REVISTA

ENTRE CAÑEROS

NÚMERO 19 • MARZO 2021. ISSN 2215-597X.
Revista trimestral del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA).
Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA).

ENTRE CAÑEROS

PRESENTACIÓN

Enviamos un respetuoso y caluroso saludo a todos nuestros lectores, estamos iniciando con este número una nueva etapa de comunicación con nuestra revista Entre Cañeros.

Hoy estamos despidiendo al que por muchos años fue nuestro gerente en DIECA e incansable colaborador editorial de la revista Entre Cañeros, quien desde inicios de este 2021 disfruta de su muy merecido retiro luego de una prolífica labor para el sector azucarero costarricense. Igualmente le damos la bienvenida a nuestro compañero José Eduardo Vargas Miranda que se incorpora para colaborar con este equipo editorial con la continuidad de este proyecto de comunicación.

Incorporamos en este número una publicación producto de una exhaustiva investigación y recaudo de datos por parte del Ing. Agr. Marco Chaves Solera, en la que comparte y analiza el comportamiento de la producción azucarera costarricense a lo largo de la gestión de LAICA. Este trabajo es una valiosa colaboración por parte del Ing. Chaves Solera y que constituye una fuente de consulta muy importante por el detalle con el que aborda el tema y que vale la pena tenerlo a la mano.

Agradecemos su preferencia e invitamos a que nos hagan llegar sus comentarios al correo electrónico echavarria@laica.co.cr.

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

CONTENIDO

02
Presentación

04
"Me voy de LAICA de la misma manera en que llegué, en silencio."

09
Indicadores históricos de producción y productividad de la agroindustria azucarera costarricense: análisis del periodo 1969-2019 (51 zafras).

Revista Entre Cañeros
Número 19, marzo del 2021. ISSN 2215-597X

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

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

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

USE LA MASCARILLA CORRECTAMENTE

Regla de oro

Lave las manos antes y después de tocar la mascarilla o careta

Colocación correcta

Asegúrese de utilizar el lado correcto de la mascarilla.

Debe verificar que no tenga rasgaduras o agujeros

Cúbrase la boca y la nariz, sin dejar espacios entre su cara y la mascarilla

MANIPULACIÓN

Evite tocar la mascarilla mientras la usa.

Si lo hace, lávese las manos antes de tocar la mascarilla.

REEMPLAZO

Reemplace la mascarilla con una nueva tan pronto como esté húmeda.

La mascarilla quirúrgica no es reutilizable.

DISPOSICIÓN

Al retirarse la mascarilla quítesela por detrás, sin tocar el frente y deseche inmediatamente en un contenedor cerrado.

El uso de la mascarilla **NO** reemplaza las medidas de distanciamiento social y el protocolo de estornudo.
Lavá tus manos y quedáte en casa tanto como sea posible.

Fuente: Ministerio de Salud

LAICA

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

"ME VOY DE LAICA DE LA MISMA MANERA EN QUE LLEGUÉ, EN SILENCIO."

Erick Chavarría Soto[1]

"Me voy de LAICA de la misma manera en que llegué, en silencio"; es la expresión que manifestó el Ing. Agr. Marco Antonio Chaves Solera al acogerse a su bien merecido retiro y separarse de LAICA, organización para la que laboró por 30 años como gerente del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar o DIECA como se le conoce por sus siglas. Silenciar 40 años de prolífica labor profesional en el sector agrícola, dedicados prácticamente en su totalidad al cultivo de la caña de azúcar, sería una acción ingente comparable a la de tapar el sol con un dedo.

Nacido, criado y educado en su amada Heredia en el seno de una familia de once hijos, el Ing. Agr. Marco Chaves Solera es el séptimo del hogar formado por don Luis Chaves Ramírez (qdDg) y doña Zaida Solera Rojas (qdDg). Hizo sus primeras letras en la Escuela Cleto González Víquez, realizó sus estudios secundarios en el Liceo de Heredia y se graduó en 1980 como Ingeniero Agrónomo con énfasis en Fitotecnia en la Universidad de Costa Rica, donde también efectuó estudios complementarios en el área de la Economía Agrícola, los que culminó en el año de 1985. En 1988, fruto de un gran esfuerzo personal y con el apoyo de su núcleo familiar, recibió su título de maestría en suelos y nutrición de plantas en la Universidad Federal de Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

Inició su larga carrera en el sector azucarero en 1980 como funcionario del Ministerio de Agricultura (MAG), vinculado directamente a lo que se conocía en ese tiempo como la Sección de Caña donde por 10 años se desempeñó en las áreas de investigación y transferencia de tecnología. Estando en el MAG fue donde Ing. Chaves Solera desarrolló un fuerte lazo y empatía hacia los agricultores, especialmente los pequeños productores, de quienes

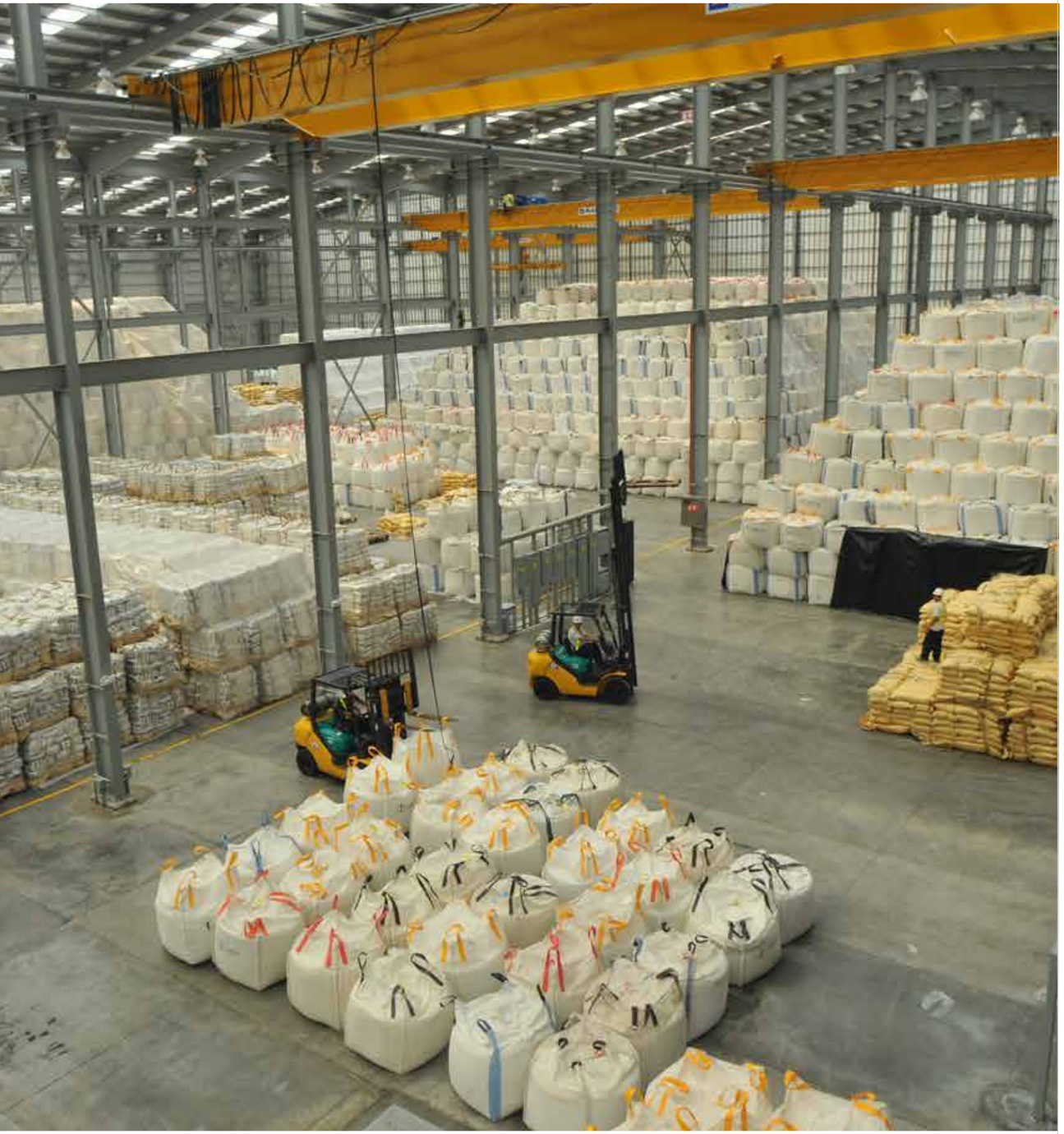
[1]Ingeniero Agrónomo, coordinador editorial de la Revista Entre Cañeros, Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar, LAICA. Costa Rica. E-mail: echavarria@laica.co.cr

manifiesta abiertamente que se considera amigo y defensor. En marzo de 1990 llega a la gerencia del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), puesto que ocupó ininterrumpidamente hasta diciembre del 2020.

Conocido por su plúrima pluma que le exige sustento provocando la incansable necesidad que le engendra la pulsión de estudiar y de dejarse llevar por las mareas de datos e indicadores, que le conforman ese ambiente intrauterino del cual nace toda la información que apasionadamente se complace en compartir con el sector agrícola y público en general. De amplio léxico, fácil verbo, rápida reacción al análisis, amante del debate y propenso a despertar sentimientos bipolares que estimulan la aporima en sus relaciones interpersonales y el agrado de quienes lo conocen y admiran. Su bienquista carrera en el sector azucarero y en otros ámbitos del sector agrícola costarricense le precede fecundando un camino que, quienes lo conocen, le aprovecharán las valiosas enseñanzas que el Ing. Chaves Solera vende caro haciendo que merezcan la pena.

En el ámbito personal don Marco tuvo la bendición de formar una familia junto con su esposa Ana Zita y dio crianza a tres hijos, Eric Francisco (qdDg), Marco Antonio y Gustavo Adolfo, quienes le han servido de inspiración durante su febril carrera. Apasionado por el fútbol el cual practicó durante su juventud entre otros deportes, no oculta su amor y fanatismo hacia el equipo de sus amores, el Club Sport Herediano, el cual le ha brindado altibajos emocionales por las numerosas satisfacciones y los amargos recuerdos a los que son vulnerables los seguidores de los deportes.

Flébil es la separación del Ing. Chaves Solera de LAICA, aunque no así del ámbito agrícola ni del sector azucarero. No será fácil rellenar o superar la kenopsia que queda tras la estela que deja a su salida de esta longeva organización. Sin intentar entrar en los prolegómenos de lo que significa el dejar atrás una era para asumir un nuevo proyecto de vida, puedo decir que el Ing. Chaves Solera deja una huella profunda no sólo en LAICA sino en todo el sector azucarero que le permiten retirarse con la dicha y la serenidad que solamente da la satisfacción del deber cumplido.



INDICADORES HISTÓRICOS DE PRODUCCIÓN Y PRODUCTIVIDAD DE LA AGROINDUSTRIA AZUCARERA COSTARRICENSE: ANÁLISIS DEL PERIODO 1969-2019 (51 ZAFRAS).

Marco A. Chaves Solera[1]

Resumen

Se desarrolló un estudio, pionero en su clase, en el cual se analizaron las últimas 51 zafras realizadas en el país entre los años 1969 y 2019, empleando datos oficiales de LAICA, referentes a 11 indicadores válidos y aceptados de producción y productividad agroindustrial; con el objetivo de analizar resultados, identificar posibles tendencias y calificar comportamientos. Para ello, se utilizaron instrumentos matemáticos y estadísticos basados en indicadores de posición, dispersión, intervalos de confianza y ecuaciones de regresión polinomial.

La valoración nunca pretendió ubicar y explicar las posibles causas o razones que indujeron o provocaron dichos resultados. Las variables analizadas fueron: área sembrada (ha), área cosechada (ha), % de cosecha, total de materia prima caña procesada (t), total de azúcar (96° POL) fabricada (t), productividad agrícola (t caña/ha), rendimiento industrial (en % y kg sacarosa/t caña), productividad agroindustrial (t azúcar/ha), rendimiento de melaza (kg/t) y la relación caña/azúcar. Se analizó la información completa (51 zafras) y desagregó en décadas y quinquenios buscando segregar discrecionalmente los efectos.

El resultado de toda la serie de datos demuestra, que: 1) la heterogeneidad y volatilidad de la información es muy alta; 2) la tendencia es inicialmente de mejora y crecimiento para luego estabilizarse y hasta decaer en algunos casos; 3) las tendencias no son claras y consistentes sino con fuertes altibajos aún en periodos cortos de tiempo en una disposición sigmoideal; 4) el análisis, organización y agrupamiento de los datos por quinquenio resulta muy apropiado para ubicar y analizar cambios; 5) el empleo de series largas de tiempo como el aquí analizado (51 zafras) resulta de interés para conocer tendencias, valorar e interpretar cambios, pero no para tomar decisiones mediáticas y estratégicas virtud de la magnitud de los mismos, lo que sugiere y recomienda el empleo de series de tiempo más cortas (<10 zafras); 6) algunas variables son consecuencia de otras, por lo que se debe mejorar e incidir sobre las principales si se desea inducir cambios agroindustriales importantes; 7) el área sembrada y cosechada (ha), la productividad agrícola (t/ha) y el rendimiento industrial (kg azúcar/t), representan sin lugar a dudas los indicadores básicos y principales sobre los que se debe actuar y concentrar esfuerzos para provocar cambios positivos y

[1]Ingeniero Agrónomo, M. Sc. Colaborador invitado especialista en el cultivo de la caña de azúcar, Costa Rica. E-mail: chavessolera@gmail.com. Teléfono: (+506) 8390-0957. Marzo 2021.

sostenibles; 8) la productividad agrícola (t caña/ha) se considera el indicador más deficiente y limitante y donde se deben concentrar los esfuerzos institucionales; 9) la relación caña/azúcar constituye un excelente indicador técnico-económico calificador de la rentabilidad y calidad industrial de la materia prima procesada en los ingenios; 10) es claro que sobre la producción y la productividad agroindustrial inciden e influyen de manera determinante y muy significativa, factores de naturaleza biótica (fitosanitaria, variedades, microfauna) y abiótica (clima, suelos, manejo agronómico, infraestructura, mecánicos, económicos, institucionales, personales), que determinan su resultado final; 11) la geografía, dispersión territorial y heterogeneidad de los entornos donde se produce caña en Costa Rica limitan realizar con algún grado de certeza probabilística generalizaciones y proyecciones, las cuales deben ser necesariamente regionales y locales y 12) los resultados agroindustriales proyectados con base en los antecedentes conocidos no auguran cambios, mejoras y crecimientos importantes en el corto plazo en producción y productividad nacional, para lo cual se requiere necesariamente bajar costos e incorporar mejores precios de liquidación para motivar a los agricultores e inducir el acceso y empleo de la importante tecnología productiva disponible, caso contrario, el sector seguirá hacia la baja con pérdida sistemática y continua de participación y representatividad social en el campo en detrimento de su organización y modelo productivo.

Introducción

El tópico abordado en esta ocasión por el presente artículo es de gran interés y relevancia institucional, sectorial y nacional, virtud de que no existe en la actualidad un documento oficial accesible que reúna, integre y articule la información productiva básica del sector azucarero costarricense, para un periodo amplio de tiempo, como el aquí presentado. Dicha información constituye sin lugar a dudas, un instrumento de uso y alcances múltiples muy importante para quienes requieren tener una visión ampliada en tiempo y genérica en indicadores de la agroindustria cañero-azucarera costarricense.

No cabe la menor duda que con la dinámica y competitiva apertura comercial nacional e internacional de las economías y los mercados, la innovación y el acelerado desarrollo tecnológico, la valoración y evaluación permanente, objetiva y juiciosa de lo actuado en materia productiva y comercial por cualquier actividad o emprendimiento empresarial, empleando indicadores adecuados, resulta obligada e insoslayable. Por medio de esta acción, es posible definir y fijar las orientaciones, metas y derroteros que se deben imperativamente implementar y fortalecer, para lograr impulsar el ansiado y requerido mejoramiento de la calidad y la productividad en todos los órdenes: *productivo, financiero, gerencial, administrativo, tecnológico, ambiental y comercial.*

Por antecedente, la actividad y la agroindustria azucarera costarricense de larga data, ha tenido históricamente un desempeño productivo e institucional bastante bueno y satisfactorio, llegando a consolidar una organización ejemplar que le ha permitido sobrellevar y superar con relativo éxito por 80 años continuos, tiempos y pruebas difíciles; sin embargo, la coyuntura actual y la perspectiva futura demandan, imponen y exigen incorporar cambios de fondo en la forma en que se ha conducido el sector, si pretende mantenerse comercialmente vigente y competitivo ante los profundos cambios que vienen aconteciendo de manera dinámica en todos los ámbitos; ese es el reto inmediato y la meta por alcanzar (Chaves 1997, 2015ab, 2020a; Chaves y Bermúdez 2020).

En esta sana y necesaria aspiración institucional y empresarial, no cabe la menor duda que una de las áreas de mayor dificultad lo constituyen la formulación y/o disponibilidad de indicadores de calidad, que expresen con fidelidad los logros, como también las limitantes del accionar en cada una de las actividades y unidades de gestión de la organización; en el presente caso, la agrícola e industrial vinculadas con la caña de azúcar. Con esta premisa se da seguidamente atención y tratamiento a la importancia de fomentar la recolección, medición, organización y el análisis de datos, como instrumentos técnicos insustituibles para lograr el conocimiento profundo y certero de los procesos implicados y su relación con la administración, gerenciamiento y mejoramiento intrínseco de los mismos.

La medición es concebida como *"la acción y efecto de medir"* y medir es por su parte "determinar una cantidad comparándola con otra". Cotejar y comparar una cosa con otra en agricultura resulta relativamente simple y entendible, pero, ¿por qué es importante preocuparse por medir la producción, la productividad y la calidad en la agroindustria cañero-azucarera mediante indicadores apropiados y representativos? Más aún, cabe preguntarse ¿para qué me sirve esto? y ¿cómo puedo sacar provecho?

Estas inquietantes preguntas pueden ser respondidas satisfactoriamente citando algunas ventajas:

- La medición facilita planificar con mayor orden, certeza y confiabilidad.
- La medición permite identificar y discernir con mayor precisión las oportunidades y espacios potenciales de acción y mejora de un proceso, indicador o actividad particular.
- La medición permite analizar y explicar con buen fundamento y base técnica, cómo han sucedido y se han comportado los hechos en el tiempo.
- Facilita además el conocimiento profundo de un proceso, actividad o periodo productivo.
- Pretender conocer, juzgar y comparar resultados resulta imposible de accionar sin contar con una medición apropiada.
- Por su medio, es factible proyectar con mayor probabilidad de éxito sobre la base de lo actuado y logrado, posibles estimaciones de comportamientos y resultados futuros.
- Es a partir de la medición desde donde pueden ubicarse con buena aproximación causas, razones, motivos o circunstancias que provocaron y generaron un determinado resultado.

Se pueden enumerar otras razones; sin embargo, el argumento más importante y que incluye a los anteriores, es que la medición de la calidad, la producción y la productividad en el caso de la agroindustria azucarera, es necesaria e indispensable para conocer a fondo los procesos y/o resultados logrados en una zafra, ya sean administrativos, técnicos, de producción, ambientales, de eficiencia o de apoyo (tecnológico, financiero) que se dan en el sector.

A partir de esto es posible gerenciar y administrar con base fuerte su mejoramiento, todo acorde con la exigente competencia prevaleciente en la actualidad en todos los ámbitos. Como está comprobado y demostrado, conocer y medir comportamientos y valorar tendencias es precisamente la clave para gerenciar de manera seria, profesional y responsable los procesos involucrados, en procura de alcanzar los objetivos y metas de excelencia originalmente planteados.

Muchas veces se concibe e interpreta equivocadamente que la medición de indicadores solo es eficaz y valiosa para conocer las tendencias "promedio", olvidando que éstas son solo parcialmente útiles dependiendo de la forma como sean presentadas, procesadas y sobre todo interpretadas. Por esto, cuando se dirigen o evalúan procesos dentro de las empresas, instituciones o sectores (y quiere hacerse acorde con los niveles de excelencia que exige la competencia), no basta con saber solo las tendencias "promedio", pues son insuficientes; sino que se debe ir más allá, conociendo con precisión la variabilidad en toda la progresión y la interconexión de factores y causas (bióticas y abióticas) que inciden y actúan de manera directa e indirecta en cada situación. En este caso el uso de la estadística resulta elemental e insoslayable como criterio de evaluación e interpretación, como lo demostraran Chaves 2008a, 2019c y Chaves *et al* 2018.

