarios sostenibles, es con la participación y el desarrollo de la ciencia, la tecnología, la innovación y con mucha voluntad política (Martínez 2004).

Costa Rica no está para nada exento de participar por obligación de este importante y necesario esfuerzo mundial, procurando por medio de la ciencia y la tecnología mejorar sus modelos y sistemas de producción agropecuaria tornándolos más ecoeficientes, sostenibles, rentables y eco-competitivos; como también, abrir nuevos espacios de oportunidad que contribuyan con el comercio, la producción, la equidad y la calidad de vida de toda la población (Chaves 2010, 2011ab, 2013, 2014ab, 2016a, 2017d, 2023c; Rodríguez *et al* 2021).

D. Desarrollo agrícola nacional

Como señalan Sáenz y Chaves (2013) en su informe *“...el sector agropecuario de Costa Rica ha pasado por tres grandes etapas. La primera fue de 1821 a 1948, en donde el país impulsó una*

estrategia de desarrollo con una economía “abierta” basada en la agro exportación, con actividades estratégicas, tales como el café, banano, caña de azúcar, y tabaco, y que tenía como fin el generar divisas para financiar la importación de bienes finales. Paralela a esta agricultura se desarrollaba otra agricultura productora de alimentos. La segunda etapa fue de 1948 a 1980, en donde se adopta un estilo de desarrollo de economía más cerrada y de fuerte intervención estatal, que se le conoció como “modelo de Industrialización por Sustitución de Importaciones” (ISI). La última etapa va de principios de los años 1980 a la actualidad, en donde el país vuelve a adoptar un estilo de desarrollo basado en la inserción de la economía en los mercados internacionales, en donde se le dio un fuerte impulso a la diversificación exportable de bienes agrícolas.”

En las últimas décadas los países en ruta al desarrollo como es el caso de Costa Rica han experimentado y promocionado una amplia y dinámica actividad operada en varias áreas consideradas estratégicas como son la política, financiera, social, educativa, de salud, agrícola, comercial, cultural y tecnológica, entre otras; todo a través de sus instituciones, buscando identificar, implementar, operar y consolidar el modelo de desarrollo nacional más acorde a su circunstancia y su realidad mediática y coyuntural. Parecía que el transitar, aunque difícil y lento, caminaba a paso seguro hacia mejores derroteros; sin embargo, el camino se vio truncado en las décadas 70-80 por la intervención de razones internas y externas que no viene al caso mencionar.

En ese largo y complejo camino se han estudiado, adoptado y evaluado con la mejor intención, no cabe duda, diversas formas y estrategias de cómo hacer mejor las cosas en beneficio de la población, algunas veces con variaciones y adaptaciones de fondo y forma entre los sistemas y modelos de desarrollo implementados; pero siempre teniendo el mejoramiento de la calidad de vida, el desarrollo social y la distribución equitativa del beneficio como metas innegociables y por tanto obligadas de alcanzar y satisfacer.

Este ejercicio, aplicado e interpretado a la materia agropecuaria revela que los esfuerzos se orientaron y concentraron por largo tiempo fundamentalmente en procurar alcanzar incrementos

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

sustantivos y sostenibles en la producción y en los ingresos de la población rural, mediante la adopción de diferentes enfoques y estrategias para la generación, la transferencia de tecnología y la producción en campos y rubros muy específicos y tradicionales. Se procuraba y trabajaba para que el campo en una relación sinérgica de mutualismo abasteciera y satisficiera las crecientes demandas y necesidades de la ciudad.

Una revisión detallada de hechos revela que varios modelos se incorporaron y aplicaron en el país con ese objetivo, los cuales respondían en alto grado a verdaderos “trasplantes” de lo actuado y accionado en otras naciones con base en criterios y realidades muy diferentes a la nuestra, lo que los tornaba cuestionables y hasta inválidos. Simplemente eran modelos “*amablemente recomendados y sugeridos*” por organismos, consultores internacionales y funcionarios apegados a principios e ideas no necesariamente válidas y aplicables en el país; en otros casos fueron impuestas y por ello de ejecución imperativa y obligada como puede comprobarse en el histórico nacional.

Los cambios y ajustes incorporados y observados en materia agropecuaria fueron profundos en todos los ámbitos, involucrando políticas públicas, modificación y creación de nuevas instituciones, crediticias y fiscales, comerciales, de índole legal, de participación de los productores, fomento a rubros específicos y también las de corte tecnológico, entre otras. Una ponderación juiciosa y certera de lo actuado y acontecido en el país años atrás requiere de un análisis por etapas que supera las posibilidades y objetivo del presente documento.

E. Desarrollo y evolución tecnológica

Los desafíos globales prevalecientes en la actualidad que por razones obvias también inciden en el ámbito nacional, manifestados por el aumento de la población y las necesidades asociadas de alimentación, los impactos recurrentes y cada vez más fuertes del cambio climático, la necesidad de disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) provocados en algún grado por la agricultura, el rápido desarrollo de las economías emergentes, la falta de apoyo político y la creciente

inestabilidad en torno a la escasez de tierra arable, agua y energía revelan algunas de las tremendas presiones a las que está sujeta la agricultura en la actualidad. Es en este escenario donde la innovación tecnológica desempeña un rol crítico para lograr una agricultura competitiva y sustentable.

Resulta a todas luces comprometido e inconveniente tratar de deslindar y delimitar el desarrollo de un sector o una determinada actividad agroproductiva, cualquiera que sea ésta, respecto de lo acontecido en el entorno nacional, regional y mundial; esto en consideración del vínculo natural que existe en relación con los elementos, factores y eventos multivariados que los han generado, regulado y operado de manera directa o indirecta. Esta razón invoca la insoslayable necesidad de ubicar y contextualizar en el tiempo los eventos de carácter tecnológico en la realidad del país y el sector cañero-azucarero nacional.

El desarrollo científico y tecnológico alcanzado y disponible actualmente en el sector agroalimentario mundial es realmente impresionante, logrando evolucionar y adaptarse a los profundos cambios y transformaciones impuesto por los tiempos, favoreciendo un aumento sistemático y muy significativo de su productividad. La adopción y uso de las nuevas tecnologías les ha permitido a los agricultores mejorar la gestión de los agronegocios y lograr un mejor nivel de productividad, ser más eficientes, competitivos y contribuir ostensiblemente con la mejora sustantiva de la seguridad alimentaria mundial.

Difícil y muy complejo resulta por razones obvias tratar de establecer en tan corto espacio una relación de hechos que permita conocer, ubicar y sobre todo contextualizar con buen criterio la evolución mantenida por el agro nacional, la actividad azucarera y el componente tecnológico a través del tiempo; todo con el objeto de poder revelar, inferir e interpretar el grado de avance logrado. Pese a todo y procurando apenas referenciar lo básico y fundamental, se presenta en el Cuadro 1 un detalle de los asuntos considerados más importantes del acontecer cañero para ese fin.

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

Se identifican y anotan con fines informativos y de manera puntual en ese cuadro, un total de 54 tópicos que se considera reúnen los hechos más destacables de la agroindustria azucarera costarricense, y otros que han coadyuvado con su desarrollo. Por interés del tema aquí abordado, se da énfasis al subsector primario relacionado con las actividades agrícolas, organizacionales y tecnológicas y menos al área industrial, fabril y comercial.

Un recuento de los hechos históricos más notables y distinguidos esbozado por Chaves y Bermúdez (2020) con ocasión del cumplimiento del 80 Aniversario de la organización azucarera, identifica eventos trascendentes acontecidos en los últimos 493 años a partir del presunto ingreso de la planta de caña de azúcar al territorio nacional procedente de la actual Nicaragua en 1530. Durante el periodo colonial se dieron importantes avances en el campo técnico, principalmente en lo relativo al campo genético con la incorporación de nuevas variedades y también en el manejo agronómico de plantaciones, como lo detalla Chaves (2018ab).

En lo personal considero que hay algunos eventos que marcaron pauta en el derrotero institucional y organizacional con alcance tecnológico, como fueron los siguientes:

- **1926:** Se crea la Escuela Nacional de Agricultura mediante Ley N° 43 del 15 diciembre.
- **1940:** Crea la Junta de Protección a la Agricultura de la Caña mediante Ley N° 359 de agosto 24.
- **1950:** Crea Sección de Caña de Azúcar en el Departamento de Agronomía de Ministerio de Agricultura e Industrias (MAI).
- **1957:** Opera Convenio Cooperativo LAICA - MAI para la investigación cañera.
- **1960:** Ley N° 2656, el MAI cambia nombre por Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).
- **1965:** Se crea la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) por Ley N° 3579, noviembre.
- **1982:** Crea Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) en Sesión N° 939 de LAICA, mayo.

- **1982:** LAICA adquiere finca donde establece Estación Experimental de DIECA de 3.337 m² (3,3 ha), ubicada en Santa Gertrudis Sur de Grecia.
- **1984:** Suscribe Convenio LAICA-MAG para operar apoyo tecnológico conjunto.
- **1998:** Se aprueba nueva Legislación Azucarera Ley N° 7818, setiembre.

Esos acontecimientos sumados a otras iniciativas de índole y alcance técnico favorecieron el avance del sector, como de manera sucinta y sugestiva son los siguientes:

- **1979:** Aparece enfermedad Roya Café (*Puccinia melanocephala*) con gran afectación nacional.
- **1981:** Se identifica el Carbón (*Sporisorium scitamineum*) impactando plantaciones en Cañas, Guanacaste.
- **1982-83:** Ingenio Taboga evalúa Pago de la Caña utilizando Método Directo.
- **1982:** DIECA Inicia Programa con Semilla Sexual "fuzz" donada por Centros Internacionales de Investigación.
- **1984:** DIECA implementa Programa de Parasitoides con avispa *Cotesia flavipes*.
- **1984:** Aparece enfermedad bacterial Escaldadura Foliar (*Xanthomonas albilineans*) en plantaciones de Hacienda Juan Viñas.
- **1989:** DIECA opera Programa de Hongos Entomopatógenos (*Metarhizium anisopliae* y *Beauveria bassiana*).
- **1990:** Se desarrolla una importante gestión con proyección internacional buscando acercamiento con prestigiosos centros de investigación, para lo cual se suscriben convenios, acuerdos y logran acercamientos técnicos.
- **1998:** Inicia Programa de Hibridación de variedades nacionales reconocidas por Sigla LAICA.
- **2000:** DIECA construye y opera Laboratorio de Cultivo de Tejidos en Grecia.
- **2007:** Aparece Roya Naranja (*Puccinia kuehnii*) que ocasiona gran impacto productivo en la Zona Cañera Sur.
- **2013:** Se realiza una importante mejora en materia de infraestructura y equipamiento para la investigación en la

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

Estación Experimental de Grecia. Se construyen invernaderos.

- **2014:** Se construye y opera Planta de Substratos de DIECA ubicada en Grecia.
- **2015:** Opera una importante gestión en la producción nacional de semilla básica de calidad.
- **2019:** DIECA inicia operación Programa de Biología Molecular.
- **2020:** Se proyecta y financia la construcción de nuevos y modernos laboratorios en la Estación Experimental de Grecia.
- **2020:** DIECA construye y opera Cámara de Fotoperiodo y adquiere e instala la unidad de "Biochar" en Grecia.
- **2020:** Establecen protocolos para iniciar la reproducción de material vegetal por medio de yemas vegetativas pregerminadas.
- **2023:** Se visualizan y realizan acciones importantes en el campo biotecnológico.

