



**LIGA AGRÍCOLA INDUSTRIAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR – LAICA-
DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y EXTENSIÓN
DE LA CAÑA DE AZÚCAR -DIECA-**

**CONDICIONES QUE CARACTERIZAN LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS DE
CAÑA DE AZUCAR EN LA ZONA NORTE DEL PAÍS (SAN CARLOS Y LOS
CHILES) E INCIDEN EN EL DESARROLLO DE NUEVAS VARIEDADES**



**Jose Eduardo Vargas Miranda
José Roberto Durán Alfaro
Elberth Barquero Madrigal
Roberto Alfaro Portuguez
Juan Pablo Carvajal Alfaro**

**Grecia, Costa Rica
Noviembre 2020**

INTRODUCCIÓN

En la producción agrícola en general, existirá siempre una serie de factores involucrados en la producción. Algunos de ellos pueden ser controlados por el hombre como es el caso de la nutrición, la cual puede ser suplementada al cultivo mediante el uso de enmiendas calcáreas, abonos orgánicos y verdes y fertilizantes químicos; otros, pueden ser difíciles de controlar, por ejemplo la temperatura, precipitación y la luminosidad (Tirado 2018).

Bajo un enfoque socio productivo, debe además reconocerse los factores antrópicos como parte importante del entorno (Andrade Pérez y Navarrete 2004), el cual permite dar respuesta a preguntas medulares en el desarrollo de la agroindustria azucarera, como por ejemplo las condiciones bajo las cuales ingenios y productores disponen del recurso humano para planificar y ejecutar labores agrícolas, los incentivos, oportunidades y limitantes existentes en el entorno social y productivo, así como el impacto generado.

Todas estas particularidades relacionadas con factores de diversa índole, hacen también de la Zona Norte una unidad productiva muy singular. Para desarrollar esta temática se requiere el aprovechamiento de información productiva generada por los ensayos de investigación de variedades, los cuales cuentan además con registros climatológicos y análisis de suelos, estudios emitidos por el gobierno local e información suministrada por productores e ingenios en el manejo de los ensayos y plantaciones comerciales. Generando así una perspectiva integral sobre las condiciones en las que se desarrolla el mejoramiento genético y la producción azucarera de la Zona Norte.

OBJETIVO

Analizar las principales condiciones del entorno que caracterizan el desarrollo productivo de la Zona Cañera Norte del país e inciden en el desarrollo de nuevas variedades comerciales

METODOLOGÍA

Interacción humano- ambiente

Uno de los factores más importantes e influyentes dentro del proceso productivo e investigativo, es indudablemente el humano. Cuenta con características que lo diferencian de los otros factores productivos ya que la preparación, experiencia y destrezas son parte de un patrimonio personal. Pero a su vez, la expresión se encuentra condicionada, por una serie de factores relacionados con el entorno (Alfaro 2012).

Por lo tanto, para comprender mejor el modo en que el hombre influye en los sistemas productivos, fue necesario conocer en primera instancia las características de entorno social y productivo bajo el cual desarrolla la actividad, siendo en este caso las regiones de

influencia del Ingenio Cutris en el cantón de San Carlos, El Amparo y distrito Los Chiles, pertenecientes al cantón Los Chiles. Para ello se consultaron registros y planes distritales que han sido desarrollados por el gobierno local.

Posteriormente, se realizó una entrevista dirigida a especialistas (Anexo 1) tanto del Ingenio Cutris, como Agrícola Fabaso, con el fin de determinar cuáles son las principales limitantes para el desarrollo de las actividades productivas, cuáles rubros son prioridad y si dentro de ellos existe alguno, relacionado directamente con el ejercicio de las labores agrícolas.

Por último, para obtener información más precisa sobre la interacción humana en los sistemas productivos, se utilizaron los registros de labores agrícolas suministrados por el técnico de DIECA y encargado de las áreas experimentales, considerando que estas labores son un reflejo de los trabajos realizados en las plantaciones comerciales.

Si bien es cierto que las labores agrícolas son un reflejo de la interacción humana con el ambiente, también implican una modificación química o física del suelo, lo cual, unido a análisis químico permite generar una mayor comprensión de las condiciones del suelo y sus posibles efectos en el cultivo. Por esta razón se realizaron análisis de suelos en las fincas donde se encuentran los ensayos de mejoramiento genético en los años 2018 y 2019.

Factores ambientales

Los factores que fueron considerados en el estudio son precipitación pluvial y temperatura. Los datos fueron solicitados a Agrícola Fabaso y Finca Scana, que cuentan con estaciones meteorológicas y llevan registros de clima cerca de los lugares donde están ubicados los experimentos, se usó la información mensual de temperaturas máximas y mínimas (°C) y la precipitación pluvial, medida en mm.

Ensayos de referencia

Los ensayos de fase VI del programa de mejoramiento genético, son para este estudio un referente de las condiciones ambientales, de suelo, y manejo como se ha mencionado anteriormente, adicionalmente existe información productiva de la experimentación con variedades que permite realizar inferencias de la influencia del entorno en los niveles de rendimiento registrados desde el 2017 al 2020. A continuación se mencionan algunas características importantes a saber:

Instalación y características de los experimentos:

El programa de mejoramiento genético de DIECA instaló en junio del 2016 tres ensayos de competición de variedades LAICA en fase VI, ubicados uno en finca Agroclisa, Boca Arenal, distrito Cutris, cantón de San Carlos y dos en el cantón de Los Chiles, en finca Yuca rica, Arco Iris y el otro en finca La Cubana, Pavón. La ubicación de los ensayos se detalla en la Figura 1.

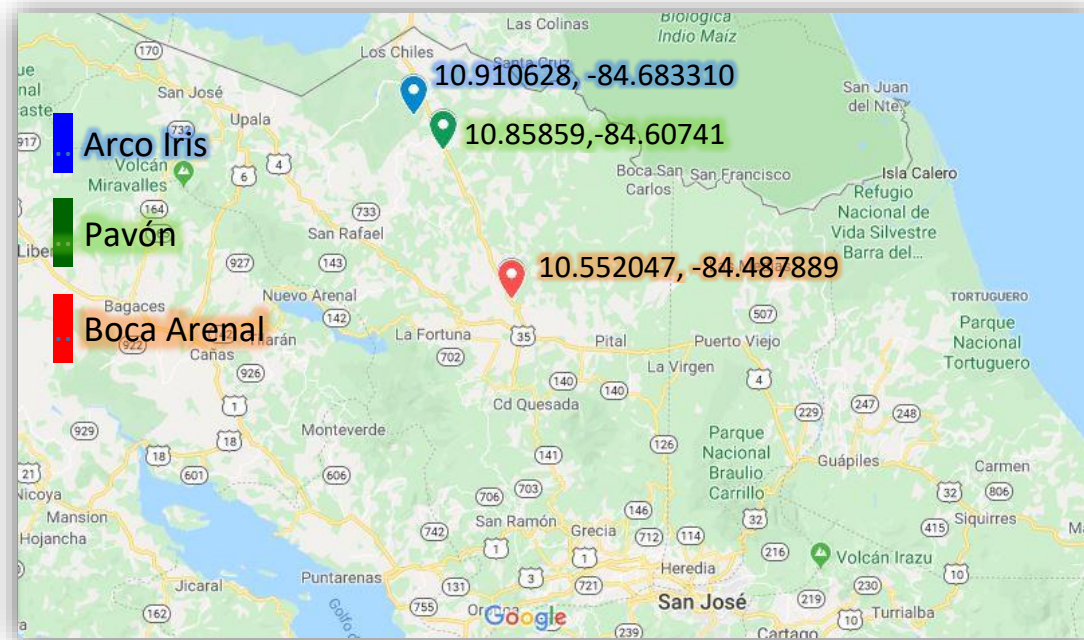


Figura 1. Localización espacial de Arco Iris (Los Chiles), Pavón (Los Chiles) y Boca Arenal (San Carlos)

Fuente: Adaptado de Google Maps 2019.

El diseño utilizado en cada parcela fue de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones, totalizando más de 60 parcelas en cada uno. El factor de variación corresponde a las variedades que fueron comparadas con los testigos B 77-95 y PR 80-2038. Cada parcela fue constituida por 5 surcos de 10 m de longitud, espaciados 1,5 m entre sí, siendo el área total de la parcela de 75 m.

Adicionalmente, en cada ensayo se establecieron parcelas de 4 surcos de 3,5 m de cada variedad, con el objetivo de determinar la curva de madurez de cada una. Para ello, entre los meses de enero a mayo de cada año, se realizaron muestreos quincenales a partir del inicio de la zafra, consistiendo la muestra tomada, de 5 tallos por variedad, los cuales se trasladaban al laboratorio del Ingenio de Cutris, para su análisis. Posterior a los 9 meses, los clones cuentan con un desarrollo destacable, que permite obtener información valiosa sobre vigor, grosor, altura, capacidad de encepamiento y floración.

Al momento de la cosecha, se procedió con la corta manual de las parcelas, las cuales fueron pesadas en una balanza mecánica y se tomaron igualmente 5 tallos al azar de cada una, para el análisis industrial. Con esta información se determinaron los datos de tonelaje de caña y azúcar por hectárea de las variedades en estudio y las variedades usadas como testigo.

Se realizó un análisis estadístico de los resultados obtenidos en cada una de las variables estudiadas, se obtuvo el análisis de varianza con el programa InfoStat, y mediante la prueba de comparación de medias de Tuckey, se determinó la significancia al nivel de 5% de probabilidad, confianza del 95%.

Variedades introducidas:

Dentro de los objetivos presentes en el programa de mejoramiento genético, están el obtener variedades adaptadas a condiciones edafoclimáticas en diferentes localidades del país y de la región (interacción genotipo por ambiente), y generar variedades de caña que superen en productividad a los mejores testigos de la región.

Para cumplir con esta premisa en el año 2014, se tomaron las mejores variedades LAICA de todo el país y se distribuyeron en distintas zonas cañeras del país, con el fin de instalar ensayos en condiciones ambientales distintas a la región de origen. De estas, 30 clones se sembraron en Los Chiles, en finca propiedad del Ingenio Cutris, y evaluados en los ciclos de caña planta y primera soca, y con base en esto, 15 fueron seleccionados el año siguiente, procediéndose a su distribución en toda la Región Norte, plantándose tres ensayos de fase VI en las localidades de Arco Iris y El Amparo de Los Chiles, y Cutris de San Carlos. (Durán *et al* 2018) (Ver Cuadro 1).

Dentro del grupo vinieron variedades proveniente de Guanacaste, las cuales han mostrado una muy buena adaptación a las condiciones climáticas del pacífico seco, evaluadas principalmente en suelos francos con acceso a riego.

También se introdujeron un grupo de variedades originarias de Pérez Zeledón, que en general han mostrado un muy buen comportamiento en suelos del orden Ultisol, suelo que también predomina en los cantones San Carlos y Los Chiles. Otros dos grupos más pequeños que los anteriores, correspondían a variedades provenientes del Valle Central y Turrialba, los cuales han sido evaluados en diferentes condiciones de suelo y altura entre la misma localidad, mostrando hasta la fecha una excelente productividad y adaptabilidad.

Adicionalmente a las variedades LAICA, en los experimentos se incluyeron las variedades importadas RB 98-710 y RB 99-381, con buenos antecedentes de la Zona Sur (Pérez Zeledón), y las variedades NA 85-1602 y la SP 81-3250 que ya se encontraban en otro ensayo de la región, y fueron también incorporadas para evaluar mejor su comportamiento (Durán *et al* 2018), también se incluyó la variedad B 89-138 por sus buenas características agronómicas, en uno de los ensayos para su estudio.

Este proceso de distribución de semilla de variedades LAICA promisorias y su evaluación en diferentes zonas del país, ha permitido conocer la capacidad de adaptación de los materiales genéticos en diversos entornos productivos, lo cual es de gran importancia en un programa de mejoramiento genético. A continuación se presentan las variedades evaluadas en cada ensayo y adicionalmente los progenitores de cada una (Cuadros 1 y 2).

Cuadro 1. Variedades evaluadas en cada ensayo establecido para la Zona Norte.

| Arco Iris | FABASO | El Ferry |
|------------------|----------------|-----------------|
| B 77-95 (T) | B 77-95 (T) | B 77-95 (T) |
| PR 80-2038 (T) | PR 80-2038 (T) | PR 80-2038 (T) |
| LAICA 04-825 | LAICA 04-825 | LAICA 04-825 |
| LAICA 05-805 | LAICA 05-805 | LAICA 05-805 |
| LAICA 07-09 | LAICA 07-09 | LAICA 07-09 |
| LAICA 07-26 | LAICA 07-26 | LAICA 07-26 |
| LAICA 10-804 | LAICA 10-804 | LAICA 10-804 |
| LAICA 12-339 | LAICA 12-339 | LAICA 12-339 |
| LAICA 12-340 | LAICA 12-340 | LAICA 12-340 |
| LAICA 12-341 | LAICA 12-341 | LAICA 12-341 |
| LAICA 12-344 | LAICA 12-344 | LAICA 12-344 |
| RB 98-710 | RB 98-710 | RB 98-710 |
| LAICA 08-22 | LAICA 00-301 | LAICA 08-22 |
| LAICA 08-808 | LAICA 08-808 | LAICA 04-809 |
| LAICA 10-207 | LAICA 10-207 | LAICA 08-390 |
| LAICA 10-664 | RB 99-381 | LAICA 10-664 |
| | SP 81-3250 | SP 81-3250 |
| | B 89-138 | MEX 79-431 |
| | | NA 85-1602 |

Cuadro 2. Progenitores de las 15 variedades LAICA establecidas en los ensayos de fase VI en la Zona Norte.

| Variedades | Progenitores | |
|-------------------|---------------------|--------------|
| | Madre | Padre |
| LAICA 04-825 | Desconocido | Desconocido |
| LAICA 04-809 | RD 75-11 | B 60-267 |
| LAICA 05-805 | H 77-4643 | Policruce |
| LAICA 07-09 | SP 86-042 | Policruce |
| LAICA 07-26 | H 77-4643 | B 76-259 |
| LAICA 08-22 | RD 75-11 | RB 83-102 |
| LAICA 08-390 | B 76-259 | MEX 79-431 |
| LAICA 08-808 | RD 75-11 | RB 83-102 |
| LAICA 10-207 | B 77-95 | SP 82-1176 |
| LAICA 10-664 | B 77-95 | SP 82-1176 |
| LAICA 10-804 | RB 86-7515 | TCP 87-3388 |
| LAICA 12-339 | CO 421 | TCP 87-3388 |
| LAICA 12-340 | CO 421 | TCP 87-3388 |
| LAICA 12-341 | CO 421 | TCP 87-3388 |
| LAICA 12-344 | CO 421 | TCP 87-3388 |

INTERACCIÓN HUMANO - AMBIENTE

Entorno social y productivo

Los tres distritos Cutris del cantón de San Carlos, El Amparo y Los Chiles del cantón de Los Chiles, tienen características similares debido a su localización geográfica, movimientos migratorios, actividad agropecuaria, entre otros. También existen rasgos en su nivel de desarrollo, infraestructura y organización política que los diferencian. Dicha información permite contextualizar el entorno bajo el cual el Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso, llevan a cabo las labores de producción e investigación.