Sin mediciones de calidad será en la práctica imposible progresar con rigurosidad, sistemática y de manera integral en las actividades que intervienen en los procesos de mejoramiento productivo continuo del sector azucarero nacional, donde las acciones de organizar, medir, evaluar, planificar, diseñar, prevenir, corregir y mantener e innovar, resultan imperativamente necesarios de implementar.

Dichas acciones constituyen los medios o instrumentos necesarios para gerenciar basados en datos representativos y de calidad, y desterrar el inconveniente e inaceptable *"yo creo"*, *"me parece"*, *"yo pienso"*, *"yo estimo"*, *"pudiera ser"*; dejando tales opiniones subjetivas exclusivamente para aquellos asuntos para los cuales no existan o no se hayan desarrollado (o puedan desarrollarse), medios cuantificables que permitan medirlos y verificarlos convenientemente a través de datos.

Como atributos de una buena medición se ha señalado que interesa contar con una comprobación representativa, veraz y entendible para quienes harán uso de ella; y adicionalmente, deberá reunir y disponer de una serie de características y atributos indispensables, como son entre otros los siguientes:

a) Pertinencia.
b) Precisión.
c) Oportunidad.
d) Confiabilidad.
e) Economía.

Importancia de la información

El tema de fondo expuesto y analizado en el presente artículo resulta de enorme importancia y trascendencia, no apenas para los integrantes de la agroindustria cañero-azucarera; sino también para toda la agricultura nacional. Esto en consideración que recoge, organiza y presenta datos oficiales del sector que permiten aplicar una valoración e interpretación holística e integral, a un periodo de tiempo de gestión productiva bastante amplio y representativo.

La verdadera importancia de contar con información como la aquí aportada, es el poder disponer de elementos técnico-productivos de alta calidad representativos y confiables para la estimación, juzgamiento y proyección futura, con la oportunidad de poder tener una base de datos debidamente organizada para la oportuna y correcta toma de decisiones. Como es bien sabido, en estas materias son tres los elementos requeridos para poder administrar y actuar con diligencia y confiabilidad: *calidad, representatividad y cantidad de datos disponibles.*

Productividad y competitividad

El tema de la competitividad, la productividad y la rentabilidad en la agricultura y particularmente en la agroindustria azucarera, ha sido abordado en muchas ocasiones y desde diferentes enfoques y perspectivas; por cuanto se reconoce y acepta incuestionablemente, que cualquier actividad o emprendimiento empresarial moderno debe fijar y orientar sus metas y objetivos a su cumplimiento y satisfacción, pues caso contrario, su accionar y vigencia resultan cuestionables e insostenibles en los exigentes y competitivos mercados actuales. La aspiración a ser competitivo no pasa apenas por principios productivos, económicos y financieros; sino también los vinculados con la ecoeficiencia, la calidad, la ruralidad, los elementos de género y la proyección, equidad y justicia social, como lo han interpretado y expresado Chaves (1999abcdfgi, 2010, 2013, 2014ab, 2016, 2017a).

Como mencionaran y ampliaran Chaves y compañeros (2018) en torno al tema, "*La calidad en cualquiera de sus manifestaciones y alcances* no

es una moda o una novedad mediática como podría pensarse; tampoco constituye un objetivo teórico innecesario trabajar por el que se deben realizar grandes y onerosos esfuerzos productivos, empresariales e institucionales, que a la postre resultan superfluos y poco contributivos al beneficio de la empresa y sus participantes. Todo lo contrario, la calidad como está suficientemente demostrado, es imperativa e incuestionablemente la vía más viable y efectiva para diferenciarse y sacar provecho de las ventajas que intrínsecamente la misma posee y aporta en materia comercial, traducida en menores costos unitarios, acceso a mejores precios, mayor rentabilidad, disponer de una mayor demanda y cumplir satisfactoriamente con las exigencias y conformidades que un comercio competitivo como el actual plantea y reclama. Quién no esté a tono y en franca consonancia con la calidad, quedará fuera y exento de poder competir y permanecer en el negocio, en este caso cañero-azucarero."

Para poder actuar e intervenir procesos, actividades y mejorar variables representativas que evidencien los impactos positivos y negativos, como también las posibles mejoras incorporadas en el sistema productivo, resulta imperativo e insoslayable tener que medir y analizar indicadores que permitan establecer inferencias y conclusiones confiables, representativas y de calidad, que favorezcan la válida y oportuna toma de decisiones. La competitividad debe fundamentarse obligadamente sobre la base de la valoración, ajuste, corrección y orientación de los esfuerzos que en diferentes áreas de gestión deban implementarse; sean tecnológicos, de infraestructura, financieros, de administración, legales o institucionales, entre otros.

Expresa Chaves (1999c) en torno al tema, que *"El análisis integral de los índices técnicos que permiten diagnosticar y calificar con alguna certeza el grado de avance productivo y el desarrollo tecnológico de una agroindustria y un país, resultan de especial interés cuando la evaluación se realiza en retrospectiva, en virtud de que es factible de esta manera identificar objetivamente los cambios más relevantes ocurridos en el tiempo."*

Objetivos

General

La calidad de la materia prima se califica y Presentar un detalle y analizar los principales indicadores técnicos de producción y productividad agroindustrial, obtenidos por la organización azucarera costarricense durante el periodo 1969-2019, correspondiente a las últimas 51 zafras finalizadas y contabilizadas.

Específicos

a) Exponer y analizar la tendencia productiva agroindustrial mantenida por el sector azucarero costarricense durante los últimos 51 años de gestión institucional continua.
b) Ubicar los indicadores de área sembrada y cosechada (ha), productividad agrícola e industrial para cada periodo de zafra.
c) Identificar la tendencia seguida por la producción y los rendimientos agroindustriales evaluados y organizados por quinquenio y por década.
d) Evidenciar y comentar las diferencias surgidas entre zafras y periodos de tiempo, medidas por medio de indicadores estadísticos válidos y representativos.
e) Conocer e interpretar el grado de incertidumbre de las variables agroindustriales empleando indicadores estadísticos.

Metodología

La metodología y procedimiento seguido para cumplir y satisfacer los objetivos planteados por el estudio fue simple y sencilla por su fondo, pero compleja y muy cuidadosa en su implementación e interpretación; por cuanto se trata de cifras oficiales que requerían certeza en su ubicación y comprobación en el valor reportado.

Indicadores evaluados

El abordaje y desarrollo del tópico se realizó sobre la base de 11 indicadores cuantitativos de carácter territorial (espacial), productivo, de rendimiento-productividad y de eficiencia agroindustrial, considerados importantes y determinantes para reflejar y calificar con criterio válido, aceptable y objetivo, la situación prevaleciente en cada tiempo evaluado, como se anota en el Cuadro 1.

Cuadro 1

Variables e indicadores agroindustriales de eficiencia y productividad evaluados.

Variable/indicador	Variable	Unidad
Área sembrada	Espacial	Hectáreas (ha)
Área cosechada	Espacial	Hectáreas (ha)
Área cosechada	Espacial	Porcentaje (%)
Caña procesada	Productiva	Toneladas métricas (t)
Azúcar fabricada	Productiva	Toneladas métricas (t)
Productividad agrícola	Rendimiento	Toneladas por hectárea (t/ha)
Rendimiento industrial	Rendimiento	Kilogramos por tonelada (kg/t)
Rendimiento industrial	Rendimiento	Porcentaje (%)
Productividad agroindustrial	Rendimiento	Toneladas por hectárea (t/ha)
Rendimiento de melaza	Rendimiento	Kilogramos por tonelada (kg/t)
Relación caña/azúcar	Eficiencia	Adimensional

Importante anotar que las 11 variables agroindustriales seleccionadas y estudiadas contaron con toda la data completa, a excepción de la Melaza recuperada (kg/t), la cual conto con información a partir de la zafra 1995-1996 para un total de 25 periodos fabriles continuos.

Tiempo evaluado

La información recabada, expuesta y analizada corresponde a datos de las 51 zafras transcurridas a partir del periodo 1969-1970, hasta la última zafra finalizada en el 2019-2020, lo que se considera una serie de años suficiente y muy apropiada para determinar con criterio sólido comportamientos y tendencias en el tiempo.

Origen de la información

Los datos empleados en el estudio fueron recabados a partir de información oficial propia de LAICA y DIECA y otros determinados por estimación. La misma corresponde a información sectorial oficial emitida por la organización cañero-azucarera nacional representada por LAICA, y que se encuentra también disponible en la Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria (SEPSA), donde puede ser verificada en su base de datos y sus boletines periódicos.

Buena parte de la información utilizada fue debida y oportunamente publicada y analizada por parte de LAICA por medio de sus canales

oficiales de comunicación, como lo refieren y desarrollaran Bermúdez y Chaves (2011, 2012, 2013, 2014), Chaves y Bermúdez (1996, 1997ab, 1998, 1999abc, 2014, 2015), Chaves, Bermúdez y Pessoa (1999ab), Chaves, Bermúdez y Méndez (2015, 2016, 2018, 2019), Chaves y Chavarría (2013), Chaves et al (2001b, 2002, 2018) y Chaves (1999e, 2006, 2008ab, 2017c, 2019ac). En lo concerniente a la estimación de las áreas de siembra y cosecha de caña de azúcar, se empleó la información generada por el Censo Nacional Agropecuario (Chaves 2017b) y los 10 Censos Cañeros realizados por DIECA en los años 1986, 1995, 1998, 2000, 2003, 2007, 2010, 2013, 2016 y 2019; los cuales sirvieron de referencia, como lo anotan Vargas (1986), Chaves (1995) y Chaves *et al* (1998abc, 2001a, 2004, 2008, 2011, 2015, 2020).

Otros reportes complementarios similares alimentaron e incrementaron la base de información disponible, como acontece con las publicaciones realizadas por Chaves (1993ab) y Chaves y Alfaro (1996).

Fuentes consultadas

Como se anotó anteriormente, las fuentes de indagación y consulta fueron de índole secundario de la más alta calidad y credibilidad, pues correspondió a la información oficial que el Departamento Técnico de LAICA con el apoyo de DIECA, recaban todos los años procedente de los ingenios azucareros nacionales y Cámaras de Productores de Caña, con fundamento en lo que establecen la Ley Orgánica y el Reglamento que regulan la operación de LAICA por medio de la cual se fiscaliza la actividad sectorial (LAICA 1998, 2000).

Análisis estadístico

Con el objeto de contar con criterios sólidos, consistentes y confiables para juzgar e interpretar comportamientos y tendencias en series de tiempo, se hizo uso de la estadística; para lo cual se cuantificó en la serie histórica indicadores válidos de posición y dispersión, tales como: suma total, promedio aritmético, valor máximo, valor mínimo, amplitud nominal total entre máximo y mínimo, amplitud medida en porcentaje, mediana, moda, error estándar, desviación estándar de la muestra y coeficiente de variación (%) en datos no agrupados. Adicionalmente, se dividió y midió la serie en valores fraccionales mediante uso de los Percentiles 95, 90, 80, 75, 60, 50 y 40.

De manera complementaria se estimaron los Intervalos de Confianza (IC) de las variables en dos probabilidades estadísticas: 80 y 90%. También se determinaron las Ecuaciones de Regresión de mejor ajuste a partir de su Coeficiente de Determinación (R2), valorando ecuaciones polinomiales de orden lineal, cuadrático y cúbico.

En lo especifico, el alcance de los indicadores estadísticos utilizados en el estudio es el siguiente:

- **Media aritmética**: mejor conocida como "promedio"; se obtiene a partir de la suma (∑n) de todos los valores de la variable (población), dividido entre el número de observaciones (51 zafras o años).
- **Moda**: es el valor más común, más típico o que ocurre de manera más frecuente.
- **Mediana**: corresponde al valor central de la serie de datos. Divide la población en una cantidad igual de datos correspondiente al 50%.
- **Valor máximo y mínimo:** ubica los dos valores extremos de toda la serie de datos (51), sea inferior (mínimo) o superior (máximo).
- **Amplitud total:** es la diferencia o ámbito que se establece entre los valores máximo y mínimo; conocido también como "recorrido".
- **Error estándar**: es la desviación estándar de la distribución muestral. Se refiere a una estimación de la desviación estándar, derivada de una muestra particular usada para computar la estimación; su valor indica no sólo el tamaño del error al azar que se ha cometido, sino también la probable precisión que se puede obtener al utilizar una estadística de muestra para estimar un parámetro de población.
- **Desviación estándar**: media de la diferencia entre el valor promedio y todas las observaciones de la población. Mide el alejamiento de cada lectura individual respecto del valor promedio.
- **Coeficiente de variación**: la desviación estándar o típica, es una medida que se utiliza para cuantificar y calificar porcentualmente la variación o la dispersión de un conjunto de datos numéricos respecto a su valor promedio.
- **Percentiles:** corresponde a una medida de posición usada en estadística que indica, una vez ordenados los datos de menor a mayor, el valor de la variable por debajo (o encima) del cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones en un grupo de datos.
- **Intervalo de confianza:** ámbito o intervalo de la población dentro del cual se estima posible encontrar un valor buscado, con cierto porcentaje de confianza o grado de probabilidad estadística.
- **Ecuación de regresión**: el análisis de la regresión es un instrumento estadístico empleado para estimar las relaciones existentes entre variables cuantitativas; esto, mediante la formulación de ecuaciones matemáticas. La ecuación de regresión es una representación algebraica de la línea de regresión.

Resultados

Cuadro 2

Histórico índices de producción y rendimiento agroindustrial del Sector Azucarero Costarricense

Períodos 1969-2019 (51 zafras)

Zafra	Area 1/ (ha)			Caña Procesada (t)	Azúcar fabricada (t)[1/]	Rendimientos					Relación caña/ azúcar[3/]
	Sembrada	Cosechada	% Cosecha			Agrícola	Industrial		Azúcar	Melaza	
						(t/ha)	%	96° POL (Kg/t)	(t/ha)[2/]	(kg/t)	
1969-70	34.800	32.699	94,0	1.762.010	161.918,1	53,89	9,19	91,89	4,95		10,88
1970-71	34.500	32.026	92,8	1.726.706	166.844,9	53,92	9,66	96,63	5,21		10,35
1971-72	34.300	32.978	96,1	1.926.420	192.055,8	58,42	9,97	99,70	5,82		10,03
1972-73	35.000	33.878	96,8	1.950.169	186.985,1	57,56	9,50	94,99	5,47		10,43
1973-74	34.900	30.000	86,0	1.817.891	176.703,6	60,60	9,72	97,20	5,89		10,29
1974-75	34.700	30.000	86,5	1.951.093	190.153,4	65,04	9,28	92,83	6,04		10,26
1975-76	34.500	30.500	88,4	1.974.125	183.539,7	64,73	9,30	93,01	6,02		10,76
1976-77	34.900	31.100	89,1	2.121.085	207.475,8	68,20	9,54	95,38	6,51		10,22
1977-78	34.900	31.700	90,8	2.261.280	203.601,2	71,33	9,08	90,75	6,47		11,11
1978-79	34.600	32.300	93,4	2.334.931	207.178,8	72,29	8,98	89,80	6,49		11,27
1979-80	34.800	33.500	96,3	2.198.996	201.993,7	65,64	9,19	91,86	6,03		11,89
1980-81	34.600	34.500	99,7	2.203.560	201.820,1	63,87	9,16	91,59	5,85		10,92
1981-82	34.500	34.400	99,7	2.128.746	193.827,0	61,88	9,12	91,16	5,64		10,98
1982-83	34.200	34.000	99,4	2.225.430	213.251,0	65,45	9,60	96,00	6,28		10,44
1983-84	34.500	34.100	98,8	2.618.348	256.672,0	76,78	9,82	98,16	7,54		10,20
1984-85	34.400	34.200	99,4	2.449.210	250.839,8	71,61	9,92	99,16	7,10		9,76
1985-86	34.000	32.900	96,8	2.484.353	256.035,1	75,51	10,32	103,17	7,79		9,70
1986-87	34.500	31.500	91,3	2.357.178	231.218,6	74,83	9,82	98,21	7,35		10,19
1987-88	36.100	30.600	84,8	2.479.537	240.503,5	81,03	9,70	97,00	7,86		10,31
1988-89	37.200	30.100	80,9	2.193.316	224.528,9	72,87	10,24	102,37	7,46		9,77
1989-90	38.700	29.500	76,2	2.436.172	245.667,2	82,58	10,08	100,82	8,33		9,92
1990-91	41.500	37.000	89,2	2.629.140	265.301,4	71,06	10,25	102,47	7,28		9,91
1991-92	42.400	38.000	89,6	2.839.921	302.456,2	74,73	10,65	106,50	7,96		9,39
1992-93	43.200	38.700	89,6	2.987.020	301.886,7	77,18	10,11	101,07	7,80		9,89
1993-94	45.500	39.800	87,5	2.985.324	322.130,8	75,01	10,79	107,89	8,09		9,27
1994-95	46.800	42.739	91,3	3.233.211	331.043,0	75,65	10,24	102,39	7,75		9,77
1995-96	46.800	42.830	91,5	3.438.518	344.117,5	80,28	10,01	100,08	8,03	32,40	8,03
1996-97	47.100	42.900	91,1	3.153.263	326.027,6	73,50	10,35	103,53	7,61	32,41	9,67
1997-98	47.230	44.200	93,6	3.681.701	373.727,1	83,30	10,15	101,51	8,46	39,16	9,85
1998-99	48.810	46.000	94,2	3.669.930	364.680,7	79,78	9,96	99,58	7,94	38,47	10,06
1999-00	48.900	46.000	94,1	3.362.697	355.328,9	73,10	10,57	105,67	7,72	38,32	9,46
2000-01	49.900	47.200	94,6	3.398.282	369.413,3	72,00	10,87	108,71	7,83	35,80	9,20
2001-02	48.500	48.000	99,0	3.474.331	364.929,8	72,38	10,57	105,74	7,65	39,36	9,52
2002-03	49.100	48.000	97,8	3.462.338	364.259,3	72,13	10,52	105,21	7,59	39,71	9,51
2003-04	50.400	49.000	97,2	3.959.185	413.388,5	80,80	10,44	104,41	8,44	38,94	9,58
2004-05	51.200	49.200	96,1	3.804.075	404.673,7	77,32	10,64	106,38	8,23	38,88	9,40
2005-06	52.600	49.300	93,7	3.615.584	382.825,0	73,34	10,59	105,88	7,77	36,62	9,44
2006-07	55.600	53.300	95,9	4.152.799	417.438,9	77,91	10,05	100,52	7,83	40,62	9,95
2007-08	54.550	52.500	96,2	3.561.378	373.194,3	67,84	10,48	104,79	7,11	36,89	9,54
2008-09	53.030	49.030	92,5	3.492.281	361.836,7	71,23	10,36	103,61	7,38	37,94	9,65
2009-10	55.730	51.850	93,0	3.918.882	390.175,9	75,58	9,95	99,49	7,52	44,50	10,05
2010-11	57.480	54.300	94,5	3.320.596	355.078,7	61,15	10,69	106,94	6,54	37,35	9,35
2011-12	57.600	53.700	93,2	3.823.114	415.074,6	71,19	10,86	108,57	7,73	40,53	9,21
2012-13	63.316	58.980	93,2	4.340.603	458.387,4	73,59	10,56	105,60	7,77	45,42	9,47
2013-14	63.205	58.742	92,9	4.492.123	481.493,7	76,47	10,72	107,19	8,20	41,28	9,33
2014-15	64.676	59.161	91,5	4.422.451	465.701,6	74,75	10,53	105,30	7,87	44,66	9,96
2015-16	65.485	58.225	88,9	4.396.458	445.988,2	75,51	10,14	101,44	7,66	46,14	9,86
2016-17	64.250	56.355	87,7	4.343.890	452.160,0	77,08	10,41	104,09	8,02	41,59	9,61
2017-18	60.000	55.070	91,8	4.054.141	431.109,0	73,62	10,63	106,34	7,83	36,84	9,40
2018-19	62.630	54.548	87,1	4.025.447	442.187,4	73,80	10,99	109,85	8,11	40,89	9,10
2019-20	62.604	56.689	90,6	4.092.123	440.393,2	72,19	10,76	107,62	7,77	39,23	9,29
Promedio	**45.778**	**42.310**	**92,4**	**3.053.556**	**311.945,5**	**71,60**	**10,10**	**100,98**	**7,25**	**39,36**	**9,91**

Fuente: LAICA - DIECA (marzo 2019).
1/ Corresponde al área efectiva de caña cosechada **No** a la sembrada, que es diferente.
2/ Azúcar dada en 96° Pol. Para referir a bultos de 50 kgs debe multiplicarse x un factor de 20.
3/ Se refiere a la cantidad (TM) de caña necesaria moler para fabricar en el Ingenio una TM de azúcar.

