

Periodo del 17 de julio al 30 de julio 2023

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 03 DE JULIO AL 16 DE JULIO 2023

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

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

En la figura 1 se puede observar, a partir de datos preliminares de 107 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional. Periodo en el cual el IMN contabiliza 4 ondas tropicales.

Los promedios de lluvia acumulada a nivel diario varían según la región cañera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria entre 0 – 14.8 mm en la **Región Guanacaste Este**, por su parte **Guanacaste Oeste** registró entre 0 – 17.8 mm; en la **Región Norte** se reportó entre 1 - 29.0 mm. La **Región Puntarenas** presentó entre 0 – 25 mm. La **Región Sur** mostró entre 0 – 12 mm, excepto el día 06 (40 mm) de julio; la **Región Turrialba** acumuló lluvias entre 0 – 15.1 mm, excepto el día 13 (32.6 mm) de julio. La **Región Valle Central** tuvo entre 0 – 19.6 mm.

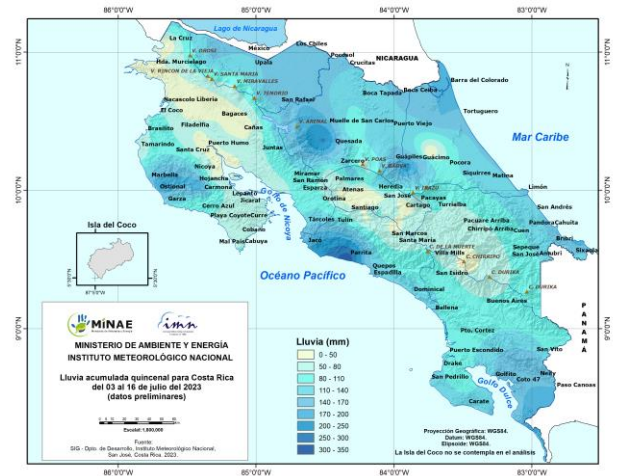


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 03 de julio al 16 de julio del 2023.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 17 DE JULIO AL 23 DE JULIO

De la figura 2 a la figura 8, se muestran los valores diarios pronosticados de las variables lluvia (mm), velocidad del viento (km/h) y temperaturas extremas (°C) para las regiones azucareras. La **Región Norte** mantendrá viento del Este, particularmente más acelerado el lunes; temperatura media más cálida y lluvia levemente deficitaria respecto a lo normal en la semana. La **Región Guanacaste (Este y Oeste)** presentará viento del Este, con paulatina reducción entre miércoles y sábado; temperatura media más cálida de lo normal y lluvias deficitarias que se percibirán en mayor medida en la Península de Nicoya. En la **Región Sur** se espera viento variable (Este-Oeste); temperatura media más cálida de lo normal y menos lluvias de lo normal. El **Valle Central (Este y Oeste)** tendrá viento del Este, que particularmente se mantendría más acelerado entre martes y viernes; con temperatura media más cálida de lo normal; así como lluvia normal. Para la **Región Turrialba (Alta y Baja)** se prevé viento del Este; temperatura media normal a excepción de los sectores montañosos que serían más cálidos de lo normal; y lluvia levemente deficitaria. La **Región Puntarenas** mantendrá viento variable (Este-Oeste) con dominancia del Este algunos días (lunes, miércoles y jueves) y variable (Este-Oeste) con dominancia del Oeste los otros días; temperatura media más cálida y más lluvia deficitaria.

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

“Tránsito de la onda tropical # 20 este lunes, así como la #21 con poca afectación hacia el fin de semana. Sin presencia considerable de polvo Sahariano en la semana.”