No cabe la menor duda en señalar que paradójicamente el mayor impulso y motivador que ha tenido el componente tecnológico nacional ha sido debido a la presencia, ataque e impacto con grandes alcances productivos y enormes pérdidas económicas, provocado por causas fitosanitarias. Es entonces en el campo de las plagas y las enfermedades donde ha surgido el disparador y mayor dinamizador tecnológico sectorial, lo que ha requerido de grandes esfuerzos técnicos y organizacionales que provocaron la movilización de importantes recursos en procura de encontrar pronta solución. Chaves (2020f) hace una sugestiva mención al respecto al manifestar, que:

"...6) crecimiento del ataque de plagas problemáticas como la rata (Sigmodon hispidus recalificada luego a Sigmodon hirsutus), la cigarrita antillana (Saccharosydne saccharivora), el barrenador común del tallo (Diatraea spp.), barrenador gigante del tallo (Catsnia spp luego recalificada a Telchin atymnius), taladrador menor del tallo (Elasmopalpus lignosellus), Joboto (Phyllophaga spp.), gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), la baba de culebra (Prosapia spp., Zulia vilior y Aeneolamia postica) y 7) la incidencia y afectación por presencia, avance y evolución de varias enfermedades de fuerte impacto productivo

como fueron inicialmente la roya café (Puccinia melanocephala), el carbón de la caña (Ustilago scitaminea Sydow luego recalificada a Sporisorium scitaminea), la mancha ojival (Bipolaris sacchari), el cogollo retorcido o pokkad boeng (Fusarium moniliforme), la raya roja (Pseudomonas rubrilineans luego recalificada a Acidovorax avenae subsp avenae) y el virus del mosaico (SCMV), entre otras. Más adelante siempre en la década de los 80 se acentuaron los problemas de campo con el virus de la hoja amarilla (SCYLV), la escaldadura foliar (Xanthomonas albilineans), el salivazo (Aeneolamia albofasciata). Fueron años muy duros de una tremenda afectación e inestabilidad productiva provocada por razones fitosanitarias que atentaban contra la sostenibilidad y sensibilidad de las variedades sembradas y conocidas y los nuevos clones promisorios que apenas emergían de fases avanzadas de investigación como potenciales materiales de siembra sustituta y opciones comerciales futuras. Eran necesarios y exigidos resultados resolutivos inmediatos."

Como es lógico entender y sabiendo que en el cultivo de la caña de azúcar el recurso del control químico mediante empleo de agroquímicos es muy limitado, poco efectivo y casi inviable de utilizar en el caso de las enfermedades; lo que conduce casi irremediablemente a buscar soluciones en el campo genético y el control por métodos biológicos naturales no degradantes. Bajo esa premisa es que la agroindustria cañera nacional fuertemente atacada por patógenos y plagas desde siempre, fortaleció esas dos áreas tecnológicas donde ha sido muy eficiente y efectivo como lo demuestran los resultados logrados a la fecha. Lo alcanzado no es el producto de la casualidad, el romanticismo o la tozudez sino el resultado de una iniciativa tecnológica bien pensada y conducida con el concurso de muchos.

Con la participación de DIECA a partir de mayo de 1982 los esfuerzos técnicos antes desarrollados por el MAG y algunas Cámaras de Productores de Caña, con algún apoyo de LAICA, se concentran a partir de ese momento de manera específica en el órgano tecnológico sectorial recién creado, lo que provee mayor especialidad y amplitud a las capacidades técnicas y cobertura territorial.

Como se infiere de lo anotado anteriormente, mucho del esfuerzo técnico institucional desarrollado por muchos años fue orientado básicamente a procurar resolver problemas de adaptación del cultivo, inducidos por la rápida expansión del cultivo en el territorio nacional, incorporando áreas de bajo potencial agronómico que implicaban un enorme esfuerzo tecnológico para buscar su adecuación. De igual manera, la prevalencia histórica de problemas fitosanitarios que limitaban la capacidad agroproductiva de las plantaciones comerciales también influyó de manera determinante en la focalización y orientación de los esfuerzos desarrollados en todo ese tiempo. Es una verdad demostrable que los esfuerzos tecnológicos institucionales se enfocaron y concentraron por mucho tiempo en procurar resolver la afectación y el impacto fitosanitario padecido por la agroindustria nacional, que buscar incrementar los índices de productividad agroindustrial expresados en este caso por la calidad de la materia prima producida expresada y definida por el tonelaje de caña de calidad producida y recolectada en el campo (t/ha), la mayor concentración de sacarosa contenida en la materia prima procesada en molinos dada en kilogramos por tonelada y el azúcar comercial fabricado en el ingenio (t/ha), como indicadores de eficiencia, de productividad y competitividad.

La adopción en el país a inicios de los años 80, del sistema de pago directo de la caña producida y entregada por el agricultor basado en la sacarosa contenida y extraída en el ingenio, representó un importante dinamizador del trabajo orientado a mejorar la calidad integral de la materia prima producida en el campo y procesada en el ingenio. El método tradicional de pagar la caña por el peso de la entrega estaba superado, y ahora era imprescindible asegurar que la misma contara con una alta concentración de sacarosa en sus tallos industrializables (Chaves *et al* 2018).

Era obvio que resultaba en esa circunstancia y ambiente agroproductivo tan especial y particular, forzoso, estratégico y obligado superar en primera instancia el impacto provocado por las plagas y las enfermedades, buscar luego adaptabilidad de campo a los nuevos y emergentes materiales genéticos que eran seleccionados y liberados para uso comercial por la investigación; para finalmente concentrar esfuerzos en elevar

los índices de productividad agroindustrial del cultivo. En todo esto no puede obviarse ni omitirse al establecer relaciones, inferencias y conclusiones la gran diversidad de ambientes y entornos de producción de caña de azúcar prevalecientes en el país, los cuales se caracterizan y tipifican por su significativa dispersión geográfica, enorme heterogeneidad edafoclimática, existencia de sistemas de manejo de plantaciones diferenciado, segmentación productiva, estructuras de tenencia de la tierra muy disímiles, nivel tecnológico variable, capital de trabajo desproporcionado, capacidad técnico-administrativa diferente, entre otros, como lo aseveran y demuestran Chaves *et al* (2018), Chaves (2019, 2020cd, 2022ef, 2023a).

La genética y la fitosanidad de la planta de caña cobraron con ello enorme prioridad en el trabajo investigativo de campo realizado por varias instancias en el país, lo que también como es comprensible conllevaba implícito el mejoramiento de la productividad, pues era un tanto inherente a las características y atributos de las nuevas variedades. La Figura 1 establece y presenta de manera somera un marco sistemático y secuencial de eventos considerados trascendentes que han marcado el derrotero tecnológico de la agroindustria durante los últimos 97 años. Lo actuado tecnológicamente en este campo ha sido ejemplar y muy satisfactorio, como los antecedentes nacionales lo demuestran; pese a lo cual, vale reconocer, no se ha traducido siempre en una mejora sustantiva, sistemática y creciente de los rendimientos agroindustriales nacionales, pues los mismos no son lo deseable, esperado y procurado por todos, como lo demuestran Meneses y Galiego (2023) y Chaves (2021a, 2022a). Mucho hay que hacer aún al respecto.

Propiamente en lo concerniente al campo genético, prioridad del trabajo científico investigativo nacional por los motivos y razones ya anotadas, el avance logrado ha sido incuestionablemente muy importante, permitiéndole al productor nacional de caña contar y disponer para su uso comercial una cantidad importante de opciones varietales diferentes para atender las necesidades regionales y locales de las seis diferentes regiones agrícolas donde se produce caña para fabricar azúcar en Costa Rica. La oferta de materiales genéticos ha sido por muchos años alta, particularmente luego de 1990, como lo demuestran Chaves (2012, 2016b, 2018ab,

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

2020ef), Chaves y Bermúdez (2012), León y Arroyo (2012), Chaves *et al* (2020), Carvajal *et al* (2023), Riggioni *et al* (2023) y Vega *et al* (2023), entre muchos otros. Mucha información hay disponible para comprobar esta aseveración.

En la Figura 2 se presenta un detalle de la evolución seguida por la siembra comercial de las principales variedades de caña de azúcar predominantes y más cultivadas durante el periodo 1986-2019 para un total de 33 años continuos (No se contó con la información correspondiente al año 2022 pese a buscarla). En la misma se destaca la evolución seguida por los clones de fabricación nacional reconocidos por medio de la Sigla descriptiva internacional LAICA. No cabe duda en aceptar y reconocer que la agroindustria cañero-azucarera costarricense ha mantenido a la fecha una activa dinámica en la generación, liberación y empleo de nuevas variedades en el campo. Esa actividad se vio impulsada y fortalecida con la llegada de DIECA a partir de 1982; pese a lo cual la gestión anterior promovida por el MAG fue también sobresaliente.

Como se mencionó con anterioridad, con la oportuna y acertada decisión técnica de generar la tecnología que hiciera posible provocar un mejoramiento importante en los resultados en el campo productivo. Con ese objetivo se inició en la década de los años 90 en DIECA una iniciativa técnica muy interna y visionaria, por medio de la cual se desarrollaron y validaron los protocolos que hicieron posible a la agroindustria nacional generar y fabricar sus propias variedades de caña reconocidas por la **Sigla LAICA**; lo cual no fue sencillo, pues el tema era muy sensible, complejo y novedoso en el país. Es a partir de 1998 que DIECA da inicio al programa de hibridación y cruzamiento de materiales genéticos promisorios, partiendo de progenitores predeterminados y seleccionados por sus antecedentes, atributos y características agrícolas, fitosanitarias, industriales y de resiliencia a condiciones de cultivo difíciles, como lo demuestran Chaves (2018ab, 2019, 2020ef), Carvajal *et al* (2023), Riggioni *et al* (2023) y Vega *et al* (2023).

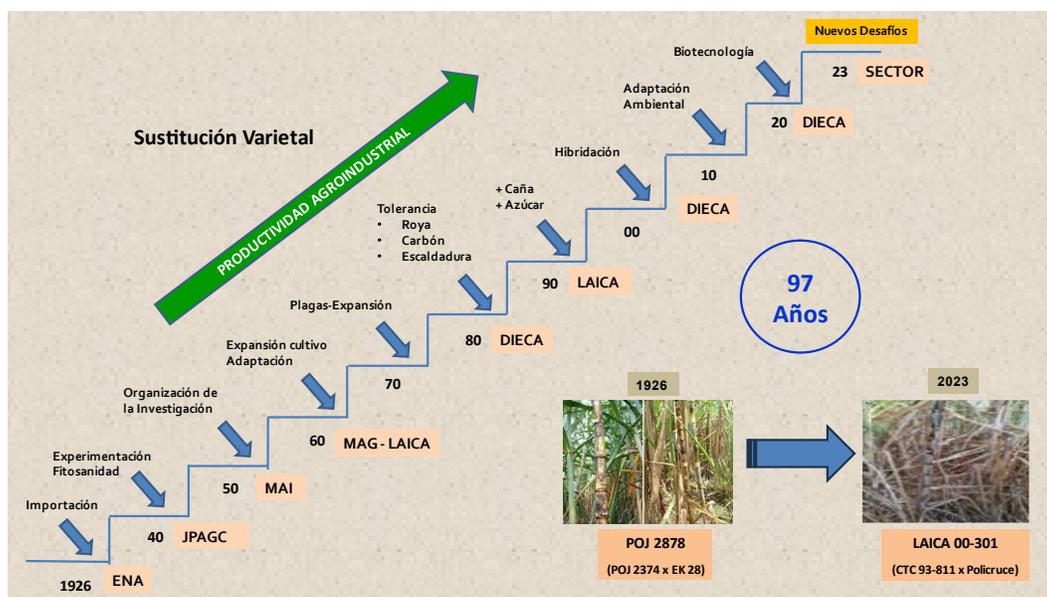


Figura 1. Dinámica y evolución tecnológica de la caña de azúcar en Costa Rica durante los últimos 97 años

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

Cuadro 1. Secuencia de eventos (55) del desarrollo institucional vinculados con la Agroindustria Azucarera Costarricense según hechos históricos destacados y relevantes.