Seguidamente se realiza por motivos de espacio, un breve pero detallado análisis de la amplia información disponible y expuesta en los cuadros y figuras adjuntas, la cual pretende apenas exponer y analizar comportamientos y tendencias de las 11 variables e indicadores agroindustriales seleccionados y presentados en el Cuadro 1. No se pretende buscar ni comentar motivos, circunstancias y/o razones de las causas que provocaron e indujeron los mismos, lo cual será materia de otra valoración posterior.

El Cuadro 2 expone un detalle del resultado alcanzado por cada uno de los 11 indicadores evaluados durante el periodo de 51 años consecutivos analizado, correspondiente a las 51 zafras transcurridas desde los años 1969-1970 hasta la 2019-2020. Se extrae e infieren a partir de esa información elementos relevantes como son los siguientes:

a) La variabilidad entre zafras es muy alta y significativa para todas las variables.

b) Las lecturas individuales de cada zafra muestran gran volatilidad y dispersión en el tiempo, aun en periodos cortos.

c) No existe una tendencia definida, consistente y estable de incremento o disminución en el tiempo entre zafras para la mayoría (no todas) de las 11 variables evaluadas; sino apenas cambios de baja consistencia y durabilidad, caracterizados por la fluctuación.

d) Es notorio, sin embargo, observar un aumento en la cantidad de materia prima (caña) procesada y azúcar fabricada en buena parte del periodo evaluado; el cual se estabiliza y hasta reduce en las últimas zafras.

e) La tasa de cambio verificada es muy propia y particular de cada variable agroindustrial evaluada, siendo en algunas de ellas muy dinámica y en otras relativamente estable y poco variable.

f) La mayor cantidad de caña molida y azúcar fabricada (t) en todo el periodo, no coincidió con la obtención de los mejores índices de productividad agrícola e industrial, tampoco con la mayor área sembrada y cosechada (ha); lo que demuestra la variabilidad, complejidad y limitación para proyectar y extrapolar resultado

g) El cambio, la inconsistencia, la volatilidad y la inestabilidad agroindustrial pareciera ser la norma dominante en la agroindustria azucarera costarricense.

h) La serie de datos empleada (51 lecturas) es muy amplia para juzgar con acierto cambios de corto plazo, lo que se viabiliza al fraccionar los mismos en décadas y quinquenios, preferentemente.

Procurando cuantificar la magnitud de los cambios observados, se presenta en el Cuadro 3 el resultado del análisis estadístico de toda la información histórica disponible (Cuadro 2), aportando diferentes indicadores de posición y dispersión, que permiten concluir entre otras cosas, que:

a) La dispersión de los resultados medida por los valores extremos del ámbito (máximo - mínimo) fue muy alta y significativa en los casos del área cosechada (ha), la cantidad total (t) de caña procesada y el azúcar fabricado (t).

b) Cuando esa dispersión se mide porcentualmente en relación al valor promedio, esas variables reportaron variaciones del 50,1%, 61,6% y 66,4%, respectivamente, lo que resulta muy alto y significativo como muestra del incremento observado en los índices nominales entre zafras.

c) De igual manera, aunque en un menor grado de significancia, el área sembrada (ha), el rendimiento agrícola (t/ha), el rendimiento agroindustrial (t azúcar/ha) y la Relación Caña/Azúcar, mostraron alta variabilidad, reportando una diferencia en relación al promedio del 48,1%, 35,3%, 41,4% y 32,5%, respectivamente.

d) Los Coeficientes de Variación (CV) fueron como muestra de heterogeneidad y variabilidad observada entre zafras, notoriamente altos y significativos en los casos del azúcar fabricado (31,37%), la caña procesada (27,89%), el área cosechada (23,54%), el área sembrada (23,40%), la productividad agrícola (23,40%) y el total de azúcar obtenido por hectárea (23,40%).

Cuadro 3

Indicadores estadísticos de las variables de producción y rendimiento agroindustrial del sector azucarero costarricense. Periodo 1969-2019.

Indicador estadístico	Área (ha)			Caña procesada (t)	Azúcar fabricada (t)	Rendimientos					Relación Caña/ Azúcar
	Sembrada	Cosechada	% Cosecha			Agrícola (t/ha)	%	96° POL	Azúcar (t/ha)	Melaza (kg/t)	
Total	2.334.696	2.157.800		155.731.362	15.909.222,2						
Promedio	45.778	42.310	92,4	3.053.556	311.945,5	71,82	10,10	100,98	7,27	39,36	9,91
Valor Máximo	65.485	59.161	99,7	4.492.123	481.493,7	83,30	10,99	109,85	8,46	46,14	11,89
Valor Mínimo	34.000	29.500	76,2	1.726.706	161.918,1	53,89	8,98	89,80	4,95	32,40	8,03
Amplitud	31.485	29.661	23,5	2.765.417	319.575,6	29,41	2,01	20,05	3,50	13,74	3,86
% Amplitud	48,1	50,1	23,6	61,6	66,4	35,3	18,3	18,3	41,4	29,8	32,5
Mediana	46.800	42.739	93,0	3.153.263	326.027,6	73,10	10,15	101,51	7,65	39,16	9,85
Moda	34.500	30.000	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	#N/A	9,77
Error Estándar	1.500	1.395	0,7	119.257	13.701,1	0,98	0,08	0,77	0,13	0,49	0,09
Desv Estándar	10.710	9.960	4,8	851.668	97.845,5	7,01	0,55	5,50	0,93	3,47	0,65
CV (%)	23,40	23,54	5,20	27,89	31,37	23,40	5,45	5,45	23,40	8,82	6,61

Fuente: Elaborado por el autor.
Nota: Valores obtenidos a partir del análisis de la información contenida en el Cuadro 2.

Análisis por década

Buscando tener una valoración mejor ordenada y distribuida en el tiempo, que facilite realizar inferencias ajustadas a periodos específicos más cortos y de interés particular que ubiquen mejor los comportamientos observados; se presenta en el Cuadro 4 un detalle de los datos promedio de las 11 variables agroindustriales evaluadas, organizado y reunido por periodos de 10 años o décadas. En total se congregaron 5 grupos de 10 años c/u, dejando y expresando por razones estratégicas y comparativas, los valores de la última zafra 2019-2020 de forma unitaria e independiente.

La valoración empleando este criterio de análisis muestra una menor y más baja definición de tendencias en el tiempo, sea de incremento, disminución o estabilidad en el comportamiento de la variable; lo cual es atribuido a la menor sensibilidad que agrega la integración de los datos en periodos de tiempo más consolidados, en este caso de 10 años. El análisis específico se realiza en cada una de las 11 variables.

Cuadro 4

Histórico índices de producción y rendimiento agroindustrial
del sector azucarero costarricense. Analisis por DECADA.
Periodo 1969-2019 950 zafras)

Década	Área (ha)1/			Caña procesada (t)	Azúcar2/ fabricada (t)	Rendimientos					Relación Caña/ Azúcar3/
	Sembrada	Cosechada	% Cosecha			Agrícola (t/ha)	%	96° POL	Azúcar (t/ha)	Melaza (kg/t)	
1969-78	34.710	31.718	91,4	1.982.571	187.645,6	62,60	9,42	94,22	5,89		10,56
1979-88	34.880	32.980	94,6	2.333.867	227.069,0	70,95	9,69	96,87	6,89		10,42
1989-98	44.804	40.167	89,7	3.105.420	317.703,8	77,31	10,26	102,58	7,93	35,61	9,58
1999-08	51.378	49.153	95,7	3.628.295	380.728,8	73,80	10,51	105,09	7,75	38,31	9,53
2009-18	61.437	56.093	91,3	4.113.771	433.735,6	73,28	10,55	105,48	7,72	41,92	9,53
2019-20	62.604	56.689	90,6	4.092.123	440.393,2	72,19	10,76	107,62	7,77	39,23	9,29
Total	**289.813**	**266.800**	**92,1**	**19.256.047**	**1.987.276,0**						
Promedio	**48.302**	**44.467**	**92,1**	**3.209.341**	**331.212,7**	**71,69**	**10,20**	**101,98**	**7,32**	**38,77**	**9,82**

Fuente: LAICA-DIECA (Marzo 2021)
1/ Corresponde al Área efectiva de caña cosechada **No** a la sembrada, que es diferente.
2/ Azúcar dada en 96o Pol. Para referir a bultos de 50 kg debe multiplicarse x un factor de 20.
3/ Se refiere a la cantidad (TM) de caña necesaria moler para fabricar en el Ingenio una TM de azúcar.

Análisis por quinquenio

Con el mismo objetivo anterior pero esta vez siendo más corto y específico en el periodo de tiempo evaluado, se exponen en el Cuadro 5 los datos de la serie ordenados por quinquenio, para un total de 10 agrupaciones de cinco años c/u; dejando la última zafra 2019-2020 como comparador independiente. De igual manera, el análisis particular se realiza en cada una de las 11 variables evaluadas.

A continuación, se efectúa una exposición y análisis detallado individual por variable agroindustrial.

Cuadro 5

Histórico índices de producción y rendimiento agroindustrial
del sector azucarero costarricense. Analisis por DECADA.
Periodo 1969-2019 950 zafras)

Década	Área (ha)1/			Caña procesada (t)	Azúcar2/ fabricada (t)	Rendimientos					Relación Caña/ Azúcar3/
	Sembrada	Cosechada	Cosecha			Agrícola (t/ha)	%	96° POL	Azúcar (t/ha)	Melaza (kg/t)	
1969-73	34.700	32.316	93,1	1.836.639	176.901,5	56,88	9,61	96,08	5,47		10,40
1974-78	34.720	31.120	89,6	2.128.503	198.389,8	68,32	9,24	92,35	6,31		10,72
1979-83	34.520	34.100	98,8	2.275.016	213.512,8	66,73	9,38	93,75	6,27		10,89
1984-88	35.240	31.860	90,4	2.392.719	240.625,2	75,17	10,00	99,98	7,51		9,95
1989-93	42.260	36.600	86,6	2.775.515	287.488,5	76,11	10,38	103,75	7,89		9,68
1994-98	47.348	43.734	92,4	3.435.325	347.919,2	78,50	10,14	101,42	7,96	35,61	9,48
1999-03	49.360	47.640	96,5	3.531.367	373.464,0	74,08	10,59	105,95	7,85	38,43	9,45
2004-08	53.396	50.566	94,7	3.725.223	387.993,7	73,53	10,42	104,24	7,66	38,19	9,60
2009-13	59.466	55.514	93,4	3.979.064	420.042,0	71,60	10,56	105,56	7,55	41,82	9,48
2014-18	63.408	56.672	89,4	4.248.477	447.429,2	74,95	10,54	105,40	7,90	42,02	9,59
2019-20	62.604	56.689	90,6	4.092.123	440.393,2	72,19	10,76	107,62	7,77	39,23	9,29
Total	**517.022**	**476.811**	**92,2**	**34.419.971**	**3.534.159,1**						
Promedio	**47.002**	**43.346**	**92,2**	**3.129.088**	**321.287,2**	**71,64**	**10,15**	**101,46**	**7,29**	**39,23**	**9,87**

Fuente: LAICA-DIECA (Marzo 2021)
1/ Corresponde al Área efectiva de caña cosechada **No** a la sembrada, que es diferente.
2/ Azúcar dada en 96o Pol. Para referir a bultos de 50 kg debe multiplicarse x un factor de 20.
3/ Se refiere a la cantidad (TM) de caña necesaria moler para fabricar en el Ingenio una TM de azúcar.

Área sembrada y cosechada

Se refiere al área medida en hectáreas que se estima estuvo **sembrada** con caña utilizada como materia prima para la fabricación de azúcar, lo que discrimina otros posibles usos potenciales alternativos, como son la elaboración de dulce, el uso pecuario, empleo doméstico, entre otros. De igual manera, se considera y estima el área que fue **cosechada**; lo cual resulta determinante considerando que hay plantaciones que por diversas razones su materia prima no se corta o no se envía al ingenio para ser procesada.

Entre las razones que provocan este comportamiento están, entre otras: limitantes climáticas, ciclo vegetativo prolongado (bianual) en las zonas altas (>1.000 msnm), cierre de la fase de fabricación (ingenio), enciclamiento obligado de plantaciones atrazadas o por razones de edad, uso de la caña como semilla, pérdidas por quema prematura, presencia de plagas o patógenos y casos fortuitos o de fuerza mayor (Chaves 2019bde).

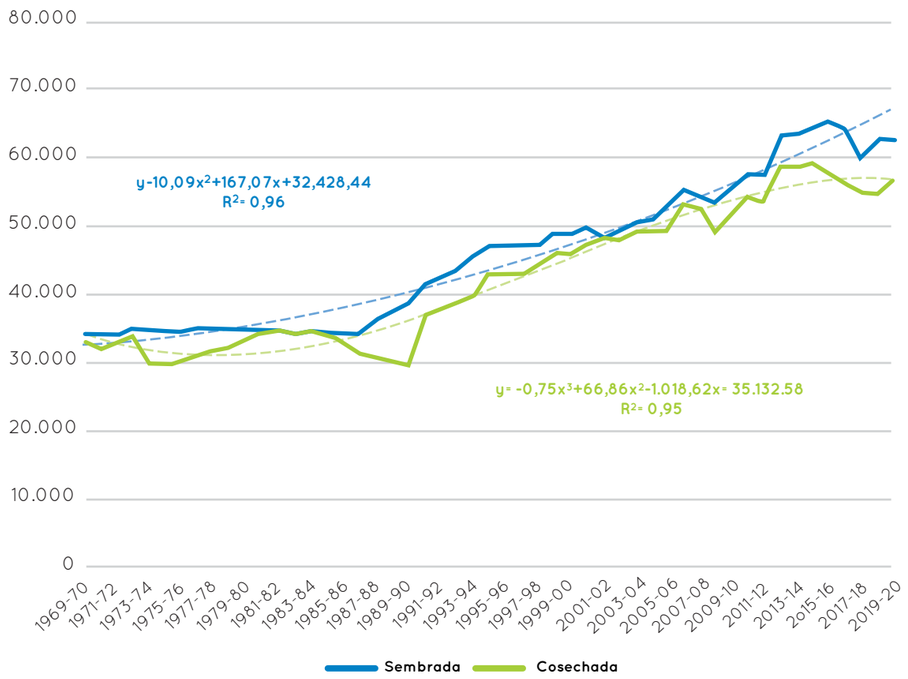


Figura 1

Histórico de área (ha) sembrada y cosechada con caña de azúcar en Costa Rica. Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis del periodo

El Cuadro 2 y la Figura 1 exponen el comportamiento de esta importante y determinante variable durante toda la serie de tiempo de 51 años evaluada, a partir de lo cual puede concluirse que:

- Se aprecia una tendencia clara al crecimiento del área sembrada en el tiempo, con variaciones importantes entre zafras, que denotan una baja consistencia de la misma.
- A partir de la zafra 1985-86 el área sembrada (34.000 ha), la más baja del periodo, se incrementa de manera significativa, alcanzando luego de superar numerosos altibajos el máximo histórico nacional durante la zafra 2014-15 con 65.485 ha.
- La relación área sembrada vs área cosechada fluctúa entre periodos, demostrando que no todo lo cultivado necesariamente se cosecho y molió en los ingenios (Chaves 2019bd).
- Las cinco zafras transcurridas entre los años 1980 y 1984 mantuvieron porcentajes de cosecha muy altos, lo que denota un aprovechamiento máximo motivado por razones de necesidad.
- La menor cosecha se realizó en la zafra 1989-90 con 29.500 ha; en tanto que la más alta, se dio en la zafra 2014-15 con 59.161 ha.
- Las últimas cuatro zafras revelan una tendencia de las siembras de cana en el país a ubicarse próximas a las 62.300 ha y de la cosecha en 55.600 ha.
- La distribución territorial y valoración regional resulta determinante para tener un mejor juzgamiento de los desplazamientos de las áreas; lo que deja en claro aumentos en la región de Guanacaste y Zona Norte (San Carlos y Los Chiles) y reducciones en el Valle Central y la región de Turrialba.

Análisis por década

El Cuadro 4 y la Figura 2 organizan y exponen la información agrupada en este caso por décadas, excepto la última zafra que opera como comparador, lo que demuestra que:

- Hay un significativo crecimiento lineal continuo del área sembrada y cosechada (ha) en todas las décadas que se atenúa en la última zafra 2019-20.
- La tasa de crecimiento más alta, correspondiente al 28,4% se dio entre los periodos 1989-1979; la más baja entre los años 1979-1969 con apenas un 0,5% de aumento, todo lo cual se reflejó en el área cosechada.
- El mayor crecimiento nominal de área cañera se ha observado en la región de Guanacaste, secundado por un buen tiempo en el Pacífico Central; siendo en los últimos años la Zona Norte (San Carlos, Los Chiles) también importante (Chaves y Barquero 2020).

Análisis por quinquenio

En el Cuadro 5 y la Figura 3 se muestra por su parte la tendencia sigmoideal seguida por el área cultivada y cosechada al desagregarla por quinquenios; lo que revela lo siguiente:

- El quinquenio 1989-93 marca pauta al evidenciar una tasa de crecimiento importante que se constituye en un disparador para los incrementos posteriores.

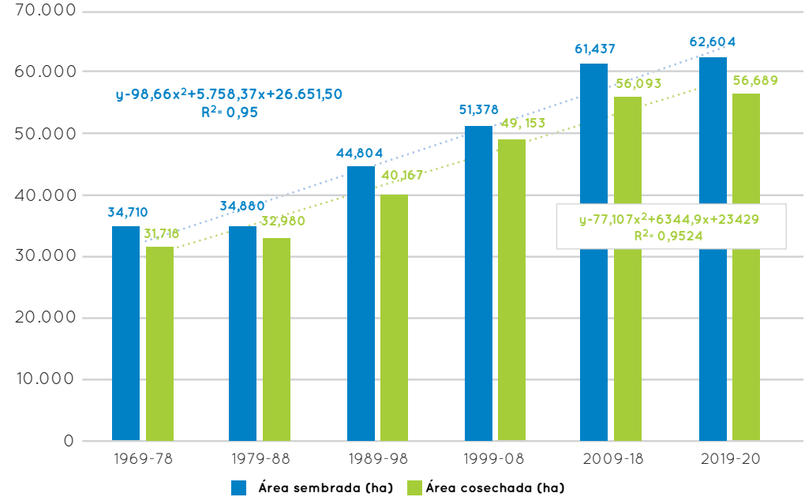


Figura 2

Área sembrada y cosechada (ha) en Costa Rica según década. Periodo 1969-2019 (51 años).

- El periodo 2009-13 muestra otro aumento notorio del área.
- Por su parte, la etapa de los años 1979-83 pareciera ser de crisis al no mostrar cambio importante en el área cultivada, siendo por ello la más baja de toda la serie quinquenal.
- La última zafra 2019-20 rompe la continuidad y tendencia de crecimiento al marcar disminuión.

Porcentaje por cosecha

Conocer el porcentaje de cosecha de las plantaciones cultivadas existentes en el campo es importante para efectos de proyección y planificación, razón por la cual, los Cuadros 2, 4 y 5 muestran los indicadores respectivos, revelando que:

- Existe un paralelismo relativo y correlación entre las áreas sembrada y cosechada, con variaciones diferenciadas en magnitud entre zafras y periodos.
- La media de cosecha de los cañaverales comerciales en Costa Rica es del 92,4%, valor calificado como muy satisfactorio considerando la significativa heterogeneidad prevaleciente en la geografía y condiciones agroproductivas; lo que implica que solo el 7,6% de las plantaciones no se cortan y destinan a la fabricación de azúcar. En la última zafra 2019-20 ese valor fue del 9,4%.
- Fue en la zafra 1981-82 cuando aconteció la mayor cosecha del área sembrada, con un índice del 99,7%. Contrariamente, la menor cosecha se dio en la zafra 1989-90 con apenas un 76,2%, lo que marca una diferencia muy palpable con respecto al resto de periodos de corta.

