

Periodo 05 de abril al 18 de abril de 2021

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA SEMANA DEL 22 DE MARZO AL 04 DE ABRIL

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

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

En la figura 1 se puede observar el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los distritos que sobrepasaron los 400 mm de lluvia acumulada en la quincena fueron Santa Teresa de Turrialba y La Virgen de Sarapiquí.

Los registros de lluvia de 134 estaciones meteorológicas consultadas muestran al miércoles 31 como el de mayor registro de lluvia acumulada, sobresaliendo por sus altos montos. Por otra parte, el 25 de marzo presentó el menor acumulado a nivel nacional.

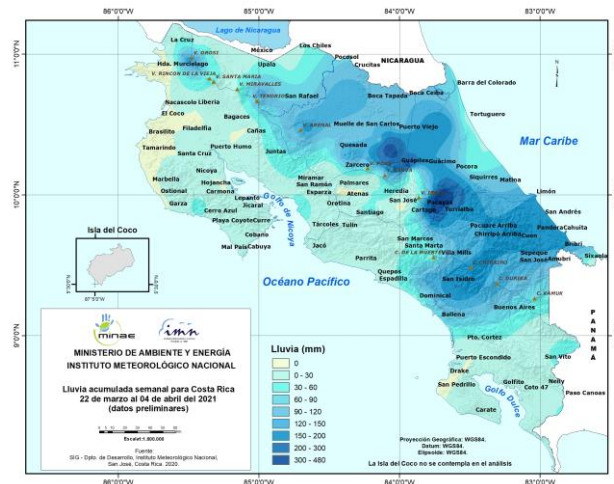


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 22 de marzo al 04 de abril del 2021 (datos preliminares) (No incluye el 30 de marzo).

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS PERIODO DEL 05 DE ABRIL AL 11 DE ABRIL

De la figura 2 a la figura 9, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones cañeras. Se prevé una semana con condiciones levemente más lluviosas de lo normal en el país, excepto las regiones Guanacaste Este y Guanacaste Oeste que presentarán condiciones normales.

La velocidad del viento se mantendrá normal para las diversas regiones. La temperatura media se mostrará arriba de lo normal en la Región Norte, Valle Central Este, Valle Central Oeste y Turrialba; así como bajo lo normal en las restantes regiones.

“La semana inicia con vientos alisios entre moderadas y fuertes para el Valle Central, Pacífico Norte y cordilleras.”

IMN

www.imn.ac.cr
2222-5616

Avenida 9 y Calle 17
Barrio Aranjuez,

Frente al costado Noroeste del
Hospital Calderón Guardia.
San José, Costa Rica

LAICA

www.laica.co.cr
2284-6000

Avenida 15 y calle 3
Barrio Tournón

San Francisco, Goicoechea
San José, Costa Rica

Abril 2021 - Volumen 3 – Número 08

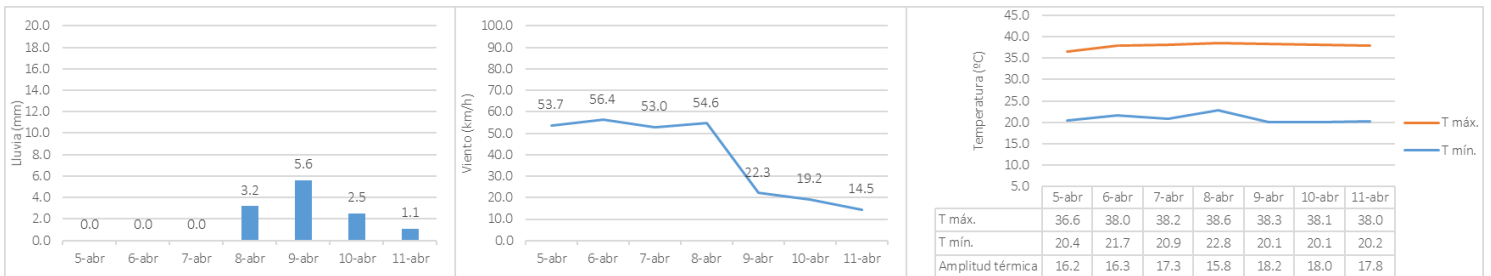


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Guanacaste Este.

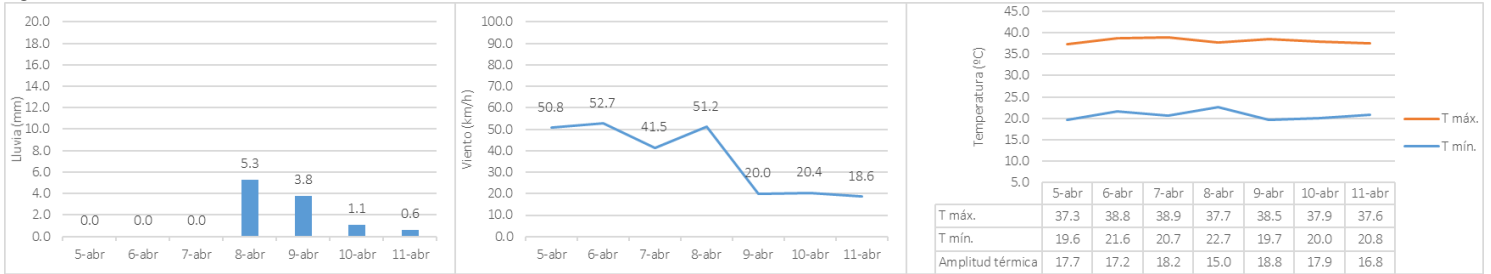


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Guanacaste Oeste.

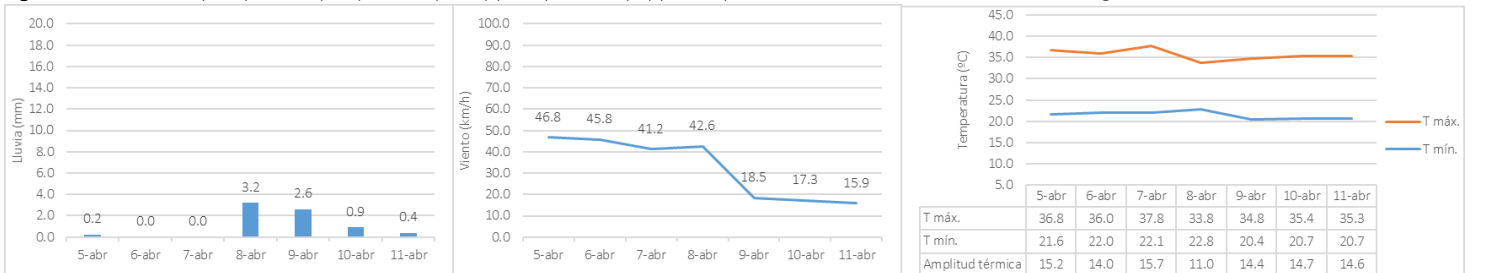


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Puntarenas.

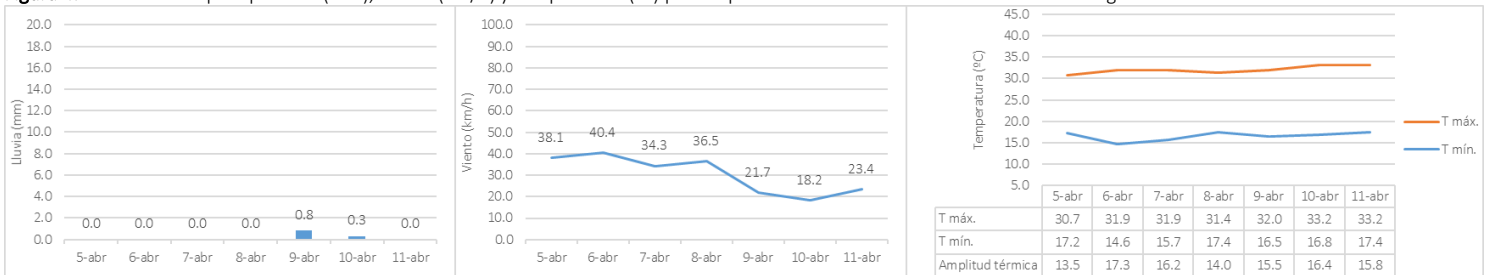


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Zona Norte.

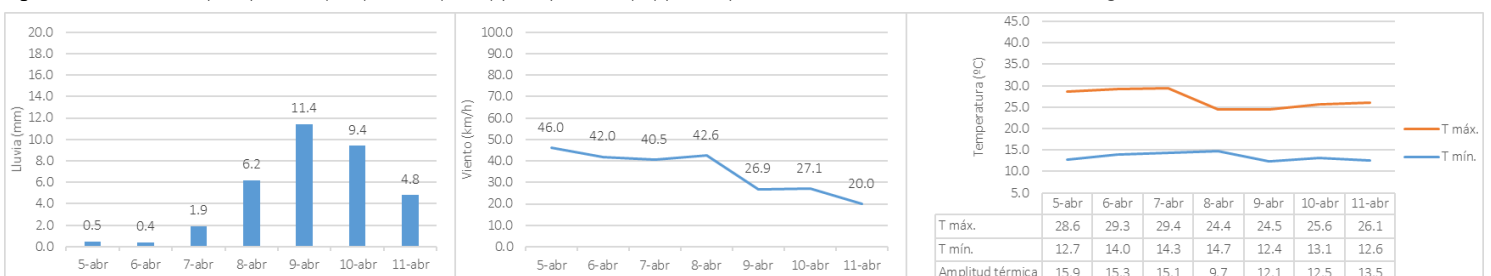


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Valle Central Este.