N°	Organismo / Acción / Gestión / Realización	Fecha
1	Se especula que fue el año en que ingresa la caña a Costa Rica procedente de territorio Nicaraguense	1530
2	Se exporta Rasgado (dulce granulado no moldeado) por Puertos de Caldera y Nicoya a Nicaragua	1689
3	Se prohíbe trabajo nocturno en trapiches por accidentes laborales y pérdida de brazos	1841
4	Funda el 2 de setiembre de 1850 por Decreto Ejecutivo N° 99 la Fábrica Nacional de Licores (FANAL)	1850
6	Realizan primeras experiencias con alcohol carburante en mezcla con gasolina en Costa Rica	1918
7	Se crea la Escuela Nacional de Agricultura (Ley N° 43 del 15 diciembre) que dió gran apoyo a la investigación	1926
8	Apoyo tecnológico se recarga en el Instituto Defensa del Café	Antes de 1940
9	Creación de la Junta de Protección a la Agricultura de la Caña (Ley N° 359)	ago-1940
10	Se funda un 21 de noviembre la Cámara de Azucareros de Costa Rica	nov-1949
11	Se crea el Ministerio de Agricultura e Industria (MAI), reemplazando a la Secretaría de Agricultura y Ganadería	nov-1949
12	Finaliza vigencia (10 años) de la Ley N° 359 que creó la Junta de Protección a la Agricultura de la Caña	1950
13	Crea Sección de Caña de Azúcar en Departamento de Agronomía de Ministerio de Agricultura e Industrias (MAI)	1950
14	Crea Cámara de Productores de Caña del Pacífico (Grecia)	ago-1956
15	Crea Cámara de Productores de Caña del Atlántico (Turrialba)	set-1956
16	Opera Convenio Cooperativo para investigación LAICA-Ministerio de Agricultura e Industrias (MAI)	1957
17	Ley N° 2656, el MAI cambia su nombre al de Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)	1960
18	Crea la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA) por Ley N° 3579	nov-1965
19	Coope Victoria inaugura primera Planta de Refinación de azúcar en el país	1966
20	Crea la Cámara de Productores de Caña de San Carlos	nov-1969
21	Crea la Federación de Cámaras de Productores de Caña de Azúcar (FEDECAÑA)	0ct-1971
22	Aplica Pago de la Caña usando Método Indirecto por análisis de jugo de primera extracción (Factor Java)	Zafra 1973-74
23	Crea la Cámara de Productores de Caña de Guanacaste y Puntarenas	ene-1975
24	Crea la Cámara de Productores de Caña de la Zona Sur (San Isidro de El General)	nov-1975
25	Inaugura la Terminal Portuaria de Punta Morales (Puntarenas)	nov-1975
26	Aparece la enfermedad Roya Café (<i>Puccinia melanocephala</i>) con gran afectación nacional	1979
27	Se crea la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI)	1979
28	Azucarera El Viejo vende por primera vez (en Centroamérica) energía limpia (cogeneración) al ICE	1980
29	Se identifica el Carbón (<i>Sporisorium scitamineum</i>) impactando plantaciones en Cañas, Guanacaste	1981
30	Ejecuta primer Plan Nacional de Gasohol en la GAM	1982
31	Ingenio Taboga evalúa Pago de la Caña utilizando Método Directo	Zafra 1982-83
32	Crea Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA) en Sesión N° 939 de LAICA	may-1982
33	LAICA adquiere finca y establece Estación Experimental de DIECA de 3.337 m ² (3,3 ha), en Santa Gertrudis Sur de Grecia	1982
34	DIECA inicia Programa con Semilla Sexual "fuzz" donada por Centros Internacionales Investigación	1982
35	DIECA implementa Programa de Parasitoides con avispa <i>Cotesia flavipes</i>	1984
36	Se suscribe Convenio LAICA-MAG para operar apoyo tecnológico conjunto	jun-1984
37	Aparece enfermedad bacterial Escaldadura Foliar (<i>Xanthomonas albilineans</i>) en plantaciones de Hacienda Juan Viñas	1984
38	Se realiza primera exportación de Alcohol por el Puerto de Punta Morales	feb-1985
39	DIECA opera Programa de Hongos Entomopatógenos (<i>Metarhizium anisopliae</i> y <i>Beauveria bassiana</i>)	1989
40	Crea la Cámara de Productores de Caña de Pacífico Central (Esparza, Puntarenas)	oct-1990
41	Promulga Decreto Ejecutivo N° 23850 MAG-SP para regular Quemadas Agrícolas Controladas	nov-1994
42	Acuerda Finiquito del Convenio LAICA-MAG para apoyo tecnológico luego de 10 años de vigencia	dic-1994
43	Inicia Programa de Hibridación de variedades nacionales reconocidas por Sigla LAICA	1998
44	Se aprueba nueva Legislación Azucarera Ley N° 7818	set-1998
45	Se construye y entra en operación Laboratorio de Cultivo de Tejidos en DIECA	2000
45	Aparece Roya Naranja (<i>Puccinia kuehni</i>) que ocasiona gran impacto productivo en la Zona Cañera Sur	jul-07
47	Crea la Cámara de Productores de Caña de la Zona Sur	nov-2009
48	Se produce Azúcar Líquido por primera vez en LAICA (El Coyol)	feb-2009
49	LAICA inaugura Complejo industrial "El Coyol"	mar-2009
50	Entra en vigencia Decreto Ejecutivo N° 35368 MAG-S-MINAET para Quemadas Agrícolas Controladas	jul-2009
51	DIECA aprueba en Sesión N° 380 Reglamento Interno de Operación de su Comité Asesor	may-2010
52	Construye y opera Planta de Substratos de DIECA ubicada en Grecia	2014
53	DIECA inicia operación Programa de Biología Molecular	2019
54	DIECA construye y opera Cámara de Fotoperiodo y unidad de "Biochar" en Grecia	2020
55	Inicio de la reproducción de material vegetal por medio de yemas vegetativas pregerminadas	2020

Fuente: Adaptado de Chaves y Bermúdez (2020), Chaves (2015ab, 2017abc).

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

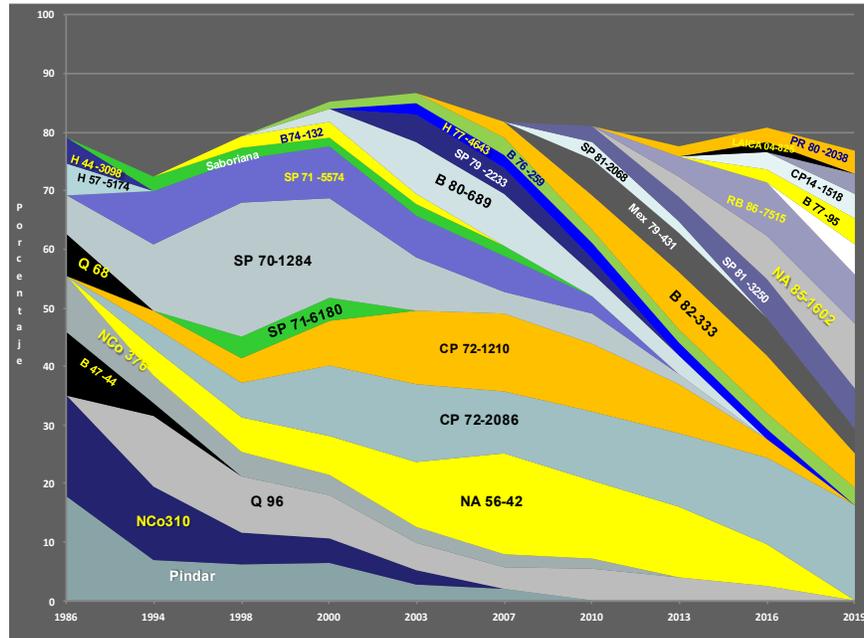


Figura 2. Evolución de las variedades de caña de azúcar sembradas comercialmente en Costa Rica durante el Periodo 1986-2019 (33 años)

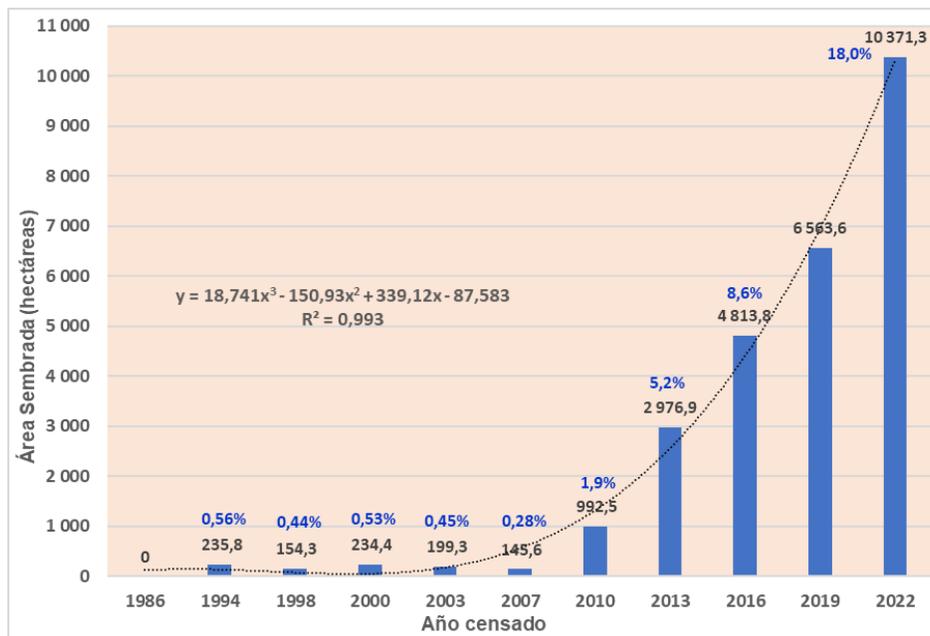


Figura 3. Dinámica de siembra de las variedades nacionales Sigla LAICA según año censado.

E. Criterio de juzgamiento

Una revisión discrecional y juiciosa aplicada a la historia de la agricultura mundial partiendo desde sus inicios hasta alcanzar la complejidad técnica y científica prevaleciente en nuestros días, demuestra que la misma ha pasado por significativas y trascendentes etapas, denominadas generalmente como Primera, Segunda y Tercera y Cuarta Revolución Agrícola, apuntando algunos a la Quinta; lo cual permite con las consideraciones y restricciones del caso, ubicar, calificar y hasta juzgar con alguna reserva y circunspección el estado en que se encuentra presuntamente catalogada una determinada tecnología.

En sus escritos, Durán y Sánchez (2020) reconocen que, pese a que este concepto surgió apenas en el año 2016, desde la primera revolución industrial se reconoce que el sector agrícola ha tenido una relación e interacción directa con los medios tecnológicos en diferentes momentos de la historia mundial. Es así como en el siglo XVIII (1701-1800), con la Primera Revolución Industrial el agro se vio muy favorecido con la creación del tractor a vapor, que permitió simplificar y facilitar la movilización y traslado de elementos y artículos como materiales, insumos y productos de la cosecha de gran peso por diferentes lugares. En la Segunda Revolución Industrial con el descubrimiento y empleo de la electricidad hubo facilitación de labores en el campo, al incorporar nuevos elementos como molinos y prensas que facilitaron tornaron más eficientes los procesos de elaboración y producción final. En la Tercera Revolución Industrial fue posible percibir y comprobar los trascendentes avances alcanzados con la aplicación de la robótica que generaron los sensores y la autonomía de las máquinas y equipos que ayudaron al agro en su eficiencia

La Cuarta Revolución Industrial proyectada y aplicada a la agricultura nombrada y reconocida popularmente como Agricultura 4.0, ha operado básicamente con la agricultura de precisión, la cual actúa en estrecha interacción con información propia de los recursos, sistemas y equipos empleados en la producción agrícola procurando optimizar el uso de elementos básicos para el proceso agropecuario como lo son el agua, las semillas y los fertilizantes. Estos factores de la mano de la robótica (elemento de la Tercera Revolución) han facilitado y aligerado ostensiblemente el trabajo propio del agricultor; pero

de la misma forma, han limitado en alto grado los procesos y actividades tradicionales.