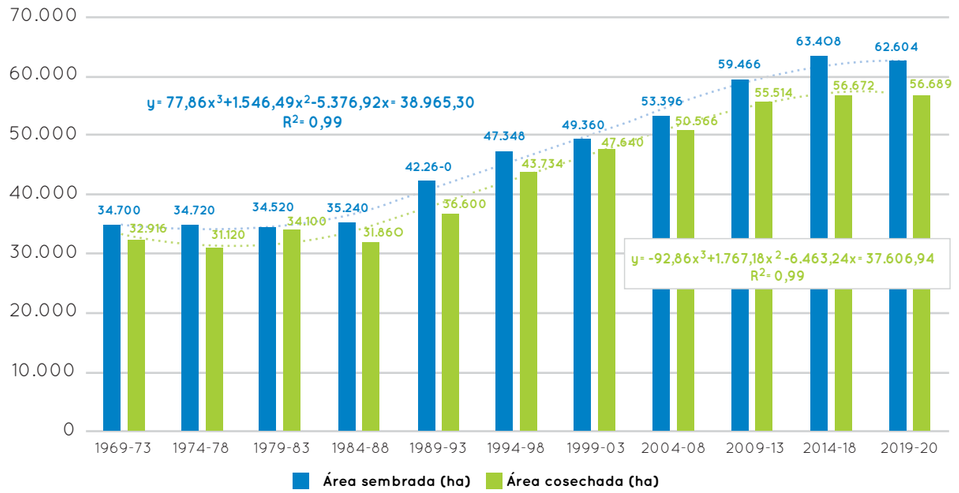


Figura 3

Área sembrada y cosechada (ha) en Costa Rica según quinquenio. Periodo 1969-2019 (51 años).

Materia prima (caña) producida y procesada

Este indicador no hay duda que representa junto con el azúcar fabricado (toneladas-bultos), los dos índices de producción más reveladores para calificar con mucha certeza lo que acontece en el campo y por ende en la agroindustria. Su heterogeneidad y volatilidad es en el caso nacional muy alta, sea por la presencia de problemas y limitantes durante la cosecha; motivos ambientales, causas fitosanitarias, o en su caso, por reducción del área cosechada y/o desmotivación comercial y personal de los agricultores para ampliar áreas y atender plantaciones, como lo señalaran con gran detalle Chaves *et al* (2019).

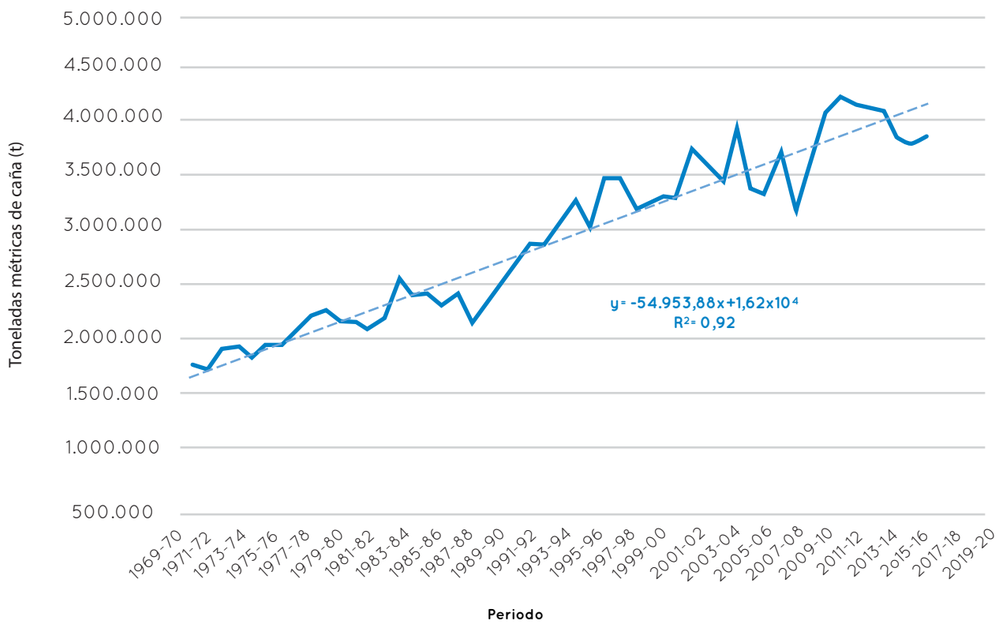


Figura 4

IHistórico de caña procesada en toneladas métricas (t) en Costa Rica. Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis del periodo

Una valoración holística de la serie histórica de 51 zafras contenida en el Cuadro 2 y la Figura 4 evidencia, que:.

- Se aprecia una tendencia al aumento en la cantidad de caña sembrada, cosechada y procesada en los ingenios nacionales; la cual muestra sin embargo una fuerte variación y resultados disímiles entre periodos consecutivos de zafra.
- El "record nacional" de caña cosechada y molida en Costa Rica aconteció durante la zafra 2013-14, con un total de 4.492.123 toneladas (Bermúdez y Chaves 2014); la cual superó a la última 2019-20 en un 9,8% correspondiente a 400 mil toneladas, lo que demuestra la reducción observada en años recientes.
- En sentido contrario, la menor cantidad de materia prima molida en el país en los últimos 51 años ocurrió en la zafra 1970-71 con 1.726.706 toneladas.
- Es muy notoria y evidente la caída productiva verificada luego de la zafra 1983-84 por un periodo continuo de cinco zafras consecutivas hasta la 1988-89, lo que significó moler 425.032 toneladas menos correspondiente a un significativo 16,2%. Entre los años 2006-2010 hubo otro efecto similar y aún más dramático, al observarse una disminución de 832.203 toneladas equivalente al 25,1%. Fueron sin dudas épocas de gran crisis agroproductiva.
- Pese a lo anterior, es en periodos más recientes cuando la producción de caña se torna crítica, observando una reducción muy significativa en la cantidad de materia prima disponible en los ingenios para su procesamiento; revelando que a partir de la zafra 2013-14 y por cinco periodos consecutivos, la molienda disminuyó de forma sistemática en un significativo 11,6% correspondiente a 466.676 toneladas. Con la última zafra hubo un ligero, pero poco significativo (1,7%) repunte productivo.

- No hay duda que la mutabilidad e inconsistencia de esta variable resulta determinante por su influencia en otros indicadores de producción y productividad agroindustrial, mucho de lo cual es inducido por la heterogeneidad propia de los entornos donde se produce la caña de azúcar en Costa Rica, como fue demostrado por Chaves *et al* (2018) y Chaves (2019acde). Sobre esta variable se debe procurar establecer y provocar estabilidad para asegurar crecimiento.

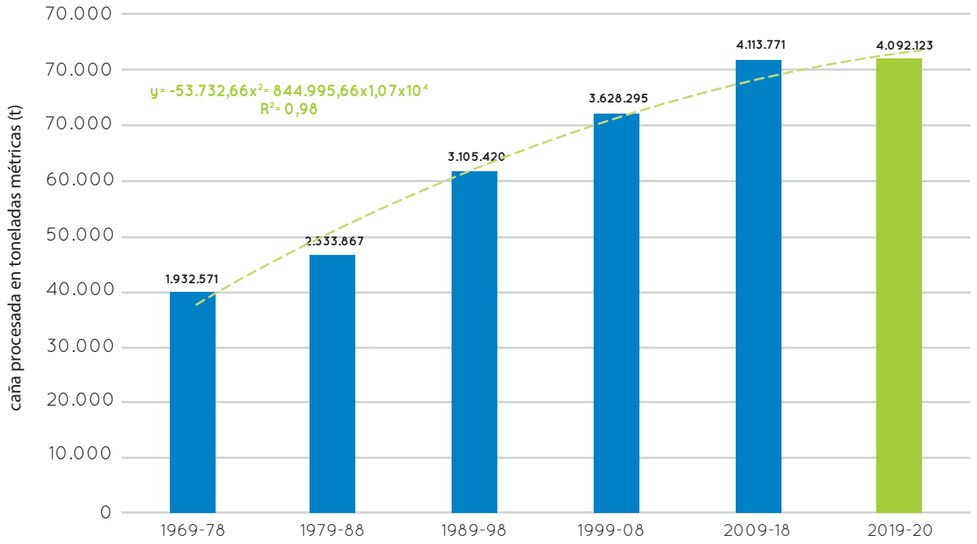


Figura 5

Caña procesada (t) en Costa Rica según década. Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis por década

Buscando totalizar periodos y concluir efectos con mayor integridad respecto a la variable, se presentan en el Cuadro 4 y la Figura 5 la producción de caña ordenada por década. A partir de dicha información puede concluirse que:

- Se ratifica un crecimiento lineal positivo en las cinco décadas evaluadas, con una reducción del 0,53% en la última zafra.
- El mayor incremento de caña, equivalente a 771.553 toneladas y un muy significativo 33,1%, transcurre entre los periodos 1979-88 y 1989-98.

Análisis por quinquenio

Al desagregar la serie de 51 zafras y organizarla por periodos de cinco años, como se muestra en el Cuadro 5 y la Figura 6, es viable detectar cambios más puntuales en relación al criterio anterior; a partir de lo cual puede inferirse que:

- La linealidad del crecimiento se mantiene con un mayor poder de sensibilidad para identificar cambios en el tiempo, lo que favorece ubicar posibles causas o factores inductores de tales efectos.
- El mayor despunte e incremento se da entre los periodos 1989-93 y 1994-98, elevándose la producción de caña en significativas 659.810 toneladas para un determinante e incuestionable 23,8%; lo que denota una reactivación productiva sectorial impresionante.
- El quinquenio de mayor producción histórica de materia prima caña en Costa Rica, ocurrió en el periodo 2014-18.

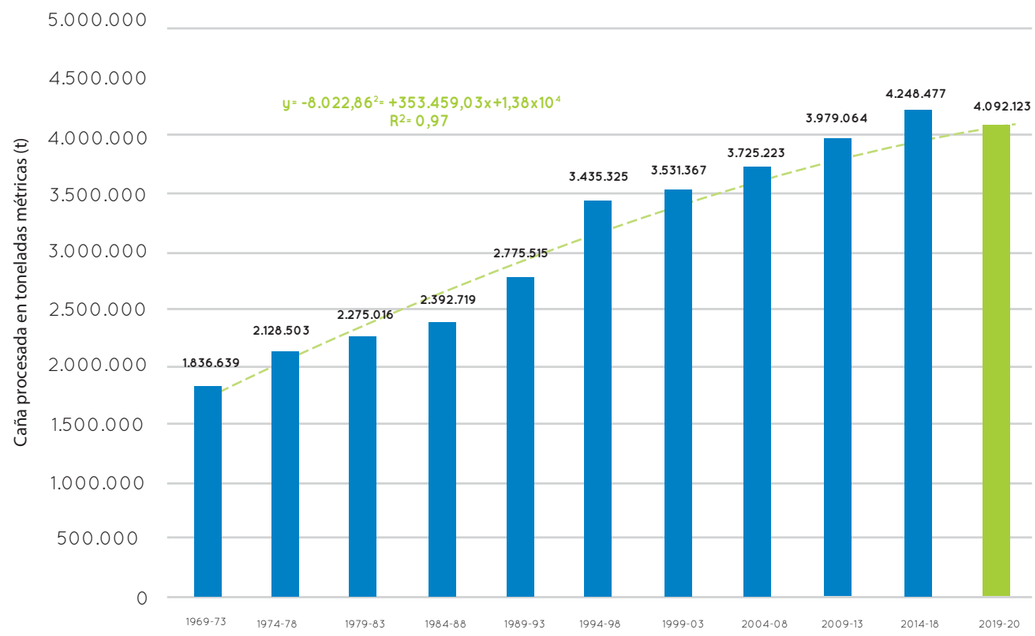


Figura 6

Caña procesada (t) en Costa Rica según quinquenio. Periodo 1969-2019 (51 años).

Azúcar fabricada:

Para los efectos sectoriales y comerciales del país, esta variable resulta ser incuestionablemente la más importante, virtud de que recoge, integra y articula los efectos agrícolas y también los industriales y fabriles en una única variable de alcance tecnológico y comercial.

Su interpretación correcta es por ello relevante y debe ser prudente, pues en la misma hay compensaciones y ocultamientos de los factores que individualmente la componen y, que por su naturaleza, tienen una incidencia grande en los intereses agro empresariales. El Cuadro 2 y la Figura 7 exponen el comportamiento de la variable durante las 51 zafras evaluadas.

Análisis por periodo

Sobre este tópico pueden extraerse como inferencias relevantes las siguientes:

- La tendencia de la variable visualizada en el tiempo, es muy similar, virtud de la estrecha asociación existente, con respecto a la mostrada por la cantidad de materia prima producida, cosechada y molida (t) en los ingenios nacionales.

- Se aprecia en la Figura 7, sin embargo, una mayor variabilidad y disparidad entre zafras azucareras, lo cual se presume debido a la interferencia y agregación de factores de cambio vinculados con la productividad agrícola, la eficiencia industrial y también fabril.

- Son notorios y muy evidentes los altibajos prevalecientes aún en periodos muy cortos de tiempo, sin mostrar una tendencia clara y definida; pese a lo cual, el aumento en la cantidad de caña molida (t) marca, define y favorece una tendencia muy heterogénea e inconsistente entre zafras.

- La zafra *"record nacional en fabricación de azúcar"* aconteció en el periodo 2013-14 cuando se elaboraron 481 493,7 t (9.629.874 bultos de azúcar de 50 kg); lo que coincidió como era esperable, con el record de molienda de caña, como ratificación de su participación e influencia.

- Contrariamente, fue en la zafra 1969-70 cuando se fabricó la menor cantidad de azúcar de todo el periodo estudiado con 161 918,1 t (3.238.362 bultos de 50 kg).

- Entre los años 2006 y 2010 hubo una importante caída en el índice nacional de fabricación de azúcar por cuatro zafras consecutivas, lo que significó un 14,9% equivalente a 62.360,2 t (1.247.204 bultos).

- El resultado y tendencia de las últimas zafras es errático con tendencia a la disminución en la cantidad de azúcar fabricada.

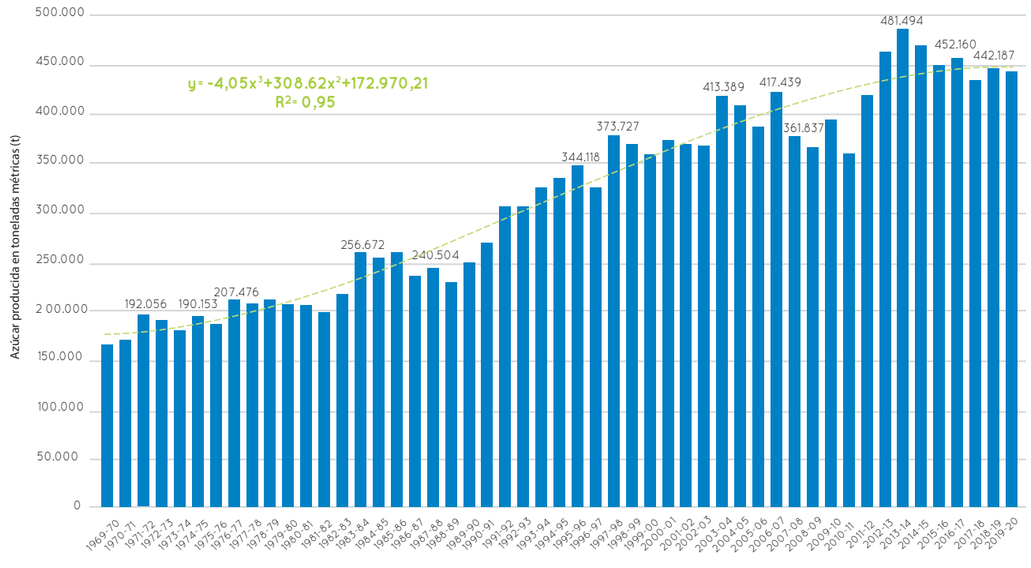


Figura 7

Histórico de azúcar fabricada (t) en Costa Rica.
Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis por década

El juzgamiento e interpretación por valores agrupados en décadas, como muestran el Cuadro 4 y la Figura 8, favorece notar y expresar lo siguiente:

- En este caso la tasa de crecimiento es siempre positiva y lineal, aunque con intensidades nominales diferentes que generan desaceleración en algunos periodos.
- La tendencia fabril es creciente positivo con un marcado incremento entre las décadas 1979-88 y 1989-98 de 90.634,8 t, correspondiente a 1.812.696 bultos y un impresionante 39,9%; demostrando el significativo impulso agroproductivo logrado en esos años.
- Al comparar el resultado de la última zafra 2019-20 con la media de la década anterior 2009-18, se aprecia un ligero aumento de la más reciente de apenas 6.657,6 t (133.152 bultos) equivalente al 1,5%.

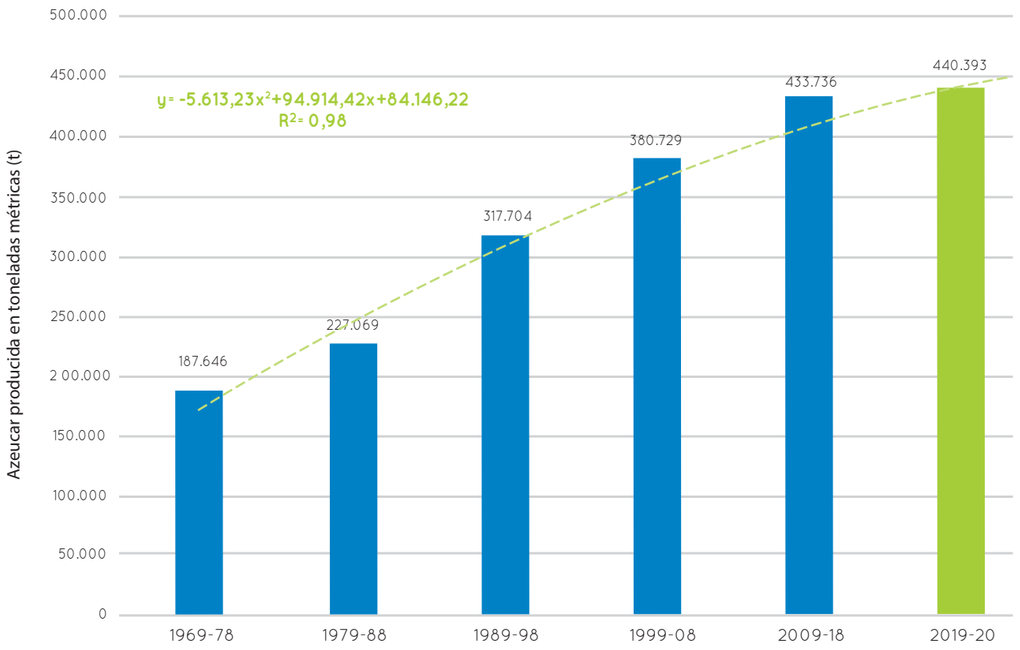


Figura 8

Azúcar fabricada (t) en Costa Rica según década. Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis por quinquenio

El Cuadro 5 y la Figura 9 plantean el análisis organizado y agrupado por periodos de cinco zafras, lo que genera un total de 10 grupos; exponiendo adicionalmente el promedio correspondiente a la última zafra:

- En este caso la tasa de crecimiento es siempre positiva y lineal, aunque con intensidades nominales diferentes que generan desaceleración en algunos periodos.
- Como era esperable, esta valoración aporta mayor sensibilidad al estudio, evidenciando la reducción verificada en la zafra más reciente y cambios importantes surgidos entre periodos.
- El mayor incremento quinquenal en fabricación de azúcar se dio entre los periodos 1989-93 y 1994-98 con 60.430,7 t (1.208.61/4 bultos), lo que significó un 21%.