Abril 2021 - Volumen 3 – Número 08

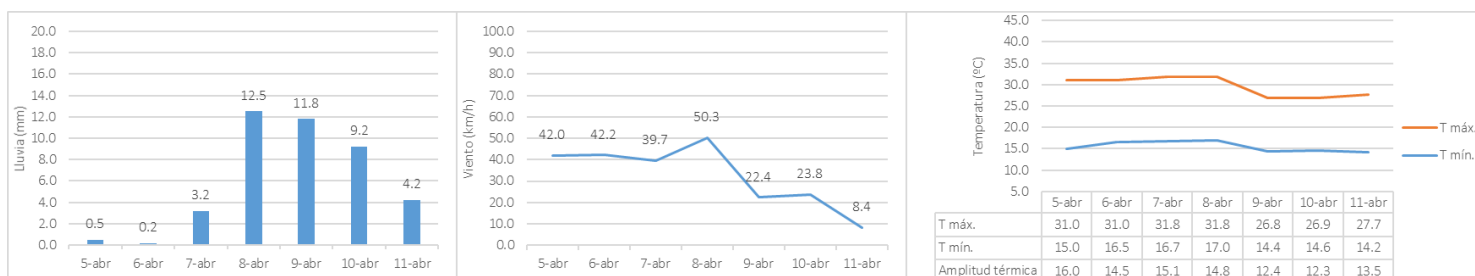


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Valle Central Oeste.

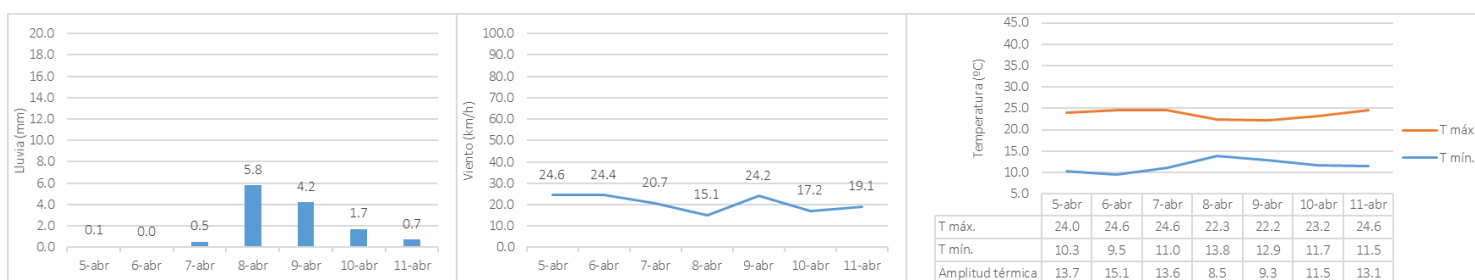


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Turrialba.

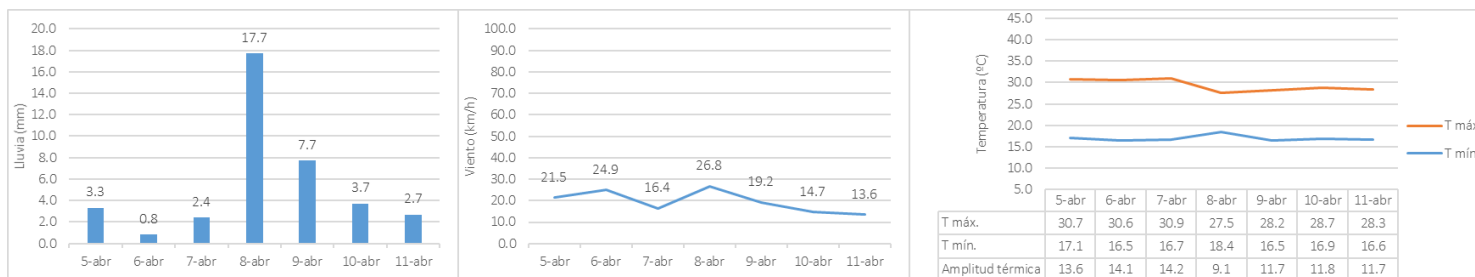


Figura 9. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) para el periodo del 05 de abril al 11 de abril en la región cañera Zona Sur.

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 12 DE ABRIL AL 18 DE ABRIL

Se prevé una semana con condiciones levemente más secas de lo normal en la región Turrialba, mientras Brunca tendrá condiciones levemente más lluviosas de lo normal; así como condiciones normales para las demás regiones cañeras. Lo anterior acompañado de condiciones ventosas normales, excepto la región Región Norte que tendrá condiciones sutilmente menos ventosas que lo normal.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, durante la semana del 29 de marzo al 04 de abril de 2021 los suelos del país presentaron bajos porcentajes de humedad el lunes; pero la saturación en la Zona Norte y en el Caribe aumentó a partir del martes, esto debido a las lluvias que se presentaron. Los suelos del Pacífico Norte, Pacífico Central y Pacífico Sur se mantuvieron con baja humedad durante toda la semana.

Como se observa en la figura 11, la Región de Guanacaste Oeste presenta entre 0% y 45%, mientras que la Región de Guanacaste Este tiene entre 0% y 60% de saturación, aunque la mayoría de los suelos están entre 0% y 15%. Las regiones de Puntarenas y Valle Central Este tienen entre 0% y 15%, la Región Valle Central Oeste está entre 0% y 30%.

El porcentaje de saturación de la Región Norte tiene entre 15% y 75%; las regiones de Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) y Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) presentan entre 45% y 75%. La Región Sur varía entre 0% y 90% de humedad.

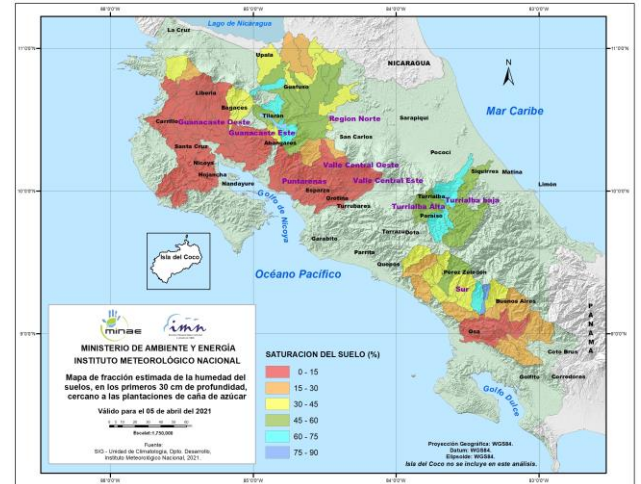


Figura 10. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercana a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 05 de abril del 2021.

DIECA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

- @IMNCR
- Instituto Meteorológico Nacional CR
- www.imn.ac.cr

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

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

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

NOTA TÉCNICA

Deterioro de las variedades de caña de azúcar de uso comercial en Costa Rica: afectación por clima

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M.Sc.

chavessolera@gmail.com

Especialista en el cultivo de la Caña de Azúcar

Como resulta comprensible y entendible consentir, el crecimiento y evolución del ciclo natural de cualquier ser vivo, sea de origen vegetal o animal, está condicionado, influenciado y por ello intervenido por diversos factores, tanto intrínsecos y propios de su genética particular, como también del entorno donde se desarrolla. Esta realidad conduce a entender que todos los seres vivos, independientemente de su naturaleza, origen o constitución, debe cumplir y satisfacer obligatoriamente un ciclo de vida secuencial y sistemático que da cobertura a todo su complejo y multivariado ciclo vital. Se define ciclo de vida, el proceso vital de un organismo que va desde su nacimiento hasta su muerte, pasando por diferentes fases o etapas ontogénicas propias que configuran su desarrollo desde su concepción hasta su muerte, en los cuales se dan múltiples y diversos cambios anatómicos, morfo genéticos y fisiológicos (Chaves, 2020a).

En el caso de la caña de azúcar su ciclo de vida es amplio y complejo, el cual es visualizado y segregado por conveniencia para su manejo, empleo agronómico y comercial en varios periodos, fases o etapas fenológicas, como lo señalara Chaves (2019b), las cuales se organizan según ese autor en cuatro fases básicas que involucran múltiples procesos biológicos. Entre los mismos se mencionan la germinación, la emergencia y el brotamiento de las yemas de la semilla (esqueje) recién sembrada, las cuales caracterizan la Fase 1. De manera sistemática, el proceso prosigue con la Fase 2, donde ocurre la formación de “macolla” y concentración de las plántulas emergentes del conjunto de yemas, definiendo parte de la biomasa (población de tallos) y su elongación inicial. Posteriormente, en la Fase 3 el crecimiento de los tallos (elongación y engrosamiento de entrenudos) se dinamiza y acelera con incrementos notables en altura y peso fresco (kg)

de los mismos; hay un acúmulo importante de materia verde y seca que define el tonelaje esperado obtener de la plantación, siendo conocido como “*período de gran crecimiento*”. Los entrenudos que completan su desarrollo inician el almacenamiento y concentración de sacarosa. La floración marca el final de esta fase. La Fase 4 última, es determinante, pues define la madurez y el contenido final de sacarosa concentrada y acumulada en los tallos de la planta y con ello la producción de azúcar obtenida por unidad de área (t/ha). Se mide en términos de rendimiento industrial por los kilogramos de sacarosa recuperada en la materia prima procesada en la fábrica (kg/t).

En todo este complejo, variado y dinámico proceso biológico natural caracterizado por el acaecimiento de profundos cambios y modificaciones vegetales, acontecen hechos que de manera positiva vienen a favorecer la manifestación de todo (o parte) el potencial genético natural que la planta de caña de azúcar posee; como también la variedad cultivada en lo particular, expresadas y percibidas como producción y productividad agroindustrial. Son de igual manera posibles y esperables, ocurran impactos negativos que afecten esa expresión. La presencia, incidencia y participación en grado variable de diversos factores, resulta esencial y determinante en los resultados agroindustriales finales que una determinada variedad cultivada pueda tener en un “ciclo vegetativo de cosecha” (11-24 meses); como también, en un “ciclo de vida comercial utilitaria”, lo cual la tipifica y califica como idónea y apta para ser empleada por los agricultores en su producción y actividad empresarial de campo.

En lo específico, asegura Chaves (2020d) al referirse al tópico de la degradación de las variedades, que “Es un hecho conocido y validado que los exigentes sistemas actuales de producción,

aspiran y procuran dentro de sus metas y objetivos empresariales, lograr la máxima productividad posible, esto es, obtener la mayor cantidad de producto por unidad de área. En el caso particular de la caña de azúcar se busca producir y extraer la mayor cantidad de caña industrializable (materia prima) medida en toneladas métricas por hectárea (t/ha); que posea además la máxima concentración de sacarosa contenida y recuperable en sus tallos, medida en kilogramos por tonelada de caña molida (kg/t). Esos dos indicadores de eficiencia y productividad generan a su vez al integrarlos la cantidad de azúcar potencialmente factible de fabricar, dada en toneladas métricas por hectárea (t/ha); lo cual se dificulta y convierte en desafío cuando se busca estabilidad y alargamiento en tiempo de la vida comercial y utilitaria de la plantación. Resumiendo, se busca producir mucha caña con alta concentración de sacarosa en todos los ciclos vegetativos (planta-soca) de la plantación, procurando que supere las cinco cosechas consecutivas (Chaves, 2019c)."