“Actualmente el distrito de Cutris hace de la ganadería, el cultivo de cítricos y la caña de azúcar, sus principales actividades, empleando una gran cantidad de personas, principalmente migrantes nicaragüenses” (Municipalidad de San Carlos 2014:34).

“Dentro de los principales problemas que acechan a Cutris se encuentra el mal estado de los caminos vecinales, gran cantidad de habitantes indocumentados y los diversos problemas de salud en la cabecera del distrito Boca de Arenal” (Municipalidad de San Carlos 2014:34).

“Cutris cuenta con 26 escuelas y un colegio, aunado a que en Boca de Arenal, cabecera del distrito, se puede encontrar restaurantes, tiendas de abarrotes, carnicerías y un ingenio” (Municipalidad de San Carlos 2014:34).

El Ingenio Cutris S.A tiene más de 50 años de formar parte de la comunidad, actualmente lo conforman más de 110 colaboradores, y en la época de zafra la cantidad se duplica. El 50% de la caña molida por el ingenio, proviene de fincas de productores, siendo unos 800 los productores vinculados al Ingenio. Desde años atrás, la organización ha sido consciente de las necesidades de la zona y se han comprometido con labores de responsabilidad social que contribuyen al desarrollo sostenible¹.

Entre los proyectos de responsabilidad social, liderados por el Ingenio Cutris están: 1) El fortalecimiento de Asocutres, su Asociación Solidarista, a la cual prácticamente la totalidad de sus colaboradores, forman parte de la misma; cuentan con servicio de nutricionista, servicios médicos, el proyecto *“Sueño Navideño”* para familias pobres. 2) Junto al Grupo Nación, brindan libros a todas las escuelas. 3) Acompañamiento en la campaña para disminuir la enfermedad del dengue. 3) Programa de sillas de ruedas. 4) Colaboración a instituciones públicas. 5) Proyecto de reforestación. 6) Acompañamiento al sector productor cañero, entre otros².

Por otra parte, se encuentra el cantón de Los Chiles, con menor infraestructura al servicio de la población y es en el distrito central, donde la mayoría de servicios públicos se encuentran concentrados, (hospital, escuelas, Instituciones públicas como oficinas del IMAS, IDA, MAG, OIJ, Juzgado, etc.), en los demás distritos, como es el caso de El Amparo, la infraestructura es básica y el desarrollo comercial se centra en la ganadería y la

agricultura, destacando la producción de cítricos y caña de azúcar entre las actividades agrícolas (Guillen 2016).

Existe una fuerte problemática con respecto a la contratación de mano de obra, principalmente nicaragüenses, la cual no cuenta con tributo de cargas sociales y expone a los empleados a riesgos laborales, pues en muchos casos no se cuenta con los seguros y derechos de ley para los trabajadores. Según lo indican estudios del MIDEPLAN, los distritos de los Chiles “*se caracterizan por un nivel muy bajo de desarrollo económico social*” (Guillen 2016:4)

En este cantón, se encuentra una de las empresas más destacadas en la producción azucarera de la región, Agrícola Fabaso, quienes inician con la producción de caña de azúcar en el año 2007, en una área de 70 ha y entregando 5,250 toneladas de caña. A partir de ese año, el área dedicada al cultivo y los niveles de productividad, han ido en aumento, hasta contar con 525 ha y una proyección de 48,825 TMC para entregar en la zafra 2020³.

El crecimiento que ha tenido Agrícola Fabaso hasta la fecha, ha permitido cumplir con la visión de la empresa, generando importantes aportes productivos, económicos, sociales y ambientales para la región.

Desde el punto de vista productivo han aumentado los rendimientos de 70 t de caña, ha valores de 90 t a través de los años. Esto lo han logrado gracias a la constante inversión en tecnología, investigación, adecuando el manejo de suelos, nutrición, variedades, enmiendas, entre otras variables que aportan a la productividad⁴.

Unido al crecimiento productivo, realizan grandes esfuerzos por el bienestar ambiental y social. Una de las líneas de trabajo que respaldan la responsabilidad social de la empresa, es indudablemente el proceso de ingreso a la certificación Bonsucro⁵. Esto implica que a pesar de la problemática existente en la región con respecto a la cantidad de migrantes indocumentados, Agrícola Fabaso genera una responsable e importante fuente de empleo basada en el cumplimiento patronal, de los derechos de los trabajadores.

Algunos de los criterios establecidos con respecto a la responsabilidad social laboral son: ser responsables en lo que respecta al trabajo infantil, forzoso, discriminación, libertad de asociación, proporcionar un entorno de trabajo seguro y saludable, proporcionar a todos los trabajadores al menos el salario mínimo de ley, proporcionar contratos claros, equitativos y completos, capacitación constante de los empleados en todas las áreas de trabajo y desarrollo de sus habilidades generales, entre otros criterios relacionados con los derechos humanos y el trato justo (Bonsucro 2015).

En materia ambiental, han venido desarrollando toda una serie de prácticas en pro de conservar los recursos naturales, algunas de ellas son: preparación de suelo en verano con descanso cerca de 6 a 7 meses, manejo de aguas con la línea de surcado, recolección de sedimentos, reducción de las áreas quemadas para cosecha, reducción de emisiones, entre

¹Jiménez Urbina, J. 2 oct. 2019. Información sobre la labor social, ambiental y productiva del Ingenio Cutris (correo electrónico). San Carlos, Alajuela, Costa Rica, Ingenio Cutris.

²*Ibid*

³ Fonseca Vargas, R. 30 oct. 2019. Información sobre la labor social, ambiental y productiva de Agrícola Fabaso (correo electrónico). Los Chiles, Alajuela, Costa Rica, Agrícola Fabaso.

otras prácticas enfocadas en mejorar continuamente la conservación de los recursos de suelo y agua⁶.

Limitantes y expectativas

Es importante hacer énfasis en las expectativas del Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso con respecto al desarrollo productivo en la región, considerando así, que esta visión también tiene efecto en la generación y desarrollo de nuevas tecnologías.

De acuerdo con la entrevista realizada a los especialistas, la Zona Norte del país cuenta con un gran potencial para mejorar los rendimientos productivos actuales. Por un lado el Ingenio Cutris pretende mantenerse en el mercado sin perder cuota, sosteniendo una producción de 550000 bultos de azúcar de 50 kg. Por otra parte la empresa productora Agrícola Fabaso estima llegar a los 55.000 TM, lo cual implica un aumento del 30% con respecto a la producción del 2018.

Para alcanzar estas expectativas, los funcionarios Agrícola Fabaso manifiesta contar actualmente con las capacidades y condiciones requeridas: maquinaria, equipo, capital, logística, entre otras. Para el Ingenio Cutris el tema de equipo e insumos si es limitante, debido principalmente a los costos crecientes de dichos rubros.

Cuando se les pregunta sobre los rubros en que deberán aumentar o priorizar inversión, las respuestas son: variedades, fertilización, enmiendas y personal de campo.

Esta visión hace comprender al menos tres cosas: 1) el tema de variedades es fundamental, cobra una especial relevancia cuando se piensa en mejorar los rendimientos 2) debe priorizarse inversión en adecuar las condiciones para obtener una mejor expresión fenotípica y 3) invertir en el factor humano, expresado principalmente en personal para atender las labores de campo es crítico para cumplir las expectativas, según lo expresado en el Ingenio Cutris.

Cuadro 3. Prioridades para el desarrollo productivo de la caña de azúcar en la región norte, según el criterio de especialistas del Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso

| Crterios | Agrícola Fabaso | Ingenio Cutris | Relevancia % |
|---------------------------------------|-----------------|----------------|--------------|
| Inflación, cargas sociales, impuestos | 5 | 5 | 100 |
| Desarrollo de variedades | 4 | 5 | 90 |
| Factores ambientales | 4 | 4 | 80 |
| Disponibilidad de mano de obra | 3 | 4 | 70 |
| Acceso tecnológico | 3 | 3 | 60 |
| Manejo de personal | 1 | 3 | 40 |
| Condición de los caminos | --- | 3 | 30 |

⁴ Fonseca Vargas, R. 30 oct. 2019. Información sobre la labor social, ambiental y productiva de Agrícola Fabaso (correo electrónico). San Carlos, Alajuela, Costa Rica, Agrícola Fabaso.

⁵ *Ib*

⁶ *Ibid*

De acuerdo con la información suministrada en la entrevista, existe entre ambas partes un alto nivel de correlación respecto a los criterios y el nivel de prioridad o impacto que estos tienen para lograr alcanzar las expectativas productivas de cada uno (Ver Cuadro 3)

Según lo indican, temas críticos a nivel país son: el IVA, las cargas sociales, impuestos a las sociedades; los cuales limitan mucho al empresario y exigen una muy alta productividad para poder continuar en el negocio.

En un segundo nivel de relevancia se ubica el mejoramiento genético. Consideran que en gran parte, la disponibilidad de nuevas variedades es parte importante del éxito para alcanzar las expectativas, crecer con limitaciones en este aspecto, podría generar mucha incertidumbre y un alto riesgo. Un factor que dificulta el manejo del cultivo es el clima. En esta zona tener un clima tan variable, obliga a hacer zafra muy cortas e intensas, la gran variabilidad en el clima también promueve altas y bajas en la respuesta del cultivo.

Como se ha dicho anteriormente en la descripción del entorno productivo, uno de los problemas para el sector agrícola en general, es la escasez de mano de obra para las labores agrícolas.

Si bien es cierto hay mucho flujo migratorio, principalmente grupos provenientes de Nicaragua, una gran parte de ellos llegan indocumentados, y vienen de forma temporal para la época de zafra. Con respecto al manejo de personal, en Agrícola Fabaso lo consideran poco limitante, en el Ingenio Cutris enmarcan la necesidad de apoyo en el manejo de personal correspondiente a migrantes temporales.

Por otra parte, se encuentran criterios que aunque tienen una menor prioridad en ser atendidos, no deja de ser necesario realizar esfuerzos para mejorar estas condiciones. Entre ellos, se menciona el acceso tecnológico; aún falta mejorar las condiciones, enfatizando principalmente la necesidad de un mayor apoyo en el acceso a semilla de calidad.

Por último, en el Ingenio Cutris han querido enfatizar la problemática de los caminos vecinales, su mal estado dificulta las labores, e implica costos extra para poder transportar la caña hasta las vías principales.

Ambas compañías han manifestado los problemas de mano de obra en la región, lo cual no debe desestimarse, esta es una limitante importante para el desarrollo de las actividades agrícolas, implica que tanto la producción como la investigación sean vulnerables ante la escasez de trabajadores, representando un esfuerzo extra por parte de la administración para que esta realidad no impacte negativamente en las labores de manejo y cosecha del cultivo. Como parte de la solución, ambas empresas buscan constantemente la adaptación en tecnologías de mecanización en las prácticas de manejo, que permitan disminuir costos y al mismo tiempo la dependencia de mano de obra.

Así mismo, la atención y acompañamiento que brinda el personal técnico de DIECA, es un apoyo clave, para que las labores en los ensayos de investigación se realicen de manera oportuna y adecuada.

Acorde con lo descrito del entorno social y productivo, en el cual convergen limitantes económicas, ambientales y político-sociales, es importante destacar los esfuerzos que realizan el Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso con el fin de generar un desarrollo sostenible y las condiciones necesarias (logística, insumos, mantenimiento, entre otras) para que tanto las labores productivas, como el desarrollo de nuevas tecnologías en el campo sean exitosas.

Como se percibe, bajo este panorama, la obtención de nuevas variedades es un rubro de gran relevancia en el desarrollo productivo de la región y no puede ser visto como un asunto aislado del entorno socio-productivo, ya que en este proceso influyen múltiples factores que van más allá de las variables agronómicas e industriales.

Prácticas de manejo

Este es uno de los rubros más importantes desde la perspectiva de interacción del ser humano y el campo, donde se desarrolla la actividad productiva, ya que de él y de su aplicación oportuna, depende en buena parte que las variedades expresen su potencial en la zona de estudio. Un manejo inadecuado del cultivo podría significar la subestimación del potencial genético.