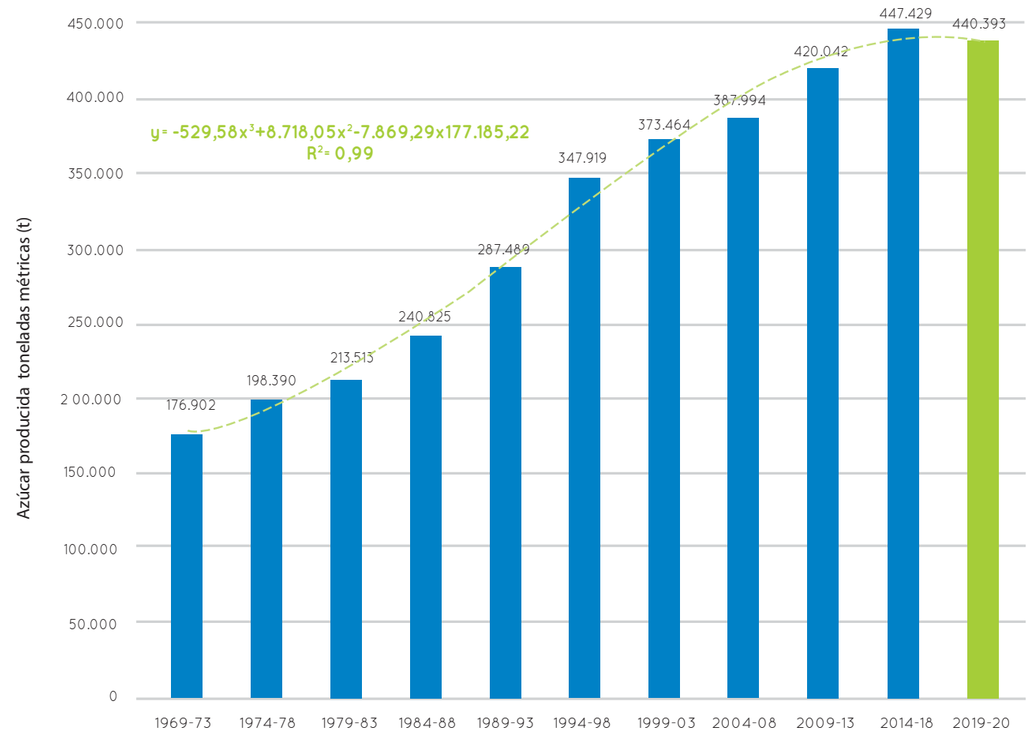


Figura 9

Azúcar fabricada (t) en Costa Rica según quinquenio. Periodo 1969-2019 (51 años).

- Por el contrario, donde mayor estabilidad se aprecia en fabricación ocurrió entre los quinquenios 1994-98 y 1999-03, con un diferencial de 25.544,8 t (510.896 bultos) y una tasa del 3,9%.

Productividad agrícola

El rendimiento de campo o productividad agrícola constituye posiblemente uno de los indicadores de eficiencia que por lo habitual mayor atención recibe, virtud de su variabilidad y el hecho de ser altamente sensible a la influencia y los cambios acontecidos en los factores bióticos y abióticos que los intervienen; sean estos positivos o negativos. La variabilidad y heterogeneidad de los lugares donde se produce comercialmente caña de azúcar en el país, tiene una enorme influencia sobre esa variabilidad, como lo han señalado y demostrado Chaves *et al* (2018), Chaves (2019cde, 2020b), Calderón y Chaves (2020), Barrantes y Chaves (2020), Angulo, Rodríguez y Chaves (2020), Chaves y Barquero (2020).

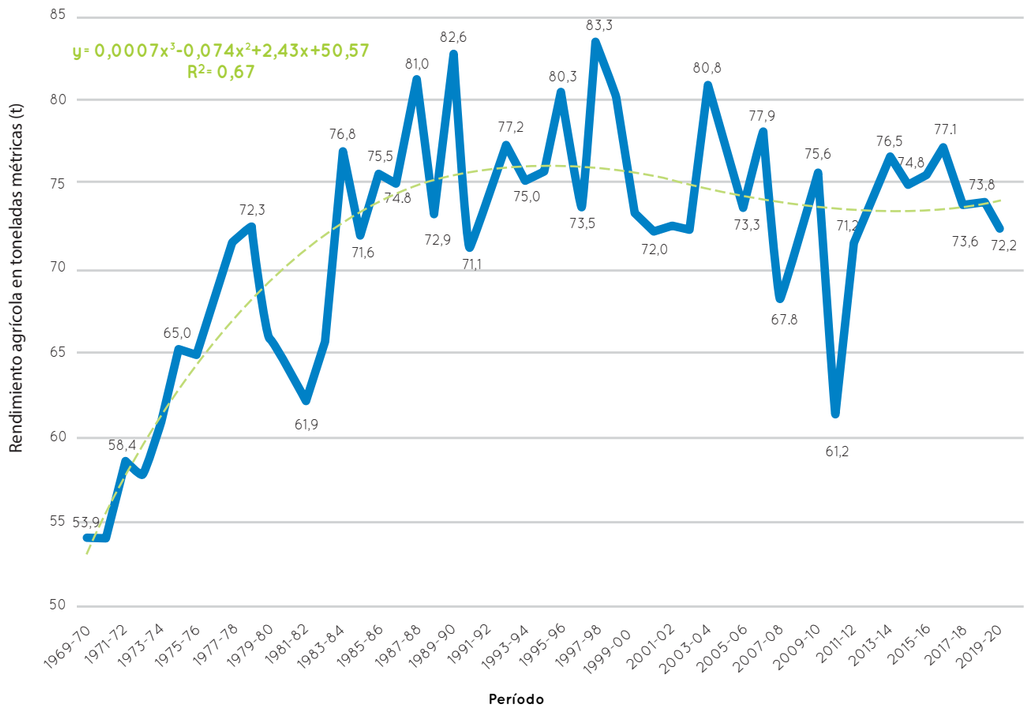


Figura 10

Rendimiento agrícola histórico en toneladas métricas de caña por hectárea (t/ha) en Costa Rica. Periodo 1969-2019 (51 años).

No cabe la menor duda en reconocer y aceptar, que una de las grandes limitantes y deficiencias que posee la agroindustria azucarera costarricense para incrementar su nivel de competitividad y rentabilidad, lo representa la relativa baja productividad agrícola (aunque depende contra quien se compare), medida en toneladas de caña producidas y cortadas por hectárea (t/ha), que históricamente ha mostrado; lo cual, paradójicamente representa en contrapartida, su mayor potencial y espacio de mejora. Esta razón motiva y justifica su estudio y análisis.

Análisis del periodo

En el Cuadro 2 y la Figura 10 se visualiza la enorme volatilidad y dispersión de la productividad agrícola cuando medida e interpretada en el tiempo, a partir de lo cual puede inferirse que:

- Se nota un aumento y tremenda inconsistencia en la productividad de campo reportada, de características muy erráticas que limitan la posibilidad de establecer conclusiones con base estadística sólida. Lo único consistente en la serie de zafras evaluada de esta variable es el cambio.

- La mayor productividad agrícola nacional, correspondiente a 83,30 t/ha se logró en la zafra 1997-98; y la más baja en la zafra 1969-70 con un promedio de 53,89 t/ha. La diferencia entre ambas es de impresionantes y significativos 29,41 t/ha correspondiente al 54,6% en 29 años.

- Hasta la zafra 1997-98 y durante 27 zafras continuas se aprecia un aumento en productividad, ciertamente con fuertes variaciones, pero cuya tendencia positiva es evidente. En los años iniciales (1969-1977) el incremento observado es muy significativo.

- En 51 zafras, como se indicó, solo hubo cinco periodos (9,8%) azucareros que alcanzaron un rendimiento promedio superior a 80 toneladas de caña/ha, como aconteció en las zafras 1987-88 (81,03 t), 1989-90 (82,58 t), 1995-96 (80,28 t), 1997-98 (83,30 t) y 2003-04 (80,80 t/ha).

- La productividad de campo de las últimas tres zafras realizadas entre los años 2017 y 2019 ha mostrado una preocupante e inconveniente reducción sistemática.

- Un ordenamiento y ubicación de los rendimientos por clase resulta como sigue:

Productividad (t/ha)	No.	%
50 - 59	4	7,84
60 - 69	10	19,61
70 - 79	32	62,75
> 80	5	9,80
Total	**51**	**100**

Es evidente que por resultados y por antecedentes históricos, nuestra productividad de campo ha estado ubicada mayoritariamente en el 62,7% de los casos, por frecuencia, en el ámbito de los 70-79 toneladas por hectárea.

- Cualquier esfuerzo institucional, sectorial o técnico que procure incorporar una mejora sustantiva en rendimientos y provocar un "salto tecnológico" significativo; debe primeramente concentrarse en esta variable, virtud de sus implicaciones e incidencia sobre los mismos. Lo importante es reconocer y aceptar en primera instancia, que el espacio potencial de mejora es realmente muy amplio, lo que habilita poder movilizar e inducir el cambio pretendido.

Análisis por década

En el estudio se procedió a evaluar los El agrupamiento y el análisis por décadas, como se muestra en el Cuadro 4 y la Figura 11, permite inferir lo siguiente:

- Se evidencia un aumento inicial importante hasta la década 1989-98 cuando la productividad promedio fue de 77,31 t/ha; luego de lo cual su tendencia baja levemente hasta culminar en la última zafra 2019-20 con una productividad de 72,19 t de caña/ha.

- Entre los periodos decanales de 1969-78, 1979-88 y 1989-98 ocurre un salto tecnológico muy significativo, que, medido en términos de productividad agrícola, significó aumentos nominales de 8,35 t y 6,36 t, lo que porcentualmente implica un 13,3% y 9,0%, respectivamente.

Análisis por quinquenio

Un mayor detalle y con mejores elementos para calificar el comportamiento seguido por la productividad de campo, se muestran en el Cuadro 5 y la Figura 12 adjuntas, a partir de lo cual se concluye lo siguiente:.

- No cabe la menor duda que este criterio y forma de agrupamiento, permite y favorece un mejor juzgamiento de los cambios acontecidos a través de la serie de datos analizada. Lo sinuoso y cambiante de la tendencia así lo demuestra.

- Se aprecia un incremento importante de la productividad agrícola que alcanza su máximo en el quinquenio 1994-98 con una media de 78,50 t/ha; esto luego de pasar por un periodo bajo en el quinquenio de 66,73 t/ha.

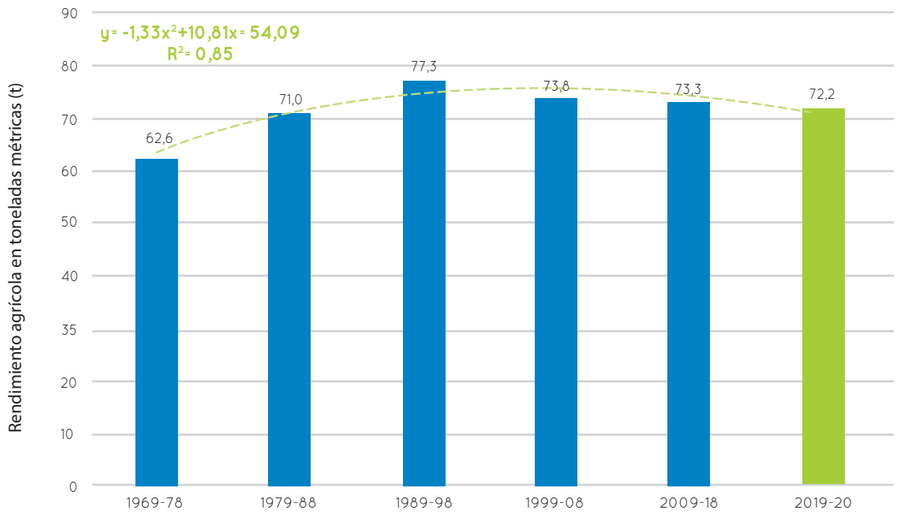


Figura 11

Rendimiento agrícola de caña (t/ha) en Costa Rica según década. Periodo 1969.2019 (51 años).

- El periodo triquinquenal (1999-13) presenta una disminución sistemática que alcanza en promedio una productividad de 73,07 t/ha, para luego crecer en el 2014-18 a 74,95 t (2,6%). La zafra más reciente muestra una reducción en relación a los quinquenios anteriores con 72,19 t/ha.

- No hay duda en reconocer que son muchos, muchísimos los factores bióticos y abióticos que intervienen positiva o negativamente sobre esta importante y determinante variable que potencian y/o impiden y limitan su crecimiento, como son, entre otros: climáticos (sequías, inundaciones, tormentas, huracanes, etc.), fitosanitarios (plagas y enfermedades), varietales (clones inconvenientes o agotados), manejo agronómico deficiente y/o insuficiente (semilla, nutrición, riego, drenaje, madurez, etc.), económicos (baja rentabilidad, bajos precios, altos costos), institucionales (poco incentivo y asignación de recursos para invertir), personales (desmotivación), entre muchos otros, como lo señalaran Chaves *et al* (2019). Como se anotó al inicio, el objetivo del presente documento no es encontrar razones, sino apenas mostrar comportamientos y tendencias; en otra oportunidad se espera realizar esa valoración de causas, motivos y razones.

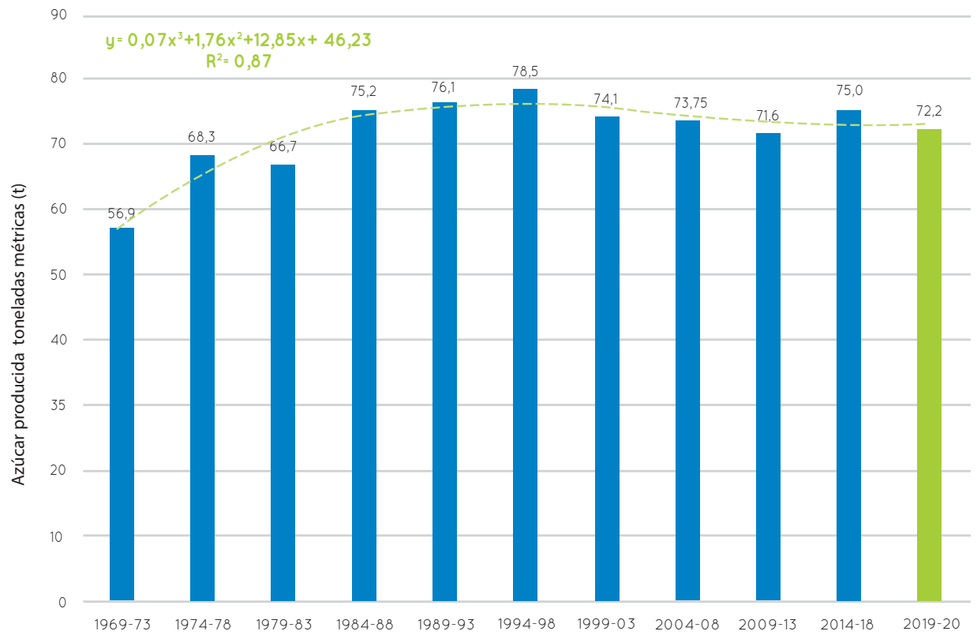


Figura 12

Rendimiento industrial histórico en kilogramos de azúcar de 96° de polarización por tonelada de caña (kg azúcar/t) en Costa Rica. Periodo 1969-2019.

Rendimiento industrial

La concentración de sacarosa contenida y potencialmente extraíble de los tallos industrializables de la planta, es otra variable muy importante y necesaria de valorar con profundidad, en consideración de su altísima sensibilidad a los efectos del entorno donde se produce la caña. Es por otra parte, posiblemente la variable más visualizada, mejor percibida y seguida por el agricultor, en consideración de que el Sistema Directo de Compra de la Caña por su Calidad, está basado en el resultado de este expresivo indicador, como lo señalaran Chaves *et al* (2018). Su estudio resulta por ello de mucho valor para determinar la estabilidad ambiental y estimar con buen criterio el resultado del esfuerzo institucional realizado en el país en el área tecnológica.

Figura 13

Rendimiento industrial histórico en kilogramos de azúcar de 96° de polarización por tonelada de caña (kg azúcar/t) en Costa Rica. Periodo 1969-2019.

Análisis del periodo

A partir del Cuadro 2 y la Figura 13 puede concluirse lo siguiente en torno a esta importante variable:

- Como resultado de su alta sensibilidad y volatilidad, y el hecho de ser una variable muy influenciada por los factores bióticos y abióticos que caracterizan y tipifican los diferentes entornos ambientales y territoriales donde se produce comercialmente la caña de azúcar en el país; los resultados promedio de las 51 zafras evaluadas muestran una muy significativa variabilidad en el tiempo, caracterizada por periodos con marcados altibajos en la concentración de sacarosa recuperada en la fábrica.

- El valor más alto de rendimiento industrial y que marcó el "record histórico nacional de concentración de sacarosa", se logró muy recientemente en la zafra 2018-19 con un valor de 109,85 kilogramos de azúcar (98°Pol) por tonelada de caña molida (10,99 expresado en %). En contrario, la zafra con menor recuperación de sacarosa aconteció en el periodo 1978-79 con una media de 89,80 kg/t.

- No se vislumbra un crecimiento consistente en la concentración de sacarosa de las cañas molidas, pese a lo cual la tendencia es creciente hasta inicios de los años 2000, luego de lo cual se torna ligeramente decreciente, cuya tendencia es evidente.

- Entre las 8 zafras transcurridas entre los años 1972-73 y 1978-79 se da una caída muy importante de concentración que va desde 99,70 kg y hasta 89,80 kg/t para 9,90 kg (9,9%); cuya media fue de 94,21 kg/t. En los periodos 2000-01 y 2009-10 ocurre algo similar al caer el rendimiento desde 108,71 kg a 99,49 kg para 9,22 kg/t y un importante 8,48%.

- Históricamente las tres zafras con mejor concentración de sacarosa recuperada se han logrado como sigue: 2018-19 con 109,85 kg/t, 2000-01 con 108,71 kg y 2011-12 con 108,57 kg/t.

- Un ordenamiento y ubicación frecuencial de rendimientos industriales por clase resulta como sigue:

Concentración Sacarosa (kg/t)	No.	%
85 - 89	1	1,96
90 - 94	8	15,69
95 - 99	11	21,57
100 - 104	15	29,41
105 - 109	16	31,37
Total	**51**	**100**

Los resultados y antecedentes históricos revelan que, la concentración de sacarosa (kg 98° pol/t) del país, ha estado ubicada mayoritariamente (31,4%) por frecuencia en el ámbito de los 105 y 109 kilogramos de azúcar por tonelada de caña procesada; ubicando el promedio de 51 zafras en 100,98 kg y el de las últimas 10 zafras (2010-19) en 106,29 kg/t, lo que denota la mejora generada.

Análisis por década

La evaluación organizando los datos por décadas como criterio selectivo, resulta apropiado para ubicar posibles tendencias, lo cual se muestra en el Cuadro 4 y la Figura 14; a partir de lo que se infiere lo siguiente:

- No queda la menor duda en aseverar y reconocer que ésta variable es una de las que mejor revela y expresa el beneficio de la gestión tecnológica realizada en el país, en principio por el MAG y luego por DIECA, mediante la cual se logró disponer de variedades con mejor y mayor capacidad de concentración de sacarosa en sus tallos; complementada con tecnología de campo.
- La Figura 14 muestra un contundente y claro incremento lineal durante las cinco décadas medidas, el cual es complementado con la zafra más reciente, que denota el esfuerzo institucional realizado en este componente.
- El "salto tecnológico" más significativo ocurrió entre los periodos 1979-88 y 1989-98 cuando la concentración promedio de sacarosa paso de 96,87 kg a 102,58 kg/t; lo que significó un aumento de 5,71 kg correspondiente al 5,9%.
- La última zafra mostró una concentración satisfactoria, que comparativamente superó a los promedios de las cinco décadas anteriores, lo que es muy sugestivo, revelador y prometedor.