Con el objeto de conocer y profundizar en torno al tema del deterioro y la degeneración agro productiva que sufren y padecen las variedades de caña de azúcar a través del tiempo, el cual les provee un periodo diferenciado de uso comercial satisfactorio en lo productivo y en lo económico, se expone el presente documento, el cual pretende dar respuesta a algunas inquietantes preguntas que todos los agricultores se plantean, como son entre otras ¿Por qué la producción de la planta de caña declina y decae con el transcurrir de las cosechas sucesivas? ¿Por qué en unas variedades la caída productiva es más severa? ¿A qué se debe la declinación varietal? ¿Es posible impedir o al menos atenuar esa pérdida de productividad y uso comercial potencial?

Importancia de contar con una buena variedad

No hay duda en aceptar como se ha manifestado en reiteradas ocasiones y está en lo científico y comercial amplia y suficientemente demostrado, que la variedad constituye en la actividad cañero-azucarera, posiblemente el factor de la producción más importante que incide y determina el éxito agroproductivo de cualquier emprendimiento empresarial. Esta contundente afirmación está sustentada y demostrada en la práctica agrícola del día a día y también de muchos años, desarrollada en condiciones agroambientales muy heterogéneas, variables y disímiles de los entornos y ambientes donde se produce la caña de azúcar en Costa Rica, como lo han

demostrado Chaves (2008b, 2019d) y Chaves *et al* (2018). No cabe la menor duda basados en lo expuesto por esos autores, que hay algunas condiciones más apropiadas que otras para desarrollar una actividad productiva agroindustrial con mayor margen de éxito, virtud del potencial de competitividad natural prevaleciente en el lugar.

Poder disponer como base productiva inicial de una variedad de caña que se adapte y prospere satisfactoriamente en el lugar de cultivo donde se desarrollara el proyecto productivo, resulta esencial y determinante para el éxito del proyecto empresarial. La adaptación no significa apenas producir caña con un nivel de productividad agrícola e industrial elevado; pues el concepto es más amplio y complejo, ya que incorpora elementos vinculados con la fitosanidad, la rusticidad y la tolerancia a desarrollarse en condiciones diversas y hasta adversas, y obviamente, contar con una producción de materia prima elevada, estable y con alta concentración de sacarosa. Esos y otros elementos adicionales son los que conducen inobjetablemente a lograr productividad, rentabilidad y competitividad general para todo el emprendimiento agroempresarial.

Ahora bien ¿Qué califica como una buena variedad o siendo aún más estricto y exigente, una variedad ideal? En términos generales el concepto viene vinculado a características, propiedades y atributos asociados con rusticidad, adaptabilidad, fitosanidad, disponibilidad de elementos agronómicos deseables, maduración homogénea y consistente, ecoeficiencia, rendimientos agroindustriales altos y sostenibles, entre otros.

La literatura se refiere a ese factor de carácter ideal y ciertamente utópico, pues en la realidad ese biotipo no existe, manifestando Chaves (2018a) al respecto, que:

“En un intento teórico por procurar identificar y tipificar el biotipo ideal y deseable de la caña de azúcar que todo productor anhela tener sembrada en el campo, Chaves (1995), definió un total de 38 asuntos anatómicos, fisiológicos, metabólicos y productivos que deberían estar contenidos, integrados y ser expresados por dicho clon, entre los que cita de manera sucinta y genérica los siguientes:

1. Poseer gran capacidad de adaptación (rusticidad).
2. Estar dotado de un sistema radicular con gran capacidad exploratoria en el suelo.

3. Tener un ángulo de inserción de las hojas en el tallo de 45° que optimice la captación de luz.
4. Tamaño de yema vegetativa pequeña para evitar daño físico y pérdida de poder germinativo.
5. Disponer de una buena capacidad de germinación (superior al 90%).
6. Excelente capacidad de retoñamiento en ciclos (socas) sucesivos.
7. Ahijamiento óptimo que permita obviar el efecto de competencia y que asegure altas poblaciones de tallos.
8. Poseer tasa de crecimiento rápida que reduzca efectos competitivos por malezas.
9. Alta vigorosidad en el ritmo general de desarrollo de la plantación.
10. Cepa vigorosa y estructuralmente bien conformada.
11. Tolerante a la mecanización en todas las fases de cultivo.
12. Población de tallos persistente y estable hasta cosecha, siendo ideal una población superior a 100 mil tallos industrializables por hectárea (15 tallos/metro a 1,5 m).
13. Evitar producción de hijos (mamones) en etapa próxima a cosecha.
14. Tallos industrializables largos mayores a 1,80 metros, con entrenudos de aproximadamente 16 cm.
15. Tallos de grosor adecuado no excesivo con diámetros entre 3,0 y 3,5 cm.
16. Tipo de crecimiento (erecto, reclinado y/o postrado) adaptado a la localidad de cultivo (alta-media-baja en msnm), y condición particular de producción y cosecha utilizada (manual-mecánico).
17. Sección del cogollo (palmito) corta y poco voluminosa.
18. Tallos flexibles que eviten volcamiento “acame” y problemas con quebraduras.
19. Ausencia total de características negativas para la calidad, como son: rajaduras, ahuecamiento, tallos deformes, raíces adventicias, yemas laterales (lalas) germinadas, entre otras.
20. Poseer un alto despaje.
21. Preferiblemente con ausencia de floración.
22. Vainas sin presencia de pelos urticantes.
23. Planta sea por naturaleza de bajos requerimientos nutricionales.
24. Tolerante y selectiva al efecto de los plaguicidas, principalmente herbicidas.
25. Planta de porte alto y hojas verticales para reducir el distanciamiento entre surcos.
26. Población de tallos adaptable a manejo tecnológico, aceptando prácticas asociadas a paso de maquinaria, uso de agroquímicos, etc.
27. Ideal que muestre capacidad de fijación simbiótica de Nitrógeno.
28. Apariencia general del cultivo, dado por varios atributos, agradable a la vista.
29. Tallos de fácil corta, acomodo, carga y transporte al Ingenio.
30. Fitosanidad debe ser total, sin decoloraciones ni afecciones de ningún tipo.
31. De ciclo vegetativo preferiblemente corto, no superior a 13 meses.
32. De maduración natural homogénea (uniforme), de duración temprana e intermedia según condición y características del lugar. Concentración de sacarosa se mantenga alta y estable el mayor tiempo posible durante la zafra.
33. Calidad de los jugos mantenga estabilidad ante influencia de lluvias significativas de alta intensidad y persistentes.
34. Tonelaje de caña elevado con productividades no inferiores a 90 toneladas/ha.
35. Mantener sostenibilidad productiva en cosechas sucesivas y una vida y uso comercial prolongado, no menor a siete cosechas consecutivas rentables.
36. Bajo grado de deterioro (inversión) de los jugos luego de realizada la cosecha. Estable entre el periodo cosecha-molienda.
37. Tener buena cantidad de jugos clarificables (refractarios), contenido de fibra aceptable (13,5-14,5%), alta sacarosa en caña (+13%), purezas elevadas (+87%) y baja producción de miel final (<30 kg/t).
38. Alta producción de azúcar por unidad de área que no debe ser inferior a 12 toneladas/ha.

En el documento original Chaves (1995) amplía en aportar razones y justificar juicios de valor en torno a esos atributos, expresando con objetividad como corolario, que “Como se comprenderá es bastante difícil por no decir imposible, identificar una variedad para uso comercial que reúna todas las características y propiedades anotadas, razón por la cual el Programa Nacional de Mejoramiento Genético y los técnicos que lo desarrollan, se esmeran y proyectan a tratar de optimizar muchas de ellas que tipifiquen entonces lo que conocemos como una buena variedad.

Hay coincidencia mundial en reconocer que las mejores variedades comerciales de caña de azúcar son aquellas que generan los mayores rendimientos agroindustriales y réditos económicos en relación con el costo, el tiempo y el esfuerzo administrativo y productivo implicado.”

El trabajo técnico-científico que desarrolla DIECA como líder institucional en materia de mejora genética de variedades de caña de azúcar en el país, es muy serio, profesional, responsable y efectivo, como lo demuestra la cantidad de variedades de calidad que en diferentes épocas se han liberado para uso comercial de nuestros agricultores. La fabricación de variedades nacionales reconocidas mundialmente por la sigla LAICA es muestra fehaciente del esfuerzo institucional y tecnológico realizado (Chaves, 2019a). Dichas variedades se encuentran actualmente en fase activa de crecimiento, ocupando cerca del 12% del área cañera nacional. Esta labor ratifica y exalta la relevancia que tiene poder contar con “buenas variedades”.

Deterioro varietal ¿qué es y qué lo provoca?

No requiere explicación amplia y profunda comprender y aceptar que lo deseado en la mente, esperado en el campo y planteado en las metas y buenas intenciones de hacer bien las cosas, puede o no cumplirse a cabalidad de acuerdo con lo planificado y previsto; esto, por cuanto la caña de azúcar es un ser biológico que está sujeto a la influencia de diversos factores que la acechan, afectan e impactan, como se indicó, modificando y determinando en intensidad variable sus patrones de reacción fisiológica y metabólica. Los efectos se dan en el corto, mediano y largo plazo durante la vida comercial de la plantación, sea en sentido inmediato (un ciclo biológico) o durante varios periodos de cosecha consecutivos (ciclo comercial), que son los que en última instancia dan realmente contenido y sentido pragmático al concepto de “una buena variedad”.