Cuadro 4. Prácticas de manejo realizadas por el Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso a los ensayos de fase VI en la Zona Norte 2018-2019.

| Prácticas | Agrícola Fabaso | Ingenio Cutris | |
|------------------|--|--|---|
| | La Pechuga | Arcoiris | El Ferry |
| Año 2018 | | | |
| Sub escarificado | 1 vez | 1 vez | 1 vez |
| Encalado | 1 t CaCO ₃ /ha | Mezcla: 0,4 t de CaCO ₃ +0.4 t de dolomita /ha | Mezcla: 0,4 t de CaCO ₃ +0,4 t de dolomita /ha |
| Fertilización | 11 sacos de 17-5-22-1,6 mg, 1,3 S./ ha | 3 sacos de 14.6-0-27.4-1.8(MgO)-3.8(S)-0.02(B) + 4 sacos de 14.6-0-27.4-1.8(MgO)-3.8(S)-0.02(B) + 2 sacos de 20-18-0-2.4(S)-0.05(Zn) | 20-18-0-2.4(S)-0.05(Zn) + 23-20.62-0-2.96(S)-0.07(ZN) |

| | | | |
|------------------|----------------------------|--|--|
| Control Arvenses | No se conoce con exactitud | 02-06-2018 Pendimetalina 3,5 l/ha Daconate 72 SL 16-08-2020 Hexazinona 0,6 kg | No se conoce con exactitud |
| Año 2019 | | | |
| Sub escarificado | 1 vez | 1 vez | 1 vez |
| Encalado | 0,8 ton de caldolomita | 0,5 ton de CaCO ₃ + 0,5 ton de Caldolomita | 0,5 ton de CaCO ₃ + 0,5 ton de Caldolomita |
| Fertilización | 11 sacos/ha 17,9-9-22 | 9 sacos de 17-7-22-1,6 mg 1.6 S. | 17-5-20-2 (CAO) - 1.5 (Mgo)- 1.2 (S) -0.3 (Zn) - 0.1 (P) |
| Control Arvenses | No se conoce con exactitud | 28-05-2019 Pendimetalina 3l/ha + terbutilazina 2l/ha + Daconate 72SL. 26-08-2019 Hexazinona 0,7 kg /ha+ diuron 1.4 kg/ha + Trigger 1l/ha t + Kaytar 0,25 l/ha + ACT UP 25WG | No se conoce con exactitud |

Cuadro 5. Análisis químico de suelos para las parcelas de fase VI en la Zona Norte, 2018

| Elementos | Ingenio Cutris | | Agrícola Fabaso | Unidades |
|-----------|----------------|----------|-----------------|----------|
| | El Ferry | Arcoiris | La Pechuga | |
| pH | 5,3 | 5,2 | 5,24 | |
| Ca | 5,39 | 4,31 | 5,18 | cmol |
| Mg | 2,25 | 1,42 | 1,77 | cmol |
| K | 0,24 | 0,14 | 0,21 | cmol |
| Acidez | 0,23 | 0,7 | 0,05 | cmol |
| P | 3,6 | 4,5 | 4,4 | ppm |
| Fe | 158 | 163 | 48,3 | ppm |
| Mn | 165 | 100 | 94,5 | ppm |

| | | | | |
|---------|-------|-------|-------|-----|
| Zn | 8,6 | 1,6 | 1,2 | ppm |
| Cu | 11,2 | 11,2 | 10,1 | ppm |
| Ca/Mg | 2,40 | 3,04 | 2,93 | |
| Mg/K | 9,38 | 10,14 | 8,43 | |
| Ca+Mg/K | 31,83 | 40,93 | 33,10 | |
| Ca/K | 22,46 | 30,79 | 24,67 | |

Cuadro 6. Análisis químico de suelos para las parcelas de fase VI en la Zona Norte, 2019

| Elementos | Ingenio Cutris | | Agrícola Fabaso | Unidades |
|-----------|----------------|----------|-----------------|----------|
| | El Ferry | Arcoiris | La Pechuga | |
| pH | 5,38 | 5,16 | 5,24 | |
| Ca | 4,66 | 4,0 | 5,35 | cmol |
| Mg | 1,86 | 1,11 | 1,8 | cmol |
| K | 0,21 | 0,22 | 0,24 | cmol |
| Acidez | 0,1 | 0,1 | 0,1 | cmol |
| P | 8,84 | 4,64 | 11,3 | ppm |
| Fe | 150 | 102 | 137 | ppm |
| Mn | 22 | 50 | 30 | ppm |
| Zn | 1,4 | 1,2 | 1,9 | ppm |
| Cu | 6,8 | 5 | 5,7 | ppm |
| Ca/Mg | 2,50 | 3,60 | 2,97 | |
| Mg/K | 8,86 | 5,04 | 7,5 | |
| Ca+Mg/K | 31,04 | 23,22 | 23,29 | |
| Ca/K | 22,19 | 18,18 | 22,29 | |

De acuerdo a los análisis de suelo de las fincas “El ferry” ,”Arcoiris” y “La Pechuga” tanto en los Cuadros 5 y 6 requieren de la aplicación de mayores contenidos de fósforo ya que en estos suelos el fósforo es un nutriente esencial y altamente deficiente. De acuerdo a los programas de fertilización mencionados en el Cuadro 4, por ejemplo la mayor cantidad de fósforo aplicada fue de poco más de 25 kg/ha, cantidades suficientes para el mantenimiento de las socas e insuficientes si se utiliza esta fertilización al momento de la siembra donde los requerimientos del cultivo debe ser con cantidades superiores a 150 kg de P_2O_5 / ha.

Las cantidades de las bases cambiables Ca, Mg y K se encuentran levemente superiores a los niveles críticos por lo que se deben incrementar vía fertilización o con la aplicación de enmiendas, situación que se realiza en las fincas con el aporte de dolomita se incorpora Calcio y magnesio y con los fertilizantes magnesio y potasio.

Las relaciones catiónicas en general se encuentran bien con excepción de la finca “Arcoiris” la cual requiere incrementar el potasio.

Las nuevas variedades de caña de azúcar son seleccionadas por sus altos rendimientos agroindustriales, por lo tanto son exigentes nutricionalmente, ante esta situación y en los suelos donde se están cultivando queda claro que los programas de fertilización requieren de ciertos ajustes con el aporte de algunos nutrimentos muy esenciales para el cultivo como el potasio.

Lamentablemente la información disponible no es suficiente para externar un criterio más preciso al respecto, según los registros tanto en Finca Arcoiris como El Ferry, se realizó una sola aplicación, cuando lo más recomendable es hacerlo fraccionado. También es relevante conocer el momento de su ejecución, para valorar más acertadamente si el manejo utilizado por estas fincas no es una limitante importante para obtener rendimientos satisfactorios.

En cuanto al control de malezas con la información suministrada se puede afirmar que es correcto el uso de herbicidas preemergentes como la pendimetalina 50 SC 3 L/ha con MSMA 72 SL (Daconate) el cual la dosis debe ser de 1,5 L/ha y posiblemente la aplicación de un herbicida como hexazinona 75 WG es necesaria a la dosis de 0,6 Kg/ha, sin embargo en esta segunda aplicación es necesario aplicar un herbicida que controle las malezas dicotiledóneas en post emergencia como el 2,4-D.

En el año 2019 aparentemente se tomó la decisión de mejorar las mezclas de herbicidas antes mencionadas incluyendo en la primera el herbicida Terbutilazina 50 SC con el objetivo de mejorar el control pre emergente de malezas dicotiledóneas.

En la segunda aplicación y para el control de malezas dicotiledóneas se le agrega a la mezcla el herbicida Triger 48 EC (Triclopir). Es importante considerar que este herbicida no es selectivo para la caña de azúcar y la dosis utilizada es relativamente más alta de lo que recomienda el fabricante, situación que podría estar perjudicando el rendimiento agrícola del cultivo y con mayor incidencia si la variedad aplicada es muy susceptible a los herbicidas. El uso del coadyuvante Kaitar (según lo reportado) es el más apropiado para el herbicida Hexazinona.

FACTORES FÍSICOS AMBIENTALES

Los factores físicos ambientales, están conformados por una serie de elementos que condicionan la expresión del genotipo. En caña de azúcar, existen tres factores considerados de mayor impacto principalmente por su efecto en el desarrollo del cultivo y la concentración de sacarosa, que son la precipitación pluvial, la temperatura y la radiación (Villegas 2017). Las variaciones de los dos primeros factores son mencionados en el presente apartado.

Temperatura

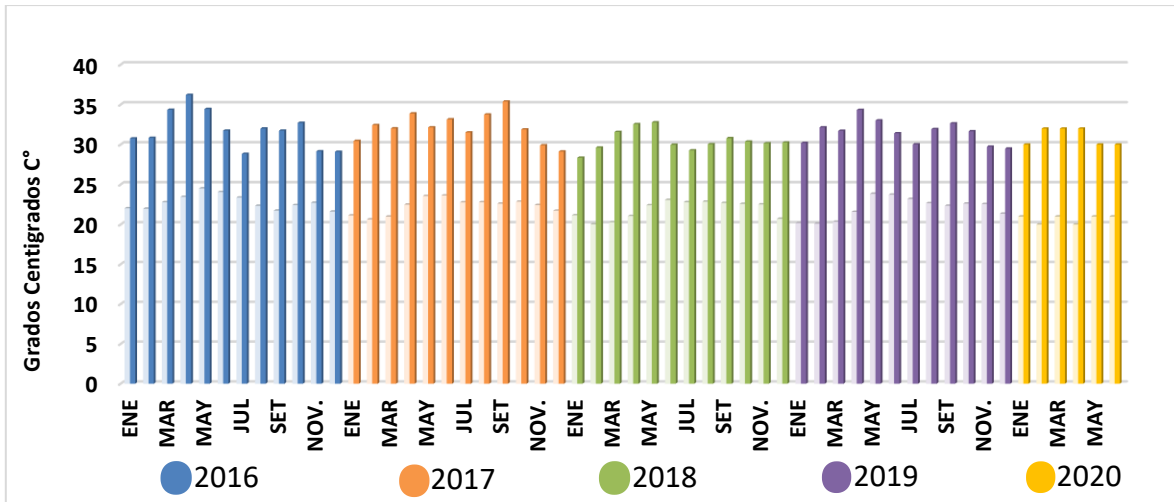


Figura 2. Variación mensual de temperaturas máximas y mínimas en la región de El Amparo, Los Chiles. 2017-2019

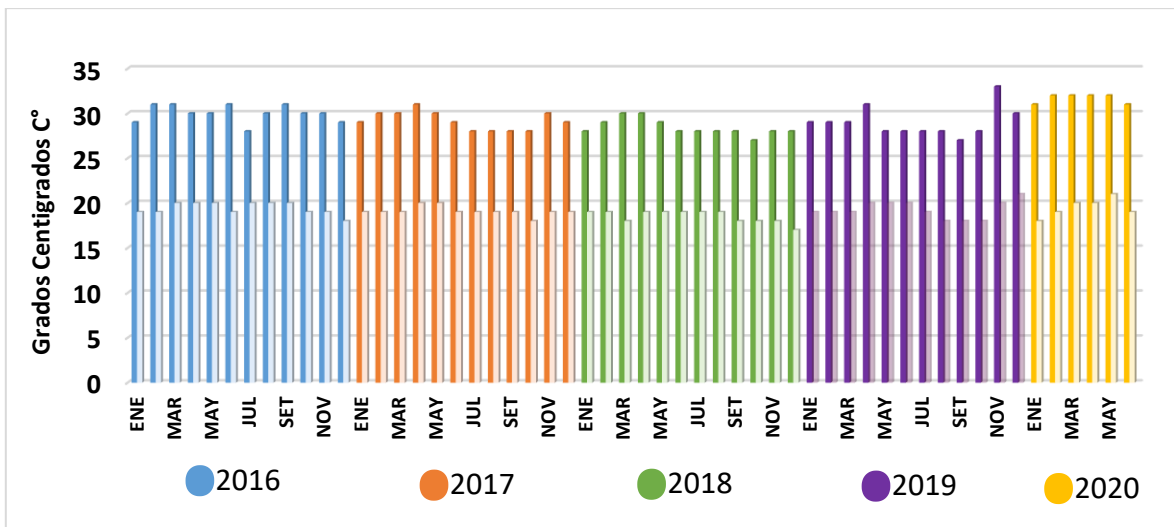


Figura 3. Variación mensual de temperaturas máximas y mínimas en la región de Pocosol, San Carlos. 2016-2020

En las Figuras 2 y 3, se muestra la variación de temperatura en el aire entre máximas y mínimas. En primera instancia, se debe comprender que la temperatura ambiental es en sí una medida del grado de agitación de las partículas del aire; entre mayor agitación, mayor la temperatura (energía). Por consiguiente, es comprensible que el nivel de agitación de las partículas que incide directamente en los ensayos, sea relativo y dependiente de otros elementos del entorno como por ejemplo la radiación, el viento, la nubosidad, el tipo de suelo, humedad, entre otros (Inzunza 2006), los cuales no están siendo considerados, por esta razón la temperatura del aire, nos brinda una aproximación a las condiciones energéticas existentes.

De manera general se han establecido algunos rangos de temperatura que permiten evaluar si las variaciones en una localidad son óptimas para el cultivo según la época y estado fenológico. Aunque los valores puedan variar según el criterio de especialistas, en todo caso existe un principio que los rige; el cultivo requiere de bajas temperaturas para una mayor concentración de azúcares y altas temperaturas para su desarrollo (MAG 1991; CONADESUCA 2015).

En la Zona Norte, el proceso de germinación o rebrote de tallos, se da entre los meses de febrero a mayo, en paralelo con la cosecha. Para el rebrote y nacencia de tallos, son ideal las temperaturas más altas, entre 32°C y 38°C y no inferior a los 24°C. Bajo este parámetro, la temperatura se mostró favorable para la región de El Amparo, donde osciló entre los 28°C a 33°C, en Pocosol (localidad con registro climático más cercano al ensayo en Boca Arenal, Cutris) mantuvo una variación entre los 28°C a 31°, con excepción del 2020 con una variación entre 31°C y 32°C (Figuras 2 y 3).

El macollamiento inicia entre los 35 a 40 días después de la plantación, por lo cual, las fincas cosechadas a finales de zafra aún en junio se encontrarán en esta etapa. La temperatura óptima se encuentra entre los 30°C a 32°C, siendo propicio para los cultivares de El Amparo del 2016 al 2020 y para Pocosol específicamente en el 2016 y 2020 (Figuras 2 y 3).

La etapa de rápido crecimiento o elongación comienza aproximadamente a las 3 meses posterior a la siembra, 2 meses después deja de existir competencia entre los retoños, definiéndose así la población de cada cultivar y continua el desarrollo de los tallos hasta los 9 meses aproximadamente (FIRA 2010).

El inicio de esta etapa coincide principalmente con los meses de Junio a Octubre. Donde existe mayor variación es en Pocosol, sin embargo, el promedio se mantuvo entre 27°C a 30° durante los años de estudio, coincidiendo con el rango óptimo para el desarrollo. En la región de El Amparo la temperatura promedio se mantuvo entre 30 a 33°C, siendo el 2017 el año donde se registran los valores más altos (Figuras 2 y 3).

El periodo de maduración tiene una duración aproximada de 2 a 3 meses, e inicia posterior a los 9 meses de edad del cultivo. En esta etapa se requiere una baja en las temperaturas, y perdida de humedad en el suelo para retardar el crecimiento y promover el acumulo de sacarosa en los tallos, por lo que son favorables los días calurosos y secos y en las noches temperaturas mínimas cercanas a los 18°C. En la Zona Norte, el periodo de zafra, se da entre los meses de enero a mayo (MAG 1991; CONADESUCA 2015).

Para la región de Pocosol dichos meses registran las mayores temperaturas, con una variación promedio entre 19°C 30°C del 2016 al 2019 y 18°C a 32°C en el 2020. En El Amparo los valores de temperatura no fueron tan constantes en comparación a Pocosol, pero en promedio la variación entre las temperaturas máximas y mínimas fue de 21°C a 32°C, alcanzando máximas de 34°C en algunos meses (Figuras 2 y 3).