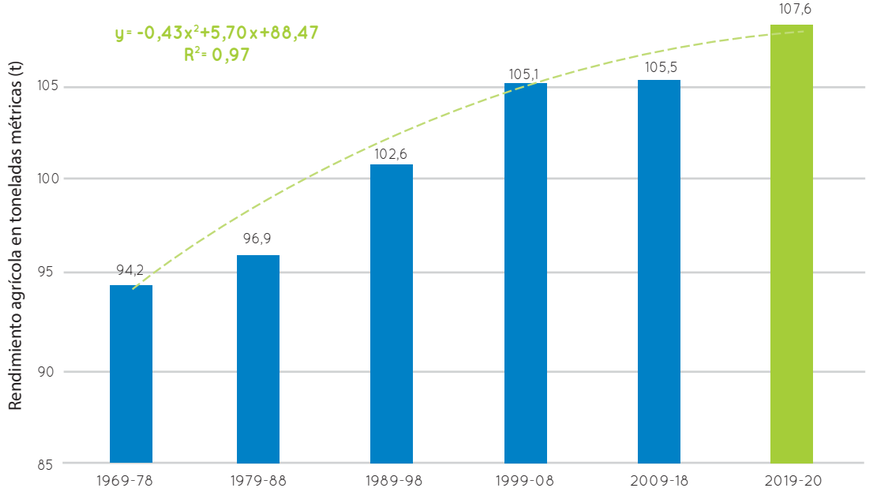


Figura 14

Rendimiento industrial (kg azúcar/t) en Costa Rica según década.
Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis por quinquenio

El Cuadro 5 y la Figura 15 son muy reveladores de la misma información al ser esta reducida y expresada en este caso por periodos quinquenales, por cuanto los efectos son más notorios y restrictivos para identificar periodos de cambio; por ello, puede concluirse a partir de esa información, que:

- Se aprecian cuatro "picos de concentración quinquenal" que destacan en la serie estudiada, correspondientes a 1969-73 (96,08 kg), 1984-88 (99,98 kg), 1989-93 (103,75 kg) y 1999-03 (105,95 kg), a los que se suma la última zafra 2019-20 con una concentración de 107,62 kg/t.
- La concentración promedio observada entre periodos en los quinquenios 2004-08 y 2014-18 es muy estable y de poca variación.
- La mayor crisis en este expresivo componente de calidad ocurrió en el periodo 1974-1983, cuando la sacarosa recuperada en la materia prima molida fue muy baja, no superando los 93,75 kg/t.

Productividad agroindustrial

Cuando se hace referencia en la agroindustria azucarera a indicadores representativos que visualicen con fines comparativos el estado y

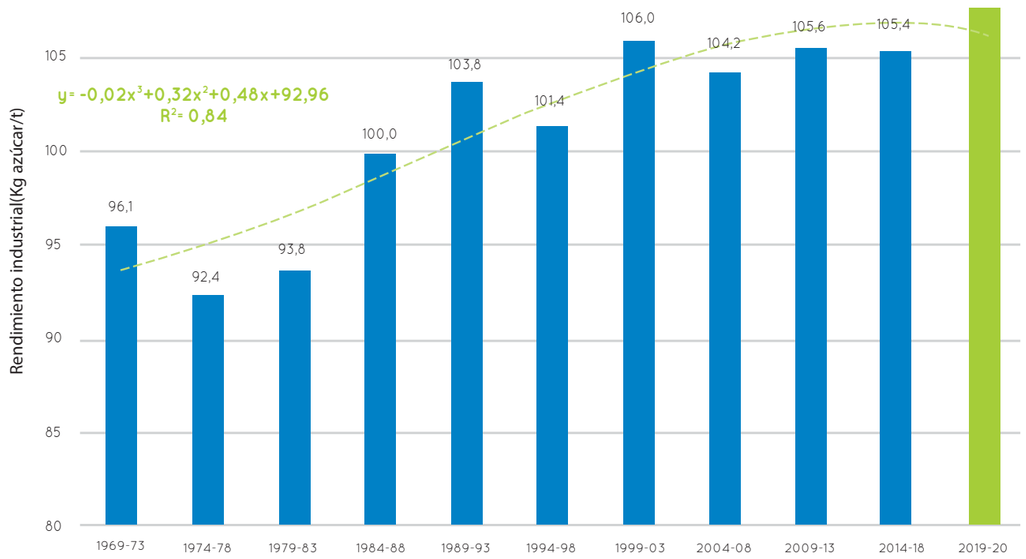


Figura 15

Rendimiento industrial (kg azúcar/t) en Costa Rica según quinquenio.
Periodo 1969-2019 (51 años).

grado de evolución de la plantación, la empresa o el sector, el más importante y revelador en términos productivos es sin lugar a dudas el de la producción de azúcar medida en toneladas métricas o bultos de 50 kg; el cual, al citarlo, se reconoce y expresa como productividad agroindustrial. El indicador recoge e integra en su dimensión y magnitud particular en una sola variable, la cantidad de caña producida (t) y la concentración de sacarosa (kg/ha) contenida y recuperada de la misma en el ingenio. Esta razón provoca que medir la cantidad de azúcar recuperada en el campo y elaborada en la fábrica referida por hectárea, resulta muy revelador como incuestionable criterio de eficiencia tecnológica, para interpretar con representatividad y certeza la efectividad del esfuerzo productivo, tecnológico y empresarial desarrollado.

En torno al tópico y en alusión directa a la gestión integrada y de encadenamiento implicada en la actividad canero-azucarera, cabe reseñar lo mencionado oportunamente por Chaves (2020b), al expresar, que *"como partes de un mismo y único proceso, las áreas agrícolas y fabriles deben operar sin condicionamientos, en perfecta sincronía, armonía, articulación y bajo una visión única de integralidad y como sistema continuo; cualquier otra interpretación es errónea y deja pérdidas para todos."*

Análisis del periodo

El Cuadro 2 y la Figura 16 presentan un detalle del índice de productividad agroindustrial obtenido en cada una de las 51 zafras evaluadas; a partir de lo cual puede inferirse sumariamente lo siguiente:

- Es notoria la mejora que con el tiempo se ha logrado imprimir en este importante indicador agroindustrial, mostrando siempre como resultado de su origen compuesto (campo-fábrica), inevitablemente fuertes variaciones entre zafras que incorporan algún grado de inconsistencia.
- El "record histórico de productividad agroindustrial nacional", se alcanzó en la zafra 1997-98 con un índice de 8,46 toneladas métricas de azúcar (96°) por hectárea. La más baja se reporta en la zafra más antigua de la serie, la 1969-70 con apenas 4,95 t/ha, para una muy significativa y destacable diferencia entre ambas de 3,41 t de azúcar 96° pol/ha, equivalente al 70,9%. El promedio nacional de toda la serie se fijó en 7,25 t/ha.
- Entre las 8 zafras transcurridas en los periodos 2003-04 y 2010-11 se marca una colosal caída de productividad que pasa desde 8,44 t/ha hasta 6,54 t/ha, para una disminución de 1,90 t correspondiente al 22,5%, como evidencia del impacto sufrido. La media en ese periodo se estableció en 7,60 t/ha.
- La productividad luego de la zafra 2012-13 y por espacio de 7 años consecutivos se ha mantenido relativamente estable con variaciones en el ámbito de 7,66 a 8,20 t/ha y una media de 7,92 t/ha. La zafra más reciente alcanzó un valor de 7,77 t de azúcar 96° pol/ha.
- Prevalece en toda la población una clara y evidente correspondencia entre aumentos o reducciones en el azúcar obtenido por hectárea, con relación a las toneladas de caña cosechadas por hectárea.
- Hubo 9 zafras excepcionales que representaron un 17,6% que superaron el índice de las 8,00 toneladas/ha, lo que sugiere poder con algún esfuerzo colocarse en ese nivel y hasta superar la productividad a grados superiores; para lo cual se requiere imperativa e insoslayablemente mejorar la productividad agrícola, pues de lo contrario esa meta resulta casi imposible.
- Al ordenar y ubicar el rendimiento agroindustrial por clase, la resultante es la siguiente:

Azúcar por hectárea (t/ha)	No.	%
< 5	1	1,96
5 - 6	6	11,76
6 - 7	8	15,69
7 - 8	27	52,94
> 8	9	17,65
Total	**51**	**100**

El resultado del agrupamiento de los valores históricos dejar ver, que la productividad de azúcar (t 96° pol/ha) del país, se ubica significativamente (52,9%) por su frecuencia, en el ámbito de las 7,00 y las 8,00 toneladas de azúcar por hectárea; situando el promedio de 51 zafras en 7,25 t/ha y el de las últimas 10 zafras (2010-19) en 7,75 t/ha.

- Se estima basados en antecedentes, investigaciones y realidades del campo, que el valor promedio de productividad agroindustrial nacional no debería ser inferior a 8,50 t/ha y preferiblemente superior a 9,00 t/ha. La aseveración no es utópica ni excesiva, sino real, viable y perfectamente factible de alcanzar; siendo las grandes diferencias existentes entre regiones la mayor limitante.

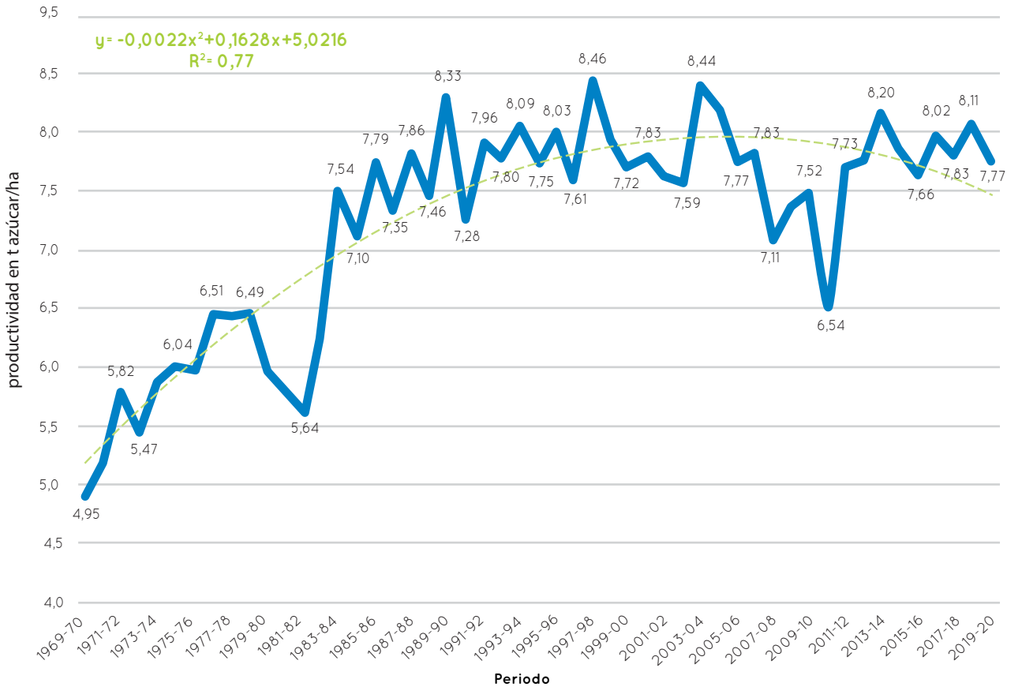


Figura 16

Productividad histórica en toneladas métricas de azúcar de 96° POL por tonelada de caña por hectárea (t azúcar/ha). Periodo 1969-2019 (51 años).

Análisis por década

Este criterio globalizante de valoración permite inferir a partir del Cuadro 4 y la Figura 17, lo siguiente:

- En las primeras dos décadas (1969-88) se comprueba un incremento promedio lineal y muy significativo de la productividad agroindustrial nacional; alcanzando en el periodo 1989-98 la media más alta bajo el criterio de valoración por décadas, con un índice de 7,93 t/ha de azúcar.
- El comportamiento de la variable en las décadas 1999-08 y 2009-18 fue prácticamente igual, fijando una media de 7,74 t/ha; revelando con ello una importante consistencia y estabilidad en todos esos 10 años. En la zafra 2019-20 se mantuvo la proyección anterior con un promedio de 7,77 t/ha.

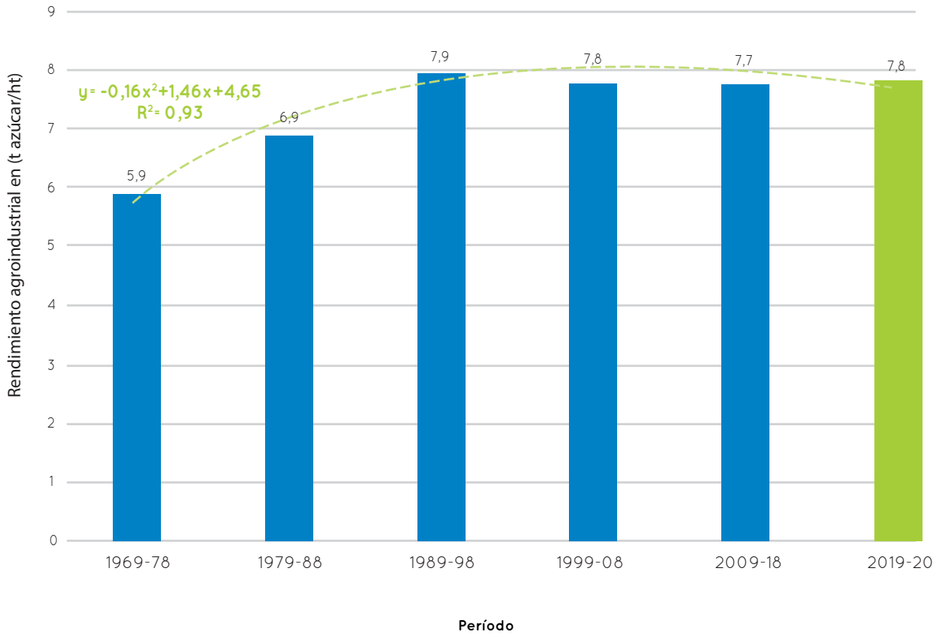


Figura 17

Productividad agroindustrial (t azúcar/ha) en Costa Rica según década.
Periodo 1969-2019. Periodo 1969-2019 (51 años).

.

Análisis por quinquenio

Al reducir los tiempos de agrupación como se anota en el Cuadro 5 y la Figura 18, se logra una mejor perspectiva de los cambios surgidos en la variable durante el tiempo transcurrido; a partir de lo cual, es factible concluir lo siguiente:

- Las tendencias variables de toda la serie de 51 zafras están relativamente definidas, mostrando inicialmente un importante aumento que culmina con un promedio máximo de 7,96 t/ha en el quinquenio 1994-98; luego de lo cual desciende sistemáticamente hasta el periodo 2009-13 cuyo promedio fue de 7,55 t/ha.
- El periodo 2014-18 muestra una importante recuperación del azúcar producido con una media de 7,90 t/ha, que se disminuye ligeramente en la zafra 2019-20 a 7,77 t/ha.
- El "salto productivo" más significativo ocurrió entre los periodos 1979-83 y 1984-88, cuando las medias quinquenales pasaron de 6,27 a 7,51 toneladas de azúcar/ha, para un aumento nominal de 1,24 t equivalente al 19,8%.

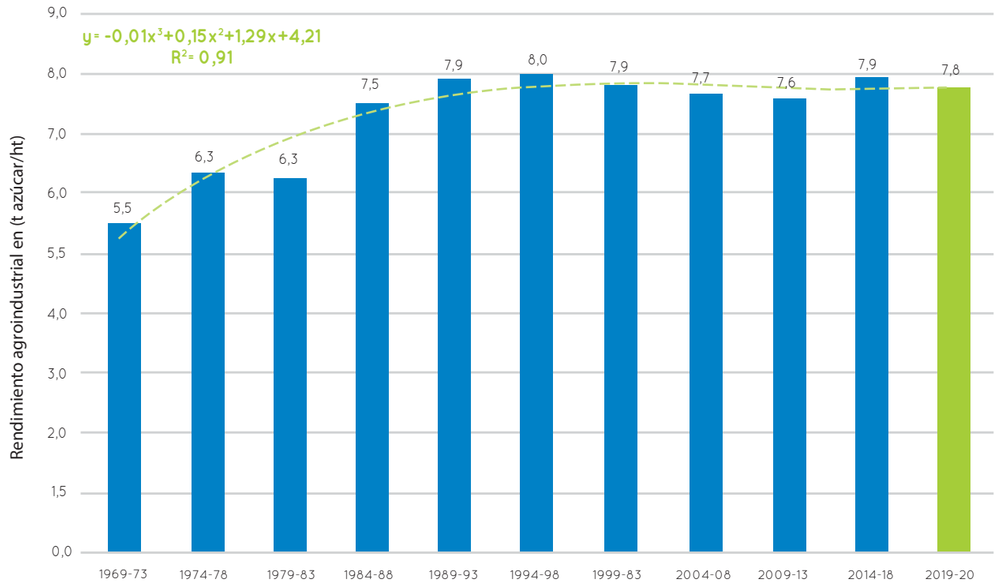


Figura 18

Productividad agroindustrial (t azúcar/ha) en Costa Rica según década.
Periodo 1969-2019. Periodo 1969.2019 (51 años).

Melaza recuperada

Esta variable resulta importante de considerar y comentar por su relación estrecha y directa con el rendimiento industrial, pues la Melaza corresponde a azucares contenidos en los tallos de la planta de caña que no llegaron a cristalizar y convertirse en sacarosa comercial recuperable en la fábrica. Por ello, es factible considerar como norma casi general, que a más Melaza menos sacarosa y viceversa.

Análisis del periodo

A partir del Cuadro 2 y la Figura 19 puede interpretarse lo siguiente, teniendo presente que la evaluación de esta variable se realizó sobre un total de apenas 25 zafras:

- No puede dejar de mencionarse que en la expresión de esta variable intervienen factores múltiples relacionados con la planta (variedad, estado de madurez), el manejo de la plantación (edad de cosecha, fertilización), el clima (lluvia, temperaturas, luz), la floración y hasta el proceso de fabricación del azúcar; todo lo cual introduce elementos importantes de sesgo en el resultado final.

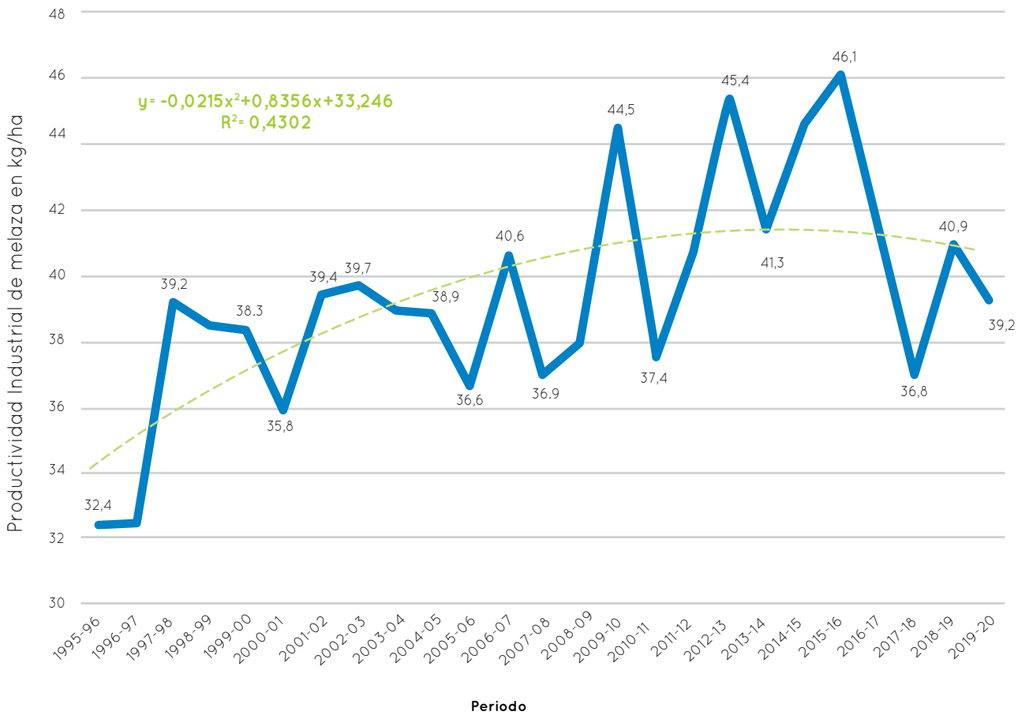


Figura 19

Histórico de la productividad industrial de melaza en kilogramos por tonelada de caña (kg/t) en Costa Rica. Periodo 1995-2019 (24 años).

- No se aprecia en los resultados una tendencia o comportamiento que permita establecer relaciones, vínculos y asociatividad de los contenidos con algún factor en específico, por lo que pareciera que la presencia de Melaza en la planta responde a razones mediáticas, propias y particulares de cada zafra. Esto sugiere que cada periodo es muy particular. Por ello, resulta difícil prever y estimar un resultado.

- Las últimas tres zafras mostraron una reducción importante en el contenido de Melaza al caer de 46,14 kg/t a 39,23 kg/t de caña, lo que representa un -15% (6,91 kg).