En una relación de hechos históricos en torno al tema y sus posibles causas, Flores (2001) señala, que “Las primeras observaciones sobre el deterioro o la caída del rendimiento de las socas fueron consignadas en Louisiana, USA en 1934 por el Maestro Edgerton y sus colaboradores y se atribuyeron a la pudrición del sistema radicular y al daño de las “heladas”. Años después Forbes en 1942 y Summers en 1943 consignaron que tal deterioro se debía al ataque de la pudrición roja del tallo

(*Colletotrichum falcatum*) y al virus del mosaico, respectivamente.

En 1951, King manifestó que el deterioro se debía a los siguientes factores: 1) disminución de la fertilidad del suelo; 2) desarrollo desfavorable de las condiciones físicas del suelo (mucha humedad o extremada sequía); 3) efectos originados por plagas y enfermedades, y 4) síntomas por enfermedades desconocidas.”

Ampliando y detallando sobre la evolución seguida por el tópic, agrega el mismo autor, que “En tal forma se fueron desarrollando las investigaciones sobre el tema del “deterioro del rendimiento de las variedades” que en el X Congreso del ISSCT, celebrado en Hawái en 1959, tuvo lugar un simposio, en el cual varios especialistas puntualizaron que las causas originales se deben a los siguientes factores:

1. Edáficos:

- a) **Físicas:** los cambios de estructura del suelo a consecuencia del riego y la movilización de los equipos de transporte son factores que producen su compactación, limitan la penetración del agua y la aireación en la parte del perfil donde se desarrollan las raíces. La diferencia de tonelaje de caña entre las plantillas y las socas son el efecto de la alteración de la estructura del suelo. Las condiciones de mal drenaje interno y la presencia de mantos freáticos elevados también contribuyen al deterioro de la caña.
- b) **Químicos:** la disminución de elementos nutritivos al no ser restituidos oportunamente en las dosis adecuadas; la aplicación de fertilizantes que producen cambios en la solución del suelo, el complejo de intercambio e inclusive en el pH, según el efecto residual de los productos utilizados. Si las condiciones físicas y químicas del suelo se van modificando, es lógico esperar que los microorganismos del suelo también se vean afectados y retrasen la actividad de la descomposición de la materia orgánica.

2. **Enfermedades:** los hongos, bacterias y virus como enfermedades tienen una gran capacidad de adaptación a diversas condiciones ambientales o a producir nuevas variedades o razas. Las variedades de caña después de varios años de cultivo como consecuencia del ataque de

estos organismos disminuyen lentamente su potencial productivo.

Para todos los cañeros del mundo es conocido el daño que causó el virus del mosaico en Louisiana, USA y Puerto Rico en 1915-20 en las variedades Rayada, Morada y Cristalina. En la década de los 80's llegaron la roya (*Puccinia melanocephala*), que destruyó a la B 43-62 y el carbón (*Ustilago scitaminea*) que acabó con la L 60-14 en México.

3. Plagas insectiles y roedores: el barrenador del tallo (*Diatraea*), el salivazo (*Aeneolamia*), la rata cañera (*Sigmodon*) y la tuza (*Heterogeomys*), causan severos daños que afectan el potencial biótico de las variedades comerciales de caña.

4. Factores genéticos: Mangelsdorf y otros genetistas afirman que las variedades pueden sufrir degeneración genética causada por mutaciones tanto visibles como imperceptibles. Puede ocurrir una marcada reducción en el diámetro del tallo, un aumento del número de vástagos (amacollamiento) y una disminución del rendimiento de la caña en la cosecha.

5. Material vegetativo: el deterioro se puede atribuir al uso del material vegetativo de mala calidad al no seleccionar bien la semilla. Por último, se considera que el deterioro de las variedades es un problema muy complejo; algunas causas pueden reducirse, pero nunca eliminarse, por lo que la búsqueda de nuevas variedades parece ser el único camino para resolver la productividad del campo cañero. “

Como apuntara Chaves (2018a) en torno a las razones que podrían estar provocando la pérdida de vigor, deteriorando y disminuyendo la capacidad productiva agroindustrial del cultivo con el tiempo:

“...todos los seres vivos y en este particular los clones de caña de azúcar pasan por un periodo natural de surgimiento, crecimiento, máxima expresión, declinación y salida como materiales de interés para uso comercial. Por este motivo, algunos de los aspectos primordiales sobre los que trabajan los programas de mejora genética en el mundo son los de procurar acortar el periodo de estudio y surgimiento, manifestado con la liberación de un clon promisorio para uso comercial, luego acelerar y dinamizar su etapa de crecimiento, aceptación y siembra por parte de los agricultores; como también, prolongar

al máximo su empleo comercial para finalmente tratar de extender su fase de deterioro y declinación como opción de siembra. Todo ese proceso se concibe pragmáticamente como vida comercial económica de una variedad”.

La declinación varietal es un concepto importante, real y complejo que sucede en el campo, que ha sido calificado por Chaves et al (1982, 1998) y Chaves (1995, 2006ab) como un “síndrome”, describiéndola como

“...un proceso caracterizado por una lenta, progresiva y marcada reducción de los rendimientos agrícolas (TMC/ha), hasta el punto de volver antieconómico el cultivo y la permanencia de una variedad luego de acontecidos varios cortes o cosechas sucesivas.” Señala ese mismo autor sobre el tópico, que “...dicho síndrome es ocasionado por la presencia de agentes bióticos y abióticos que, operando de manera por lo general simultánea y en grado variable, ocasionan el problema de declinación productiva paulatina y sistemática de las plantaciones comerciales. Entre los posibles agentes causales cita los siguientes:

1. Deterioro sistemático de la fertilidad de los suelos.
2. Desarrollo paulatino de un estado físico desfavorable del suelo.
3. Efecto acumulativo de las plagas y las enfermedades.
4. Presencia de enfermedades carentes de síntomas y signos externos que las evidencien, o que pudieran no haber sido aún identificadas.
5. Cosechas muy tempranas de la planta sin respetar su ciclo vegetativo.
6. Desconocimiento del ciclo natural de maduración de la variedad, entre otros.”

A lo anterior habría, hoy, que agregar otros elementos que operan también como inductores, promotores y favorecedores de ese deterioro, entre los que están los siguientes:

1. Afectación por factores climáticos extremos: sequía, inundación, estrés térmico, viento, etc.
2. Manejo y atención agronómica deficiente manifestada en control de malezas, nutrición, uso de equipo mecánico, etc.
3. No renovación oportuna y satisfactoria de plantaciones deficientes.
4. Uso de semilla de baja calidad y pureza genética.
5. Deficiente preparación del terreno para la siembra.

6. Exceso de mecanización.
7. Uso desproporcionado e incorrecto de agroquímicos en particular madurantes químicos.”

Expresa Flores (2001) en relación con el deterioro varietal, que “los genetistas sostienen la teoría de que ninguna planta que se propague vegetativamente (como la caña, por las yemas del tallo), nunca se puede agotar”. Sin embargo, la evidencia de campo es contundente en ratificar que las variedades de caña se deterioran con los años y cosechas sucesivas, perdiendo su capacidad productiva. Muchas explicaciones se han buscado para procurar explicar el fenómeno, entre los cuales se mencionan: debilitamiento del plasma del germen, circunstancias ligadas a la fertilidad del suelo y el clima; también a causas favorecidas e inducidas por plagas y enfermedades, entre otras. Asegura el mismo autor al respecto, que “...algunos de los híbridos tienen mucho o poco vigor para desarrollarse y precisamente entre aquellas plántulas que tienen un “exceso de vigor híbrido”, el genetista busca las variedades superiores; pero ahora sabemos que el vigor híbrido puede ser temporal y que se puede perder después de un periodo de tiempo más o menos largo.” Sobre el mismo concepto, valorando y cotejando otras gramíneas como maíz y sorgo donde ese efecto está presente, Flores (2001) concluye, que “Por analogía y por experiencia, se puede pensar que el agotamiento de las variedades de caña se debe en gran parte al decaimiento gradual del vigor híbrido en un periodo de tiempo más o menos largo.”

González (2019) comenta en referencia al mismo tema, que “Por otra parte, la historia del cultivo de esta planta extraordinaria ha enseñado, con suficientes ejemplos, que las producciones declinan cuando las variedades con más tiempo de explotación no son renovadas en su momento, con independencia de que se aplique una agrotecnia correcta.

Entre las consecuencias que agravan esta situación se destacan: el incremento en cuanto a incidencia y severidad de las enfermedades endémicas en las variedades con mayor propagación; la infección inducida a otras variedades menos extendidas o transitoriamente tolerantes, con las que adoptan una relación de parasitismo que conducen al quiebre de la resistencia; y la alta susceptibilidad ante enfermedades emergentes, provocadas por un agente infeccioso recientemente identificado y anteriormente desconocido.”

Lo anterior permite inferir sin mayor estudio ni dificultad, que la situación actual como futura de una determinada localidad donde se produce caña, sea una región, zona, lugar, finca o lote de caña, están abiertos y sujetos a sufrir el impacto y afectación por parte de los factores bióticos y abióticos del entorno; pudiendo como indicara Chaves (2020b), pasar rápidamente “...de una condición productiva satisfactoria a otra muy diferente donde los costos se incrementan, la productividad y la calidad por el contrario decaen a grados insostenibles, y con ello, la sostenibilidad de la agro empresa se torna incierta y cuestionable.”

Agrega el mismo autor al respecto en torno al tema, que “En estas situaciones se buscan por lo general respuestas en muchos elementos del entorno agro productivo y aducen causas posiblemente equivocadas que constituyen efecto y no causa del problema. Que la variedad sembrada no servía y no se adaptó, que fue el empleo de semilla de baja calidad, el clima no fue el mejor aducen otros, algún patógeno o plaga no perceptible ocasionó el problema; en fin, muchos supuestos, pero pocas respuestas convincentes y bien fundamentadas surgen ante la realidad imperante en el campo.”