En este caso particular, la temperatura mínima ha sido favorable para la maduración en la región de Pocosol, alcanzando valores mínimos cercanos a los 18°C. Pero en la región de El Amparo es donde alcanza mayor nivel de temperatura, hasta 34°C. En ambas regiones la variación entre mínimas y máxima se encuentra cercana a los 9°C y 11°C.

Precipitación pluvial.

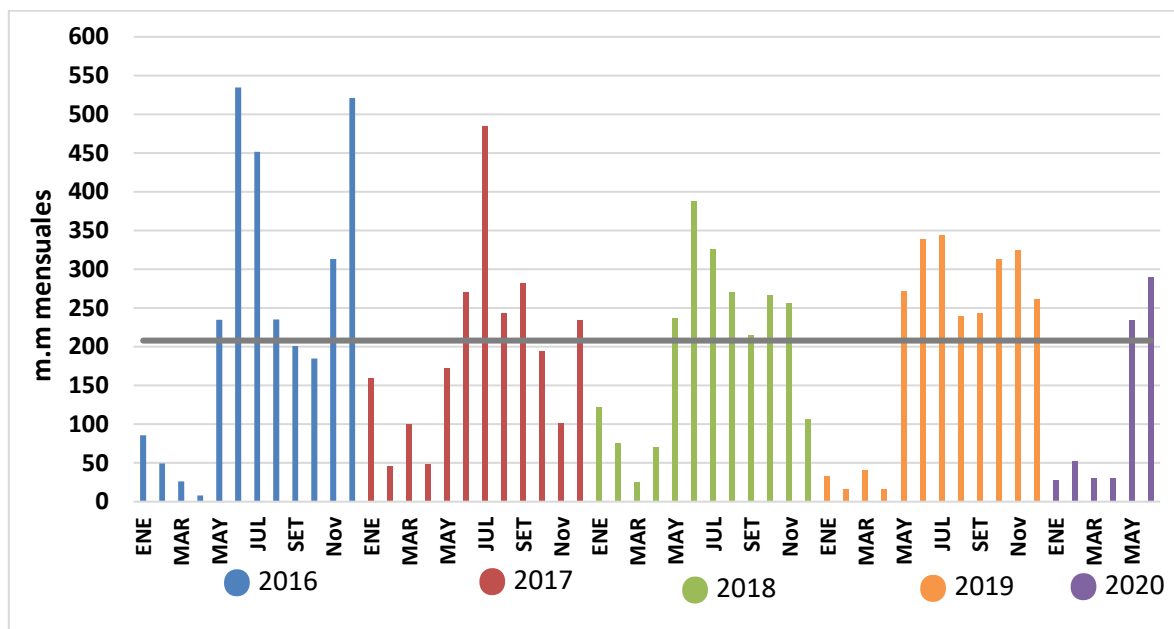


Figura 4. Variación mensual de precipitación pluvial en mm, en el distrito El Amparo, Los Chiles. 2016-2020.

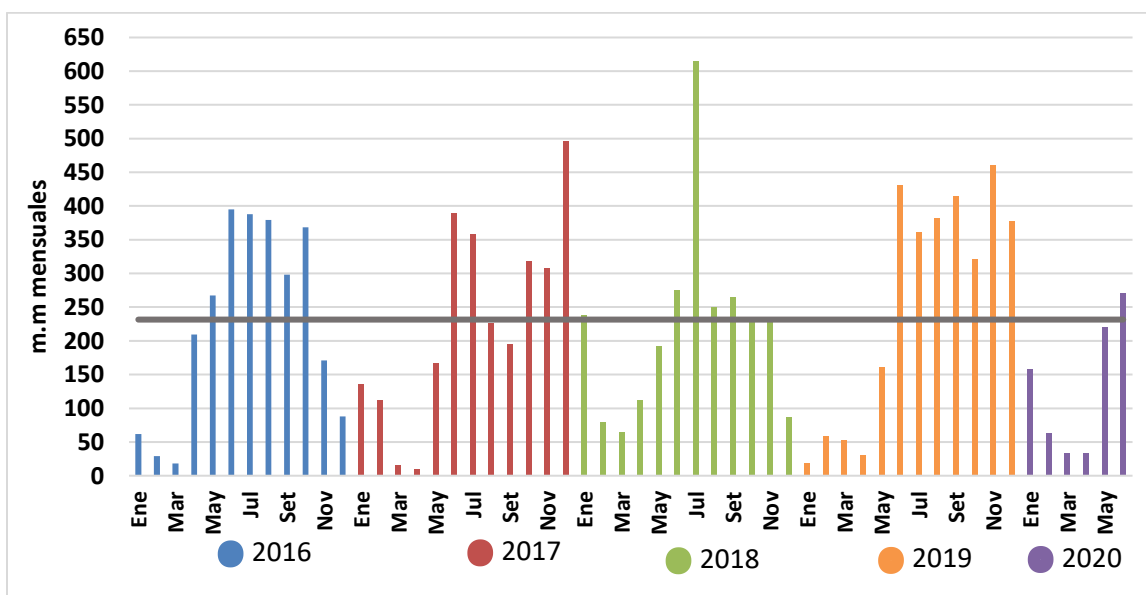


Figura 5. Variación mensual de precipitación pluvial en mm, en el distrito de Pocosol, San Carlos. 2016-2020

La Zona Norte se ha categorizado como la región productora con mayores niveles de precipitación, llegando a superar los 3.000 mm anuales. Se estima que el cultivo requiere aproximadamente de 1.500 mm de lluvia, en los 9 meses de crecimiento y desarrollo, sin embargo posterior a esta etapa se debe restringir los niveles hídricos, para obtener una mayor concentración de sacarosa (MAG 1991; Chaves 2011).

De acuerdo con los valores de Coeficiente del Cultivo (K_c), valor que depende del estado fisiológico y morfológico del cultivo, es notorio que las necesidades hídricas aumentan conforme se desarrollan los tallos y requiere valores bajos en el tiempo de maduración. Antes de los 60 días el coeficiente K_c es de 0,3, entre los 60 y 120 días es de 0,5, entre 120 y 300 días de 0,7 y más de 300 días 0,25 (Santana 2018).

La principal dificultad para el manejo del cultivo en relación con la precipitación, es el hecho de que entre los meses de enero a mayo existen en el campo plantaciones en maduración y otras en germinación o macollamiento, etapas muy contrastantes con respecto al requerimiento hídrico. Para los ensayos de investigación, la cosecha se realiza en abril o mayo, esto aplica para todos los tratamientos y es después de esta fecha que inicia el proceso de rebrote y macollamiento.

De los cuatro años de estudio, el 2019 fue el de menor precipitación durante la zafra, permitiendo por lo tanto, alcanzar una mayor concentración de azúcar en los tallos, de enero a mayo se registró un total de 376 mm de lluvia en El Amparo y 319 mm en Pocosol, y fue en el mes de mayo; ya finalizando zafra, cuando se alcanzó la mayor precipitación, 271 mm en El Amparo y 161 en Pocosol (Figura 4 y 5).

Para la época de maduración, los valores más altos de precipitación se registraron en el año 2018, en El Amparo, Los Chiles fue de 531 mm y en Pocosol, San Carlos fue de 683 mm (Figura 4 y 5).

Si se consideran 9 meses para crecimiento y desarrollo, entre los meses de mayo (inicio de la época lluviosa) hasta enero del próximo año, los niveles de lluvia, fueron superiores a 2.000 mm en este periodo, siendo Pocosol de San Carlos la localidad con mayor nivel en el 2017, registrándose 2.730 mm en los nueve meses (Figura 4 y 5). Si se realiza un manejo adecuado de suelos, en cuanto a descompactación, y manejo de drenaje, que favorezcan las características físicas de este; los niveles de precipitación mencionados vienen a beneficiar el desarrollo vegetativo de las plantaciones de caña en estas localidades.

EVALUACIÓN DE LOS RESULTADOS

El razón por el cual se presentan los resultados obtenidos en los ensayos de fase VI de la Zona Norte, se debe a que la información productiva puede ser analizada de manera conjunta, convirtiéndose en un referente de los efectos generados por la constante interacción de factores que condicionan la producción en la región. También puede ser analizada de manera individual cada variedad y así obtener información más precisa de la interacción genotipo ambiente.

Resultados agroindustriales

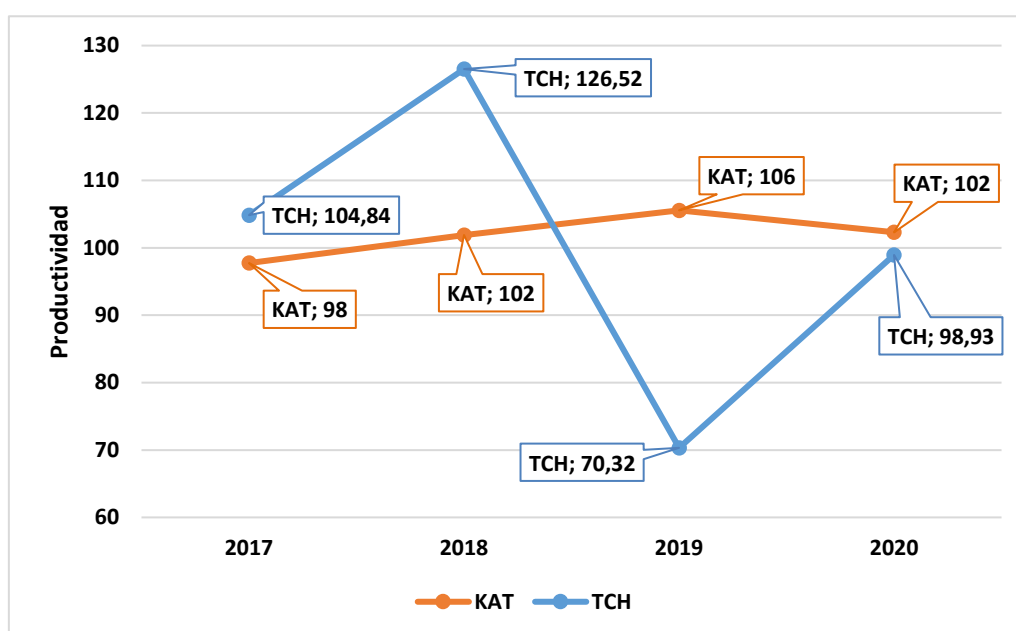


Figura 6. Variación media en los rendimientos expresados en kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña por hectárea, 2017-2020, finca Arcoíris

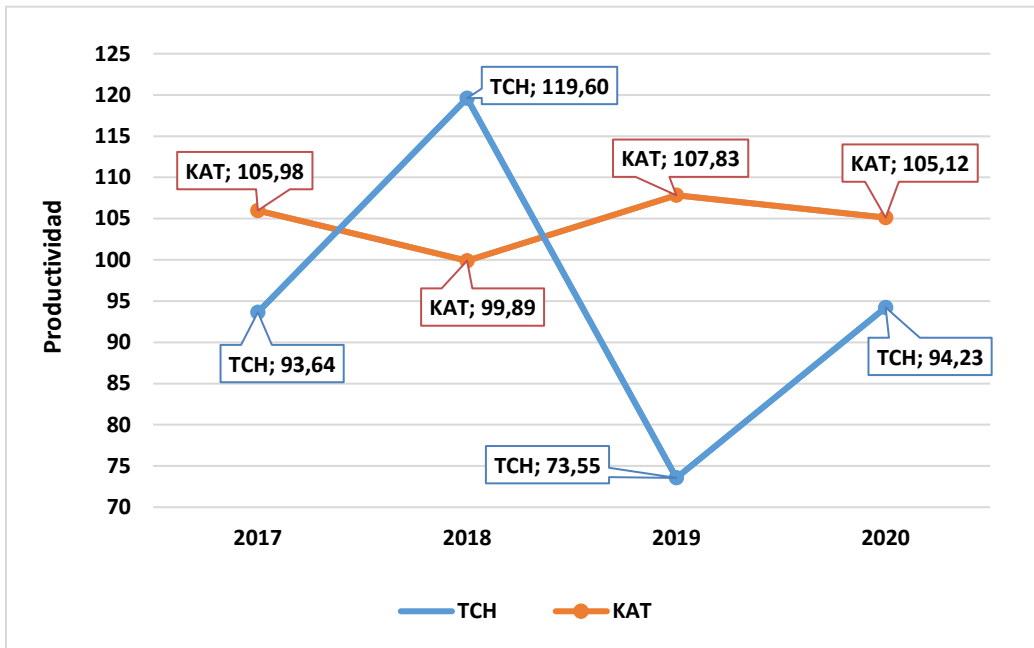


Figura 7. Variación media en los rendimientos expresados en kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña por hectárea, 2017-2020, finca La Pechuga

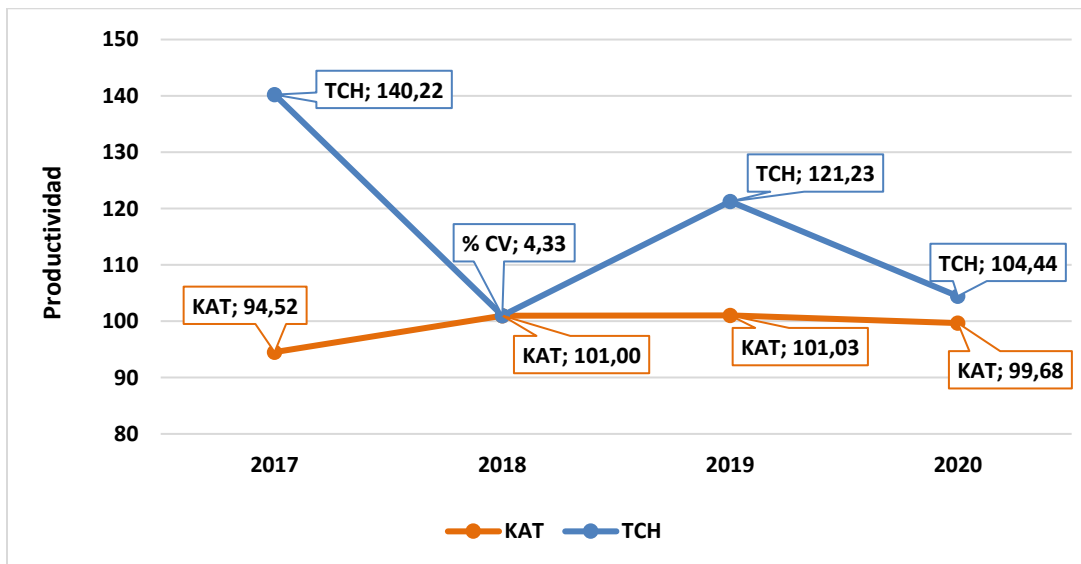


Figura 8. Variación media en los rendimientos expresados en kilogramos de azúcar por tonelada y toneladas de caña por hectárea, 2017-2020, finca El Ferry

En las Figuras 6, 7 y 8 se presenta el comportamiento global o en conjunto de las variedades en la Zona Norte, mostrando la productividad agrícola e industrial, durante 4 cosechas.