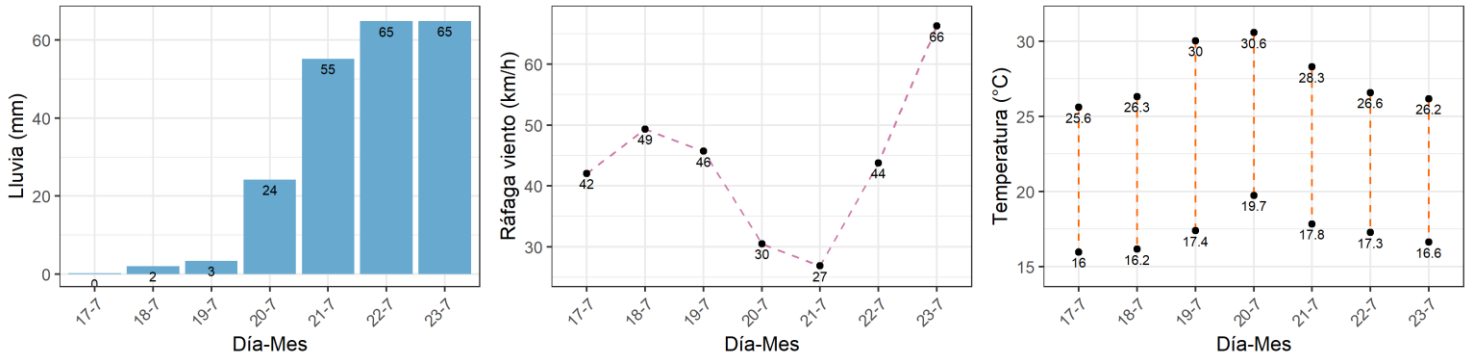


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Guanacaste Este.

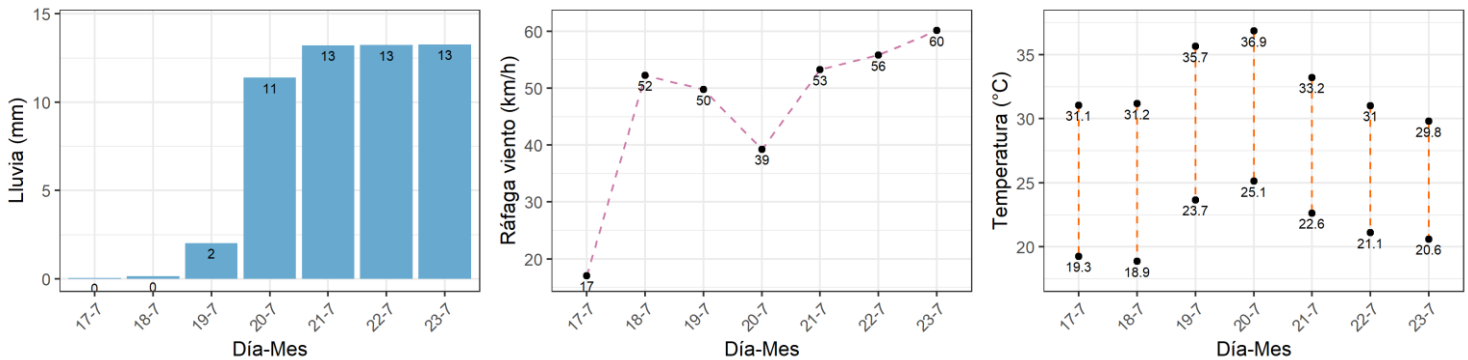


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Guanacaste Oeste.

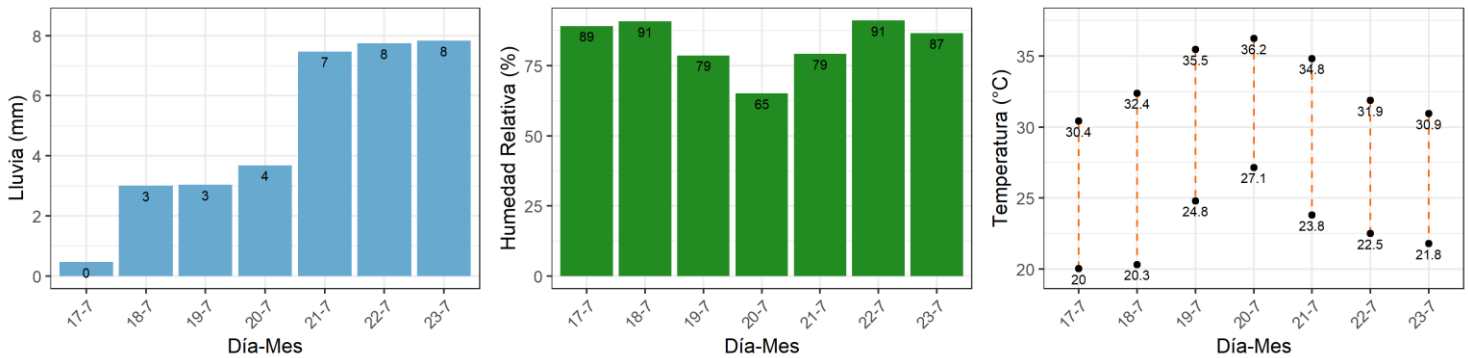


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Puntarenas.