Impacto productivo

No puede establecerse, si se desea y pretende predecir posibles impactos y reacciones del vegetal a los estímulos del medio donde está cultivada, un patrón único y predecible de afectación sobre toda la plantación como población, ampliado a la planta de caña y sus actividades metabólicas particulares; motivo por el cual, es necesario e imperativo para satisfacer en alguna medida ese objetivo, ubicar y contextualizar la condición particular de cada entorno y estado fenológico de la planta para procurar estimar sus posibles transformaciones y repercusiones agroproductivas y económicas. Lo anterior debe darse necesariamente a la luz de las características y condiciones específicas y particulares que actúan y operan en forma antagónica y sinérgica cada situación edafoclimática y de manejo particular, buscando conocer y establecer un razonable y objetivo balance relativo entre factores interventores, por cuanto pueden darse efectos de atenuación, agregación como también de compensación entre los mismos. Por ejemplo, un suelo degradado e infértil bien fertilizado puede actuar de manera similar para fines productivos, respecto a otro fértil pero mal nutrido y con limitado mantenimiento agronómico;

de igual forma, una localidad seca puede ser tan perjudicial como otra con exceso de humedad.

Lo cierto del caso es que todos los seres vivos deben ineludiblemente cumplir y completar, ciertamente con diferente grado de intensidad, su ciclo esencial de vida. En el transcurrir del tiempo involucrado, los procesos y actividades implicadas se ven influenciadas e intervenidas (positiva y negativamente) por diversos factores y elementos que provocan una afectación variable no apenas en su capacidad productiva; sino también, en la duración que esa capacidad mantiene dentro de los patrones comerciales vigentes para cada condición particular, donde la relación entre lo que invierto (gastos), produzco y recibo (ingresos) y percibo como beneficio final al esfuerzo realizado (ganancia), se torna inadmisiblemente e inaceptable en términos económicos y productivos. Cuando una relación se torna negativa marca la frontera entre lo que es comercialmente estimulante, motivador y perdurable; o, por el contrario, necesario resolver y de ser necesario cambiar de inmediato para evitar pérdidas. En agricultura ese punto marca y señala la necesidad de invertir y renovar o dejar perder una plantación comercial, pues no resulta empresarialmente un negocio con viabilidad de continuar operando; es aquí donde la denominada “vida comercial utilitaria” de una plantación finaliza al no ser productiva, rentable y competitiva. En todo este proceso vital, la variedad es calificada y señalada como el factor que puede acortar o por el contrario alargar en buen grado la vida comercial de una plantación y, dar con ello, sustento, razón y sentido a un esfuerzo empresarial.

Acontece, sin embargo, que, como seres vivos las plantas sin excepción, entre ellas la caña de azúcar, sufren un deterioro sistemático con el tiempo en la expresión y manifestación de toda su capacidad potencial productiva agroindustrial, lo que obliga a su sustitución en un determinado momento. Este deterioro y declinación es muy variable y dependiente de dos factores principales: 1) las condiciones del ambiente y entorno (edáfico, climático, fitosanitario) donde se ubica y desarrolla la planta y 2) el manejo agronómico y atención tecnológica (siembra, variedad sembrada, calidad de semilla empleada, nutrición incorporada, riego, drenaje, control de malezas) que se preste a la plantación. Como es obvio esperar, los cambios son dinámicos, impredecibles y de intensidad muy variable aún

en cortos espacios de tiempo para una misma localidad geográfica; sobre todo en una zona tropical como la nuestra.

La caña de azúcar sufre con las cosechas sucesivas y los años de cultivo una pérdida importante, sistemática y acelerada de su capacidad productiva; la cual, como se ha expresado, resulta de alcances variables para cada condición y variedad particular. En una valoración y proyección realizada por Chaves en 1999, estimó y demostró la enorme variabilidad que presentaban las 60 variedades más sembradas y conocidas en ese entonces en Costa Rica, en cuanto a la duración de su vigencia y uso comercial. Como se aprecia en el cuadro 1, la duración de los 60 materiales genéticos es en general muy variable, como lo demuestran los casos particulares de POJ 2878 con 66 años de ser cultivada comercialmente, PINDAR y Co 421 con 39 años, B 47-44 con 36 y con 30 años B 50-377, H 32-8560, NCo 310 y POJ 2714. Se encontró en ese estudio un promedio aproximado de uso comercial de 14,9 años con una amplitud máxima-mínima de 66 y 3 años, respectivamente. Afirma el autor, que “una valoración según origen demuestra, que en promedio la serie POJ es la que más antigüedad mantiene con 48 años, seguida por Co con 31 años, NCo con 24,5 años, B (19,6), H (12,3), CP (10), Q (9,6), SP (7,8), RB (7) y LAICA con 6,5 años.” Pareciera que la genética de origen es influyente y determinante sobre este atributo, como lo ha indicado y demostrado Chaves (2018abc, 2019a, 2020c) y Chaves y Bermúdez (2020).

Asevera en adición a lo anterior el mismo investigador, que “La variabilidad es elevada ($CV=79,3\%$), lo cual está fuertemente determinado y condicionado por factores como el suelo, el clima, la presencia de patógenos, la mecanización, la calidad de la semilla y sobre todo el manejo técnico que reciba la plantación. Se estima que el promedio de vigencia comercial de los principales clones comerciales es altamente satisfactorio. Se estimó un intervalo de confianza con una probabilidad matemática del 95%, cuyos límites son 11,9 como inferior y 18,0 años como superior.”

Es muy interesante y revelador indicar y reconocer, como luego de transcurridos 22 años desde que se hizo esa estimación (1999-2021), buena parte de los clones citados y valorados en esa oportunidad se mantienen aún vigentes y con una participación comercial relevante, como acontece con B 76-259, CP 72-1210, CP 72-2086, NA 56-42, NCo 376, Q 96, SP 70-1284, SP 71-6180 y RB 73-9735, entre otras; lo que demuestra

su rusticidad, plasticidad genética y enorme capacidad de adaptación a algunas de nuestras condiciones agroproductivas, aún las más severas y agrestes representadas por suelos ácidos,

infértiles, degradados, con altas pendientes, condiciones estresantes por humedad, temperatura, viento, luz y manejo diferenciado en extremo.

Cuadro 1.
Vigencia comercial de 60 variedades tradicionales de caña de azúcar en Costa Rica.

Clon	Vigencia años	Clon	Vigencia años	Clon	Vigencia años
B 43-62	20	H 32-8560	30	Mex 57-473	25
B 47-44	36	H 37-1933	27	NA 56-42	9
B 50-135	27	H 44-3098	27	NCo 310	30
B 50-377	30	H 49-5	5	NCo 376	19
B 54-142	27	H 49-104	5	PINDAR	39
B 55-227	11	H 50-7209	12	POJ 2714	30
B 60-125	25	H 54-775	10	POJ 2878	66
B 60-267	13	H 56-4848	6	Q 68	19
B 61-208	9	H 57-5174	25	Q 75	10
B 74-132	9	H 59-3775	5	Q 96	9
B 76-259	9	H 60-8521	9	Q 99	7
BT 65-152	9	H 61-1721	6	Q 102	3
Co 419	23	H 62-4671	6	RB 72-1012	7
Co 421	39	H 68-1158	9	RB 73-9735	7
CP 50-28	14	H 70-0144	7	SP 70-1143	9
CP 57-603	9	H 71-4441	7	SP 70-1284	9
CP 72-1210	9	Ja 60-5	9	SP 71-5574	9
CP 72-1312	9	L 60-14	6	SP 71-6180	4
CP 72-2086	9	LAICA 82-135	4	TROJAN	5
CR 61-01	10	LAICA 85-653	9	VESTA	9
Observaciones (N°)	60	Amplitud	63		
Promedio (años)	14,93	Desviación Estándar	11,34		
Valor Máximo	66	Coefficiente Variación	79,30%		
Valor Mínimo	3	Error Estándar	1,53		
Fuente: Chaves (1999).					

Procurando actualizar la misma información de presencia y estabilidad varietal sobre bases sólidas y confiables, se presenta el cuadro 2, en el cual tomando la información de área cultivada (ha) generada a partir de los 10 Censos Cañeros realizados por DIECA entre los años 1986 y 2019 (33 años), se seleccionaron las 32 variedades de mayor vigencia y uso comercial entre las 267 allí identificadas; fijando como mínimo 22 años de siembra continua, pues hay otras de área muy corta y limitada. El recorrido y trayectoria de los clones de caña de azúcar en el país es muy amplia a través de la historia, como lo reseña y demuestra con mucho detalle Chaves (2018abc, 2020c). Como se infiere, hay 9 clones de muy diferente origen y sigla descriptiva (Chaves 2019a) que muestran larga vigencia comercial durante todo el periodo evaluado de 33 años, algunos de los cuales se encuentran actualmente en fase final

de desaparición, como es el caso de: B 47-44, H 68-1158, Ja 60-5, NCo 310, NCo 376, PINDAR, POJ 2878, Q 96 y SP 70-1284; complementado con los clones Co 421 y H 44-3098 que presentan un periodo de 30 años. Estimó Chaves de manera muy restrictiva para las 267 variedades nombradas en los 10 Censos un promedio de vigencia de 8,7 años, con un margen de amplitud muy alto para toda la serie de datos evaluada que va de 1 a 33 años. Resulta destacable mencionar, que la cantidad de clones que superaron el 1% de área de siembra (de 335,6 a 576,7 ha) en el periodo, índice porcentual considerado comercialmente aceptable como indicador selectivo (5 a 17 clones), es importante, como lo demuestra el cuadro 2. Dicho índice es más alto en los años iniciales (antes del 2003) cuando la cantidad de opciones genéticas dispuestas al agricultor para cultivar en el campo era menor, lo que provocaba una mayor

concentración de las siembras en menos materiales genéticos de uso tradicional; por otra parte, la investigación que desarrollaba el MAG en ese entonces era menos intensa y

profusa por razones de recursos, no por ello menos importante que la desarrollada actualmente por DIECA, como los mismos resultados lo demuestran.

Cuadro 2. Variedades de caña de azúcar (32) y porcentaje de siembra comercial en Costa Rica durante el periodo 1986-2019 (33 años).