En la actualidad nos encontramos inmersos en la era (Quinta Revolución) de la evaluación, el análisis y juzgamiento de cantidades inmensas de información que permitirán perfeccionar los procesos agrícolas, simplificar y aliviar el trabajo del agricultor y hacer un aprovechamiento óptimo y racional de todos los recursos disponibles y empleados en la gestión de producción agropecuaria y forestal.

Para comprender mejor la evolución de la tecnología en la agricultura, se realiza la división entre la denominada **Agricultura 1.0, 2.0, 3.0, 4.0 y 5.0**, cuyos conceptos son un tanto abstractos y de alcance genérico.

Dicha calificación cabe mencionar para conocimiento general “es muy utilizada por políticos en sus floridos y elocuentes discursos, por funcionarios públicos relacionados de alguna manera con la investigación, y también por profesionales de hablar bonito relacionados con la ciencia y la tecnología”, motivo y razón suficiente por la cual resulta importante conocer su contenido para ubicarse y contextualizar sus argumentos. Bajo ese concepto teorizante es posible entonces identificar cinco etapas diferenciadas del desarrollo científico y tecnológico en el sector agropecuario, como se expondrá seguidamente.

Como se comprenderá, dicha calificación es apenas descriptiva virtud de la dificultad e impedimento para establecer un criterio juzgador que integre, concentre y unifique en un solo concepto una actividad tan disímil, compleja, amplia y heterogénea como la abordada en este caso. Aceptando y reconociendo entonces esa debilidad en el criterio empleado, se describen seguidamente de manera somera los elementos más relevantes y destacados que lo componen.

E.1. Agricultura 1.0

De acuerdo con la literatura se estima que la agricultura surgió con el hombre mismo hace cerca de 12.000 años, pasando por diferentes fases (nómada inicialmente) de evolución hasta llegar a asentarse y desarrollarse como actividad productiva. Pese a su antigüedad, la agricultura demoró mucho tiempo en desarrollar formas, sistemas y labores muy rústicas, que pese a todo, permitieron a los grupos, poblados y comunidades alimentarse y fomentar luego el intercambio (trueque) que llevó a configurar

los principios del comercio de bienes y servicios, como hoy lo conocemos. La agricultura desarrollada en el país en este largo periodo (1500-1900) fue en principio orientada a la subsistencia y el sustento familiar, como principal fuente de alimentos.

Es por estas razones que la denominada **Agricultura 1.0** representa un modelo de producción agrícola muy rústico y tradicional, que fue utilizado y perduró por milenios. En todo este período, el uso de la tecnología era por razones obvias muy bajo, casi inexistente; donde todos los procesos y labores eran intensivos en mano de obra, pues debían realizarse en forma manual o apenas con el auxilio de animales de carga y tracción. En ese momento no existían procesos automatizados ni uso de variedades de alta productividad. Es en esta etapa cuando la productividad aumenta gracias a la introducción de la mecanización en los cultivos. Se caracterizaba por la carencia y el escaso uso de recursos tecnológicos, los bajos niveles de productividad y presentar una tasa de crecimiento muy baja.

Esta primera etapa se destaca entonces por desarrollar una agricultura orientada fundamentalmente a la subsistencia, en la que el agricultor cultivaba para sobrevivir y subsistir. Cabe destacar que todavía se observa en el país este modelo productivo, aunque en muy baja frecuencia (casi despreciable), pero existe, teniendo una productividad muy limitada y carencia en el uso de energía, debido al difícil acceso que se tiene a la tecnología. En algunos casos puede confundirse con la denominada agricultura familiar, como lo indicaran Vargas y Chaves (2011).

Aplicado a la agroindustria cañero-azucarera nacional se identifica como Agricultura 1.0 aquella que marca todo el período inicial de producción agrícola, que va desde la **Colonia hasta inicios del Siglo XX (1900)**. Sin embargo, siendo aún más estrictos podría ubicarse hasta el año **1926** con la creación de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), cuando se inició una fase importante de experimentación (no de investigación) en el cultivo, particularmente en el campo de la genética de la planta introduciendo clones de importancia (ej. POJ 2878, POJ 2714 y otros) que luego destacaron en el ámbito productivo (Chaves 2018ab; León y Arroyo 2012).

E.2. Agricultura 2.0

Ubicada en el periodo 1926 - 1990 (64 años) consistió en la introducción de mejoras en las prácticas de manejo agronómico y se le conoció como la Revolución Verde, la cual se caracterizó por el uso intensivo de semillas mejoradas, fertilizantes sintéticos, agroquímicos y maquinaria especializada que permitieron un aumento impresionante en la productividad, la reducción en el empleo de mano de obra y se observaron altas tasas de crecimiento.

El escaso uso de tecnología y la baja productividad se modificaron radicalmente con la introducción de la mecanización, la disponibilidad de insumos y del conocimiento científico aplicado a la actividad agrícola. Esa fase pasó a denominarse **Agricultura 2.0**, la cual estuvo acompañada por avances importantes en la investigación, el desarrollo y empleo de equipos mecánicos e insumos de diferente tipo para ser empleados en la producción en el campo, logrando aumentos importantes en la productividad, en la organización institucional e integralmente en la cadena agroproductiva, favoreciendo el surgimiento del agronegocio. En el área fabril también se tuvo en este periodo avances tecnológicos importantes que mejoraron significativamente el proceso de recibo, molienda, extracción de sacarosa de la materia prima procesada y fabricación de azúcar comercial en el Ingenio.

Cuando comenzaron a aparecer las primeras máquinas agrícolas que sustituyeron a los animales en el campo, se empezó a registrar la Agricultura 2.0. La presencia de tractores y otras máquinas permitió un gran avance en esta actividad, incrementando la producción a gran escala, mejorando la institucionalidad, fomentando el comercio y auspiciando la aplicación del conocimiento científico en la agricultura; todo eso se dio en este periodo. Esta fase representa el avance de la ciencia en el campo. Este proceso aconteció en todo el mundo, siendo conocido como la Revolución Verde por los nuevos métodos de cultivo difundidos.

Este periodo puede situarse en el caso de la caña de azúcar entre los años **1926 y 1990**. De acuerdo con la historia, es a partir de los años 50 cuando se inicia y desarrolla de manera formal la investigación en el cultivo, con la creación de la Sección de Caña de Azúcar en el Departamento de Agronomía del Ministerio de Agricultura e Industrias (MAI), constituida por profesionales

especialistas en el cultivo, superando con ello la fase de experimentación anterior que pese a ser importante carecía del método científico en sus resultados y conclusiones. Es en ese momento cuando se investiga con mayor especificidad sobre variedades, riego, fertilización, suelos, manejo de plantaciones, maduración, mecanización y plagas y enfermedades (Chaves 1997; León y Arroyo 2012). El avance logrado fue espectacular.

E.3. Agricultura 3.0

Fue a partir de 1990 y hasta 2010 cuando los esfuerzos técnicos se ampliaron y centraron en la sostenibilidad y la automatización de procesos en el campo y la fábrica. Para satisfacer esas necesidades surgen y desarrollan herramientas sofisticadas destinadas a la recolección y análisis de datos e indicadores referentes importantes, con el objetivo de ayudar a los productores rurales a tomar las mejores decisiones en materia agrícola y para ser empleados con el objeto de aumentar el rendimiento de los procesos agrícolas. Aquí cabe destacar que el Sistema Mundial de Posicionamiento Global (GPS) fue la primera de las tecnologías revolucionarias que marcaron la **Agricultura 3.0**. El GPS contribuye a encontrar desviaciones dentro de un espacio de producción agrícola determinado, lo que permite un uso más eficiente y racional de los recursos empleados y disponibles; lo que promovió la agricultura sostenible y las opciones de automatización. Otros recursos avanzados, como fueron la telemetría, los sensores remotos y el monitoreo vía satélite también conforman y dan cuerpo a esta categoría.

Complementario a estas iniciativas tecnológicas, también comienza una profunda preocupación por el ambiente y los ecosistemas, debido a los daños sufridos en años anteriores por la expansión desenfrenada de la agroindustria.

Puede asegurarse que la agricultura de precisión o agricultura inteligente, también llamada Agricultura 3.0, surgió a partir de la imperiosa necesidad de controlar, gestionar de forma más eficiente y optimizar todos los insumos y factores que intervienen en la producción de cultivos. Procurando desarrollar y consolidar la agricultura de precisión y la tecnología agrícola asociada a ella, ha conducido al desarrollo de nuevos métodos y mejores herramientas agrícolas.

E.4. Agricultura 4.0

En esta categoría y la sucesiva los límites establecidos en el tiempo se confunden pues ya no están tan claramente definidos, ni existe tampoco tanta concordancia al respecto; considerando sin embargo que el nombre de **Agricultura 4.0** deriva del término **Industria 4.0**, utilizado como sinónimo de la Cuarta Revolución Industrial o Revolución Industrial Etapa Cuatro. Indica la literatura que es una propuesta de temporización calendarizada que sostiene que los avances tecnológicos implementados desde la segunda década del Siglo XIX conformaban una nueva etapa de transformación industrial, en este caso la cuarta, desde el inicio de la revolución industrial en el Siglo XVIII, concebida por algunos autores como la más importante de todas virtud de sus alcances.

Es interesante mencionar que la propuesta de innovación productiva en esta etapa (Wikipedia 2023), *“se caracteriza por la fusión de tecnologías, desintegrando las fronteras entre las esferas física, digital, y biológica. La hipótesis de la existencia de una cuarta revolución industrial, ha sido criticada por diversos autores, tanto conceptualmente, como histórica y socialmente, llegando incluso a sostener que se trata de un eslogan comercial creado por Klaus Schwab para vender su libro, titulado con dicha expresión.”*

La **Agricultura 4.0** se dice que inició en el **2010** y continuó aproximadamente hasta cerca del **2020**. En este periodo se genera una nueva iniciativa técnica enfocada hacia la conjunción de datos y tecnologías destinadas a automatizar los procesos de producción de la forma más autónoma posible. También ha sido denominada y reconocida como Agricultura Digital, la cual se basa en el desarrollo y operación de sistemas integrados y la conexión en tiempo real de las tecnologías, el uso de sensores remotos, en la aplicación inteligente de datos de forma masiva y de las comunicaciones, con la finalidad de utilizar dispositivos de control inteligente y automatización de instalaciones para optimizar toda la producción, ayudando a gestionar los distintos procesos y a monitorear integralmente todo el cultivo. La categoría está marcada por un nuevo nivel de productos digitales en los cuales se dice asentarán las bases para que los robots y la inteligencia artificial encuentren pronto su espacio de aplicación en el campo.

El salto que se ha tenido de la agricultura inteligente a la agricultura conectada es un buen ejemplo de lo rápido que han

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

avanzado las tecnologías de producción agrícola con el cambio de siglo. Tecnologías como máquinas autónomas, robots equipados con sensores, inteligencia artificial, realidad aumentada, el Internet de las Cosas (IoT), drones y satélites forman parte del nuevo entorno agrícola, bautizado como Agricultura 4.0.

Es una realidad no lejana de nuestras posibilidades que muchas de las decisiones adoptadas hoy día en el sector agropecuario basadas en datos almacenados en la nube, conectados en red y accesibles a través de herramientas digitales, pronto, con la ayuda de estos datos mejor analizados, los agricultores y otros agentes de la agroindustria pueden tomar mejores decisiones de manera eficaz y oportuna. Esta revolución digital ha generado grandes cambios en los procesos agrícolas, lo cual ha hecho que los campos trabajen de manera muy distinta a como lo hacían hace apenas algunas décadas; principalmente debido a las tecnologías vanguardistas y nuevas herramientas disponibles. Consideran con buen criterio algunos autores, que actualmente la agricultura 4.0 desempeña un papel determinante en la economía mundial y constituye la base del sistema económico vigente.