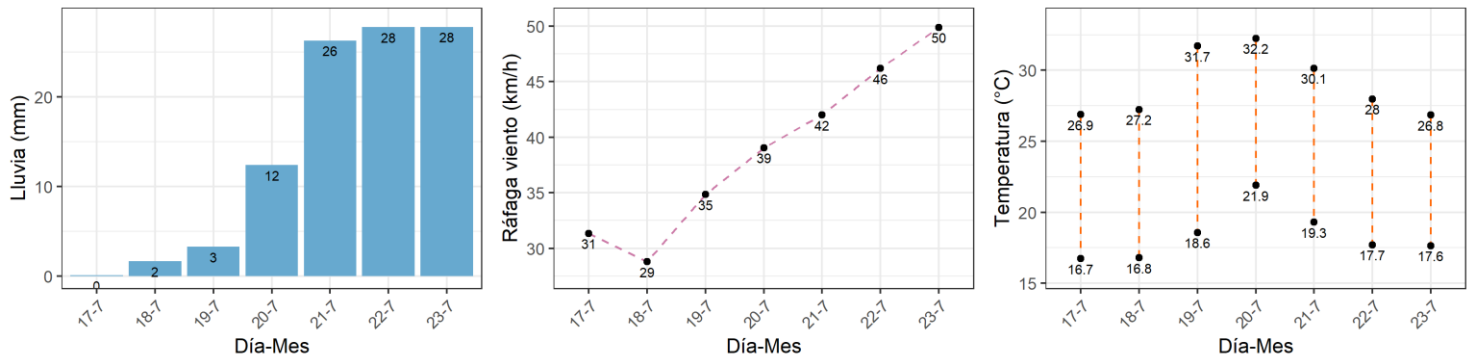


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Región Norte.