Variedad	Año	% de cultivo segun año (Censo)										Vigencia (años)
	Ingreso	1986	1994	1998	2000	2003	2007	2010	2013	2016	2019	
B 47-44	1959	10,78	2,34	0,90	0,64	0,23	0,28	0,26	0,20	0,08	0,01	33
H 68-1158	1982	0,02	0,98	0,42	0,07	0,06	0,09	0,04	0,13	0,08	0,06	33
Ja 60-5	??	0,08	2,63	1,49	1,44	0,59	0,20	0,11	0,04	0,02	0,01	33
NCo 310	1959	17,41	12,53	5,43	4,16	2,53	0,63	0,50	0,32	0,10	0,06	33
NCo 376	1974	9,54	4,75	4,06	3,43	2,85	2,02	1,84	1,01	0,65	0,40	33
PINDAR	1953	17,67	6,99	6,10	6,41	2,82	1,97	0,87	0,72	0,45	0,36	33
POJ 2878	1927	1,67	0,25	0,09	0,09	0,02	0,02	0,004	0,01	0,01	0,01	33
Q 96	1979	1,66	12,07	9,85	7,46	4,68	3,85	5,45	4,12	2,45	2,08	33
SP 70-1284	??	6,75	11,34	22,85	17,06	9,14	3,59	5,14	1,90	0,56	0,03	33
Co 421	1953	3,76	0,95	0,05	0,05	0,03	0,02	0,01	0,005	0,0003		30
H 44-3098	1962	4,63	0,40	0,02	0,07	0,01	0,01	0,002	0,0003	0,0003		30
B 50-135	1960	1,47	0,26	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,004			27
B 60-125	1965	0,08	0,34	0,59	0,73	0,07	0,08	0,02	0,05			27
B 74-132	1975		1,48	1,98	2,47	1,93	0,68	0,73	0,70	0,48	0,08	25
B 76-259	1977		0,55	1,16	1,32	1,79	2,83	2,32	2,20	2,78	3,15	25
B 80-689	1988		0,02	0,89	2,22	8,79	8,70	4,06	3,11	1,47	0,21	25
CP 72-1210	1987		2,91	4,17	7,78	12,65	13,46	11,69	8,24	3,14	1,21	25
CP 72-2086	1975		3,63	6,03	11,91	13,23	10,59	11,67	12,56	15,11	16,21	25
H 61-1721	1987		0,34	2,72	0,97	0,93	0,16	0,09	0,10	0,10	0,06	25
NA 56-42	1980?		4,72	5,88	6,75	11,24	17,22	13,34	11,98	7,42	1,64	25
Q 99	1983		0,26	0,07	0,05	0,18	0,04	0,02	0,05	0,03	0,23	25
RB 72-1012	1983		0,61	0,68	0,21	0,20	0,28	0,44	0,30	0,13	0,08	25
RB 73-9735	1983		0,27	0,41	1,04	1,36	1,25	0,65	0,33		0,05	25
SP 70-1143	1983		3,34	1,45	1,16	0,36	0,33	0,12	1,56	0,01	0,01	25
SP 71-3149	1983		0,23	0,005	0,19	0,04	0,27	0,26	0,20	0,19	0,13	25
SP 71-5574	1983		9,19	7,45	8,84	6,90	6,11	2,84	0,11	0,02	0,001	25
SP 71-6180	1983		0,07	3,74	3,77	0,53	0,40	0,29	0,03	0,01	0,14	25
B 50-377	1960	1,42	0,28	0,38			0,003	0,0003				24
H 32-8560	1955	1,45	0,10	0,04	0,01		0,003	0,003				24
BT 65-152	1983		2,64	1,17	0,88	0,47	0,12	0,06	0,005	0,01		22
H 62-4671	1982		0,46	0,75	0,92	0,35	0,05	0,04	0,01	0,01		22
SABORIANA	??		2,45	2,02	1,60	1,96	1,92	1,23	0,22	0,01		22
Área (ha) 1%		335,6	430,4	356,0	438,6	438,9	529,4	526	571,9	560,2	576,7	
N° Clones ≥1%		12	15	17	17	14	12	10	9	6	5	

Nota: Todas las variedades mencionadas fueron citadas en los 10 Censos Cañeros realizados por DIECA entre los años 1986 y 2019.

* Sigla equivocada, se desconoce origen de la variedad.

El área utilizada corresponde exclusivamente a la de la variedad sembrada; no incluye Mezclas ni clones desconocidos.

Algunas Siglas pueden tener error de citación. Se mencionan como aparecen en los Censos Cañeros correspondientes.

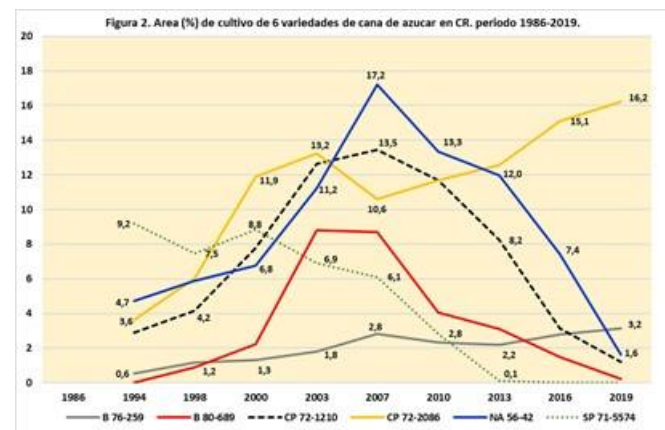
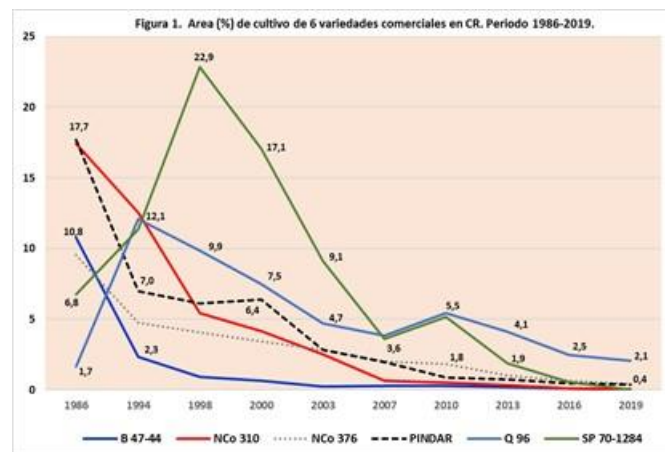
Las figuras 1 y 2 presentan de manera gráfica y complementaria la forma en que 12 variedades de caña de azúcar de gran trayectoria e importancia histórica en el país han mantenido su vigencia comercial, virtud de su rusticidad, capacidad de adaptación, condiciones agronómicas, fitosanidad y calidad agroindustrial, como lo señalara oportunamente con detalle Chaves (2018abc). En la figura 1 se incluyen áreas reportadas en el Censo realizado en el año 1986 lo que prolonga por más tiempo su empleo en el campo; las cuales ya no aparecen en los clones citados en la figura 2, por ser estos más nuevos y

recientes. Se concluye y visualiza a partir de la figura 1, la amplia divergencia prevaleciente en la tendencia seguida por los mismos, siendo por ejemplo muy dinámica y “explosiva” en su evolución en el caso de la SP 70-1284 y la B 47-44; mientras que en los casos de NCo 310, NCo 376, PINDAR y Q 96 la reducción ha sido paulatina y sistemática con el paso de los años. La SP 70-1284 logró en el año 1998 el mayor reporte de área cultivada en el país en los últimos 35 años con un 22,9%, lo que nunca se volvería a presentar y la verdad difícilmente ocurrirá de nuevo en el futuro próximo, por el riesgo que significa esa

condición ante la posible ocurrencia de una eventualidad fitosanitaria o de fuerza mayor.

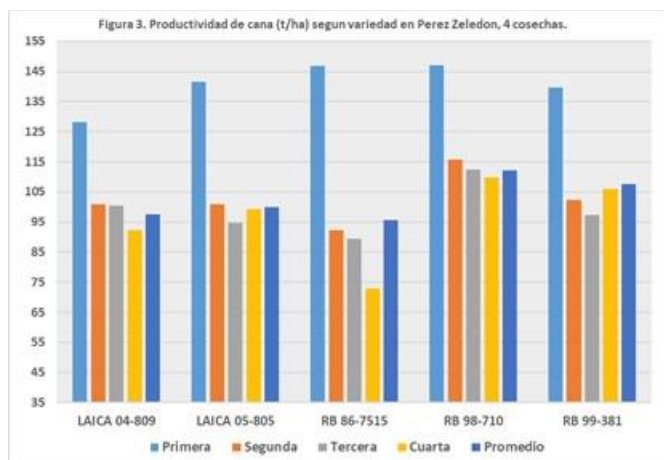
Por su parte, las variedades citadas en la figura 2 son de uso más reciente y con una representatividad importante, lo cual sin embargo se presentó de manera compartida para varios clones simultáneamente; como sucedió con NA 56-42, CP 72-1210 y B 80-689. Es notorio como algunas variedades tienen una “tendencia de campana”, con una evidente fase de crecimiento acelerado, seguida por otra de auge y luego una de caída brusca o tenue. El caso de la B 76-259 es interesante pues la variedad ha venido con un incremento continuo de su área de cultivo con el paso de los años; lo que también acontece con la CP 72-2086, máximo exponente actual de cultivo en el país al ocupar el 16,2% del área sembrada en el año 2019. No puede dejar de mencionarse la situación particular de la variedad SP 71-5574, la cual estando en su momento de auge comercial en la Zona Sur fue afectada severamente en el año 2007 por la temible enfermedad de la roya naranja (*Puccinia kuehnii*), lo que obligo y condujo a su retiro como variedad comercial llegando luego del 2013 casi a desaparecer.

Queda demostrado con lo revelado por la tendencia seguida por esos 32 clones de amplio y reconocido uso comercial en el país (cuadro 2), que los gustos y preferencias de los agricultores nacionales por utilizar determinados clones de caña de su aprecio, es un asunto real que provoca que unos dominen muchas veces de manera contundente sobre otros como materiales de siembra en sus plantaciones comerciales; lo cual trasciende del nivel regional al nacional y no responde necesariamente a razones o circunstancias objetivas sino más bien a prejuicios o sentimientos.