En referencia al ensayo establecido en Arcoíris, se aprecia una variación importante entre los promedios del año 2018 y 2019, tanto en rendimiento industrial como agrícola, siendo aún más considerable el efecto en rendimiento agrícola (toneladas de caña por hectárea TCH), también es importante destacar que el 2018, año de mayor rendimiento agrícola, es el año de más bajo rendimiento industrial y en el 2019 el efecto es inverso, lo cual podría atribuirse al clima y más específicamente a la precipitación pluvial registrada en estos dos años (Figura 6).

En finca La Pechuga, se observa un comportamiento muy similar con respecto a la variable TCH (toneladas de caña por hectárea), sin embargo los niveles de concentración de azúcar si mantuvieron un comportamiento normal, con una muy ligera disminución en el cuarto año (Figura 7).

Las variedades en finca El Ferry han mostrado una tendencia muy distinta a los dos ensayos ubicados en Los Chiles, con un comportamiento inverso en las toneladas de caña por hectárea, además la variable industrial (kg azúcar/t) se mantuvo muy constante en las últimas tres cosechas (Figura 8).

Según el comportamiento de la precipitación en los cuatro años de estudio, entre los meses de mayo a enero se alcanzaron valores superiores a los 2.000 mm todos los años y para ambas zonas, San Carlos y Los Chiles, el valor se encuentra por encima de los 1.500 mm; siendo este el requerimiento teóricamente sugerido (Figuras 4 y 5).

En general, la Zona Norte cuenta con altos valores de precipitación en la etapa de crecimiento vegetativo, de manera que las variaciones en los distintos años no fueron suficientes para asegurar que las variabilidades en el rendimiento agrícola se deban estrictamente a la precipitación, sin embargo es posible hacer algunas correlaciones.

El año 2017 (primera cosecha) fue una de las más altas en el rendimiento agrícola para el ensayo ubicado en finca El Ferry, mostrando mejores resultados que los ensayos ubicados en Los Chiles y se puede constatar que desde el momento de siembra (mediados de junio del 2016) y durante el desarrollo vegetativa las lluvias son más uniformes para finca El Ferry (Figuras 5 y 8). Además, en Los Chiles la época de siembra contó con un mayor nivel de precipitación, valor mensual de 535 mm, y debe recordarse que también un exceso de humedad puede afectar de diversas formas la germinación y desarrollo (Figuras 4, 6 y 7).

En lo referente al rendimiento industrial, el 2017 fue el año con el promedio más bajo para los ensayos de finca Fabaso (Los Chiles) y El Ferry (San Carlos), una razón es que los ensayos se establecieron a mediados de junio del 2016 y la cosecha se realizó a inicios de mayo (10,5 meses), por lo cual muchas variedades de maduración tardía no mostraron su potencial productivo (Figuras 7 y 8).

De forma general, la Zona Norte no muestra un periodo seco definido para la maduración óptima de la caña. En los cuatro años de estudio, el ensayo de finca La Pechuga fue el único en mostrar un nivel de concordancia con respecto a la concentración de azúcar y el aumento o disminución promedio de las lluvias entre los meses más secos (febrero a abril), siendo el 2017 el de menor concentración de azúcar y mayor precipitación y el 2019 el año con mayor concentración y menor precipitación (Figura 4, Figura 7).

Con respecto a la temperatura para el periodo vegetativo, la zona de Los Chiles es la que cuenta con mayores niveles, favoreciendo principalmente la germinación y macollamiento, sin embargo en la etapa de elongación suele ser la región de Cutris la que cuenta con valores dentro del rango óptimo, dicho comportamiento suele ser muy constante en el tiempo (Figuras 2 y 3). De manera que no se aprecia un efecto que favorezca notoriamente a una región u otra (Figuras 6, 7 y 8).

En lo referente a la concentración de azúcares, los valores óptimos para el cultivo se encuentran en San Carlos donde se ubica el ensayo de finca El Ferry, con valores mínimos cercanos a los 18°C, en los ensayos de Los Chiles la temperatura mínima es superior, sin embargo la variaciones entre máximas y mínimas suele de 10°C o poco más para ambas regiones (Figuras 2 y 3). Aun cuando los valores óptimos se ajustan mejor al ensayo de San Carlos, no se aprecia un efecto importante que pudiese estar marcado por diferencias de temperatura (Figuras 6, 7 y 8).

Debe también enfatizarse en el hecho de que las variaciones productivas no son dadas por un factor, sino que convergen una gran cantidad de variables difíciles de precisar. Dentro de los factores ambientales más influyentes también se encuentra la radiación solar, la cual no está siendo analizada dentro del artículo, pero se sabe que los valores impactan notoriamente en la capacidad fotosintética del cultivo, consecuentemente en la producción y acumulación de azúcares.

Cuadro 7. Resultados agroindustriales de 19 variedades de caña de azúcar en fase VI, promedio de cuatro cosechas, Finca El Ferry, Ingenio Cutris, San Carlos 2017-2020.

| Variedad | % Brix | | % Pureza | | % fibra | | Kg azúcar/t | | t caña/ha | | t azúcar/ha | | PRT | Rel. Sac. |
|-------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|---------------|------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------|--------------|
| LAICA 04-809 | 20,14 | ns | 88,2 | abc | 13,54 | bc | 95,02 | abc | 156,25 | a | 14,81 | ns | 118,20 | 10,55 |
| LAICA 08-390 | 21,39 | ns | 89,74 | ab | 12,7 | c | 106,32 | ab | 135,15 | ab | 14,48 | ns | 115,56 | 9,33 |
| LAICA 12-340 | 21,33 | ns | 90,6 | a | 14,95 | ab | 102,27 | abc | 139,62 | ab | 14,25 | ns | 113,73 | 9,80 |
| LAICA 07-26 | 21,16 | ns | 86,27 | bc | 13,59 | bc | 96,45 | abc | 135,17 | ab | 13,03 | ns | 103,99 | 10,37 |
| B 77-95 | 21,53 | ns | 89,82 | ab | 13,43 | bc | 104,69 | abc | 119,95 | ab | 12,53 | ns | 100,00 | 9,57 |
| RB 98-710 | 20,78 | ns | 85,16 | c | 13,38 | bc | 93,13 | bc | 133,42 | ab | 12,38 | ns | 98,80 | 10,78 |
| LAICA 07-09 | 20,86 | ns | 89,33 | ab | 13,76 | bc | 101,15 | abc | 118,97 | ab | 12 | ns | 95,77 | 9,91 |
| LAICA 10-664 | 20,93 | ns | 87,49 | abc | 14,59 | ab | 93,76 | abc | 127,44 | ab | 11,94 | ns | 95,29 | 10,67 |
| LAICA 10-804 | 22,13 | ns | 89,86 | ab | 13,84 | bc | 107,91 | a | 110,11 | ab | 11,92 | ns | 95,13 | 9,24 |
| LAICA 08-22 | 20,67 | ns | 86,3 | bc | 14 | bc | 93,85 | abc | 127,15 | ab | 11,76 | ns | 93,85 | 10,81 |
| LAICA 12-339 | 20,83 | ns | 90,18 | a | 13,42 | bc | 101,23 | abc | 115,57 | ab | 11,68 | ns | 93,22 | 9,89 |
| PR 80-2038 | 21,23 | ns | 89,11 | ab | 13,94 | bc | 100,14 | abc | 115,88 | ab | 11,59 | ns | 92,50 | 10,00 |
| LAICA 12-344 | 21,05 | ns | 88,62 | abc | 14,03 | abc | 98,69 | abc | 117,79 | ab | 11,57 | ns | 92,34 | 10,18 |
| SP 81-3250 | 21,03 | ns | 88,99 | abc | 14,06 | abc | 98,87 | abc | 117,77 | ab | 11,56 | ns | 92,26 | 10,19 |
| LAICA 04-825 | 20,65 | ns | 88,61 | abc | 13,84 | bc | 96,89 | abc | 116,65 | ab | 11,2 | ns | 89,39 | 10,42 |
| LAICA 12-341 | 21,45 | ns | 89,85 | ab | 15,78 | a | 98,55 | abc | 113,71 | ab | 11,15 | ns | 88,99 | 10,20 |
| NA 85-1602 | 21,34 | ns | 89,24 | ab | 13,96 | bc | 101,9 | abc | 108,04 | ab | 11,04 | ns | 88,11 | 9,79 |
| LAICA 05-805 | 20,26 | ns | 87,03 | abc | 14,45 | abc | 91,14 | c | 115,88 | ab | 10,5 | ns | 83,80 | 11,04 |
| MEX 79-431 | 21,74 | ns | 88,7 | abc | 14,74 | ab | 100,19 | abc | 103,1 | b | 10,34 | ns | 82,52 | 9,97 |
| Promedio | 21,08 | | 88,58 | | 14,00 | | 99,06 | | 122,51 | | 12,09 | | | |
| % CV | 4,17 | | 1,64 | | 4,85 | | 5,62 | | 15,64 | | 15,05 | | | |

Cuadro 8. Resultados agroindustriales de 18 variedades de caña de azúcar en fase VI, promedio de cuatro cosechas, Finca La Pechuga, Agrícola FABASO, El Amparo, Los Chiles 2017-2020.

| Variedad | Brix | | Pureza | | % Fibra | | Kg azúcar/t | | t caña/ha | | t azúcar/ha | | PRT | Rel. Sac. |
|-------------------|--------------|-----------|--------------|-------------|--------------|-------------|---------------|--------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-------------|
| LAICA 12-340 | 23,04 | ab | 19,14 | a | 14,69 | abcd | 110,05 | abcd | 119,78 | ns | 13,12 | ns | 130,55 | 9,13 |
| LAICA 10-207 | 23,54 | a | 90,85 | ab | 14,86 | abcd | 112,97 | a | 101,78 | ns | 11,44 | ns | 113,83 | 8,90 |
| B 89-138 | 19,96 | b | 83,08 | d | 13,71 | d | 86,15 | ef | 131,38 | ns | 11,34 | ns | 112,84 | 11,59 |
| LAICA 07-26 | 22,77 | ab | 87,84 | abcd | 14,58 | abcd | 102,50 | abcde | 106,67 | ns | 10,86 | ns | 108,06 | 9,82 |
| LAICA 00-301 | 21,82 | ab | 84,55 | cd | 15,39 | abc | 89,40 | ef | 118,50 | ns | 10,67 | ns | 106,17 | 11,11 |
| LAICA 07-09 | 22,44 | ab | 90,77 | ab | 14,48 | abcd | 110,10 | abc | 95,39 | ns | 10,47 | ns | 104,18 | 9,11 |
| RB 98-710 | 22,59 | ab | 86,43 | abcd | 15,47 | ab | 98,16 | cdef | 106,24 | ns | 10,38 | ns | 103,28 | 10,24 |
| LAICA 04-825 | 21,99 | ab | 89,38 | abc | 14,53 | abcd | 102,89 | abcd | 100,92 | ns | 10,19 | ns | 101,39 | 9,90 |
| B 77-95 | 22,75 | ab | 87,36 | abcd | 14,12 | bcd | 104,48 | abcd | 96,18 | ns | 10,05 | ns | 100,00 | 9,57 |
| PR 80-2038 | 21,87 | ab | 88,88 | abc | 14,98 | abcd | 100,53 | abcde | 98,15 | ns | 9,88 | ns | 98,31 | 9,93 |
| LAICA 10-804 | 23,66 | a | 90,25 | ab | 14,80 | abcd | 111,58 | ab | 87,78 | ns | 9,81 | ns | 97,61 | 8,95 |
| LAICA 12-341 | 21,85 | ab | 89,11 | abc | 15,77 | a | 98,63 | bcdef | 99,44 | ns | 9,80 | ns | 97,51 | 10,15 |
| LAICA 08-808 | 22,04 | ab | 85,76 | bcd | 14,90 | abcd | 97,76 | cdef | 99,50 | ns | 9,70 | ns | 96,52 | 10,26 |
| SP 81-3250 | 21,70 | ab | 87,60 | abcd | 15,27 | abc | 98,36 | cdef | 98,45 | ns | 9,66 | ns | 96,12 | 10,19 |
| LAICA 12-339 | 22,44 | ab | 89,41 | abc | 14,60 | abcd | 103,66 | abcd | 90,88 | ns | 9,40 | ns | 93,53 | 9,67 |
| RB 99-381 | 21,93 | ab | 88,65 | abc | 14,06 | cd | 105,28 | abcd | 87,79 | ns | 9,26 | ns | 92,14 | 9,48 |
| LAICA 12-344 | 22,70 | ab | 89,42 | abc | 14,63 | abcd | 106,70 | abcd | 78,51 | ns | 8,35 | ns | 83,08 | 9,40 |
| LAICA 05-805 | 21,82 | ab | 86,10 | abcd | 15,41 | abc | 94,48 | def | 85,48 | ns | 8,01 | ns | 79,70 | 10,67 |
| PROMEDIO | 22,27 | | 84,14 | | 14,79 | | 101,87 | | 100,16 | | 10,13 | | | |
| % CV | 5,63 | | 2,32 | | 3,56 | | 5,00 | | 25,01 | | 24,41 | | | |

Cuadro 9. Resultados agroindustriales de 16 variedades de caña de azúcar en fase VI, promedio de tres cosechas, Finca Arcoiris, Ingenio Cutris, El Amparo, Los Chiles 2017-2020.