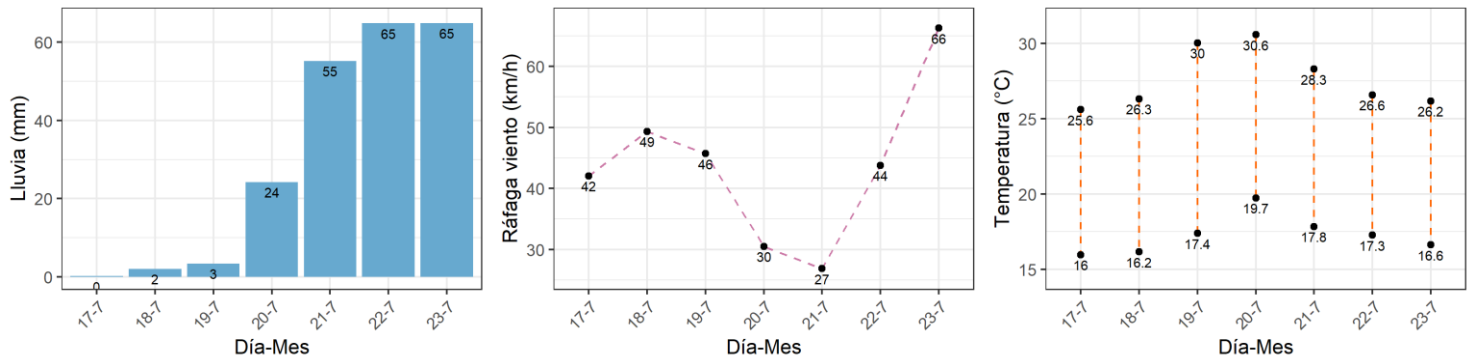


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

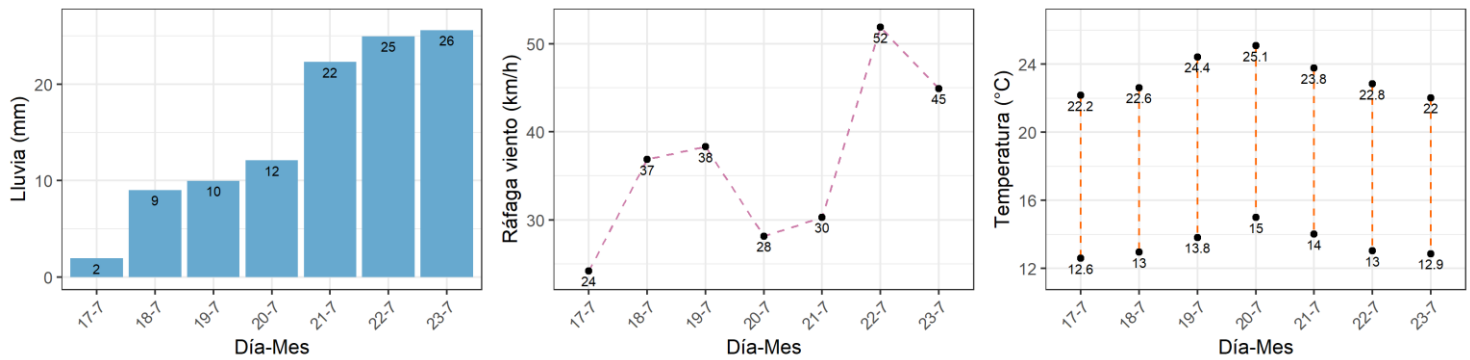


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

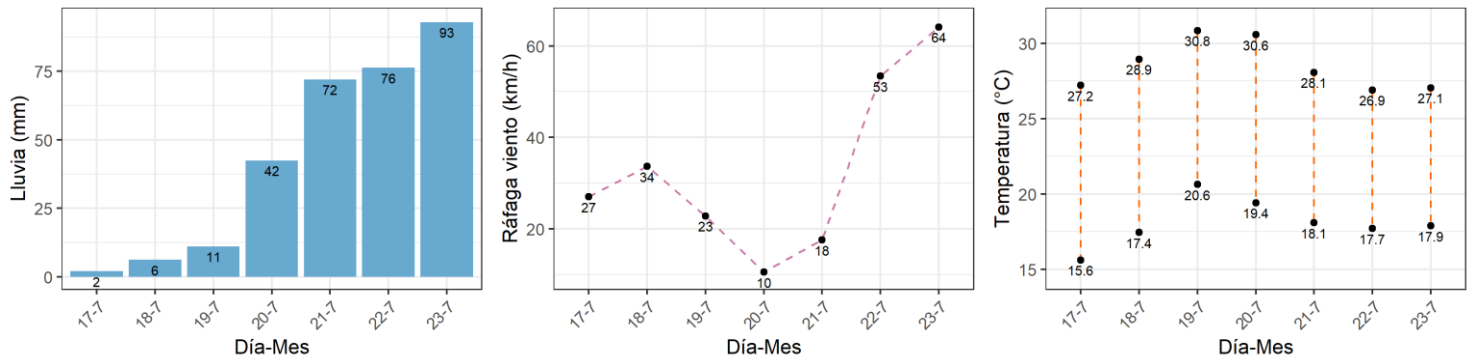


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 17 al 23 de julio en la región cañera Región Sur.

Julio 2023 - Volumen 5 – Número 14

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 24 DE JULIO AL 30 DE JULIO

Afectación de al menos una onda tropical en la semana, ya sea directa o indirecta; con posible incursión de polvo Sahariano a inicio de semana. La **Región Huetar Norte** mantendrá viento del Este más acelerado de lo normal; temperatura media normal y lluvia levemente deficitaria. La **Región Chorotega (Este y Oeste)** presentará viento del Este más acelerado de lo normal; así como temperatura media más cálida de lo normal; con lluvia deficitaria que se percibiría con mayor medida al Norte de la Península de Nicoya. En la **Región Sur** evidenciará viento del Este más acelerado de lo normal; con temperatura media más cálida y lluvia levemente deficitaria. La **Región Valle Central (Este y Oeste)** mostrará viento del Este; así como temperatura media normal al Este y sobre lo normal al Oeste de la región; con lluvia deficitaria. La **Región Turrialba (Alta y Baja)** tendrá viento del Este y temperatura media normal; lluvia deficitaria particularmente en los sectores montañosos y lluvia normal en sectores costeros. La **Región Puntarenas** mostrará viento del Este, temperatura media más cálida y lluvia deficitaria.

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, a inicios del periodo del 10 al 16 de julio de 2023 se tuvieron condiciones de alta saturación en las regiones Guanacaste Oeste, Región Norte, Región Sur y Turrialba; mientras que en las demás regiones se presentaron porcentajes medios y bajos de humedad durante la semana.


Como se observa en la figura 09, la Región Guanacaste Oeste tiene entre 15% y 75%, mientras que la Región Guanacaste Este está entre 30% y 60% de saturación. La Región Puntarenas presenta entre 30% y 60%; la Región Valle Central Oeste tiene entre 30% y 90%, la Región Valle Central Este está entre 30% y 60%.

La Región Norte presenta entre 30% y 100%. La Región Turrialba Alta (> 1000 m.s.n.m.) está entre 45% y 100% y la región Turrialba Baja (600-900 m.s.n.m.) tiene entre 45% y 75%. La Región Sur varía entre 15% y 100% de humedad.