- La mayor concentración de Melaza recuperada aconteció en la zafra 2015-16 con un promedio de 46,14 kg/t y la menor en el periodo 1995-96 con 32,40 kg/t; lo que marca una significativa diferencia de 13,74 kg/t para un extraordinario y muy significativo 42,4%. El promedio de las 25 zafras evaluadas fue de 39,36 kg de Melaza/t de caña molida.

- No cabe duda que esta variable virtud de su importancia, valor económico y comercial como derivado obligado del proceso de fabricar azúcar a partir de caña, justifica estudios más profundos para conocer las razones de su elevada variabilidad. El efecto regional y geográfico es indudablemente determinante en este resultado diferencial. Aseguran Chaves y Bermúdez (1999b) al analizar la variable, que *"Es notoria la desuniformidad productiva entre zafras aun dentro de una misma región, debido a la variabilidad e influencia de los factores citados anteriormente."; esto en referencia directa al "clima, variedad sembrada, eficiencia técnica del proceso industrial, madurez de la materia prima y grado de agotamiento de las mieles."*

Análisis por década

El Cuadro 4 revela a partir de su contenido lo siguiente:

- El agrupamiento por décadas atenúa y oculta las diferencias que existen entre zafras, razón por la cual cualquier interpretación debe ser muy prudente y cuidadosa, virtud de mostrar por efectos de cálculo una cuestionable, aparente e inexistente estabilidad. Este factor hace que las diferencias verificadas entre las medias decanales se aminoren, compensen y sean bajas.

- Se comprueba la existencia de un incremento lineal en el contenido de Melaza hasta alcanzar su máximo en la década 2009-18 con un razonable promedio de 41,92 kg/t.

- Bajo este criterio y cobertura de análisis las diferencias son bajas, ubicando el resultado de la última zafra de 39,23 kg/t en línea y concordancia con el resto de valores.

Análisis por quinquenio

El Cuadro 5 resume y organiza los valores de Melaza por grupos de cinco años, los que indican que:

- Al igual que sucedió con el resto de variables evaluadas, pareciera que este criterio es muy conveniente para identificar y establecer efectos y hacer inferencias más ajustadas a los cambios sucedidos en el tiempo; se considera por ello un buen criterio de análisis.

- La desagregación de los datos no favorece ni permite ubicar y destacar las diferencias evidenciadas y mostradas en el Cuadro 2 y la Figura 19; pese a lo cual, aporta mejor información que el análisis por décadas.

- El periodo 2009-18 es el que mayor concentración de Melaza muestra con un promedio de 41,92 kg/t, sin marcar mucha diferencia en relación a los otros grupos. La más baja es reportada en la zafra 2019-20 con 9,29 kg/t.

Relación Caña / Azúcar

Este importante indicador de calidad agroindustrial, pese a no medirse directamente, pues se obtiene por cálculo matemático, resulta de enorme relevancia e interés por la información que aporta y las inferencias que es posible derivar de su medición. Se obtiene estableciendo la relación aritmética entre las variables de caña procesada entre el azúcar fabricado a partir de la misma, medidas y expresadas en toneladas métricas. El indicador es adimensional (t/t) por lo que puede aplicarse e inferir sobre aspectos de calidad de la materia prima y la relación económica implicada. Su uso es muy importante para los fines pretendidos por *el presente documento. Según Chaves (1999h), "Cañas ricas en sacarosa generan relaciones bajas, que implican un menor costo económico y de tiempo por concepto de corta, carga, transporte y procesamiento de la materia prima, así como de fabricación del azúcar en el ingenio."*

Análisis del periodo

El Cuadro 2 y la Figura 20 muestran el resultado del coeficiente logrado por las 51 zafras, a partir de lo cual se establece, que:

- Lo deseable y esperable es que el valor del coeficiente sea bajo, revelando con ello que es factible fabricar en el ingenio una tonelada métrica de azúcar empleando menos cantidad de materia prima. Dicho resultado es viable teniendo materia prima con alta concentración de sacarosa.

- Partiendo de esa premisa, se observa en la Figura 20, como los valores del indicador bajan con las zafras sucesivas; esto, como consecuencia de contar con una caña de mejor calidad industrial por su riqueza y mayor contenido de sacarosa.

- En lo específico la relación caña/azúcar más alta se alcanzó en la zafra 1979-80 con 11,89 y la más baja en la 1995-96 con un índice excepcional y extraordinario de 8,03. El promedio de todo el periodo fue de 9,91, lo que pragmáticamente significa que es necesario moler 9,91 toneladas de caña para fabricar una tonelada de azúcar.

- En los últimos 10 años el valor promedio de la relación es de 9,46 por lo que el índice de la zafra más reciente de 9,29 es muy satisfactorio; aunque aún puede mejorarse mucho.

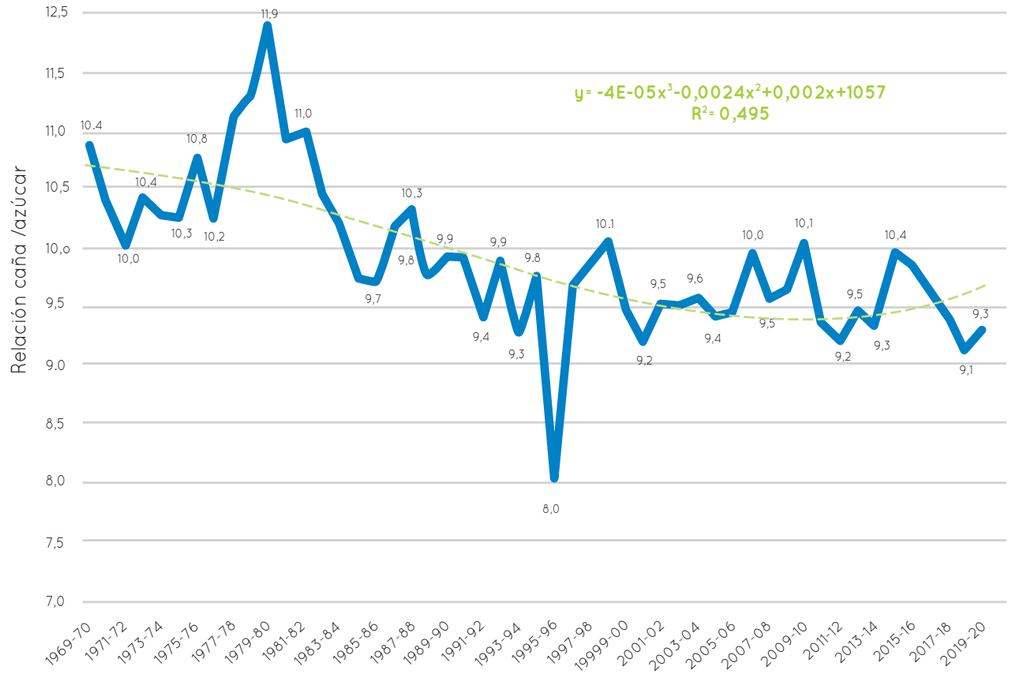


Figura 20

Comportamiento histórico de la relación caña/azúcar en Costa Rica. Periodo 1969-2019.

- La inferencia económica del resultado aplica en el mismo sentido y magnitud, por lo que un valor bajo en el coeficiente resulta incuestionablemente más rentable que otro alto, por cuanto tiene que cortarse, cargarse, transportarse y molerse menos caña para fabricar la misma cantidad de azúcar en el ingenio.

- Asegura Chaves (1999h) al respecto, que *"Se estima conveniente que todas las regiones debieran mantener una relación inferior a 9,5 que mejore la tasa de retorno marginal y con ello la rentabilidad." Con base en las mejoras actuales ese valor no debiera superar un índice de 9,0.*

Análisis por década

El Cuadro 4 expone los resultados del análisis agrupado por series de 10 años, a partir de lo cual se concluye que:

- Como ninguna otra variable, se confirma una reducción lineal, sistemática y continua en las cinco décadas, coronada con un valor bajo en la zafra última y más reciente.

- El coeficiente pasa de 10,56 a 9,29 para un diferencial de 1,27 unidades correspondiente a -12,03%; *lo cual resulta altamente significativo y de consecuencias económicas muy positivas y favorables.*

- En las últimas tres décadas la reducción observada ha sido relativamente baja.

Análisis por quinquenio

Buscando contar con un mejor referenciación de lo acontecido en las 51 zafras con este indicador de calidad, se presenta en el Cuadro 5 la organización grupal por quinquenios, a partir de lo cual se infiere que:

- Hay una marcada y notoria reducción del coeficiente en el tiempo, pasando por varios periodos diferenciados de leves incrementos, lo que denota el esfuerzo realizado por muchos años por procurar mejorar la calidad de la materia prima procesada, y la eficiencia de proceso en los ingenios.

- Durante los tres primeros quinquenios, del 1969-73 al 1979-83, el valor de la relación fue enteramente incremental, mostrando una materia prima deficiente con baja concentración de sacarosa y un desmejoramiento en el tiempo.

- A partir del periodo 1979-83 la sacarosa contenida en las cañas molidas se aumenta significativamente, con la consecuente disminución del coeficiente de la relación. Las notables mejoras incorporadas con la adopción del **Sistema Directo de Compra de la Caña por su Calidad** a inicios de los años 80, sirvieron al mejoramiento integral y sustantivo de la calidad de la materia prima producida, entregada y procesada (Chaves *et al* 2018).

- El índice más alto de 10,89 se alcanzó en el quinquenio 1979-83 y el más bajo en la zafra más reciente 2019-20 con 9,29, para una diferencia de 1,60 unidades. Ese valor interpretado comercialmente corresponde a tener que moler 1,60 toneladas menos de materia prima para fabricar la misma tonelada de azúcar, lo que técnica, administrativa y económicamente es muy significativo.

- Vale reiterar y reseñar que ese logro se da fundamentalmente por dos vías: 1) contar con variedades de mayor concentración de sacarosa y 2) desarrollar un proceso fabril definitivamente más eficiente en su fase de extracción y elaboración.

Otros indicadores

Como se anotó al inicio, el estudio hizo empleo de otros indicadores estadísticos apropiados para cumplir y satisfacer los objetivos originalmente planteados, como se describe seguidamente.

Percentiles

Los percentiles pueden concebirse e interpretarse como una medida de posición de una muestra o población de datos, usada ampliamente en estadística, que ubica de 0 a 100 el valor fraccional o segmento deseado de la variable, por debajo del cual se encuentra un determinado porcentaje definido por conveniencia e interés particular; en contrario, consecuentemente ubica también el valor superior correspondiente.

En el Cuadro 6 se presentan los datos correspondientes a la estimación de siete Percentiles considerados de interés estratégico en el presente estudio, para ubicar y referenciar con diferente grado de rigidez y probabilidad, la información de las 51 zafras evaluadas (Cuadro 2). La interpretación de los valores es como sigue: el **Percentil 50** (corresponde a la Mediana) indica por ejemplo en el caso del rendimiento agrícola, que el 50% de los valores está por debajo de 73,10 t/ha y el 50% restante sobre él, por lo que divide la población de datos en dos segmentos iguales. En el caso del **Percentil 90**, el 10% de los valores de las zafras se encuentra sobre una productividad de 79,78 t/ha; y el 90% restante por debajo de ese rendimiento.

Para el caso de la Productividad Agroindustrial medida por las toneladas de azúcar obtenidas por hectárea, se tiene para los mismos Percentiles valores de 7,65 t/ha y 8,11 t/ha, respectivamente. Dicho de otra forma, solo en el 10% de los casos existe la probabilidad de encontrar una productividad superior a 8,11 t de azúcar/ha, por lo que en el 90% de las zafras futuras posiblemente será inferior. En variables de producción, se estima que en el 95% de los casos es posible que una zafra próxima se ubique debajo de las 4.370.174 toneladas de caña molida y las 455.273,7 toneladas de azúcar fabricada; en contrario, excepcionalmente solo el 10% de las mismas estaría sobre esos valores. Iguales interpretaciones pueden establecerse para las 11 variables estudiadas y siete Percentiles estimados y expuestos en el Cuadro 6.

Como se infiere de lo anterior, dicho estimador estadístico resulta estratégico e indispensable para ubicar, basados en antecedentes reales de 51 zafras, con qué nivel de probabilidad es posible encontrar a futuro una producción o grado de productividad específico. Para fines de planificación y proyección de expectativas el indicador resulta fundamental y muy valioso.

Intervalos de confianza (IC)

Como anotaran Chaves et al (2018) en torno a este indicador, *"Los Intervalos de Confianza son importantes instrumentos estadísticos empleados con el objeto de ubicar y contextualizar probabilísticamente los valores agroindustriales en el presente caso analizados, en un ámbito estadísticamente predeterminado."*

En lo correspondiente, un Intervalo de Confianza puede definirse como un rango o ámbito de valores, denominado intervalo, calculado en una muestra o población de datos dentro del cual se ubica, encuentra o espera encontrar el verdadero valor del parámetro estudiado. En el presente caso aplica para las variables específicas de interés (área sembrada y cosechada, caña molida, azúcar fabricada, rendimientos agrícola, industrial y agroindustrial, rendimiento de miel final y la relación caña/azúcar), con una probabilidad *matemática*

conocida y predeterminada en 80% y 90%. Se fijaron esos dos niveles de probabilidad, conocedores del alto grado de variabilidad existe en la serie de datos analizada, lo cual volvía poco pragmático y razonable emplear grados más elevados y estrictos.

En lo teórico se espera que la probabilidad del parámetro deseado ubicar de la población de datos (51 zafras) de cada variable estudiada, se localice o no en algún lugar dentro del intervalo estimado y conocido; el cual puede sin embargo quedar por excepción fuera, sea arriba del límite superior o por debajo del límite inferior, lo que genera consecuentemente una interpretación muy diferente. En su determinación se ubican y anotan los límites extremos (superior-inferior) del intervalo, en el cual se estima que se encontrará un valor desconocido X, con una determinada probabilidad potencial (en este caso 80% y 90%) de acierto. El nivel de confianza y la amplitud o ámbito del intervalo varían conjuntamente, de manera que un intervalo amplio de valores (ej. 90%) tendrá más probabilidad de acierto (mayor nivel de confianza); mientras que un intervalo más corto y cerrado (ej. 80%), que ofrece una estimación menos precisa, aumenta colateralmente la probabilidad de error al aceptar un 80%. Este indicador permite conocer si un valor puede calificarse como normal o excepcional para un ámbito o intervalo de valores conocido, a una probabilidad conocida.

Con relación a la información anotada en el Cuadro 7 para las 11 variables y las probabilidades del 80 y 90%, puede señalarse lo siguiente:

1) Para una misma variable, el ámbito o tamaño definido por los límites inferior y superior del Intervalo, varía de acuerdo con la probabilidad matemática empleada, ej. 80 y 90%.

2) Conforme el grado de probabilidad aplicado es mayor (ej. 90%) la magnitud y amplitud del Intervalo (ámbito) se amplía generando menos riesgo de error, y con ello, más confianza de encontrar el valor deseado (verdadero) dentro del mismo. Esta razón provoca que los ámbitos sean mayores en la probabilidad más alta.

3) Un valor incluido en un IC con probabilidad del 90%, por ejemplo, significa que, en condiciones similares, si se realizaran 100 lecturas (zafras) adicionales, cabe la probabilidad y confianza de que en el 90% de las mismas el nuevo valor buscado este ubicado en el ámbito de dicho intervalo.

4) La aplicación del instrumento estadístico permite determinar, como se indicó, la excepcionalidad de ocurrencia de un determinado evento, zafra en nuestro caso, sea por alta o baja incidencia, presencia o impacto. Como ejemplo teórico puede mencionarse el caso de lecturas promedio de Rendimiento en Azúcar variables en tres zafras diferentes, correspondientes a 6, 7 y 14 toneladas de azúcar por hectárea. Al ubicar e interpretar probabilísticamente las mismas dentro de los IC anotados en el Cuadro 7 para esa variable en las 51 zafras realizadas y evaluadas; encontramos que su ubicación varía respecto a cada probabilidad de acuerdo con su valor. La lectura de 6 t no cabe en ningún IC y es menor al límite inferior de las dos probabilidades estimadas, lo que revela ser un valor excepcional (negativo) que no es posible esperar ni siquiera en el 90% de los casos, salvo una excepción; igual acontece con la lectura de 14 toneladas, pues en este caso excede todos los límites superiores indiferentemente de la probabilidad aplicada, aún al 90%, como expresión de su excepcionalidad, aunque en este caso es positiva y muy deseable. En cambio, la lectura de 7 toneladas si está considerada en ambos niveles de probabilidad por lo que es de ocurrencia potencialmente esperable. Igual aplica para las otras variables.

5) Como se infiere y concluye a partir de los datos incluidos, es más fácil y hay mayor probabilidad en obtener un determinado valor en un ámbito (intervalo) más amplio (mayor grado de probabilidad) reduciendo con ello el grado de sesgo y error.

6) El empleo de los IC de manera genérica e indiscriminada con valores promedio nacionales requiere prudencia en su aplicación

e interpretación, pues puede generar conclusiones inconvenientes si se extrapola, reduce y aplica a casos locales y regionales. Podría concluirse equivocadamente, por ejemplo, que los rendimientos industriales de azúcar (kg/t) de una determinada zona productora de caña son excepcionales (positivos o negativos). Por dicha razón, los IC deben interpretarse de acuerdo con el origen de su información y donde esta fue específicamente generada; motivo por el cual, en el presente caso los IC tienen cobertura y proyección nacional, no regional y menos local, por lo que extrapolar valores regionales puede resultar sesgado y erróneo. Cada cosa en su contexto dicta la sensatez.

7) Los IC expuestos resultan de gran valor utilitario virtud de provenir de un periodo de tiempo amplio y muy representativo (51 zafras), lo que favorece realizar proyecciones y estimaciones nacionales (no regionales) con fuerte respaldo estadístico.

8) Siendo pragmáticos, puede esperarse con un 90% de probabilidad estadística que la cantidad de azúcar fabricado en el país en la zafra 2020-2021 actualmente en desarrollo y aún no concluida, se ubique entre 288.872,8 y 335.018,2 toneladas, para un ámbito de 46.145,4 toneladas. Por esto, valores menores o mayores a ese intervalo resultan excepcionales y poco esperables (apenas un 10% de probabilidad). El tiempo dirá una vez finalizada la zafra si la inferencia se cumple o no.

Tendencias y ecuaciones de regresión

Con el objeto de conocer y modelar matemáticamente el comportamiento de las 11 variables agroindustriales evaluadas, delineado su recorrido y posible trayectoria en el tiempo, se diseñaron sus líneas de tendencia de mejor ajuste empleando un modelo polinomial, para lo cual se procedió con la graficación del promedio de las mismas. El modelo polinomial se determinó en tres grados: lineal (primer grado), cuadrático (segundo grado) y cubico (tercer grado).

En el Cuadro 8 se expone el resultado de dicho ejercicio de cálculo. Adicionalmente se incluyó como punto referencial el promedio nacional de cada variable al cual se le estimó su respectiva curva y ecuación de regresión de mejor ajuste, proyectada por el modelo polinómico, definido por su Coeficiente de Determinación (R^2).

El resultado demuestra como dichas variables son muy dinámicas, heterogéneas, volátiles, inestables y hasta erráticas en algunos casos, por lo cual se han movilizado en el tiempo, evidenciando caídas y crecimientos en magnitud variable sin mostrar muchas veces una tendencia clara y consistente. El resultado conduce a interpretar que es más común y esperable la inestabilidad y el cambio con altibajos, que el crecimiento permanente y consistente. Los modelos matemáticos de mejor ajuste mostrados en el Cuadro 8, permiten proyectar con alguna certeza y también algo de sesgo la "tendencia" de las variables estudiadas.

Expectativas futuras

La valoración y proyección sensata, razonable, incondicional y sin preconceptos del sector azucarero costarricense, basada en hechos y partiendo del resultado objetivo y real mostrado por las variables agroindustriales que componen y conforman estructuralmente la organización (Cuadro 1); no vaticina la verdad cambios importantes en el corto tiempo (3-4 años) que auguren incrementos y mejoras sustantivas en términos de producción y productividad nacional. Por el contrario, pareciera que resulta probabilísticamente válido, esperar que continúen los comportamientos erráticos, disímiles y poco consistentes en las principales variables que determinan las tendencias nacionales, como son: área sembrada y cosechada (ha), productividad agrícola y agroindustrial (t/ha), concentración de sacarosa (kg/t), toneladas de caña procesada y azúcar fabricada y, melaza recuperada (kg/t). Dicho comportamiento se reflejará a nivel regional con crecimientos y reducciones localizadas de magnitud diferente y diferenciada, lo que hará crecer a unas mientras otras se deprimen impactando los totales y promedios nacionales.