Procurando ser aún más explícito y consecuente con demostrar como la “*declinación varietal*” es un asunto natural y real, del cual ningún ser vivo, en este caso variedad de caña, puede eximirse de padecer; lo que provoca un tiempo diferenciado de permanencia en el campo como variedad de uso comercial rentable. La figura 3 presenta con fines didácticos el resultado de una prueba experimental realizada en la zona cañera de Pérez Zeledón, donde se evaluaron ocho clones entre tradicionales y promisorios, con el objeto de ubicar y seleccionar nuevas variedades con potencial de cultivo (DIECA, 2020). De dicho estudio se expone el resultado de cuatro cosechas consecutivas de cinco variedades y su correspondiente promedio, lo que permite visualizar su tendencia en productividad de caña (t/ha) en el tiempo. A partir del resultado puede inferirse lo siguiente: 1) la primera cosecha marca una diferencia abismal y contundente en relación a las otras tres consecutivas, 2) la segunda cosecha es por lo general mayor que las dos restantes sin marcar diferencia significativa,

3) lo esperable de que los clones decaigan sistemáticamente con el tiempo y las cosechas sucesivas no siempre ocurre, como demostraran LAICA 05-805 y RB 99-381, 4) no siempre la última cosecha es la más baja, lo que denota un potencial genético que posibilita en principio poder realizar más cortes como acontece con RB 99-381, 5) es definitivo que la resultante de valoración en el tiempo (al menos cuatro cortes) es determinante como criterio certero de selección varietal y no apenas la interpretación de unas cosechas aisladas, lo que ubica en el presente caso a los clones RB 98-710 y RB 99-381 con muy buenas perspectivas y proyección comercial, 6) lo anterior demuestra que los programas de mejora genética, evaluación y selección de clones promisorios incorpora el criterio de “*declinación varietal*” como un elemento de juzgamiento determinante, motivo por el cual, el proceso se torna prolongado requiriendo de entre 9 y 12 años para seleccionar una variedad con el objeto de ser cultivada en el campo con una alta probabilidad de éxito comercial (Chaves, 2018a).



Asegura con contundencia Flores (2001) en torno al tema, que “Es indudable que la vida económica de las variedades modernas es más corta que las de otros tiempos. Mientras que en épocas pasadas continuaban gozando de popularidad comercial durante largos periodos, en las últimas décadas los cambios de variedades han sido mucho más frecuentes. Las razones de esta tendencia son evidentes.”

¿Cómo interviene el clima?

La pregunta resulta de respuesta obvia como principio genérico e integral, que al desagregarlo en los componentes y elementos básicos que conforman el factor clima, adquiere un alcance

diferente, pues permite ubicar y contextualizar geográficamente sus posibles efectos e impactos relativos sobre la planta de caña de azúcar. Considerar y vincular el clima en asuntos biológicos obliga imperativamente ubicar complementariamente la fenología y estado de desarrollo del ciclo de vida de la planta; dicho de otra manera, no es válido, prudente ni aceptable establecer relaciones, hacer inferencias y llegar a conclusiones genéricas, pues los elementos climáticos actúan e interactúan de manera diferente según el estado biológico en que se encuentre una planta. En el caso de la caña de azúcar por ser un cultivo de naturaleza extensiva-intensiva, el asunto es más complejo por contar por lo general aún en un mismo entorno agroproductivo, sea localidad, finca o lote, con plantaciones de diferente edad, ciclo biológico, número de cosechas, variedades, limitantes y manejos diferentes (Chaves, 2019cd). El sector azucarero costarricense es en este sentido muy heterogéneo, divergente, disímil y cambiante, lo que maximiza las diferencias y la dificultad de establecer generalizaciones en materia climática; como se demuestra al realizar por ejemplo un ejercicio comparativo entre las zonas cañeras de Guanacaste y San Carlos (figuras 4 y 5). Está demostrado que el clima participa de manera directa e indirecta en casi todos los procesos de degradación de suelos y degeneración de variedades, sea por medio de múltiples y complejos procesos y actividades sinérgicas como también antagónicas, que los potencian o en su defecto los inhiben. La presencia de elementos como la lluvia (mm), la temperatura (°C) manifestada en sus componentes máxima-mínima, la luz, el viento (km/h) o la evapotranspiración (mm/unidad tiempo), resultan inequívocamente determinantes.



Figura 4. Fisiografía de zonas productivas de caña de azúcar en Costa Rica.



Figura 5. Uso de riego en zonas secas.

Los efectos potenciales van asociados directamente a criterios de magnitud, intensidad, presencia, ausencia, duración, momento, entre otros; los cuales como se indicó, se ligan e interactúan a otros factores como el edáfico generando un efecto integrado (Chaves, 2019c). En lo pragmático un suelo

compactado, por ejemplo, puede venir a ser tan negativo para la planta, como una lluvia excesiva y prolongada que genere anoxia al sistema radicular.

Seguidamente se plantea en el cuadro 3 una relación de causas y posibles efectos genéricos atribuibles a los principales elementos que componen el tiempo climático de una determinada localidad productora de caña de azúcar. El tópico como se expone debe juzgarse e interpretarse con base en los efectos combinados y nunca absolutos e independientes, pues en la realidad del campo así se dan los eventos edafoclimáticos. Es por tanto justo y necesario concebir que lo presente y prevaleciente en el suelo, articulado y combinado con lo que sucede en la atmósfera, ocasionan y generan efectos diferenciados que impactan la producción agrícola e industrial en el corto plazo, y la prolongación de la vida comercial de la plantación, al proyectarlo en un tiempo mayor. Un determinado factor y elemento del clima responde de manera diferente según sea el estado fenológico en que se encuentre la plantación, lo cual debe ser aplicado al establecer valoraciones.

Cuadro 3. Incidencia de los elementos del clima sobre la caña de azúcar según condición y efecto.		
Elemento climático	Incidencia *	
	Sinérgica	Antagónica
Lluvia	El agua resulta vital en todos los procesos fisiológicos y metabólicos. Favorece germinación, ahijamiento, retoñamiento, encepamiento, crecimiento, absorción nutricional, equilibrio hídrico. En grado adecuado induce impactos agroindustriales muy significativos.	En exceso o déficit genera limitantes de absorción y respiración al sistema radicular que afectan fisiología general. Ocurre "cepeo". En fase de madurez es muy negativa. La planta se debilita y no prospera, provocando bajos tonelajes de caña y azúcar. Vida comercial de la planta se acorta significativamente. Malezas se ven muy favorecidas.
Temperatura		
Máxima	En fase inicial de emergencia y crecimiento es muy favorable, pues dinamiza y activa metabolismo. La caña es por naturaleza una planta de sol (luz y calor).	Favorece presencia y reproducción de patógenos, plagas y malezas. Genera estrés térmico y pérdidas productivas. En fase final afecta maduración.
Mínima	En fase final promueve maduración y acúmulo de sacarosa.	En fases iniciales limita y retarda emergencia y crecimiento. Puede provocar estrés térmico.
Luz	Favorece fotosíntesis y activa crecimiento y desarrollo. Es el combustible de la planta. La caña gusta de mucha luz. Interviene y expresa en intensidad y calidad.	Su limitación es grave e impactante afectando toda la planta y la productividad. Bajos niveles favorecen floración.
Viento	Viento calmo es favorable al movilizar y renovar atmósfera foliar circundante.	Provoca volcamiento, quiebre y pérdida de plantas; también rompimiento foliar y cierre estomático. Afecta absorción nutricional. Causa desecamiento y estrés.
Evapotranspiración	Bien regulada favorece balance hídrico (absorción-pérdida).	Afecta absorción de agua y nutrientes. Hay efectos hormonales.
Fuente: El autor.		
* Los criterios de aplicación son relativos, proporcionales y no absolutos. Hay un efecto de interacción que considerar.		

Lo que afirmara oportunamente Chaves (2020b) en torno al tema de los suelos, es perfectamente válido de proyectar y aplicar al caso de las variedades, al manifestar que “en la caña de azúcar es una realidad que en Costa Rica la pérdida de potencial productivo de los suelos viene sucediendo y afectando, aunque algunos no quieran reconocerlo, lo cual se visualiza en la pérdida sistemática de productividad agrícola y acortamiento de la vida comercial utilitaria de las plantaciones, principalmente, y el aumento complementario de los costos asociados vinculados a gastos que buscan restituirla por medio del uso de insumos e intensificación del laboreo. El problema es serio y muy real y no imaginario, mediático o coyuntural.” Como se indicó, lo mismo sucede con las variedades comerciales de caña actualmente en uso.

¿Qué se puede hacer para evitar o mitigar el deterioro de las variedades?

Resulta como se comprenderá difícil poder sugerir y recomendar acciones o actividades prácticas efectivas que permitan disminuir el decaimiento productivo y el deterioro que pueda padecer una plantación comercial de caña de azúcar con el paso de los años, que la torna de limitado y cuestionable interés productivo y empresarial; sin embargo, algo se puede y debe hacer al menos con algunos de los factores incidentes de perfil controlable, como son entre otros los siguientes:

1. Toda gestión, actividad o labor debe estar obligatoria e insoslayablemente fundamentada en la planificación y la programación; no pueden quedar abiertos espacios para la improvisación y las ocurrencias. Es recomendable diseñar un cronograma secuencial y sistemático de actividades puntualizado en el tiempo.
2. Las acciones que se desarrollen, cualquiera que sea, debe estar asociada y vinculada a elementos del suelo, el clima, la fenología de la planta y, en general, con la optimización de factores.
3. La programación debe considerar, identificar y resolver satisfactoriamente las diferencias naturales o de organización que existen entre los factores vinculados; sea plantaciones de diferente edad, número de cosechas realizadas, unidades suelo de características diferenciadas u homogéneas, variaciones en humedad, condición topográfica variables, entre otras.
4. La expectativa de producción y productividad potencial de caña y azúcar debe ser establecida con base en datos confiables y representativos. No puede invertirse y trabajarse si no se conoce con certeza y tiene claro ¿Cuánto puedo producir? ¿Qué potencial demostrado posee el lugar?
5. En materia climática es necesario contar con datos lo más representativos posible validados por geografía, calidad y cantidad (serie), sobre volumen, cuantía y distribución en el tiempo de los eventos esperables que pudieran probabilísticamente acontecer en el lugar. No puede actuarse de manera especulativa y reactiva, pues el efecto del clima sobre procesos vegetativos como germinación, ahijamiento, retoñamiento y crecimiento es muy significativo, como lo anotara Chaves (2020b).
6. Debe conocerse el comportamiento de la o las variedades sembradas con relación a crecimiento, sensibilidad fitosanitaria, ciclo de madurez, época de cosecha idónea, número de cosechas tolerables, características agronómicas, entre otras.
7. Es un hecho demostrado que no existe la variedad y biotipo ideal de caña de azúcar, que se adapte a todas las condiciones (en el país y el mundo) donde se cultive y exprese consistentemente todo su potencial; lo cual obliga a revisar antecedentes y verificar resultados agroindustriales previo a seleccionar una variedad para cultivo.
8. Cualquier plantación comercial que pretenda ser rentable y competitiva requiere obligadamente partir de semilla de muy alta calidad vegetativa y pureza genética. Ahorros en este concepto son muy onerosos, resultan insensatos y cuestionables.
9. Prácticas como siembra y cosecha de plantaciones comerciales o destinadas a semilleros, deben coincidir al proyectarlas con fechas futuras agronómicamente viables y facilitadoras de optimizar las labores implicadas; sobre todo con el factor clima. No resulta comercialmente recomendable tener que dejar plantaciones sin cosecha o tener luego que “enciclarlas” por errores en su siembra o su cosecha.
10. La cosecha de la planta en localidades o momentos donde prevalece alta precipitación, sequía extrema, vientos acelerados, alta humedad en el suelo, o condiciones calificadas como adversas, deben evitarse.
11. La mejora genética de variedades no cabe la menor duda, constituye la mejor herramienta y factor de éxito, para buscar fabricar, identificar y liberar variedades más