LAICA Y EL IMN LE RECOMIENDAN

Mantenerse informado con los avisos emitidos por el IMN en:

 @IMNCR

 Instituto Meteorológico Nacional CR

 @InstitutoMeteorologicoNacional

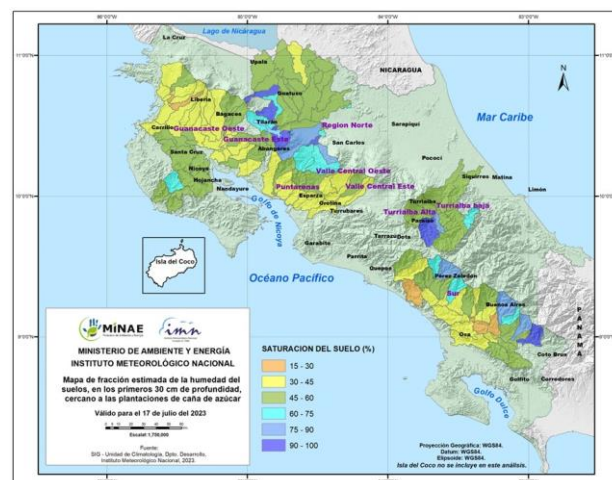
 www.imn.ac.cr


Figura 09. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 17 de julio de 2023.

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

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

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL

NOTA TÉCNICA

Residuos y derivados de la agroindustria cañero-azucarera ¿Qué se produce? ¿Qué se genera? ¿Qué se aprovecha?

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

chavessolera@gmail.com

Especialista cultivo de la Caña de Azúcar

Introducción

Por lo general cualquier actividad comercial o no desarrollada por el ser humano es generadora de otros materiales alternativos, adicionales o complementarios que como quiera llamárseles, significan e implican dos cosas: 1) un problema por atender y resolver, o en su caso, 2) un interesante potencial por desarrollar al que se le debe incorporar valor agregado para alcanzar un fin utilitario, comercializable y hasta rentable.

La agroindustria azucarera no está para nada ajena ni exenta de padecer esa situación, como es común encontrar también en prácticamente todas las actividades desarrolladas particularmente en el sector agropecuario y azucarero mundial. Acontece que, el interés manifiesto observado a nivel sectorial, institucional y empresarial; sumado ahora al importante desarrollo tecnológico y comercial disponible para poder aprovechar de manera sostenible y rentable muchos de esos materiales, torna cada vez más atractivo y extendido el objetivo y explotación de la posibilidad.

En el caso cañero-azucarero dicha pretensión se sustenta en la imperiosa necesidad de procurar mejorar las economías de las empresas azucareras y productores independientes nacionales y, lograr que las mismas alcancen una mejor situación económica, que confronte con éxito la volatilidad y fuerte fluctuación observada en los precios del endulzante en los cada vez más exigentes y competitivos mercados internacionales del azúcar; esto como producto principal de toda la gestión agroproductiva y fabril operada en el país.

La revisión profunda acompañada de una valoración objetiva y razonable de las posibilidades tecnológicas reales disponibles y accesibles para su implementación, el conocimiento de los potenciales de uso comercial existentes, la determinación justa de la viabilidad y factibilidad financiera de cualquier

emprendimiento operado en esta dirección; así como también, las implicaciones que desde la perspectiva energética y ambiental éstos procesos tienen como criterios inobjetable e innegociables de ecoeficiencia y eco-competitividad, resultan obligados de atender y discernir en cualquier iniciativa que se opere en esa dirección. La experiencia internacional existente en cuanto al aprovechamiento y buen uso de los materiales derivados a partir de la labor agrícola e industrial de la planta de caña de azúcar es amplia y muy expresiva, del verdadero potencial intrínseco contenido.

No cabe la menor duda que la agroindustria cañero-azucarera costarricense debe evolucionar y transitar con paso firme y decidido, hacia el aprovechamiento integral y completo de la planta de caña de azúcar, mediante la industrialización y explotación de todos sus materiales principales y también derivados del proceso fabril. La diversificación implica entre otras cosas y conceptos, hacer un aprovechamiento pleno e integral de su producto principal, el azúcar, favorecer el empleo de la planta en la alimentación humana y animal, promover su aplicación en la generación de energía, en favorecer el incremento de las exportaciones y contrarrestar la sustitución de posibles importaciones innecesarias, entre otras áreas potenciales y estratégicas de gestión institucional.