El resultado productivo esperado para la zafra 2020-21 con base en las estimaciones y proyecciones expuestas anteriormente, no es lamentablemente el mejor. El tiempo comprobará la certeza de lo aquí aseverado. Oportunamente, desde diciembre del 2020, Chaves (2021) externó y puntualizó las posibles razones y circunstancias que caracterizaban y envolvían el posible resultado de la zafra 2020-2021, la cual se encontraba en ese momento apenas en ciernes. Hay factores de naturaleza biótica y abiótica que intervienen de manera importante y decisiva en el comportamiento de la planta de caña de azúcar y, en el deseo y motivación de los agricultores por invertir y aprovechar la valiosa tecnología productiva disponible en el país para su empleo. Como se anotó, la existencia de factores climáticos, ambientales, fitosanitarios, edáficos y económicos vinculados con los costos involucrados y precios pagados por el azúcar, entre otros, tienen fuerte incidencia en estas tendencias reduccionistas (Chaves *et al* 2019). Se reitera lo ya indicado, respecto a que el presente estudio solo pretende mostrar y analizar antecedentes y comportamientos de las últimas 51 zafras, no encontrar las razones o motivos que provocaron o indujeron los mismos.

Conclusión

La valoración y el análisis de los principales 11 indicadores oficiales de producción y productividad que conforman y dan contenido a la agroindustria cañero-azucarera costarricense, empleando instrumentos matemáticos y estadísticos, permiten interpretar con buena aproximación lo acontecido durante los últimos 51 años transcurridos entre las zafras 1969-70 y 2019-20. El estudio es pionero y único en sus alcances, pues no hay antecedentes recientes similares sobre la materia.

Se infiere y concluye a partir de dicho análisis, que: 1) prevalece una enorme heterogeneidad, variabilidad y volatilidad entre zafras en todas las 11 variables medidas; 2) en los primeros años se evidencia una mejora y crecimiento importante que luego se estabiliza y hasta decae de manera significativa en algunos casos; 3) no se observan tendencias claras y consistentes en el tiempo, sino fuertes y cambiantes altibajos aún en periodos cortos, que marcan una disposición sigmoideal de los resultados; 4) la organización y agrupamiento de los datos por quinquenio (no así por décadas) para su correspondiente análisis, resultó muy apropiado para ubicar y examinar los cambios acontecidos en determinados periodos de tiempo; 5) la valoración y empleo de series largas de tiempo como la utilizada en el presente caso (51 zafras), resulta de interés apenas para conocer tendencias, juzgar e interpretar cambios, pero no para tomar decisiones mediáticas y estratégicas, lo que sugiere y recomienda el empleo de series de tiempo más cortas (<10 zafras), donde los efectos y causas inductoras sean recientes y de mayor actualidad; 6) algunas variables son resultado y consecuencia de otras, motivo por el cual se debe incidir sobre las principales si se desea inducir y provocar cambios agroindustriales importantes; 7) bajo esa premisa el área sembrada y cosechada (ha), la productividad agrícola (t caña/ha) y el rendimiento industrial (kg azúcar/t), representan sin lugar a dudas los indicadores básicos y principales sobre los que se debe actuar y concentrar esfuerzos institucionales y tecnológicos para inducir cambios positivos, pese a lo cual se reconoce una mejora importante en el último indicador introducida por las nuevas variedades; 8) hechos los análisis y vistos los comportamientos y tendencias, se concluye con muy buena aproximación, que la productividad agrícola (t caña/ha) representa el indicador más deficiente y limitante y donde deben convocarse y concentrarse los mayores esfuerzos institucionales para provocar incrementos sostenibles; 9) la relación caña/azúcar estimada por cálculo matemático constituye un excelente indicador técnico-económico calificador de la calidad industrial y rentabilidad de la materia prima comercial procesada en los ingenios; 10)

está suficientemente demostrado en el país, que sobre la producción y la productividad agroindustrial participan, inciden e influyen de manera determinante y muy significativa, factores diversos de naturaleza biótica (fitosanitaria, variedades, microfauna) y también abiótica (clima, suelos, manejo agronómico, mecánicos, de infraestructura, económicos, institucionales, personales), que determinan su resultado final y 11) se ha constatado y demostrado que la geografía variable, la amplia dispersión territorial del cultivo y la heterogeneidad de las condiciones y los entornos donde se produce la caña destinada a fabricar azúcar en Costa Rica, limitan y restringen practicar generalizaciones, proyecciones y estimaciones con algún grado de certeza y sustento probabilístico, motivo por el cual lo prudente y razonable para minimizar sesgos es que las mismas sean necesariamente de alcance regional y local.

Con fundamento en lo valorado y con el sustento que aportan las válidas herramientas analíticas empleadas en el presente estudio, es factible aseverar que los resultados agroindustriales proyectados con base en los antecedentes conocidos, no auguran lamentablemente cambios, mejoras y crecimientos importantes y sostenibles en el corto plazo en materias de producción y productividad nacional (Chaves 2021). Esto será solo posible, si se provocan los cambios y los ajustes de fondo pertinentes y necesarios, lo cual implica imperativamente bajar costos e incorporar mejores precios de liquidación para motivar, permitir y favorecer el acceso y empleo masivo de la importante tecnología productiva disponible en el país; caso contrario, el sector seguirá hacia la baja con pérdida sistemática y continua de participación y representatividad social en el campo, lo cual atenta sobre toda la institucionalidad y la razón de ser del modelo organizacional vigente. El sector tiene la organización, la experiencia, la capacidad y la tecnología necesarias para provocar el cambio necesario y requerido; corresponde a sus actores proceder.

Literatura citada

Angulo Marchena, A.; Rodríguez, M.; Chaves Solera, M.A. 2020. *Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Guanacaste*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 78 p.

Barrantes Mora, J.C.; Chaves Solera, M.A. 2020. *Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Sur*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 75 p.

Calderón Araya, G.; Chaves Solera, M.A. 2020. *Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Turrialba*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 95 p.

Chaves Solera, M.A. 1993a. *Área cultivada, índices de producción y estimación de costos agrícolas de la caña de azúcar- mayo 1993*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 59 p.

Chaves Solera, M.A. 1993b. *Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcoholera costarricense*. En: Participación de DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. p: 1-116. También en: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Memoria: Sesiones de Actualización y Perspectivas. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen 1. 116 p.

Chaves Solera, M.A. 1995. *Detalle comparativo de las variedades de caña de azúcar cultivadas actualmente en Costa Rica según área y región agrícola*. En: Simposio sobre Mejoramiento Genético de la Caña de Azúcar en Costa Rica, 1, Puntarenas, Costa Rica, 1995. Memorias. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. p: 324-333.

Chaves, M.; Alfaro, R. 1996. *Distribución del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica, según región agrícola y tamaño de la unidad productiva*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, Congreso Nacional de Fitopatología, 3, Congreso Nacional de Suelos, 2, San José, Costa Rica, 1996. Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA, julio. Volumen I. p: 367. También en: Congreso de ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Hotel Sol Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 48.

Chaves, M.; Bermúdez, L. 1996. *Comportamiento de los rendimientos industriales de la agroindustria azucarera costarricense*. Período 1980-1996. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 10, Congreso Nacional de Fitopatología, 3, Congreso Nacional de Suelos, 2, San José, Costa Rica, 1996. Memoria: Agronomía y Recursos Naturales. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, Asociación Costarricense de Fitopatología y Asociación Costarricense de Suelos: EUNED, EUNA, julio. Volumen I. p: 370. También en: Congreso de ATACORI "Cámara de Productores de Caña del Pacífico", 10, Hotel Sol Playa Hermosa, Guanacaste, Costa Rica, 1996. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 41.

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.; Bermúdez Acuña, L. 1997a. *Análisis final del resultado agroindustrial de la zafra 1996-97 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: 97-111.

Chaves Solera, M.; Bermúdez Acuña, L. 1997b. *Comentarios sobre el resultado de la Zafra 1996-97*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 38 p.

Chaves Solera, M.; Bermúdez Acuña, L. 1998. *Zafra 1997-1998: récord histórico de producción de caña y azúcar en Costa Rica*. En: Congreso de ATACORI "Álvaro Chavarría P.", 12, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1998. Memoria. San José, ATACORI, setiembre. p: 69-78.

Chaves Solera, M.; Calderón A., G.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Chavarría S., E.; Rodríguez F., J.M. 1998a. *Área cultivada y rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Costa Rica*. En: Congreso de ATACORI "Álvaro Chavarría P.", 12, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1998. Memoria. San José, ATACORI, setiembre. p: 78-83.

Chaves Solera, M.; Calderón A., G.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Chavarría S., E.; Rodríguez F., J.M. 1998b. *Estimación del área cultivada con caña de azúcar en Costa Rica y determinación del índice de rendimiento agrícola, según región y rango de entrega de materia prima al ingenio*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 189 p.

Chaves Solera, M.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Rodríguez F., J.M.; Villalobos M., C.; Barrantes M., J.C.; Angulo M., A.; Calderón A., G. 1998c. *Variedades de Caña de Azúcar (Saccharum* spp*) Cultivadas Comercialmente en Costa Rica* Durante 1998. En: Congreso de ATACORI "Álvaro Chavarría P.", 12, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 1998. Memoria. San José, ATACORI. p: 83-87.

Chaves, M. 1999a. *Competitividad agroindustrial del azúcar costarricense en el entorno internacional*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Aspectos Sociales, Económicos y Políticos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen I. p: 501. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 211.

Chaves, M. 1999b. *Índices de productividad de la agroindustria azucarera centroamericana: posicionamiento de Costa Rica*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Aspectos Sociales, Económicos y Políticos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen I. p: 499. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 212.

Chaves, M. 1999c. *Índices de producción y productividad de la agroindustria azucarera costarricense: una visión en retrospectiva*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 321-322. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 213-214.

Chaves, M. 1999d. *Caracterización estadística de los índices de producción y rendimiento agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1970-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 317-318. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 215-216.

Chaves, M. 1999e. *Evolución del área sembrada y cosechada con caña para la fabricación de azúcar en Costa Rica, durante período 1969-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 315. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 222.

Chaves, M. 1999f. *Evolución de los rendimientos agrícolas de la caña de azúcar en Costa Rica, durante el período 1969-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 316. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 223.

Chaves, M. 1999g. *Grado de productividad agroindustrial del azúcar costarricense durante el período 1969-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 320. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 225.

Chaves, M. 1999h. *Uso de la relación caña/azúcar como determinante de la eficiencia técnico-económica en la agroindustria azucarera costarricense*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 325. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 226.

Chaves, M. 1999i. *Productividad agrícola de la caña de azúcar en 21 cantones de Costa Rica durante 1997*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 319. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 227.

Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999a. *Producción de caña para la fabricación de azúcar en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1980-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 326. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 217.

Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999b. *Producción de miel final en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1986-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Recursos Naturales y Producción Animal. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 424. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 219.

Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999c. *Fabricación de azúcar de caña en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1987-1998*. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: Manejo de Cultivos. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 323. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 218.

Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999a. *Caracterización de la materia prima comercial de caña de azúcar en Costa Rica, respecto a sus componentes polarización y contenido de fibra.* En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. p: 245.

Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999b. *Concentración de sacarosa en las entregas comerciales de caña de azúcar en Costa Rica, según región agrícola.* Período 1980-1998. En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. p: 224.

Chaves Solera, M.; Rodríguez R., M.; Villalobos M., C.; Angulo M., A.; Calderón A., G.; Alfaro P., R.; Rodríguez F., J.M.; Barrantes M., J.C. 2001a. *Censo de Variedades de Caña de Azúcar de Costa Rica Año 2000*. San José, Costa Rica, LAICA - DIECA, marzo. 87 p.

Chaves S., M.; Barrantes M., J.C.; Villalobos M., C.; Angulo M., A.; Rodríguez R., M.; Calderón A., G.; Rodríguez F., J.M.; Alfaro P., R. 2001b. *Estimación del área sembrada con caña de azúcar en Costa Rica durante el año 2000, según región productora*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 126 p.

Chaves Solera, M.; Rodríguez F., J.M.; Barrantes M., J.C., Calderón A., G. 2002. *Determinación del grado de variabilidad industrial en Costa Rica, verificado mediante el muestreo de materia prima comercial de caña de azúcar.* San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. 26 p.

Chaves Solera, M.A.; Rodríguez R., M.; Alfaro P., R.; Villalobos M., C.; Angulo M., A.; Barrantes M., J.C.; Calderón A., G.; Rodríguez F., J.M. 2004. *Censo de Variedades de Caña de Azúcar Sembradas en Costa Rica Año 2003*. San José, Costa Rica, LAICA-DIECA, setiembre. 126 p.

Chaves Solera, M. 2006. *Comportamiento del sector azucarero costarricense durante el periodo 2000/2005.* En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 16, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 16. Heredia, Costa Rica, 2006. Memoria 2006. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo I. p: 3-14. También en: San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, enero. 16 p.

Chaves Solera, M. 2008a. *Variabilidad productiva agroindustrial en el sector azucarero costarricense: un análisis estadístico de antecedentes.* En: Seminario "Estimación y Proyección Productiva en la Agroindustria Azucarera", San José, Costa Rica. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), LAICA y Colegio de Ingenieros Agrónomos, 9 de octubre del 2008. 94 p.

Chaves Solera, M. 2008b. *Reducción productiva zafra 2007-2008: un análisis y valoración de impacto y posibles causas.* Miramar, Puntarenas, Costa Rica. LAICA-DIECA, junio. Presentación Electrónica en Power Point. 86 Láminas.

Chaves S., M.; Rodríguez R., M.; Angulo M., A.; Villalobos M., C.; Bolaños P., J; Barrantes M., J.C.; Araya V., A.; Calderón A., G. 2008. *Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica*. Año 2007. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 143 p.

Chaves Solera, M. 2010. *Comentarios al Informe "Desarrollo histórico del sector agroindustrial de la caña de azúcar en el Siglo XX: aspectos económicos, institucionales y tecnológicos"*. Documento formulado por el Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas (IICE) de la Universidad de Costa Rica (UCR). Escuela de Economía, UCR, San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 41 Láminas.

Bermúdez Acuña, L.A.; Chaves Solera, M.A. 2011. *Resultado agroindustrial de la zafra 2010-2011.* 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. Presentación Electrónica en Power Point. 54 Láminas.

Chaves S., M.; Barrantes M., J.C.; Bolaños P., J.; Angulo M., A.; Rodríguez R., M.; Villalobos M., C.; Calderón A., G.; Araya V., A. 2011. *Censo de variedades de caña de azúcar de Costa Rica año 2010*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 90 p.

Bermúdez Acuña, L.A.; Chaves Solera, M.A. 2012. *Comentarios resultados finales de la zafra 2011-2012*. Boletín Informativo "Conexión", Número 6, enero-agosto 2012, LAICA, San José, Costa Rica. p: 1-17.

Bermúdez Acuña, L.A.; Chaves Solera, M.A. 2013. *Resultados agroindustriales finales de la zafra 2012-2013*. En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20, "MSc Marco A. Chaves Solera". Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 11-13 de setiembre. Tomo I. p: 87-103. También en: Boletín Informativo "Conexión", Número 7, enero-agosto 2013, LAICA, San José, Costa Rica. p: 3-30.

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.; Chavarría Soto, E. 2013. *¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica?* En: Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20, "MSc Marco A. Chaves Solera". Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 11-13 de setiembre. Tomo I. p: 179-203.

Bermúdez Acuña, L.A.; Chaves Solera, M.A. 2014. *Resultados agroindustriales finales de la zafra 2013-2014*. Boletín Informativo "Conexión", Número 8, enero-agosto 2014, LAICA, San José, Costa Rica. p: 3-50.

Chaves Solera, M. 2014a. *Entorno comercial regional y competitividad azucarera costarricense.* San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 50 Láminas.

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.; Bermúdez Acuña, L. 2014. *Medición del grado de variación verificado en la concentración de sacarosa recuperada en las entregas comerciales de caña de azúcar, en la región norte de Costa Rica*. PRIMERA EVALUACIÓN. Año 2014. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 167 p. También en: Presentación Electrónica en Power Point. 104 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.; Bermúdez Acuña, L. 2015. *Medición del grado de variación verificado en la concentración de sacarosa recuperada en las entregas comerciales de caña de azúcar, en la región norte de Costa Rica*. SEGUNDA EVALUACIÓN. Año 2015. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 128 p. También en: Presentación Electrónica en Power Point. 62 Láminas.

Chaves Solera, M.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D. 2015. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2014-2015*. Boletín Informativo "Conexión", Número 9, enero-diciembre 2015, LAICA, San José, Costa Rica. 31 p.

Chaves Solera, M.A.; Angulo Marchena, A.; Rodríguez Rodriguez, M.; Bolaños Porras, J.; Araya Vindas, A.; Barrantes Mora, J.C.; Calderón Araya, G., Villalobos Méndez, C. 2015. *Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica*. Año 2013. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo.

Chaves Solera, M.A. 2016. *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.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D. 2016. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2015-2016*. Boletín Informativo "Conexión", Número 10, enero-diciembre 2016, LAICA, San José, Costa Rica. 40 p.

Chaves Solera, M.A. 2017a. *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. 2017b. *La Caña de Azúcar en el Censo Nacional Agropecuario Costarricense Año 2014: presentación de resultados*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, marzo. 41 p.

Chaves Solera, M.A. 2017c. *¿Dónde se produce territorialmente la caña con que se fabrica el azúcar en Costa Rica?* Revista Entre Cañeros N° 8. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, marzo. p: 6-26.

Chaves Solera, M.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D. 2018. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2016-2017*. Boletín Informativo "Conexión", Número 11, enero. LAICA. San José, Costa Rica. 48 p.

Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. *Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Periodo 2004-2016 (13 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.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D. 2019. *Análisis de resultados agroindustriales finales de la zafra 2017-2018*. Boletín Informativo "Conexión", Número 12, marzo. LAICA. San José, Costa Rica. 69 p.

Chaves Solera, M.A. 2019a. *Resultado final de la Zafra 2018-2019: un periodo agroindustrial con grandes diferencias y contrastes*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre. 73 p.

Chaves Solera, M.A. 2019b. *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.

Chaves Solera, M.A. 2019c. *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. En: Seminario Internacional: Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.

Chaves Solera, M.A. 2019d. *Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.

Chaves Solera, M.A. 2019e. *Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.

Chaves Solera, M.A.; Bolaños Porras, J.; Barrantes Mora, J.C.; Calderón Araya, G.; Rodríguez Rodríguez, M.; Angulo Marchena, M.; Barquero Madrigal, E. 2019. *Problemas y limitantes del productor de caña de azúcar en Costa Rica: opinión del agricultor*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. 122 p.

Chaves Solera, M.; 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. 2020a. *Sector azucarero: Congratulaciones 80 años de vida institucional.* Boletín Germinar N° 35-2020. Órgano Informativo Oficial del Colegio de Ingenieros Agrónomos de Costa Rica, setiembre. p: 1.

Chaves Solera, M.A. 2020b. *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.; Barquero Madrigal, E. 2020. *Guía Técnica. Cultivo Caña de Azúcar. Región: Zona Norte.* San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, diciembre.

Chaves Solera, M.A. 2021. *Zafra 2020/21: inicia una nueva cosecha de caña de azúcar ¿Qué esperar?* Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(1): 6-16, enero.

LAICA. 1998. *LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 del 22 de Setiembre de 1998.* San José, Costa Rica, LAICA. 117 p.

LAICA. 2000. *DECRETO N° 28665 - MAG*. REGLAMENTO EJECUTIVO DE LA LEY ORGÁNICA DE LA AGRICULTURA E INDUSTRIA DE LA CAÑA DE AZÚCAR N° 7818 de 2 de setiembre de 1998. Dado en la Presidencia de la República. San José, a los veintisiete días del mes de abril del año dos mil. 140 p.

Vargas M, N.R. 1986. *Encuesta Sobre Aspectos Básicos de la Agroindustria de la Caña de Azúcar en Costa Rica*. Resultados Obtenidos. San José; Costa Rica. DIECA. 51p.

Sabe a lo que nunca has probado

Nuevas bebidas instantáneas

Bajo en calorías

Con extracto de Stevia

Descubrí tu sabor