Se ha demostrado en sistemas agrícolas avanzados que los nuevos dispositivos y softwares de precisión, permiten que las empresas sean más rentables, respetuosas del ambiente, seguras y mucho más eficientes en su gestión productiva y comercial.

La agricultura 4.0 trata entonces de la tecnología digital como aliada para la realización de procesos agrícolas más productivos, autónomos y eficaces; que van desde el tratamiento del suelo para un cultivo, hasta la recolección de una cosecha de alta calidad (Best y Vargas 2020).

La dinámica evolución tecnológica observada en los últimos años en el sector agropecuario mundial y hasta nacional ha sido realmente vertiginosa, lo que dificulta de alguna manera mencionar hechos concretos vinculados con las innovaciones que intervienen en la cadena de producción; sin embargo, hay algunas tecnologías conocidas que se destacan por contribuir significativamente con el agro, como son entre otras las siguientes:

E.4.1. Drones: corresponden a una de las innovaciones tecnológicas más utilitaria, conocida y empleada de los últimos

años. Se conciben como pequeños robots voladores empleados para observar plantaciones e infraestructura de forma panorámica. Algunos modelos de menor tamaño, mayor capacidad y funciones, de menor costo ya funcionan de manera autónoma mediante una preconfiguración establecida. Empleados en el campo agropecuario son capaces de identificar ataques por plagas, afectación por enfermedades, condición hídrica de las plantas, grados de estrés vegetal, fallos de cultivo en la plantación, estado de las malezas, población vegetal presente e incluso estimar productividades y dar seguimiento de animales, sus usos y sensibilidad van creciendo con el tiempo. En el trazado de infraestructura, la medición y el establecimiento de plantaciones son también muy empleados.

E.4.2. Tractores autónomos:

Dotados de sensores de alta sensibilidad con inteligencia artificial incorporada, los tractores modernos son capaces de realizar sus funciones habituales de forma autónoma en el cultivo, es decir, no necesitan contar con una persona que los opere y conduzca, como es tradicional y conocido. Este avance en la tecnología cañera se refleja en los resultados de las cosechas mecanizadas y en la reducción de las pérdidas durante el proceso de siembra, manejo de la plantación y recolección del producto final.

E.4.3. Software para la toma de decisiones:

Los denominados software de decisión son instrumentos analógicos destinados para proveer una mayor capacidad decisoria en materias relacionadas con la producción agropecuaria. Estas herramientas analizan mediante indicadores referentes válidos y representativos diferentes factores para colaborar y facilitar al agricultor la toma de decisiones sobre materias diferentes como finanzas, clima, suelos, fertilizantes, malezas, manejo del agua, fitosanidad, insumos y algunos otros elementos que el cultivo puede requerir durante su ciclo vegetativo.

E.5. Agricultura 5.0

Apunta la literatura que la **Agricultura 5.0** concerniente a la autonomía y aprendizaje de las máquinas, se manifiesta en el agro por medio de tecnologías de soporte de precisión (DDS), la inteligencia artificial y robots capaces de ejecutar labores de manera autónoma. En tiempo su incorporación se ubica luego del 2022 y hasta la fecha, lo que denota su actualidad.

Se espera que la Agricultura 5.0 integre la automatización y las tecnologías digitales, incursionando con nuevas innovaciones que puedan hacer que máquinas autónomas realicen tareas por sí solas de manera inteligente e independiente sin la participación de operadores. La expectativa es que drones, robots y tractores operen solos.

La tecnología agrícola 5.0 o “agricultura digital”, se refiere a la próxima generación de métodos y herramientas agrícolas destinadas a maximizar los índices de productividad de las cosechas y otras aplicaciones en el campo. Una de esas tecnologías es la 5G, que actualmente está experimentando un rápido desarrollo que llegará a mejorar significativamente el alcance y la accesibilidad de las nuevas invenciones tecnológicas.

Expresa Umaña (2023) en torno al tema, que “El potencial de la 5G es mayúsculo. La quinta generación de redes de comunicación móvil es más que una simple evolución de sus antecesoras. Esta tecnología revolucionará la vida de las personas, empresas y gobiernos con velocidades de conexión significativamente más rápidas, alta velocidad de dispositivos conectados y una latencia reducida.

La 5G promete una era de expansión de la Internet de las Cosas (IoT) que transformará el entretenimiento, el transporte, el gobierno, la salud y la agricultura. Facilitará la lucha contra la delincuencia, el desarrollo de ciudades inteligentes optimizará las redes de energía y aumentará la productividad de la industria.”

Cabe señalar que actualmente Costa Rica trabaja con alguna polémica por implementar la tecnología 5G.

Los expertos en materia de tecnología agropecuaria coinciden en que las herramientas más valiosas de la denominada agricultura digital, en lo que se refiere propiamente a ventajas competitivas, son el software de gestión agrícola de vanguardia, las soluciones basadas en imágenes satelitales de alta resolución, los sensores de proximidad, los instrumentos de conectividad y los algoritmos basados en datos aplicados en la predicción de amenazas potenciales. Esto es importante y de trascendencia sabiendo que, sobre tópicos relacionados con el clima, las plagas, las enfermedades, las malezas y las condiciones generadoras de estrés, entre otras, los agricultores tienen poco o casi ningún control al carecer de sistemas preventivos de alerta previa, lo que acentúa sus impactos. Con la llegada de la tecnología digital a la

agricultura, es posible de alguna manera pronosticar, prevenir y disminuir la influencia negativa de estos elementos (Barreiro 2014).

Actualmente la ciencia trabaja intensamente explorando las nuevas e interesantes posibilidades que ofrecen el Internet de las Cosas (IoT) y el “big data” o manejo de macrodatos, también llamados datos masivos, inteligencia de datos, datos a gran escala; término referido al manejo que se hace de datos que son tan grandes, rápidos o complejos de manipular que es difícil o casi imposible procesarlos con los métodos tradicionales, de manera que su manejo precisa de aplicaciones de procesamiento informático no tradicionales.

Al establecer un comparativo de la tecnología digital aplicada en la agricultura con relación a los métodos agrícolas tradicionales, se destacan los siguientes elementos:

- ❖ Hay una mayor eficiencia en la recolección y manejo de datos.
- ❖ Los datos recabados cuentan con una alta precisión, grado de certeza y confiabilidad.
- ❖ Los datos pueden procesarse y convertirse con mucha rapidez en información práctica para la correcta y oportuna toma de decisiones.

La Figura 4 presenta de manera sucinta y aproximada la presunta evolución seguida por la agroindustria cañera costarricense en su componente primario (agrícola) durante su desarrollo en el país.

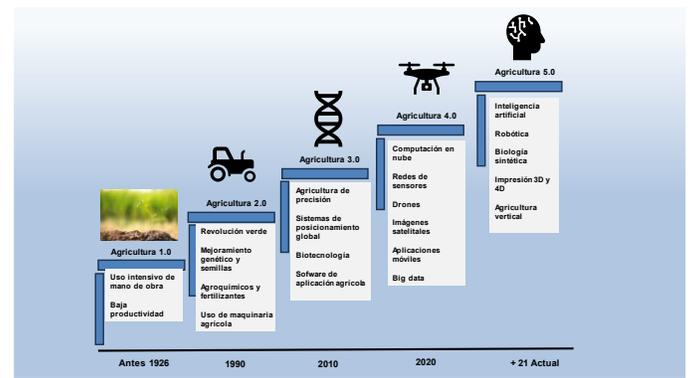


Figura 4. Evolución de la Agricultura 1.0 para Agricultura 5.0. en caña de azúcar en Costa Rica (Fuente: Adaptado de Méndez et al (2020).

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

La tecnología agrícola digital ofrece a los agricultores que la dispongan e implementen la posibilidad de disponer de mejores elementos y criterios para la correcta y oportuna toma de decisiones conducente a mejorar los indicadores de productividad, producción y la calidad de las plantaciones comerciales y sus productos, al intervenir aquellos factores que sí es posible controlar. Ejemplos aplicados a la caña de azúcar son:

- 1) Proyectar las condiciones climáticas probabilísticamente potenciales de ocurrir en el lugar.
- 2) Diferenciar y ubicar en el terreno los tipos de suelo (orden y suborden) predominantes.
- 3) Definir espacialmente la ubicación de la infraestructura de plantaciones: *caminos, accesos, riego y drenaje, lotes, bodegas, orientación de surcos, pendientes, etc.*
- 4) Decidir cuales cultivos pueden resultar una mejor opción técnica y comercial de siembra.
- 5) Situar la mejor distribución espacial de cultivos y variedades en el terreno: *tamaño de lotes.*
- 6) Conocer cuánta área y cuál es el mejor momento fenológico, climático y comercial para sembrar.
- 7) Determinar la eficiencia de germinación, retoñamiento y decidir sobre la necesidad de resembrar.
- 8) Establecer el estado fenológico de las plantaciones de acuerdo con su fecha de siembra y/o cosecha.
- 9) Identificar en el campo estados reales y potenciales de “estrés” vegetal.
- 10) Diagnosticar la condición y el estado fitosanitario de las plantaciones.
- 11) Establecer “*alertas tempranas*” para prever la posible afectación por plagas y enfermedades de emergencia potencial.
- 12) Definir cuánta agua debo utilizar en el riego de precisión, cuándo aplicarla y con qué frecuencia debo hacerlo.
- 13) Ubicar posibles problemas de drenaje y encharcamiento.
- 14) Conocer la presencia y el grado de afectación por malezas.
- 15) Establecer programas de fertilización definiendo cuánto, cuándo y qué tipo de nutrimentos y productos se requieran aplicar. Involucra la agricultura de precisión operada bajo criterios tradicionales de tasa fija o modernos de tasa variable.
- 16) Proyectar estados y grados (alto-bajo) potenciales de floración de plantaciones de caña.
- 17) Estimar la población de plantas con potencial industrializable presentes en el campo.
- 18) Estimar y proyectar posible grado de producción y productividad esperado obtener.
- 19) Establecer y controlar la dinámica de quema sistemática de lotes comerciales para cosecha mediante la formulación de un programa.
- 20) Establecer un programa de cosecha sistemática por lotes según estado de maduración.

Complementario con lo anterior se mencionan seguidamente algunos ejemplos de cómo los avances logrados en el campo tecnológico han beneficiado la agricultura agrícola operada en el cultivo de la caña de azúcar, al permitir:

- a. Mejora sustantiva en la velocidad, calidad y la representatividad de la información generada, recabada y utilizada en la toma de decisiones.
- b. Contribuir con la planificación estratégica de labores y actividades técnico-administrativas.
- c. Presupuestación realista basada en datos y elementos fiables y representativos.
- d. Mejora general integral de las actividades y gestión técnico-administrativa desarrollada por la agroempresa.
- e. Maximizar el beneficio generado por los servicios de asistencia técnica disponibles.
- f. Reducir y optimizar el uso del agua, los fertilizantes, enmiendas, herbicidas, plaguicidas y otros insumos, que permite disminuir los costos asociados.
- g. Regular y disminuir el gasto implicado por concepto de mano de obra.
- h. Contribuir ostensiblemente con el incremento de los rendimientos agroindustriales de la plantación.
- i. Atenuar y mitigar los daños potenciales y reales que puedan causar las plagas y patógenos, las inclemencias meteorológicas, las catástrofes naturales y otras causas fortuitas o de fuerza mayor en las plantaciones comerciales, con la ayuda de sistemas de monitoreo efectivos y oportunos.
- j. Control preventivo y regulatorio en el vertido de productos químicos en el suelo y las masas de agua, reduciendo con ello el impacto sobre el ambiente y el ecosistema, favoreciendo una mayor sostenibilidad del sistema agroproductivo.