Diversificación agroindustrial

Conceptualmente diversificar es convertir en múltiple y diverso lo que era uniforme y único. La diversificación es la adición e incorporación de una actividad nueva o distinta a las ya existentes y en operación; es decir, la empresa o unidad productora ha de cumplir una misión, actividad o labor nueva afín o no a la ya operada ordinariamente.

La necesidad de diversificar tanto la industria como la agricultura cañera se torna cada día más imperiosa e imprescindible dadas las siguientes condiciones:

- 1) La tendencia creciente y sostenible a tener superproducción relativa de carácter grave. La relatividad de la producción está dada porque el acceso al azúcar se torna con el tiempo muy limitado, las reservas mundiales por el contrario aumentan, con la creciente volatilidad y depresión de sus precios.
- 2) La tendencia a la baja de los precios del azúcar que predomina en los mercados como consecuencia, entre otras razones, del fuerte proteccionismo y los subsidios a los productores e industriales dado el interés marcado de satisfacer la demanda doméstica en los países desarrollados.
- 3) El cambio drástico en los gustos y preferencias observados en los consumidores.
- 4) La aparición y crecimiento del mercado de edulcorantes sucedáneos, cuya competencia con el producto tradicional (azúcar) cada día es mayor.
- 5) Campañas nutricionales bajas en el consumo de energéticos como el azúcar.
- 6) Eliminar o reducir la dependencia del azúcar físico.
- 7) La imperiosa necesidad de obtener productos con mayor valor agregado.
- 8) La obligación estatal de disponer y asegurar alimentos para la población.
- 9) La necesidad de utilizar de manera eficiente y productiva las tierras una vez sembradas o en su caso liberadas de la caña.
- 10) Destino de tierras agrícolas para producir biocombustibles (bioetanol).

El éxito de la diversificación depende no sólo del potencial de crecimiento y rentabilidad, sino también de la capacidad de la empresa para desarrollar las competencias (habilidades) que requiere el desarrollo de la nueva actividad o emprendimiento desplegado. Una empresa no debería por prudencia y razonabilidad, diversificarse en una actividad en la que no posea por lo menos alguna de las competencias necesarias.

Se reconocen en este caso dos tipos de diversificación fundamentales:

- 1) La diversificación relacionada: Se aprovecha algún punto fuerte actual de la empresa que puede constituir una

fortaleza para los nuevos productos (imagen, marca, capacidad comercializadora, tecnología, capital, recurso humano, etc.)

- 2) La diversificación no relacionada: No existe ninguna relación entre las actividades nuevas y las existentes y desarrolladas antes de la diversificación.

Aplicados esos conceptos tanto al sector agrícola y al industrial de la caña, es comprensible que se trata de transformar y convertir en varias cosas distintas, en múltiple y diverso lo que antes era único, y uniforme como era producir azúcar y obtener sus derivados obligados.

Por razones obvias, cualquier proceso de diversificación que se quiera llevar a cabo en la situación actual en el país, debería entrar por el concepto de diversificación relacionada; lo cual le permitiría aprovechar las ventajas, condiciones y potenciales existentes y conocidos.

La diversificación de la agroindustria azucarera costarricense debe constituir por ello una estrategia de desarrollo sectorial que involucra aspectos de índole tanto agrícola como industrial, orientadas a lograr un aprovechamiento industrializable integral, utilitario, rentable, sostenible y competitivo de los productos y derivados obtenidos a partir de las actividades desarrolladas en el campo como también en la fábrica.

La producción agrícola diversificada involucra la organización y uso óptimo de las tierras según su calidad y condición, con el objeto de alcanzar el máximo posible de su agro potencialidad con las especies y variedades que aseguren la estabilidad y satisfacción de la demanda del mercado; así como favorecer las rotaciones y el intercalamiento de las siembras que garanticen los volúmenes adecuados de producción, todo bajo una visión con sentido económico. Incuestionablemente el empleo e incorporación de valor agregado a los **Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC)** representa una gran opción técnico-comercial que debe aprovecharse.

La producción industrial de subproductos, residuos y derivados constituye la opción principal de la diversificación para agregar valor a los productos y semiproductos ya elaborados, e incorporar otros con potencial de obtener a partir de los procesos ordinarios; los cuales mediante tecnologías industriales simples y/o complejas están en capacidad de generar nuevos productos de mayor calidad y potencial comercial para satisfacer las necesidades y posibilidades del

mercado. Las experiencias mundiales en esta materia son amplias como lo demuestran GEPLACEA-PNUD (1988ab, 1989ab), ICIDCA-GEPLACEA-PNUD (1990) e ICIDCA (1986).