productivas, adaptables, rústicas y tolerantes a plagas y enfermedades. Cualquier agroindustria mantendrá estabilidad y posibilidad de crecer, en el tanto se dé el cambio constante de los materiales de cultivo tradicionales, por nuevas y mejores opciones. En Costa Rica DIECA hace una gran labor en este objetivo institucional y sectorial.

La sensibilización de las causas, consecuencias y medidas preventivas requeridas adoptar con el objeto de contrarrestar y/o atenuar el deterioro y degradación sistemática de la capacidad productiva rentable y competitiva de las variedades de uso comercial, es crucial, para que los agricultores y empresarios se concienticen y mentalicen sobre su importancia y necesidad. El concepto de declinación y caída en el vigor de las variedades de caña se refiere a los procesos genéticos naturales, que afectan su capacidad productiva.

Conclusión

Todos los seres vivos en general deben cumplir y completar, sin objeción alguna, su ciclo natural de vida, periodo en el cual atraviesan y satisfacen de manera continua y sistemática diversos y complejos procesos de carácter fisiológico y metabólico, que los conduce y condiciona desde su aparición (nacimiento) hasta su desaparición (muerte). Con el transcurrir del tiempo, sea durante un ciclo vegetativo (11-24 meses) o varios ciclos de cosecha comercial (5 cortas), la planta y por ende las plantaciones, sufren de una pérdida importante de capacidad que se manifiesta con la sensible disminución de su productividad agroindustrial, expresada con la recuperación de menos toneladas de caña (t/ha) en el campo, menos concentración de sacarosa contenida en los tallos (kg/t) y en general menos azúcar fabricada por unidad de área (t/ha).

Es una realidad inobjetable que las variedades de caña de azúcar, por mejores que sean, sufren con el paso de los años y las cosechas sucesivas, una pérdida importante pero relativa de su potencial agroproductivo que la afecta de manera muy significativa; aunque algunos no quieran reconocerlo, lo cual se visualiza y expresa en la pérdida sistemática de productividad agrícola y el acortamiento de la vida comercial utilitaria de las plantaciones. Esa condición, aunada al incremento complementario y constante de los costos asociados vinculados a gastos operativos, que buscan restituir la productividad perdida por medio del uso de insumos e intensificación del laboreo y la mecanización, provocan que la relación entre lo que invierten (gastos), recibo (ingresos) y queda como ganancia

final (utilidad), llega a puntos económica y empresarialmente críticos e insostenibles que obligan pensar en renovar la plantación. El problema de la pérdida de capacidad productiva de las variedades de caña es en algunos casos serio por ser prematuro (≤ 4 cosechas), muy real y no imaginario, mediático o coyuntural. Es normal que una buena variedad comercial tenga en el tiempo un periodo de crecimiento sistemático de sus áreas de siembra, hasta alcanzar un punto máximo de auge comercial, para luego decaer con el tiempo de manera diferente, sea brusca o pausada hasta desaparecer como opción comercial; los antecedentes históricos así lo demuestran. Se busca con las actividades investigativas en mejora genética, encontrar y liberar clones que den estabilidad productiva y opciones permanentes a los agricultores.

Por esta razón, resulta muy importante que los agricultores presten especial atención a la naturaleza y selección de las variedades que emplearan en sus plantaciones comerciales, pues una mala decisión repercute en baja productividad agroindustrial y una vida comercial corta y poco rentable. Tan válido resulta contar con una variedad de excelencia productiva, como otra que por capacidad de adaptación y rusticidad favorezca una vida comercial prolongada, con lo cual la inversión de renovar se extiende. Sobra demostrar que una variedad que permita al menos seis cosechas resulta más rentable que otra que nos provea solo cuatro y hasta cinco cortas.

En todo esto hay dos factores que no pueden descuidarse ni omitirse al seleccionar la localidad y la variedad ideal que se pretende sembrar; ellos son el suelo y el clima, pues además de que poco puede acometerse para confrontarlos y contornarlos con algún margen de éxito, sin tener que incurrir en complejas y onerosas inversiones. El clima tiene una participación determinante en el éxito agroproductivo que pueda tener una variedad, pues además de que directamente actúa sobre la sensibilización y estímulo de los mecanismos fisiológicos y metabólicos implicados en su ciclo fenológico y ontogénico de vida; puede provocar en caso de ser desfavorable, fuertes desbalances y afectaciones fitosanitarias por presencia de patógenos, plagas y malezas. No cabe la menor duda que la fórmula para procurar superar con alguna probabilidad razonable de éxito muchos de las limitantes que natural e inevitablemente surgen en el campo, se fundamenta en la planificación, programación y administración sensata y de calidad.

Literatura citada

- Chaves S., M.A.; Arias V., J. E.; Corrales, J.L. 1982. *Rendimiento y calidad de cuatro variedades de caña de azúcar (Saccharum officinarum) cultivadas en altura*. En: Congreso Agronómico Nacional, 5, San José, Costa Rica, 1982. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, julio. Volumen 1. p: 156-157.
- Chaves Solera, M.A. 1995. *Características de la variedad ideal de caña para la producción de azúcar en Costa Rica*. 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: 293-306.
- 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. 1998. *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, M. 1999. *Determinación de la vigencia comercial de 60 variedades tradicionales de caña de azúcar en Costa Rica*. 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: 237. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 77. También en: Congreso de ATACORI "Randall E. Mora A.", 13, Guanacaste, Costa Rica, 1999. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica, setiembre. p: 18.
- Chaves Solera, M. 2006a. *Importación de variedades de caña de azúcar a Costa Rica por parte de DIECA. Periodo 1982-2006*. 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. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), agosto. Tomo II. p: 566-574.
- Chaves Solera, M. 2006b. *Importancia de las variedades de caña de azúcar como factor de productividad y competitividad agroindustrial*. Revista de Agricultura y Ganadería de Centroamérica (Costa Rica), 1er Aniversario. San José. p: 58-60.
- Chaves Solera, M. 2008a. *¿Por qué se cultiva predominantemente una sola variedad de caña de azúcar en la zona sur de Costa Rica?* San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, noviembre. 24 p.
- Chaves Solera, M. 2008b. *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.A.; Bermúdez Acuña, L.; Méndez Pérez, D.; Bolaños De Ford, F. 2018. *Medición de los indicadores de calidad de la materia prima procesada por los Ingenios azucareros de Costa Rica durante el Periodo 2004-2016 (13 zafras)*. En: Seminario Internacional Producción y Optimización de la Sacarosa en el Proceso Agroindustrial, 2, Puntarenas, Costa Rica, 2018. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), junio 5 al 7, Hotel Double Tree Resort by Hilton. 75 p. También en: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 75 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018a. *Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña de azúcar*. En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 43 p.
- Chaves Solera, M.A. 2018b. *Siembra comercial de variedades de caña de azúcar: dinámica histórica de su cultivo en Costa Rica*. En: Congreso Tecnológico DIECA 2018, 7, Colegio Agropecuario de Santa Clara, Florencia, San Carlos, Alajuela, Costa Rica. Memoria Digital. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 29, 30 y 31 de agosto del 2018. 89 p.

- Chaves Solera, M.A. 2018c. *Las 75 variedades de caña de azúcar más sembradas comercialmente en Costa Rica durante el periodo 1986-2016 (30 años)*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 15 p.
- Chaves Solera, MA. 2019a. *Nomenclatura y reconocimiento internacional de variedades en el cultivo de la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 13. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 4-20.
- Chaves Solera, M.A. 2019b. *Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2019c. *Ambiente agroclimático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. 2019d. *Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica*. En: Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica*. Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- Chaves Solera, M.A. 2020a. *Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(11): 5-14, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2020b. *Clima, germinación, ahijamiento y retoñamiento de la caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(14): 6-14, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2020c. *Progenitores de caña de azúcar de las principales variedades sembradas comercialmente en Costa Rica: Revisión histórica periodo 1530-2020*. Revista Entre Cañeros N° 18. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 5-73.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. *Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(15): 5-13, julio.
- Chaves Solera, M.A.; Bermúdez Loría, A.Z. 2020. *Vavílov, recursos fitogenéticos y la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 5-33.
- DIECA. 2020. *Resultados agroindustriales de 8 variedades de caña de azúcar en la Región Sur, Pérez Zeledón*. En: Programa de Variedades. Informe de Resultados. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, mayo. p: 56-62.
- Flores Cáceres, S. 2001. *¿Por qué se deterioran las variedades de caña de azúcar?* En: Las variedades de caña de azúcar en México. 1^{era} Edición, Capítulo N° 4. México D.F. p: 79-93.
- González Acosta, R.M. 2019. *Variedades de caña de azúcar cultivadas en Cuba. Cronología, legislación, metodologías y conceptos relacionados*. Primera Edición. La Habana, Cuba. ICIDCA. 216 p.

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