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

- k. Favorecer el diagnóstico oportuno de deficiencias nutricionales en las plantas.
- l. Permitir el diagnóstico oportuno del estado de infestación y afectación por malas hierbas.
- m. Simplificación y mejora sustantiva de la comunicación y la coordinación de las tareas previstas desarrollar y efectivamente ejecutadas, mediante el empleo de dispositivos móviles y remotos, aplicaciones o recursos web.
- n. Desarrollo y ampliación de la capacidad para prever posibles problemas acontecidos en la unidad productiva, favorecido por la visualización de patrones y tendencias de producción, obtenidos mediante el análisis de datos representativos actuales (tiempo real) e históricos.
- o. Incremento de los ingresos obtenidos en las explotaciones agrícolas inducido por la mejora de la calidad de los productos y el incremento de los controles de calidad implementados.
- p. Hay una reducción importante y significativa del nivel de riesgo empresarial.
- q. Estimación fiable y certera del rendimiento global de las cosechas esperadas.
- r. Contribuir a desarrollar y consolidar sistemas agroproductivos sostenibles, ecoeficientes y eco-competitivos.
- s. Generación de un saludable clima de confiabilidad fundada en la disponibilidad de datos tecnológicos y de mercado representativos y de muy alta calidad que favorecen el acceso a los seguros agrícolas y a los servicios financieros.
- t. En definitiva, el objetivo de la nueva tecnología agrícola desarrollada y ofertada es hacer más eficaz y cómodo el trabajo en el campo.

Los cambios logrados en la agricultura y la gestión del campo durante las últimas décadas han sido incuestionablemente revolucionarios. Es al empleo de nuevas tecnologías agrícolas vanguardistas operadas en la agricultura, a quienes puede atribuirse gran parte del éxito reciente en la mejora de la gestión y el aumento de las cosechas.

De manera resumida puede manifestarse que en una primera etapa (Tecnología 1.0), el trabajo se basaba en el empleo de la fuerza humana y animal, con el apoyo de herramientas básicas, alcanzando productividades muy bajas pues además ese no era

tampoco el objetivo procurado, cuyo fin era la subsistencia, la manutención y el comercio operado con figuras tradicionales. Luego, ingresaron con la Agricultura 2.0 las primeras maquinarias en operación conducidas por los agricultores, lo que significó un aumento importante de los índices de productividad. El paso al sistema Tecnológico 3.0 se produjo cuando se incorporaron sistemas informáticos y electrónicos que permitieron la automatización de algunos procesos productivos. Posteriormente vino la Tecnología 4.0, donde la toma de decisiones se apoya con el uso de dispositivos capaces de interconectar y procesar información en tiempo real, utilizando técnicas de analítica de datos muy avanzada. Ahora nos encontramos en fase de inicio al desarrollo de la Tecnología 5.0 fundamento de la agricultura digital que procura la autonomía y aprendizaje de las máquinas, se presenta en el agro a través de las tecnologías de alta precisión, la inteligencia artificial, redes 5G y robots capaces de ejecutar labores de manera autónoma.

F. Evolución y dinámica tecnológica en el sector cañero

Como cualquier actividad humana la agroindustria cañero-azucarera nacional ha padecido casi históricamente de numerosos y profundos problemas en todos los ámbitos sea político, financiero, comercial, tecnológico y ambiental, lo cual puede atribuirse a tres factores principales: 1) su larga data (1530-2023), 2) su naturaleza extensiva-intensiva y 3) su incuestionable trascendencia comercial y socio-económica para el país. Expresa Chaves (2022b) al respecto, que:

“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

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

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 materia tecnológica aplicada particularmente a la agroindustria azucarera costarricense el panorama por analizar es muy amplio, si se desea hacer un abordaje y una valoración justa, realista y objetiva del tema, por cuanto el examen debe considerar inexcusablemente factores incidentes como son: las características del entorno productivo nacional; los retos y desafíos que mantiene la actividad en toda su cadena productiva agroindustrial y comercial, no solo tecnológica; las razones y circunstancias que motivan, determinan y condicionan el desarrollo y la adopción de tecnología; los problemas y limitantes que condicionan y obstaculizan la gestión del productor de caña, entre muchas otras perspectivas que pueden mencionarse, como lo describe con gran detalle Chaves (2021b, 2022bc, 2023b).

De manera más reciente el enfoque y orientación puede indicarse que el trabajo científico-tecnológico operado por DIECA, ha venido a aperturar y fortalecer áreas importantes de la actividad productiva primaria como es el manejo sostenible de suelos y plantaciones, la selección, adaptación y liberación de variedades más resilientes y productivas, la promoción de nuevas técnicas de siembra, auspicio a una nutrición y fertilización más integral, el uso y producción de semilla de alta calidad y pureza genética, el control oportuno y eficiente de malezas, el manejo racional del agua, el manejo óptimo de retoños y plantaciones, el control conforme y oportuno de la madurez, la quema operada bajo criterios técnicos, la cosecha óptima de plantaciones y en general la aplicación de buenas prácticas agrícolas, entre otras. Este esfuerzo sectorial e institucional a implicado trabajar en campos muy específicos y sofisticados como la reproducción de plantas por medio de yemas vegetativas pregerminadas, mejorar la reproducción de plantas *in vitro* por cultivo de tejidos, el trabajo en la cámara de fotoperiodo para estimular y sincronizar floración de variedades difíciles en el área genética para el cruzamiento y fabricación de variedades nacionales sigla LAICA, profundizar en la biotecnología del cultivo, enfocarse en el tema

de la microbiología de suelos y el manejo sostenible de los recursos naturales, entre otros, lo cual se ha hecho con buenos resultados, como lo demuestran Chaves (2016c, 2017abc, 2018ab, 2020bf), Chaves y Bermúdez (2020), Rodríguez y Chaves (2020), Barrientos *et al* (2023), Carvajal *et al* (2023), Chávez (2023), Moya y Solís (2023), Oviedo y Chaves (2023), Rodríguez *et al* (2023), Rodríguez (2023) y Vargas *et al* (2023), entre otros.

En su documento Chaves (2022b) enumera y describe 28 logros y ventajas trascendentes alcanzadas recientemente por la agroindustria azucarera costarricense; anotando adicional y complementariamente a manera de retos y desafíos 32 asuntos que a su criterio merecen atención y tratamiento inmediato virtud de su incuestionable importancia y pertinencia.

Ampliando sobre nuevos retos y necesidades en el campo tecnológico, manifiesta Chaves (2022b):

“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”

Pese a los incuestionables e importantes avances tecnológicos logrados a la fecha por el sector, el incremento de la

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

productividad en el campo mantiene aún pendiente de saldar una deuda que se torna ya preocupante virtud de sus consecuencias. Es claro que como principio institucional se investiga y adopta tecnología para mejorar y crecer productivamente; sin embargo, esto en el caso nacional no se está logrando con la rapidez, contundencia y consistencia necesarias y requeridas.

Es muy importante manifestar por ser preocupación de todos y constituir un tópico necesario y obligado abordar y sobre todo resolver de manera integral y no apenas parcial, que el incremento de la productividad agroindustrial en el sector azucarero corresponde a un componente multivariado y muy sensible de la actividad productiva-comercial-empresarial, influenciado por múltiples factores que los estimulan, regulan y determinan como son el precio pagado por el producto final (caña y sacarosa), los costos de producción relacionados, la rentabilidad final alcanzada (relación beneficio/costo), la disponibilidad de capital (crédito) para invertir, el interés y motivación del agricultor por mejorar su situación, la incertidumbre y expectativa futura por los destinos y derrotero de la actividad comercial, las condiciones ambientales inestables prevalecientes, el grado y calidad de la tecnología disponible e incorporada, entre otros (Chaves 2022d).

Sobre este tópico tan trascendente que nunca pierde actualidad, Chaves (2022b) identifica y describe 68 temas y asuntos puntuales de corte tecnológico que participan y contribuyen directamente en la mejora de la productividad agroindustrial; motivo y razón por la cual, deben insoslayablemente tomarse en cuenta en cualquier iniciativa institucional o tecnológica que decida implementarse para mejorar los rendimientos:

“En su estudio Chaves (2022g) identificó, enunció y declaró con gran detalle y especificidad 68 asuntos tecnológicos e institucionales de expertis 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).”

Por su fondo y vínculo cabe en este acápite reiterar lo señalado por Sáenz y Chaves (2013) sobre el tópico abordado, al manifestar, que

“La innovación tecnológica es un factor decisivo para que un productor agropecuario sea exitoso en producir y comercializar lo que produce. La innovación tecnológica no sólo pasa por información sensible sobre el cuál es el mejor sistema de producción para su explotación, sino también sobre cómo enfrentar shocks climáticos y de plagas. Sin embargo, existen grandes limitantes para que las innovaciones tecnológicas sean de acceso a la mayoría de los productores. Factores como el tamaño de la explotación agropecuaria, el manejo del tiempo que hace el productor entre labores agrícolas y no agrícolas, y la escasez de recursos económicos, hacen que muchas de estas innovaciones tecnológicas queden fuera del alcance del pequeño productor: Si a esto se le suma una visión tradicionalista e informal del manejo de la finca por parte del productor, se hace más difícil el adoptar innovaciones que pueden significar grandes cambios en la forma de producir y comercializar lo producido.”

En general, la innovación consiste en un proceso en el que se implementa algo novedoso para un contexto determinado, que es apropiado socialmente y que genera beneficios para las partes implicadas. Actúa como un impulsor del crecimiento económico y la competitividad en los países, sectores y actividades. Hay que tener en cuenta que la innovación y los procesos que la inducen, generan y consolidan no surgen de la nada: *la innovación tiene lugar en un contexto socioeconómico dado y está determinada por la presencia (o ausencia) de condiciones propicias para que prospere.*

La tecnología como se infiere es por tanto apenas un factor más de la amplia y compleja ecuación de la producción, ciertamente trascendente y muy importante, pero tampoco el que determina y configura y dinamiza el incremento de los indicadores de la productividad de campo y fábrica en la caña de azúcar, pues hay otros elementos también incidentes que deben obligadamente optimizarse para lograr un resultado final satisfactorio. No basta por tanto con tener buena tecnología si las condiciones, el incentivo y la motivación empresarial no son las mejores ¿Será esto lo que acontece en el caso costarricense y que explica

porque los rendimientos no aumentan? En otra ocasión se abordará este tópico de manera amplia y específica, pues hay mucho que decir y comentar al respecto.

F. ¿Dónde estamos y para dónde vamos?

Como fue visto anteriormente en el “Punto E. Criterio de juzgamiento”, la evolución de la tecnología a nivel global ha tenido diferentes fases de desarrollo y adaptación que la tornan difícil de ubicar y contextualizar a un país, un sector y más aún a una actividad productiva, como es en este caso la agricultura de la caña de azúcar. Reconocemos que la tecnología agrícola incluye vehículos operados por control remoto, robótica, telemática, ordenadores, satélites, drones, dispositivos móviles y software avanzado. El uso de la tecnología 5G para el análisis de macrodatos e inteligencia artificial (IA) en la agricultura, es también un ejemplo de cómo el sector agrícola se ha venido sistemáticamente adaptando a la innovación y los avances tecnológicos generados por la ciencia.