| Variedad | % brix | | % Pureza | | % Fibra | | Kg azúcar/t | | t caña/ha | | t azúcar/ha | | PRT | Rel. Sac. |
|-------------------|--------------|-----------|--------------|------------|--------------|-----------|---------------|--------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------|-------------|
| LAICA 12-340 | 23,09 | ns | 90,93 | a | 15,55 | ns | 108,11 | abc | 108,06 | ns | 11,65 | ns | 113,88 | 9,28 |
| LAICA 07-26 | 22,53 | ns | 88,27 | abc | 14,05 | ns | 104,66 | abcde | 104,77 | ns | 10,79 | ns | 105,47 | 9,71 |
| LAICA 10-207 | 23,72 | ns | 91,1 | a | 14,52 | ns | 113,42 | a | 93,27 | ns | 10,55 | ns | 103,13 | 8,84 |
| B 77-95 | 23,01 | ns | 88,82 | abc | 14,22 | ns | 107,89 | abc | 94,81 | ns | 10,23 | ns | 100,00 | 9,27 |
| LAICA 08-808 | 22,47 | ns | 88,53 | abc | 14,06 | ns | 104,1 | abcde | 98,42 | ns | 10,22 | ns | 99,90 | 9,63 |
| PR 80-2038 | 21,97 | ns | 88,2 | abc | 14,77 | ns | 101,05 | abcde | 101,01 | ns | 10,14 | ns | 99,12 | 9,96 |
| LAICA 12-339 | 23,08 | ns | 90,18 | ab | 14,77 | ns | 108,77 | abc | 92,69 | ns | 10,03 | ns | 98,04 | 9,24 |
| RB 98-710 | 22,56 | ns | 86,39 | abc | 14,37 | ns | 101,54 | abcde | 99,57 | ns | 9,96 | ns | 97,36 | 10,00 |
| LAICA 12-344 | 23,36 | ns | 89,89 | abc | 14,4 | ns | 109,84 | abc | 87,7 | ns | 9,62 | ns | 94,04 | 9,12 |
| LAICA 10-664 | 21,42 | ns | 85,15 | c | 14,16 | ns | 93,85 | e | 103,32 | ns | 9,59 | ns | 93,74 | 10,77 |
| LAICA 08-22 | 21,31 | ns | 87,98 | abc | 14,9 | ns | 97,64 | cde | 96,51 | ns | 9,47 | ns | 92,57 | 10,19 |
| LAICA 05-805 | 21,68 | ns | 85,69 | bc | 14,9 | ns | 95 | de | 98,89 | ns | 9,35 | ns | 91,40 | 10,58 |
| LAICA 12-341 | 22,27 | ns | 89,06 | abc | 15,65 | ns | 99,77 | bcde | 93,58 | ns | 9,32 | ns | 91,10 | 10,04 |
| LAICA 10-804 | 23,46 | ns | 90,14 | ab | 14,56 | ns | 110,91 | ab | 83,76 | ns | 9,31 | ns | 91,01 | 9,00 |
| LAICA 04-825 | 22,76 | ns | 90,51 | ab | 14,56 | ns | 106,88 | abcd | 86,12 | ns | 9,18 | ns | 89,74 | 9,38 |
| LAICA 07-09 | 22,39 | ns | 89,74 | abc | 15,33 | ns | 103,69 | abcde | 79,07 | ns | 8,24 | ns | 80,55 | 9,60 |
| Promedio | 22,57 | | 19,98 | | 88,79 | | 14,67 | | 104,20 | | 95,10 | | | |
| % CV | 4,53 | | 5,46 | | 2,13 | | 5,74 | | 4,8 | | 23,21 | | | |

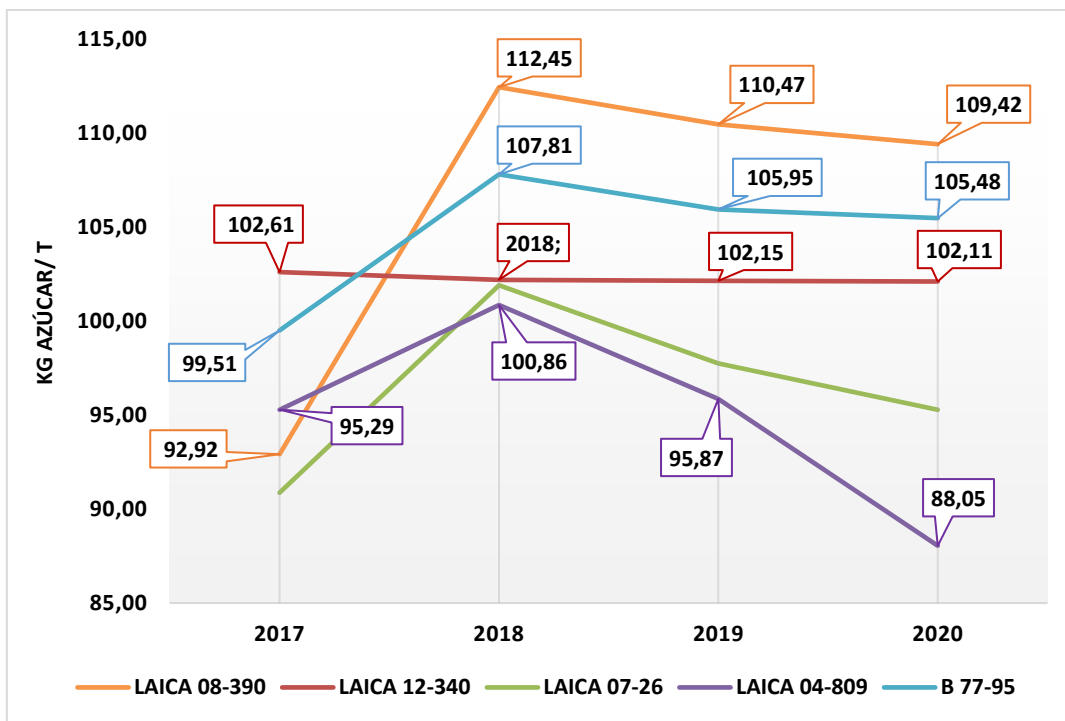


Figura 9. Variación en el rendimiento industrial de los principales clones del ensayo fase VI, finca El Ferry, San Carlos

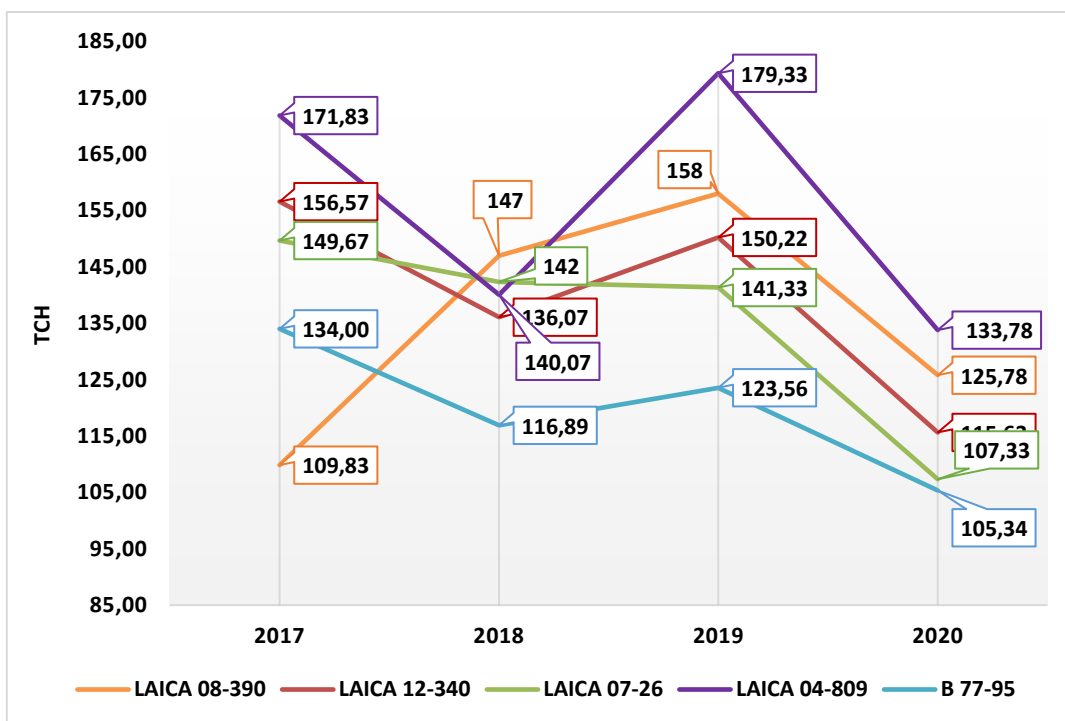


Figura 10. Variación en el rendimiento agrícola de los principales clones del ensayo fase VI, finca El Ferry, San Carlos

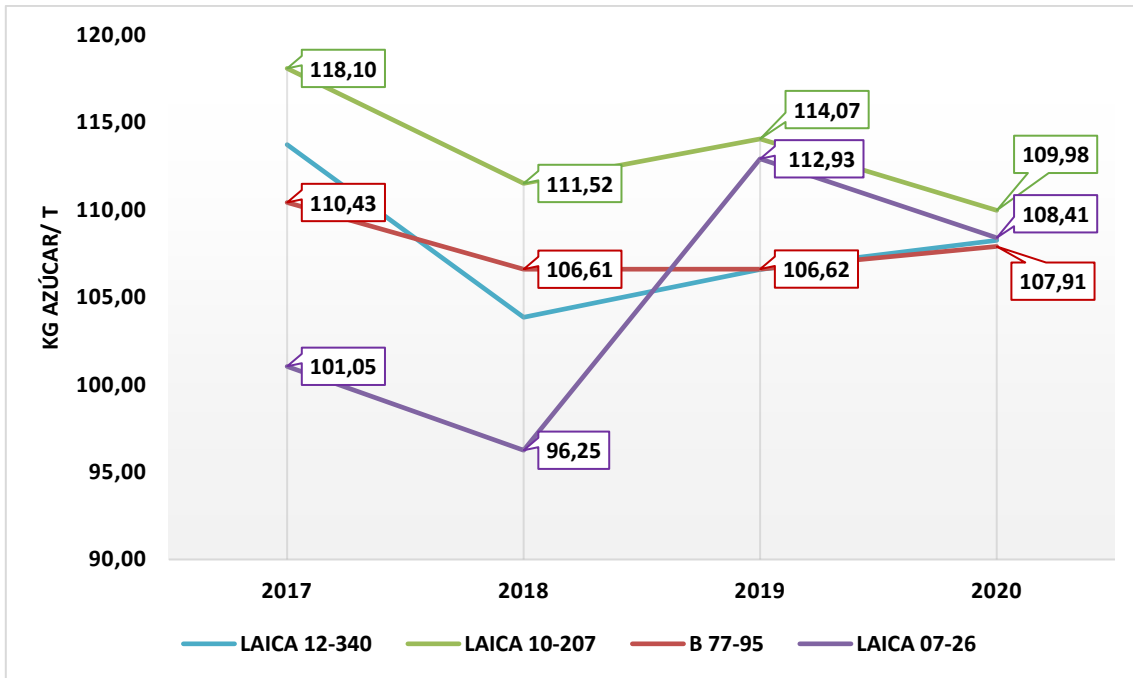


Figura 11. Variación en el rendimiento industrial de los principales clones del ensayo fase VI, finca Arco Iris, Los Chiles

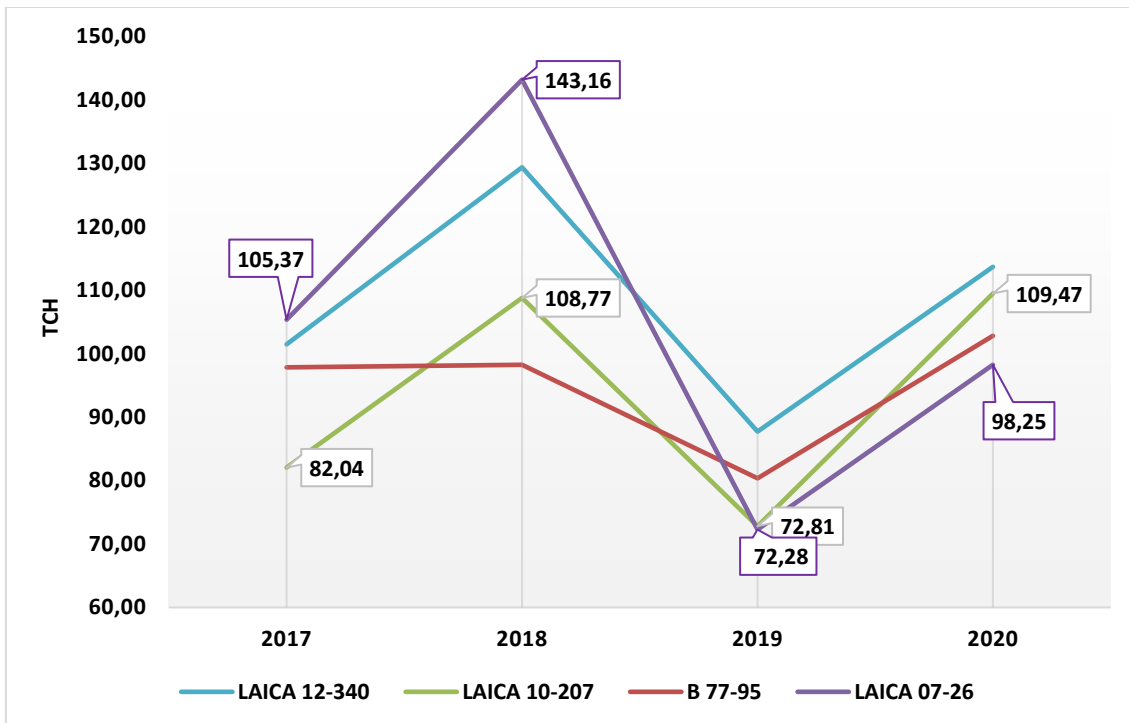


Figura 12. Variación en el rendimiento agrícola de los principales clones del ensayo fase VI, finca Arcoiris, Los Chiles

En los Cuadros 7, 8 y 9 se muestra el comportamiento promedio de cada variedad en cuatro cosechas. A pesar de que no existen diferencias estadísticamente significativas en los rendimientos de una gran mayoría de variedades, se encuentra un grupo de materiales que destaca entre los más de 16 clones evaluados en la región.

Pudiendo así mencionar las variedades LAICA 12-340, LAICA 04-809, LAICA 08-390, LAICA 07-26, LAICA 10-207, B 89-138 y B 77-95, las cuales se encuentran entre las cuatro mejores variedades de cada ensayo desde el punto de vista productivo, en un término de cuatro años de estudio. Por lo tanto, es importante contrastar el comportamiento de estos materiales en cada evaluación.