Objetivos

Son entre otros objetivos del presente documento los siguientes:

General:

Conocer y ahondar en torno al tipo de residuos originados a partir de la actividad primaria de la caña de azúcar en el campo y derivados generados a partir de su procesamiento fabril en el ingenio; como también comentar en torno a su uso potencial actual y futuro.

Específicos:

- Identificar y caracterizar los componentes de naturaleza orgánica e inorgánica que produce la agroindustria cañero-azucarera nacional a partir de su actividad comercial ordinaria.
- Conocer sobre los Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) producidos en el país.
- Evidenciar y visualizar potenciales de uso actual y futuro para dichos materiales.
- Conceptualizar y concebir los principios de la “economía circular” aplicados al sector azucarero.

En la actualidad, los productores de caña y los fabricantes nacionales de azúcar se encuentran confrontados al reto de la disminución observada en el valor del azúcar como producto principal del proceso y, las dificultades de comercialización percibidas en los mercados internacionales; lo que lleva inevitable e inexcusablemente a fijar su atención y concentrar su mejor esfuerzo en atender la diversidad de alternativas y nuevas oportunidades de negocio, que ofrece la industrialización de los materiales asociados con la agroindustria, con el fin de diversificar y ampliar el empleo de la caña de azúcar en la creación de nuevos mercados de exportación y uso nacional.

Conceptos vinculados

Previo al abordaje del tema resulta necesario y prudente definir, puntualizar y ubicar algunos conceptos importantes que son aplicables y muy utilizados en el tratamiento del asunto aquí deliberado, lo cual facilita el entendimiento y la mejor

comprensión del tópico y sus derivaciones. En la Figura 1 adjunta se anotan varios conceptos relacionados y de muy amplio uso en la jerga empleada de manera ordinaria en la agroindustria cañero-azucarera; los cuales por lo general se aplican de manera indiscriminada y sin ninguna reserva para referirse a lo mismo, lo cual no siempre es válido ni apropiado, generando por ello confusión.

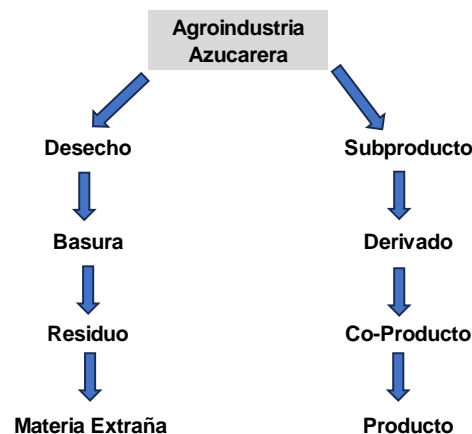


Figura 1. Conceptualización agroindustrial de residuos y derivados.

Con el objeto de buscar consensos y asentimientos etimológicos que favorezcan una mejor interpretación y comprensión del tema abordado, se exponen seguidamente algunos términos cuyo empleo popular como se indicó, aplica muchas veces de manera genérica casi indiferente como sinónimos. Los términos más empleados que conducen a confusión son los siguientes:

- Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC):** se generan durante el proceso de corta (verde, quemada, manual, mecánica), carga y transportes ejecutados durante la cosecha de una plantación comercial de caña de azúcar. Luego de extraer el tallo con potencial industrializable, quedan depositados en el campo restos de hojas, cogollos, tallos, inflorescencias, cepas y raíces, que se nombran y reconocen como **Residuos Agrícolas de Cosecha de la Caña –RAC**. Los mismos se retiran, se queman, acordonan (remanga) o en su caso incorporan para adecuar el suelo donde se sembrará nuevamente la caña. El RAC está compuesto principalmente por tres tipos de polímeros: *celulosa*, *hemicelulosa* y *lignina*.
- Desecho:** es un sustantivo derivado del verbo desechar que significa “residuo o cosa que se descarta después de haber escogido lo mejor y más útil”. Tiene un significado diferente

al término deshecho que es otra cosa. Se emplea generalmente como sinónimo de basura y residuo al que no se le ubica posible incorporación de valor agregado y uso comercial rentable, por lo que en la práctica debe presuntamente “eliminarse y botarse”. Se entiende por todo material que debe ser eliminado después de haber cumplido con su misión, ya que se considera sin valor para ser conservado.