Es conveniente en este punto preguntarnos ¿Qué capacidades tecnológicas reales tiene el sector cañero-azucarero nacional para adquirir y hacer un uso óptimo y efectivo de las nuevas tecnologías? ¿Con qué infraestructura y preparación se cuenta para su implementación? ¿Son realmente necesarias esas tecnologías para provocar un cambio sustantivo en el sistema productivo? ¿Cuál es el costo y la inversión implícita en su implementación? ¿Qué mecanismos de apoyo se requieren para promover su adopción? ¿Qué simetrías y exclusiones sociales generan las nuevas tecnologías? ¿Justifica la tasa de retorno el esfuerzo implicado? ¿Qué elementos básicos requiero disponer para incursionar en este campo?

Como se infiere, son muchas las dudas e inquietudes que surgen respecto a la posible adquisición, incorporación, adaptación y aplicación de las nuevas tecnologías, lo que conlleva una obligada e inexcusable valoración muy particularizada, contextualizada al interior de cada empresa en su propia condición, para decidir con buen criterio al respecto. No puede por tanto pretender generarse una recomendación genérica y única para todos, lo que resulta irresponsable, pues es claro que la decisión es compleja y muy particular. No cabe duda de que sería ideal adaptar los sistemas productivos de campo y fabricación a las últimas y mejores tecnologías disponibles, pero eso debe, como se recomendó, valorarse prudente y razonablemente.

Surge la válida y casi obligada inquietud por responder ¿En qué nivel tecnológico esta la agroindustria azucarera costarricense? y ¿Hacia dónde transitamos actualmente?

Pareciera que la respuesta no es difícil vista a la luz de lo que realmente se tiene, observa y aplica actualmente en el campo y la industria; no apenas en lo que se investiga o pretende implementar. Personalmente considero que el sector azucarero se encuentra actualmente mayoritariamente posicionado en la **Tecnología 3.0** y en tránsito ágil hacia la **Tecnología 4.0**. Unas empresas y unidades productivas avanzan más rápido que otras, sobre todo a nivel de ingenios. Lo mismo ocurre en la fase fabril. Cabe destacar sin embargo que a nivel de procesos industriales-comerciales el avance si es notorio al contar con Tecnologías 4.0 proyectadas ya hacia la 5.0, como puede observarse en el Centro de Operaciones “El Coyol”, ubicado en la provincia de Alajuela. El da para un análisis más específico y profundo.

G. Conclusión

Puede asegurarse que existe consenso general sobre la importancia crítica y necesidad que generan actualmente la tecnología y la innovación, como instrumentos para enfrentar con éxito los retos y desafíos actuales de la humanidad en varios campos, incluido el imperativo de mejorar la productividad, la competitividad, la sostenibilidad y la equidad en la agricultura.

Entre esos retos, surge la necesidad de incrementar la producción de alimentos para satisfacer las necesidades de una población creciente en un área de tierra con potencial limitado para uso agrícola, y al mismo tiempo, mitigar y disminuir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) generadas en la agricultura, con el objeto de no agudizar el indeseable cambio climático; todo lo cual apunta a intensificar y profundizar en el aprovechamiento del conocimiento tecnológico aplicado a la producción del campo, es decir: innovar.

La innovación tecnológica se constituye por estas y otras razones en unpreciado e incuestionable factor impulsor del crecimiento económico, el desarrollo y el bienestar general de los países. En su esencia, responde a un proceso dinámico y holístico que sucede y se genera dentro de los sistemas de investigación nacional; motivo por el cual, en la medida en que se fortalezcan la investigación, la asistencia técnica, la capacitación y los demás servicios de apoyo, se coadyuva a establecer sistemas de

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

producción eficientes, rentables, sostenibles y competitivos. Para lograr lo anterior, es necesario e imperativo crear y fortalecer las capacidades de todos los participantes, así como sus interrelaciones.

En todo esto se debe reconocer que las cadenas de valor y los grandes consorcios nacionales e internacionales, están transformando profunda y velozmente el accionar de los mercados de alimentos, fijando términos de calidad, trazabilidad y origen que replantean la forma de producir. Hoy día no basta apenas con producir, pues se deben obligadamente satisfacer condiciones y formalidades que den acceso a esos productos a los mercados de destino más sofisticados, la mayoría de los cuales se tornan muy exigentes. Esta situación crea y establece retos muy serios a todos los agricultores, no apenas a los pequeños, para intentar mantenerse activos y competitivos. A medida que la agricultura comercial se extiende, el mercado laboral agrícola y la economía rural no agrícola se hacen vitales en el tanto los aumentos de productividad tengan efecto positivo sobre la pobreza rural.

Se dice a grandes voces que **vivimos en la sociedad del conocimiento**; sin embargo, una revisión holística aplicada a la agricultura nacional, incluyendo al sector azucarero, demuestra con facilidad que no se tiene un desarrollo simétrico y equilibrado entre los distintos sectores y grupos productivos, pues unos están mejor posicionados que otros al contar con mejores tecnologías. Lo cierto es que existe en el país un retraso evidente en la disponibilidad y empleo de tecnologías en el sector, donde los grandes productores son los que, por lo general, no siempre, cuentan con una mejor disposición y condiciones para adquirirla y utilizarla.

Es asimismo un hecho conocido, comprobado y demostrado que la evolución del desarrollo científico y tecnológico proviene por un lado de la acumulación de conocimiento y experiencias y, por el otro, de la capacidad de investigar e innovar; lo cual en el caso cañero vale señalar con satisfacción, ha contado por mucho con la sabia decisión de sus dirigentes de apoyar con lo necesario en la medida de las posibilidades.

La agricultura moderna evoluciona simultáneamente en varias direcciones al mismo tiempo; sin embargo, su principal objetivo es hacer uso de las nuevas tecnologías se incorporen con el fin de incrementar el rendimiento de los cultivos mediante una

mejor planificación y una gestión de campo más inteligente en el aprovechamiento y optimización de los recursos disponibles.

En la actualidad gana mucho interés el campo de estudios sobre la robótica, la automatización de procesos, la inteligencia artificial, el uso de drones, la nanotecnología, el desarrollo de sistemas de comunicación más veloces y con mayor capacidad en el manejo de datos y la aplicación de software cada vez más sofisticados. Por otro lado, se dice que pierden dinamismo los temas relacionados con la genómica y el mejoramiento genético de plantas y animales, a lo que se le debe prestar mucha atención por el significado que tiene para la actividad cañera. En el caso particular cañero-azucarero, hay que reconocer que existen en el país muy pocas investigaciones relacionadas con análisis económico y social, los concernientes con los impactos ambientales, muy escasa la vinculada con la cadena de valor del sector y la generación de valor agregado; también los orientados a conocer de las asimetrías que el acceso a la ciencia y la tecnología genera. Hay igualmente un uso muy limitado de tecnologías de punta vinculadas con la aplicación mecanizada de fertilizantes en tasa variable, sistemas de riego técnicamente bien concebidos, biotecnología, uso apropiado de drones, satélites, entre otros.

No cabe duda de que el sector agropecuario mundial y nacional están presenciando hoy día una intensa y profunda revolución tecnológica, la quinta, proyectada a la producción bajo criterios de precisión con la ayuda de modernas técnicas de comunicación, manejo de datos “big data” y equipamientos sofisticados, destinados a lograr una producción eficiente y con muy poca afectación al ambiente. Para contribuir con ese objetivo, se considera que se podrían mejorar en el país y el sector aspectos vinculados con capital humano, políticas innovadoras, financiamiento y operación de programas de investigación e innovación, asistencia técnica y métodos efectivos de transferencia del conocimiento, todo bajo la figura de los esfuerzos mancomunados entre empresa pública y privada. Actualmente es posible encontrar diversas tecnologías que están disponibles en el mercado, diseñadas para satisfacer las diversas necesidades del campo, solo basta buscar para encontrar.

Es una verdad absoluta que la innovación o la adquisición de tecnología por sí sola es insuficiente; motivo por el cual se torna necesario e insoslayable asegurar una transferencia tecnológica

efectiva para fortalecer la innovación, inducir y promover el cambio tecnológico. Siempre será necesario contar con una mayor investigación en el sector, inyectar mayor inversión en educación para contar con mano de obra calificada, hacer un aprovechamiento pleno de la investigación realizada, disponible y que mucho a costado, vinculándola con la demanda, limitaciones, problemas y nuevas opciones de los productores agrícolas. Además, se debe fomentar y favorecer que el sector empresarial aporte recursos destinados a la inversión en investigación, innovación y transferencia de tecnología en nuevas áreas del conocimiento; lo cual, en conjunto, posibilitaría que las tecnologías lleguen a los pequeños productores y puedan ser rápidamente adoptadas.

Como se indicó oportunamente, se estima que el sector cañero-azucarero costarricense se encuentra actualmente posicionado en mayor grado en la Tecnología 3.0 y en tránsito ágil hacia la Tecnología 4.0; donde algunas empresas y unidades productivas avanzan más rápido que otras, sobre todo a nivel de ingenios que cuentan con mayores y mejores condiciones.

Como última recomendación de enorme trascendencia institucional, resulta obligado e imperativo señalar y reiterar en relación a la necesidad que tiene el sector azucarero de elevar de manera sostenible y consistente sus indicadores de productividad agroindustrial, expresados en este caso por la cantidad de materia prima de calidad (caña) producida por unidad de área, dada en toneladas de caña por hectárea (t/ha); como también los contenidos de sacarosa concentrada en los tallos que se muelen en el ingenio dada en kilogramos por tonelada procesada (Chaves 2020a). Esos indicadores se expresan al integrarse en la cantidad de azúcar producida por hectárea (t/ha). Es ahí donde se concentran las expectativas de incremento de la productividad, maximización de la rentabilidad y la competitividad.

Es una verdad incuestionable que la investigación y la innovación deben en el caso agrícola materializarse en producción, pues de lo contrario se convierten en un fin en sí mismo o apenas en un bien suntuario, lo que resulta un tanto cuestionable. Por esta razón, la agroindustria nacional debe concentrar todos sus esfuerzos y recursos en lograr elevar sus rendimientos; lo que como se indicó, no solo involucra elementos técnicos de campo, sino también financieros, comerciales, institucionales y

administrativos que configuran una condición que promueve y estimula la inversión en tecnología. Es necesario que los temas y asuntos investigados por DIECA se orienten estrictamente a resolver problemas prioritarios del campo y abrir espacios que favorezcan el incremento productivo, no aspectos técnicos interesantes sin mayor valor agregado. La asistencia técnica, la capacitación y la transferencia de tecnología, representan, asimismo, las herramientas para hacer llegar el conocimiento a los agricultores; circunstancia por la cual siempre debe estar entre los primeros lugares de prioridades por mejorar.

Debemos tener siempre presente, que la tecnología en la agricultura no representa sólo un capricho del agricultor, sino por el contrario, una imperiosa necesidad para lograr una producción abundante, saludable, rentable, sostenible y competitiva.

H. Literatura citada

- Barreiro Elorza, P. 2014. **Qué se espera de la agricultura digital**. Vida Rural N° 388: 50-57.
- Barrientos-Alfaro, F.C.; Morales Mora, V.; Hernández Soto, A.; Watson Guido, W.; Echeverría Beirute, F.; Vargas, W.; Villalobos Álvarez, M.; Rodríguez, A.; Pérez, J. 2023. **Mejoramiento genético de la caña de azúcar vía mutagénesis radioinducida**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 12 p.
- Best S., S.; Vargas Q., P. 2020. **Aplicación de la agricultura tecnológica 4.0**. Instituto de Investigaciones Agropecuarias - Informativo N° 148. 5 p.
- Bocchetto, R.M. 2008. **Innovación, institucionalidad y desarrollo: experiencia y caminos para su integración**. Montevideo, Uruguay. PROCISUR (IICA) / INTA Argentina, julio. 87 p.
- Carvajal Quesada, J.P.; Vargas Miranda, E.; Vega Alfaro, R. 2023. **Mejoramiento genético de la caña de azúcar en Costa Rica: Principales resultados obtenidos en 25 años de hibridación**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 13 p.