En las Figuras 9, 10, 11 y 12 se muestra la variación de los rendimientos en el tiempo (2017-2020) para las variedades más destacables en fase VI, un ensayo corresponde a la región de San Carlos (finca El Ferry) y otro en la región de Los Chiles (finca Arcoiris).

Lo cual permite generar una comprensión más clara sobre el comportamiento que tuvieron las variedades más destacables, aún en medio de las variaciones generadas por factores externos, tal como se discutió con anterioridad.

La variedad B 77-95 es un testigo muy competente, y fue superada en toneladas de azúcar por hectárea por cuatro variedades en finca El Ferry, LAICA 04-809, LAICA 08-390, LAICA 12-340 y LAICA 07-26 y tres en finca Arcoiris, LAICA 12-340, LAICA 10-207 y LAICA 07-26, en finca La Pechuga fue donde se encontró una mayor diferencia productiva, siendo inferior a ocho variedades, sobresaliendo siempre LAICA 12-340, LAICA 10-207 y LAICA 07-26.

Como fue común en el promedio, el 2017 fue el año con mejor rendimiento industrial en los Chiles y el más bajo en San Carlos. Posterior a este año destaca en la variedad B 77-95 un comportamiento productivo muy regular. De igual manera el rendimiento agrícola muestra un importante nivel de consistencia, con variaciones menos marcadas entre los años.

En una escala de mayor productividad, debe reconocerse el excelente comportamiento de la variedad LAICA 12-340, ocupando la tercera posición en finca El Ferry (San Carlos) con 14,25 TAH y la primera tanto en finca Arcoiris con 13,12 TAH, como en La Pechuga con 11,65 TAH (ambas fincas en Los Chiles), lo anterior representa un aumento de al menos el 13% en productividad con respecto al mejor testigo B 77-95, siendo a su vez una variedad que destaca en cada ensayo tanto por el rendimiento industrial (Kg azúcar/t) como agrícola (t caña/ha).

Esta variedad es quizá la más consistente de todas, debido a que en los cuatro años de estudio el rendimiento industrial se mantuvo, aún a pesar de las variaciones típicas de cada periodo. El rendimiento agrícola si mantuvo la tendencia común entre las variedades, pero sin dejar de posicionarse entre las más productivas.

La variedad LAICA 04-809 es de los materiales que no pudieron ser incorporados en los tres ensayos y se ubica exclusivamente en finca El Ferry, obteniendo el primer lugar en rendimientos con 14,81 TAH, lo cual representa un aumento en productividad del 18% con respecto al testigo. Es importante considerar que la variedad cuenta con un índice de relación sacarosa de 10,55 el cual es bastante alto, esto se debe a su capacidad de concentración de sacarosa 95,02 kg de azúcar/t en relación al rendimiento agrícola 156,25 t caña/ha.

Respecto al rendimiento industrial mostró un comportamiento bastante crítico, debido a que en la tercera y cuarta cosecha tuvo un descenso bastante significativo en comparación a otras variedades. El rendimiento agrícola manifestó mucha variación en los periodos, sin embargo no dejó de mantenerse entre las más productivas, con un nivel excepcional en la tercera cosecha.

LAICA 08-390 es también una de las variedades que se encuentra únicamente en el ensayo de Finca el Ferry. Destaca por su buena capacidad de concentración de azúcar 106,32 kg azúcar/t y tonelaje de la caña 135,15 t caña/ha, mostrando un aumento del 15% en productividad en comparación a B 77-95.

Esta variedad pasó de ser una de las menos productivas en el primer año, a ser la variedad con mayor concentración de azúcar en las restantes tres cosechas. El rendimiento agrícola también fue bajo en el primer año pero en los años siguientes pasó a ser una de las variedades más productivas superada solo por LAICA 04-809. Existe una razón particular por la cual dicha variedad mostró esa variación tan importante entre el primer año y los demás, ya que en el primer año la semilla disponible no era suficiente y se encontraba en desproporción con las demás variedades.

Con respecto al rendimiento agrícola, también debe señalarse el hecho de que esta variedad tuvo un comportamiento superior y contrario al típico en la mayoría de variedades del ensayo, principalmente en el 2018, cuando el promedio registró un descenso productivo, LAICA 08-390 llegó a ser la de mayor tonelaje.

LAICA 07-26 ha alcanzado altos niveles productivos que han logrado destacar en los tres ensayos establecidos en la zona. En finca El Ferry, los resultados son muy similares al testigo, 13,03 TAH la variedad LAICA 07-26 y 12,53 TAH la variedad B 77-95. De modo similar ocurre en finca La Pechuga con un aumento del 8% en productividad y un 5% en finca Arcoiris.

La variedad no es destacable desde el punto de vista agronómico, aunque presenta buenos indicadores de productividad. Mostró bastante inconsistencia principalmente en Los Chiles (finca Arcoiris); comúnmente en los periodos con mejor concentración de azúcar mostró un descenso mayor en el rendimiento agrícola, esto comparado con otras variedades importantes.

LAICA 10-207 establecida en los Chiles, es la variedad más azucarera con 112,97 kg azúcar/t en finca La Pechuga y 113,42 kg azúcar/t en Arcoiris. Una característica importante de considerar a nivel productivo es que cuenta con el menor índice de relación sacarosa entre todas las variedades evaluadas, por lo tanto es la que requiere menos toneladas de caña para extraer una tonelada de azúcar.

Es una variedad con un rendimiento agrícola muy cercano al testigo B 77-95, sin embargo se ha caracterizado por el más alto rendimiento industrial, posición que mantuvo durante los cuatro años de estudio en los Chiles, finca Arcoiris.

La B 89-138 establecida en finca La Pechuga, mostro un rendimiento de 11,34 TAH , siendo ser una de las más productivas, sin embargo, debe considerarse el hecho de que ese valor fue alcanzado por tener el mayor rendimiento agrícola con 131,38 TCH, pero el rendimiento industrial fue el más bajo de todos con 86,15 kg azúcar/t. Es un aspecto en su contra que debe ser considerado.

Comportamiento Agronómico

Cuadro 10. Características agronómicas de las principales variedades, finca La Pechuga, Los Chiles

| | |
|-------------------------|---|
| LAICA 07-26 | Cuenta con 12 tallos/m ² , la floración ha sido de 33% máximo en el 2017, el corcho se mantiene bajo en el tercio superior, la concentración de azúcar es media; 102,50 Kg azúcar/ha. Por ser hija de una variedad hawaina, tiene crecimiento, muy abierto y tende al volcamiento, además de mostrar tallos muy delgados |
| LAICA 10-207 | Tiene en promedio 12 tallos/m ² , la mayor floración fue en el 2018 con un 10,7%, el corcho es medio en el tercio superior, erecta con despaje regular a bueno. Cuenta con una excelente concentración de azúcar; 112,97 Kg azúcar/ha. |
| LAICA 12-340 | Presenta cerca de 13 tallos/m ² , en el 2018 alcanzó un 30% de floración, el corcho es bajo en el tercio superior, porte erecto y buen despaje. Adicionalmente es una variedad con tallos de excelente tonelaje 119,78 TCH, y una muy buena concentración de azúcar; 110,05 Kg azúcar/ha. |

Cuadro 11. Características agronómicas de las principales variedades, finca Arcoiris, Los Chiles

| | |
|-------------------------|--|
| LAICA 07-26 | Tiene un promedio de 16 tallos/ m ² , el mayor porcentaje de floración lo presentó en el 2018; un 29%. Mantuvo un porte semi-acamado en los tres primeros años con un mayor acame en el cuarto año, corcho medio en el tercio superior, estresada, con lalas y mayor suceptibilidad a enfermedades, tallos delgados con un grosor promedio menor a 2.5cm . Buen balance entre concentración de azúcar y toneladas de caña, obteniendo 10,84 TAH |
| B 77- 95 | En promedio cuenta con 14 tallos/m ² , 13% de floración, corcho medio en el tercio superior, porte erecto, buen despaje, tallos uniformes con un grosor de 2.7 cm. Además de contar con excelentes características agronómicas, es un variedad con gran potencial productivo y azucarero 11,09 TAH |
| LAICA 12-340 | Cuenta con 15 tallos/m ² en promedio, expresó menos de un 5% de floración, sin corcho, porte erecto y despaje regular. En comparación a finca La Pechuga la floración fue menos significativa, continúa expresándose como la variedad con mejor relación entre el tonelaje de caña y concentración de azúcar, obteniendo 12,32 TAH |
| LAICA 10-207 | Cuenta con 13 tallos/m ² , solo mostró un 10% de floración en el último año, sin corcho erecta, con un despaje de regular a bueno, es una de las variedades con menor tamaño 2,1m, debido a esto en algunas cosechas se ha visto afectado el rendimiento agrícola, sin embargo ha mostrado un gran potencial azucarero con 113,42 Kg Azúcar/ ton |

**Cuadro 12. Características agronómicas de las principales variedades,
finca El Ferry, San Carlos**

| Finca el Ferry, Ingenio Cutris, San Carlos | |
|---|---|
| LAICA 12-340 | Cuenta con 15 tallos/m ² , en el 2018 la floración fue de un 2%, de porte erecto, excelente altura 2,9 m, buen despaje y corcho bajo en el tercio superior, buen nivel de sanidad. Excelente concentración de azúcar con tonelaje, para una producción de 14,25 TAH. Comportamiento característico en todos los ensayos. |
| LAICA 04-809 | En promedio cuenta con 10 tallos/m ² , en el 2018 expresó un 38% de floración, con corcho medio en todo el tallo, acamada con excepción del cuarto año donde se mantuvo semi-erecta, se muestra vulnerable a la roya café. Solo se encuentra en este ensayo para la zona norte. Es la variedad con el mejor rendimiento promedio 15,85 TAH |
| LAICA 08-390 | Cuenta con 14 tallos/m ² en promedio, sin floración ni corcho, ha mostrado comportamiento erecto o semi-acamado, con despaje regular, excelente desarrollo. Muy buena concentración de azúcar y tonelaje, para una producción estimada de 14,48 TAH. La variedad solo fue introducida en este ensayo para la zona norte. |
| LAICA 07-26 | En promedio cuenta con 11 tallos/m ² , para el 2018 la floración fue de un 47% con corcho alto en el tercio superior, acamada, los tallos no cuentan con un diámetro uniforme, formación de lalas. Mantiene un buen nivel productivo 13,03 TAH. La variedad se encuentra en todos los ensayos de la zona norte |
| B 77- 95 | Cuenta con 12 tallos/m ² , mantuvo una floración inferior al 20%, el corcho puede ser de bajo a medio en todo el tallo, la variedad es muy erecta con buen despaje. Sobresale también por su rendimiento agrícola promedio de 119,95 TCH, sin dejar de contar con una muy buena capacidad azucarera 104,69 kg azúcar/t |

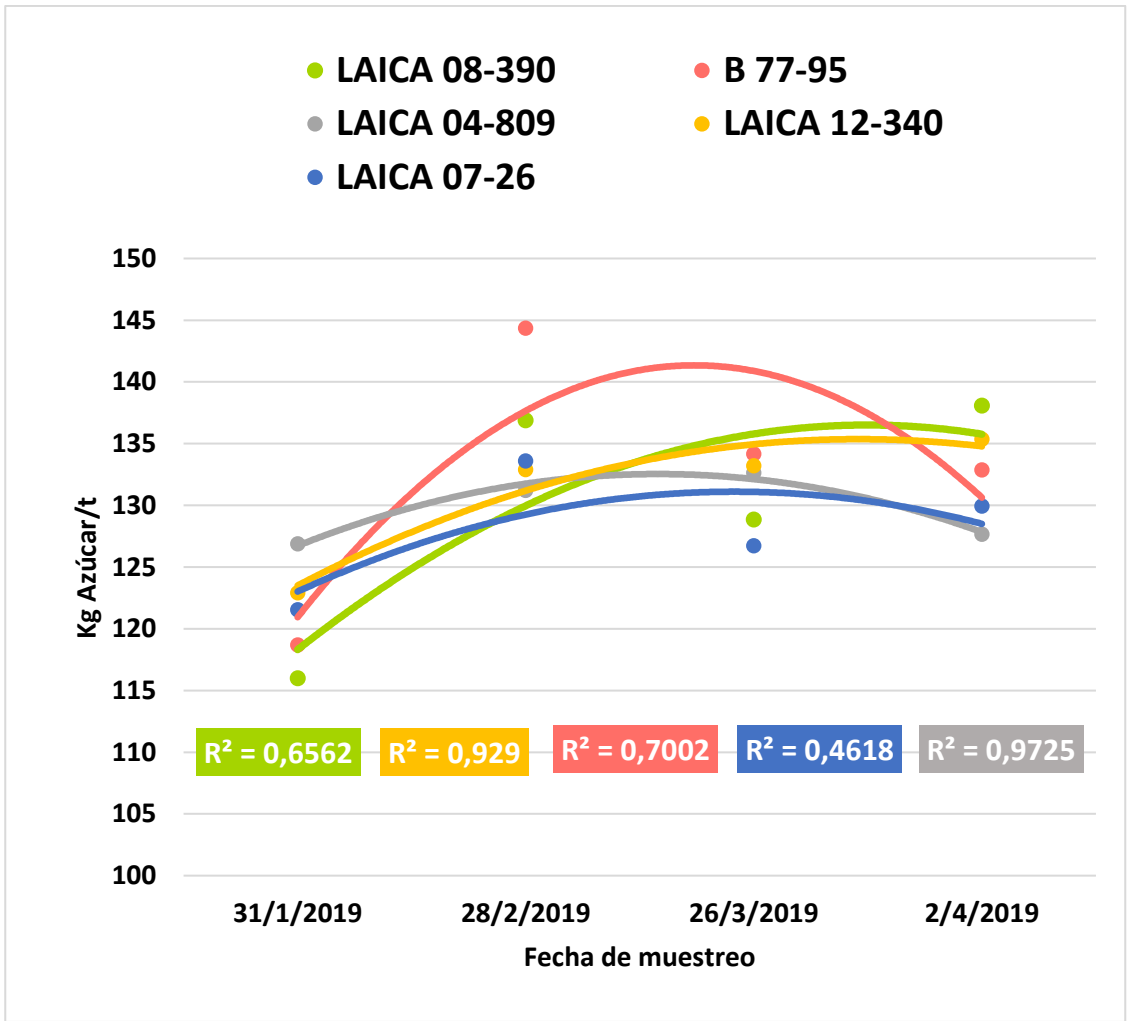


Figura 13. Curva de madurez de las principales variedades en el ensayo de fase VI, finca El Ferry, San Carlos, 2019

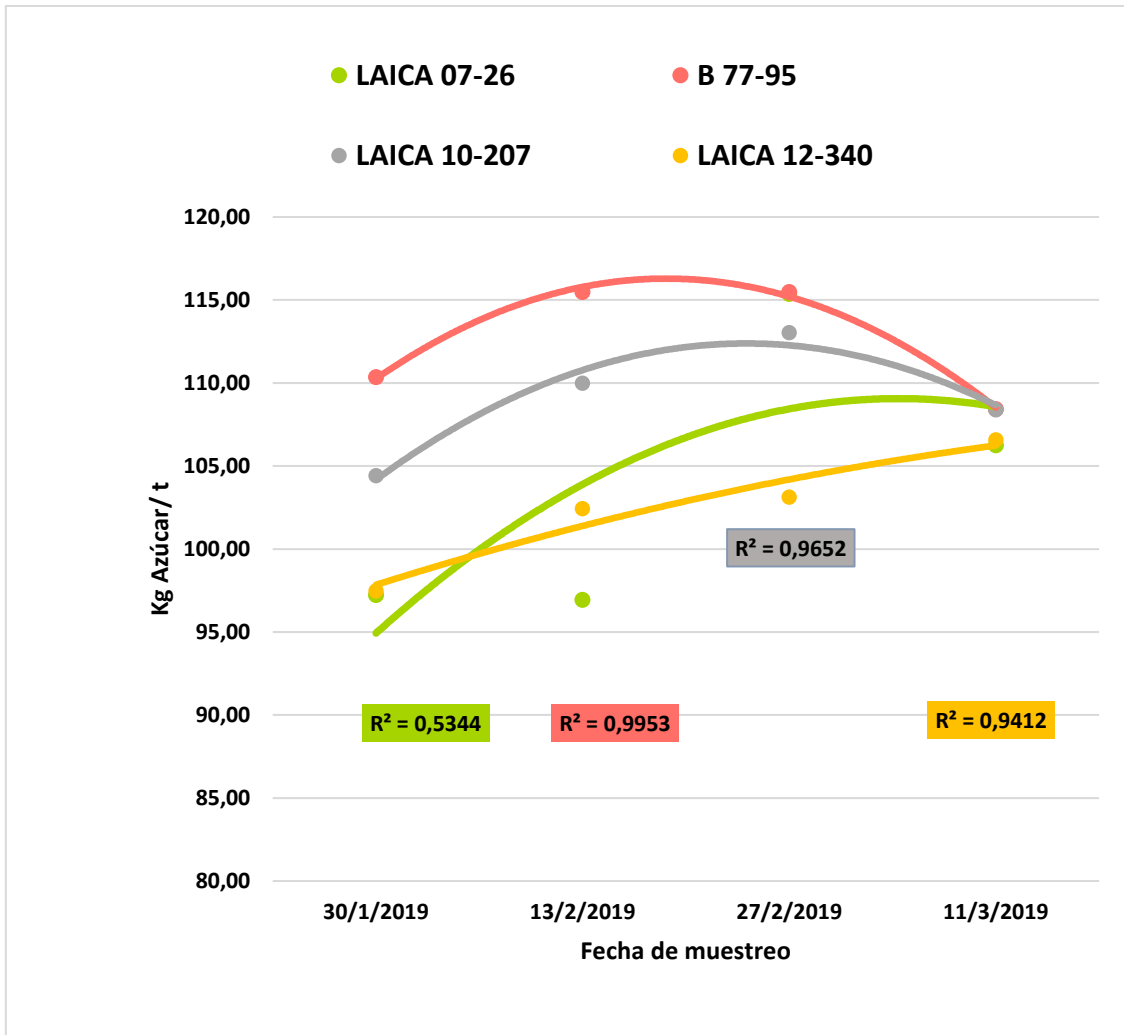


Figura 14. Curva de madurez de las principales variedades en el ensayo de fase VI, finca Arcoiris, Los Chiles, 2019

Si adicionalmente se consideran las variables relacionados con madurez y características agronómicas, es posible ampliar los criterios sobre las variedades que han alcanzado una mayor adaptación a las condiciones típicas de la Zona Norte (Cuadro 10, 11 y 12; Figura 13 y 14).

En los cuatro años de estudio se demostró que la variedad LAICA 10-207 mantiene altos niveles de concentración de azúcar aun en medio de las variaciones típicas generadas por factores externos entre un periodo y otro. Es una variedad que muestra excelentes resultados de maduración desde el inicio de zafra, por eso es importante enmarcar esta virtud y utilizar también para su cosecha en los primeros meses

LAICA 12-340: Se encuentra en todos los ensayos y en cada uno ha sido una variedad sobresaliente tanto por la consistencia de sus rendimientos, comportamiento agronómico como sanidad vegetal. Por lo tanto es una variedad que se adapta muy bien a la zona, y se aconseja su cosecha para el segundo y último tercio de zafra.

LAICA 04-809: solo se encuentra en uno de los ensayos, a pesar de ser la variedad más productiva destacando por un rendimiento agrícola sobresaliente, aun cuando los resultados en los ensayos no son del todo suficiente para tomar una decisión sobre ella, según las experiencias que se han ido generando en campo, es un material que bien manejado, compite y supera a las variedades comerciales vigentes.

LAICA 08-390: solo se encuentra en el ensayo de finca el ferry, sin embargo ha sido una de las variedades con mejor comportamiento: erecta, sin floración ni corcho, buen nivel de sanidad, excelente macollamiento, desarrollo y rendimiento industrial. La mayor concentración de azúcar se encuentra en el último tercio de zafra.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

El mejoramiento genético y la selección de variedades adaptables a la Región Norte, requiere de un análisis de factores y elementos diversos, que van desde lo productivo, tipos de suelo, clima, manejo del cultivo y diversos aspectos sociales.

Los datos de precipitación, temperatura y sus variaciones anuales, impactan de sobremanera los rendimientos en el cultivo de la caña, en la región de San Carlos y Los Chiles. La inexistencia de una época seca bien definida en tiempo de zafra y la presencia de temperaturas mínimas de 22 y mas grados centígrados, no contribuyen para tal fin.

Los suelos de orden Ultisol son muy frecuentes en la Zona Norte, requieren un manejo exigentes y para poder adaptar variedades de un alto nivel productivo, es importante el aumento en los niveles nutricionales, principalmente el fósforo.

La variedad LAICA 12-340 mostró un alto nivel de adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico presentes en el Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso

tanto en la región de San Carlos como en Los Chiles, de manera que se recomienda su reproducción.

La variedad LAICA 08-390, al igual que LAICA 12-340, mostró un alto nivel de adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas y de manejo agronómico provisto por el Ingenio Cutris en la región de San Carlos y Los Chiles.

La variedad LAICA 10-207 mostró un alto nivel de adaptabilidad a las condiciones edafoclimáticas de toda la región, por lo cual es un material de gran potencial de uso, siendo la típica variedad de maduración temprana, con alto interés industrial.

REFERENCIAS

Alfaro Castellanos, MC. 2012. Administración de personal (en línea). Tlalnepantla, C.P. 54080, Estado de México. 179 p. Consultado 13 set. 2019. Disponible en http://www.aliat.org.mx/BibliotecasDigitales/economico_administrativo/Administracion_de_personal.pdf (libro en línea)

Andrade Pérez, A; Navarrete, F. 2004. Lineamientos para la aplicación del enfoque ecosistémico a la gestión del recurso hídrico. Colonia Lomas de Virreyes 11000, México D.F., México. 110 p. Consultado 1 set. 2019. Disponible en <http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-11/semana1/andrade01.pdf>

Bonsucro. 2015. Estándar de producción Bonsucro (en línea). The Wenlock, 50-52 Wharf Road, Londres, N1 7EU, Reino Unido. Consultado 21 oct. 2019. Disponible en https://www.bonsucro.com/wp-content/uploads/2017/01/ES_BonsucroStandard_v4.1.1_all.pdf

Chaves Solera, M. 2011. Impacto de las lluvias y las inundaciones sobre la caña de azúcar en Costa Rica (en línea). LAICA-DIECA, San José, Costa Rica. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/article/6181>

CONADESUCA (Comité Nacional Para el Desarrollo Sustentable de la Caña de Azúcar). 2015. Ficha técnica del cultivo de la caña de azúcar (*Saccharum Officinarum* L.) Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural, Gobierno de México. Consultado 08 ene 2020. Disponible en https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Az_car.pdf

Durán, J; Oviedo, M; Carvajal, P; Araya, A; Vargas, J; Quesada, C; Fonseca R. 2018. Desarrollo de nuevas variedades de caña de azúcar en la región norte (en línea, póster). VII Congreso Tecnológico del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar.

- Florencia, CR, Colegio Agropecuario de San Carlos. Consultado el 1 oct. 2019. Disponible en <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/LiSpHszTDKwQGMWjpxYuUCBDvOPfNUq>
- Farinango Chushig, VA. 2015. Evaluación fitosanitaria y potencial agronómico de la variabilidad de maíz de Cotacachi y Saraguro en las principales zonas maiceras de Imbabura y Loja (en línea). Tesis Ing. Agr. Quito, Ecuador, UCE. Consultado 18 jul. 2015. Disponible en <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/3228/1/T-UCE-0004-03.pdf>.
- FIRA (Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura). 2010. Producción Sostenible de Caña de Azúcar en México (en línea). Boletín Informativo Nueva Época 2010-11:15. Consultado 11 mar. 2020. Disponible en <http://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=3681>
- Google Maps. 2019. Localización espacial del distrito El Amparo (Los Chiles) y Cutris (San Carlos) (en línea). Consultado el 29 ago. 2019. Disponible en <https://drive.google.com/open?id=1HH9bvuhZSUibD8wOgBn-H0n2-WYadw2T&usp=sharing>
- Guillén Miranda, J. 2016. Programa de trabajo municipal del cantón de Los Chiles Alajuela 2016-2020 (en línea). Los Chiles, Alajuela, Costa Rica. Consultado 30 set. 2019. Disponible en http://consultadondevotar.tse.go.cr/dondevotarM/partidos/programasPoliticos/2016/4_204100911.pdf
- Inzunza, J. 2006. Meteorología descriptiva y aplicación en Chile: Temperatura (en línea, póster). Universidad de Concepción, Concepción, Chile. Consultado 08 ene. 2020. Disponible en http://nimbus.com.uy/weather/Cursos/Curso_2006/Textos%20complementarios/Meteorologia%20descriptiva_Inzunza/
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica). 1991. Aspectos técnicos sobre cuarentena y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica: Caña de azúcar (en línea, poster). Dirección General de Investigación y Extensión Agrícola, MAG, San José, Costa Rica. Consultado 08 ene. 2020. Disponible en <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>
- Municipalidad de San Carlos. 2014. Plan de desarrollo distrital, Cutris 2014-2021 (en línea). San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Consultado 30 set. 2019. Disponible en <https://www.munisc.go.cr/Documentos/NuestraMunicipalidad/Plan%20desarrollo%20Distrital%20de%20Cutris.pdf>

- Santana Segura, RA. 2018. Modernización de los sistemas de riego mediante introducción de tecnologías de conducción de aguas por tubería en lugar de canales abiertos en la finca Experimental Taboga UTN-Sede Guanacaste (en línea). Tesis Ing. Agr. Guanacaste, Costa Rica, UTN. Consultado 24 abr. 2020. Disponible en http://repositorio.utn.ac.cr/bitstream/handle/123456789/188/Proyecto_22_10_2018%20_Roberto%20Santana%20Segura.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Tirado, R; Mendoza, J. 2018. Interacción genotipo × ambiente en rendimiento de papa (*solanum tuberosum* L.) Con pulpa pigmentada en Cutervo, Perú. *Chilean Journal of Agricultural & Animal Sciences* 34(3): 191-198 (Artículo)
- Villegas, F. 2017. Factores abióticos que afectan el contenido de la sacarosa (en línea). In Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial (1, 2017, Puntarenas, Costa Rica). Memoria. Puntarenas, Costa Rica, Hotel Double Tree Resort by Hilton. Consultado 29 oct. 2019. Disponible en <https://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/article/35278>

ANEXOS

Anexo 1. Entrevista a especialistas del Ingenio Cutris y Agrícola Fabaso, 2019

La presente entrevista forma parte de un documento en desarrollo, en el cual se analizan factores físicos ambientales que inciden en la producción e investigación de caña de azúcar, así como el factor humano. Este último, suele ser menos valorado en algunas investigaciones debido a su carácter cualitativo. Sin embargo, nos interesa enmarcar el esfuerzo que realiza el ingenio y productores en la zona, así como su impacto en el desarrollo del cultivo.

Información General

Nombre:

Empresa en la que labora:

Cargo que ocupa:

Expectativas

Existe potencial en la Región Norte para mejorar los rendimientos productivos actuales?

Cuentan con alguna proyección de crecimiento para los próximos años?Cuál es la expectativa

Qué implicaciones económicas tiene para la organización alcanzar estas expectativas?

En que rubros deberán aumentar o priorizar la inversión?

El crecimiento productivo trae consigo otros beneficios para la región?

Limitantes

De los siguientes elementos cuáles considera usted limitantes para alcanzar las expectativas a mediano y largo plazo. Realice una valoración donde 5 es muy limitante, 0 no es limitante. Explique por qué

Equipo/Insumos Agrícolas:

Acceso Tecnológico:

Factores Ambientales:

Manejo de Personal:

Disponibilidad de Mano de Obra:

Inflación económica, cargas sociales, otros impuestos:

Algún otro:

Mejoramiento Genético

Considera usted que las labores desarrolladas por el programa de variedades DIECA, han sido necesarias e importantes para el sector productivo?

Del 1 al 5, con cuál nivel de importancia, valora usted el desarrollo de nuevas variedades para la región?

Considera usted que el desarrollo y evaluación de nuevos materiales genéticos, se encuentran en función al cumplimiento de las expectativas mencionadas al principio? Por qué

“Muchas Gracias por el tiempo tomado en responder las preguntas y contribuir en el conocimiento y desarrollo del sector Azucarero. “El éxito es la suma de pequeños esfuerzos, repetidos día tras día” (Robert Collier)