- Chávez Mulet, J.J. 2023. **Metagenómica del Suelo**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. Presentación Electrónica en Power Point. 40 láminas.
- Chaves Solera, M. 1997. **Resumen del desarrollo histórico de la caña de azúcar en Costa Rica**. En: Congreso de ATACORI "Roberto Mayorga C.", 11, San Carlos, Costa Rica, 1997. Memoria. San José, ATACORI, octubre-noviembre. Tomo I p: 112-121.
- Chaves Solera, M. 2010. **Desarrollo institucional de la investigación, la innovación y la transferencia de tecnología de la agroindustria azucarera costarricense**. En: Congreso Salvadoreño de la Ciencia del Suelo, 1, San Salvador, El Salvador. Memoria Digital. Asociación Salvadoreña de la Ciencia del Suelo (ASCS), 10-13 de marzo. Presentación Electrónica en Power Point. 111 láminas.
- Chaves Solera, M. 2011a. **Sistema Nacional de Investigación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (SNITTA): importante y necesario instrumento institucional para mejorar la competitividad costarricense**. San José, Costa Rica, marzo. 52 p.
- Chaves Solera, M. 2011b. **Comentarios al documento: La agricultura de Costa Rica: evolución y situación al 2010 y prospectiva**. Informe elaborado por encargo de la Oficina del IICA-Costa Rica por los consultores doctores Carlos Pomareda, Diego Montenegro y José Arze. IICA, Coronado, San José, Costa Rica, abril. Presentación Electrónica en Power Point. 22 láminas.
- Chaves Solera, M.; Bermúdez Loría, A.Z. 2012. **Dinámica de cultivo comercial de las variedades de caña de azúcar en Costa Rica: análisis histórico**. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Latinoamérica y el Caribe (ATALAC), 8, y Congreso de la Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar (TECNICAÑA), 9, Santiago de Cali, Colombia, 2012. Memorias. Cali, Colombia, ATALAC/TECNICAÑA, setiembre 12 al 14, Centro de Eventos Valle del Pacífico. Tomo I Campo. p: 151-169. Presentación Electrónica en Power Point. 14 láminas.
- Chaves Solera, M. 2012. **Dinámica de las variedades comerciales de caña de azúcar en Costa Rica: análisis por sigla de origen. Periodo 1986-2010**. En: Congreso Azucarero Nacional ATACORI "Alex Soto Montenegro", 19, Condovac La Costa, Guanacaste, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 4 y 5 de octubre del 2012. Presentación Electrónica en Power Point. 62 láminas.
- Chaves Solera, M. 2013. **Productividad agroindustrial: desafío permanente del sector cañero azucarero costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. Presentación Electrónica en Power Point. 184 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2014a. **Asuntos a considerar por parte del Poder Ejecutivo en materia de tecnología agropecuaria: aportes del Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, MSc**. San José, Costa Rica, 30 mayo. 37 p.
- Chaves Solera, M. 2014b. **Competitividad azucarera: un concepto necesario materializar**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 94 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2015a. **1940: inicio de la historia institucional del sector azucarero costarricense**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, agosto. 28 p.
- Chaves Solera, M.A. 2015b. **1965-2015: 50 años de la creación de LAICA**. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 33 p.
- Chaves Solera, M.A. 2016a. **Competitividad: imperativo insoslayable para que el agro continúe vigente y crezca**. Revista Germinar, Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, Año 6, Edición N° 19, mayo. p: 6-7.
- Chaves Solera, M.A. 2016b. **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. 2016c. **Venta de productos y servicios técnicos e ingresos generados por DIECA en su gestión operativa institucional**. Revista Entre Cañeros N° 6. Revista

- del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 4-15.
- Chaves Solera, M.A. 2017a. **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. 2017b. **DIECA: 35 años al servicio de la agricultura cañera costarricense.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 29 p.
- 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 (IECA). San José, Costa Rica, enero. p: 5-18.
- Chaves Solera, M.A. 2017d. **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.; 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 zafras).** 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. 2018a. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de azúcar.** En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018b. **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, 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.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, A.; Barquero Madrigal, E.; Calderón Araya, G. 2020. **Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2019.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, abril. 166 p.
- 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. 2020a. **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. 2020b. **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 (FITACORI). San José, Costa Rica, 12 de noviembre. 32 láminas.
- 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. 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. **Progenitores de caña de azúcar de las principales variedades sembradas comercialmente en Costa Rica: Revisión histórica periodo 1530-2020.** Revista Entre Cañeros N° 18. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 5-73.
- 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. 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, marzo. 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. 2022a. **Productividad agrícola de la caña de azúcar en Costa Rica según región productora. Periodo 2012-2020 (9 zafras).** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(4): 5-31, febrero-marzo.
- Chaves Solera, M.A. 2022b. **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.
- Chaves Solera, M.A. 2022c. **Razones y circunstancias que motivan, determinan, potencian y condicionan el desarrollo y la adopción de tecnología en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(16): 11-36, agosto.
- Chaves Solera, M.A. 2022d. **Problemas y limitantes que condicionan y obstaculizan la gestión del productor independiente de caña de azúcar en Costa Rica: valoración e interpretación en el tiempo.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(18): 5-25, setiembre.
- Chaves Solera, M.A. 2022e. **Sistemas agrícolas de producción de caña de azúcar en Costa Rica: primera aproximación.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(20): 5-26, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2022f. **Zonificación agroecológica del cultivo de la caña de azúcar: elementos básicos para su implementación en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(22): 5-29, octubre.
- Chaves Solera, M.A. 2022g. **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.
- Chaves Solera, M.A. 2023a. **Fenómeno de “El Niño” acecha y compromete la agricultura costarricense.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(10): 8-32, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2023b. **Desarrollo tecnológico: mandamientos para el desarrollo y operación de una investigación efectiva, responsable y visionaria.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(12): 5 - 14, junio.
- Chaves Solera, M.A. 2023c. **Tecnología Agropecuaria: una mirada reflexiva, crítica y prospectiva al INTA Costa Rica.** Heredia, Costa Rica, 22 de junio. 185 p.
- Durán González, N.E.; Sánchez Pasquale, E. 2020. **Factores que condicionan el uso de nuevas tecnologías agrícolas en el Municipio de Cajica.** Bogotá, Colombia. Pregrado. Colegio de Estudios Superiores de Administración – CESA, Administración de Empresas. 119 P.
- IICA. 1985. **Cambio técnico en el agro latinoamericano: situación y perspectivas en la década de 1980.** 1ª ed. Editado por Martín Piñeiro y Eduardo Trigo. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Serie Investigación y desarrollo N° 10. 490 p.

- IICA. 1993. **Política tecnológica y competitividad agrícola en América Latina y el Caribe**. Ed. Walter Jaffé. San José, Costa Rica. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA): Programa de Generación y Transferencia de Tecnología. Serie Publicaciones Misceláneas. 518 p.
- IICA. 2014. **La innovación en la agricultura: un proceso clave para el desarrollo sostenible**. San José, Costa Rica. Documento fue preparado por James French, Karen Montiel y Viviana Palmieri. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), mayo. 20 p.
- León Sáenz, J.; Arroyo Blanco, N. 2012. **Desarrollo histórico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el siglo XX: aspectos económicos, institucionales y tecnológicos**. San José, Costa Rica: Universidad de Costa Rica, IICE, Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas.
- Martínez Álvarez, A. 2004. **Notas sobre el Nacimiento de la Agricultura. Desde sus inicios hasta la Edad del Bronce Sumeria y Egiptia**. España. 1a Edición. B&H Editores. 204 p.
- Martínez Álvarez, A. sf. **AGRICULTURA 1.0. Así comienza la Agricultura. Desde sus inicios hasta la Edad del Bronce Sumeria y Egiptia**. España. 2ª edición corregida. Agro Técnica, Cuadernos de Agronomía y Tecnología. 260 p.
- Méndes, C.I.C., Massruhá, S.M.F.S., Maranhão, J.D.A., Ribeiro, P.G.G.; Santos, L.C.X. 2020. **O direito frente à digitalização da agricultura. Capítulo 13**. Brasil. EMBRAPA. p: 306-329.
- Meneses, A.; Galiego, M. 2023. **Comparación de productividad de las principales agroindustrias azucareras de Latinoamérica Periodo 1979/1980 a 2022/2023**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 18 p.
- Moya Granados, H.; Solís Calvo, S. 2023. **Laboratorio de microbiología cañera: un nuevo aporte al desarrollo del cultivo de la caña de azúcar de Costa Rica**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 22 p.
- Oviedo Bolaños, K.; Chaves Lizano, K. 2023. **Caracterización de la diversidad genética de variedades comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp.*) mediante marcadores microsatélites**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 20 p.
- Riggioni Coto, G.; Álvarez Rodríguez, F.; Quesada Brenes, C.A. 2023. **Variedades LAICA y su influencia en la mejora de indicadores agroindustriales en Ingenio Cutris S.A.** En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 13 p.
- Rodríguez Aguilar, A.; Ramírez Cartín, L.; Chaves Solera, M. 2021. **Impactos y logros 2001-2021 INTA. Dos Décadas al Servicio del Sector Agropecuario**. San José, Costa Rica. MAG-INTA, noviembre. 140 p.
- Rodríguez Morales, A.; Chaves Solera, M.A. 2020. **Aportes al desarrollo histórico del control biológico: un enfoque a la caña de azúcar**. Revista Entre Cañeros N° 15. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, abril. p: 16-36.
- Rodríguez Morales, A. 2023. **Propuesta de DIECA: lo tradicional y lo nuevo, de la mano con la biotecnología cañera**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. Presentación Electrónica en Power Point. 26 láminas.
- Rodríguez M., A.; Bolaños P., J.; Núñez Ch., K.; Rojas M., L. 2023. **Evaluación de Microorganismos Promotores de Crecimiento**. En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. Presentación Electrónica en Power Point. 34 láminas.
- Sáenz Segura, F.; Chaves Moreira, J.M. 2013. **Informe Final. La Institucionalidad del Sector Agropecuario Costarricense:**

Noviembre 2023 - Volumen 5 – Número 22

- evolución y efectos sobre el desarrollo del sector. San José, Costa Rica. Vigésimo Informe Estado de La Nación en Desarrollo Humano Sostenible (2013). 69 p.
- Salmerón, J.M.; Goff, S.A. 2004. **Mejora genética de cereales.** Investigación y Ciencia N° 337: 6-13, oct.
- Umaña, V. 2023. **Consideraciones geopolíticas de la 5G.** San José, Costa Rica. Periódico La Nación. Página Quince. Domingo 5 de noviembre de 2023. p: 27.
- Vargas Jara, D.; Chaves Solera, M. 2011. **Agricultura Familiar: una opción viable de sustento para el pequeño agricultor.** En: Congreso Azucarero Nacional ATACORI “MSc. Teresita Rodríguez Salas (†)”, 18, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 8 y 9 de setiembre del 2011. 19 p. Conferencia Electrónica en Power Point. 34 láminas.
- Vargas Miranda, J.E.; Carvajal Quesada, J.P.; Vega Alfaro, R. 2023. **Trazando un nuevo enfoque en el programa de variedades:**
- Proceso colaborativo para el desarrollo de alternativas varietales.** En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 14 p.
- Vega Alfaro, R.; Carvajal Quesada, J.P.; Vargas Miranda, J.E. 2023. **Análisis de los principales progenitores utilizados en el proceso de hibridación en cada una de las regiones cañeras de Costa Rica.** En: Congreso Latinoamericano ATALAC y El Caribe, 12, Centro de Convenciones, Heredia, Costa Rica, 2023. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 18-22 de setiembre, 2023. 10 p.
- Wikipedia. 2023. **Cuarta Revolución Industrial.** Consultado el 03 de noviembre 2023 en la dirección: https://es.wikipedia.org/wiki/Cuarta_Revoluci%C3%B3n_Industrial.

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