- C. **Basura o Trash:** Se refiere al material vegetal e inorgánico que por lo general y en diferente cantidad (kg, %) acompaña las entregas comerciales de caña que van al ingenio luego de cosechar la plantación. Está compuesta por hojas verdes y secas, cogollo, retoños (mamonos), tallos por su calidad no industrializables (inmaduros, deshidratados, deteriorados, contaminados), raíces, restos de cepas, inflorescencias, malezas y arbustos (madera), tierra, piedras, restos de fertilizantes, entre otros materiales. En la práctica tiene un impacto económico negativo al ser considerado y castigado por el **Sistema Directo de Compra de la Caña por su Calidad** empleado en Costa Rica, para realizar el pago del azúcar entregado, extraído y recuperado en la fábrica.
- D. **Residuo:** corresponde a los materiales sólidos y líquidos de composición orgánica e inorgánica variable, generados en las actividades agrícola e industrial del proceso de producción, cosecha y procesamiento de la caña para la extracción y fabricación de azúcar, que no van destinados al consumo humano pudiendo ser destinados a las operaciones de compostaje y acondicionamiento de los suelos en el campo. El bagazo es un residuo obligado ya que no es posible fabricar azúcar de caña sin obtener bagazo como residuo; igual acontece con las cenizas en las calderas por incineración del bagazo, o la cachaza durante la clarificación del jugo.
- E. **materia extraña:** es un término muy conocido y empleado en el campo cañero y en el ámbito azucarero con alcance inclusive legal. Es considerado sinónimo de Basura o Trash. Se asocia directamente con las entregas de materia prima al ingenio.
- F. **Subproducto:** se le reconoce como un producto secundario que se obtiene adicional y complementariamente del principal en el proceso industrial de elaboración, fabricación o extracción. Por lo general es visto como de obtención obligada, aunque pudiendo tener un valor comercial importante, no se equipara con el principal, como acontece

por ejemplo entre el azúcar y la melaza. También se llama subproducto al residuo de un proceso al que se le puede obtener una segunda utilidad. No es un desecho porque no se lo elimina, sino que se lo usa para otro proceso. Su concepción adquiere una connotación de trasfondo económica.

- G. **Derivado:** es un producto que proviene, procede, es originario, resultante o se obtiene a partir de otro. Puede ser obligado o no. No puede obtenerse por ejemplo azúcar en un ingenio sin tener la melaza como derivado obligado.
- H. **Coproducto:** se denominan coproductos a los productos individuales que tienen un valor de venta significativo que se producen simultáneamente en un proceso o serie de procesos comunes; es decir, cuando los insumos del proceso de producción (materia prima, mano de obra, energía, etc.) dan como resultado dos o más productos diferentes, pero de igual importancia, ya sea por las necesidades que satisfacen o por su valor comercial específico. Los costos de los coproductos son aquellos que surgen en el curso de procesos comunes que incluyen materias primas comunes. Su aplicación tiene una connotación económico-financiera.
- I. **Producto:** la conceptualización de producto hace referencia al resultado de un proceso planificado, analítico y sistemático que permite transformar una materia prima en este caso caña, en un producto final, azúcar y su derivado melaza. Hay incorporación de valor agregado que incrementa el valor final del bien producido.

La caña como materia prima

La caña de azúcar es una planta de naturaleza semiperenne de muy amplia distribución mundial, capacidad de adaptación y resiliencia, que posee atributos y características genéticas, anatómicas y fisiológicas muy especiales y particulares, que la sitúan como ejemplar entre los vegetales de uso comercial, virtud del importante potencial intrínseco que posee para producir materia verde, energía y fibra; obtenidos en un tiempo menor cuando comparada con otras especies, particularmente arbóreas (Chaves 2020b, 2023). Acontece, sin embargo, que las propiedades de la planta presentan una alta heterogeneidad producto de su diversidad taxonómica y génica, que aportan potenciales naturales muy disímiles.

Por sus características diversas, el Género *Saccharum* se compone taxonómicamente según Chaves (2018) de seis

especies bien tipificadas, a las cuales se les han ligado y descrito más de 30 especies relacionadas. Dichas especies son: 1) *S. officinarum* L. ($2n= 80$ cromosomas y adicionalmente variaciones cromosómicas con $2n= 100-140$); 2) *S. spontaneum* L. (varían desde $2n= 40$ a $2n= 128$ cromosomas); 3) *S. barberi* Jeswiet ($2n= 81$ a $2n= 121$); 4) *S. sinense* Roxb; 5) *S. robustum* Brandes ($2n= 60$ y 80) y 6) *S. edule* Hassk ($2n= 60, 70$ y 80 cromosomas). Asegura el mismo autor, que “El abundante trabajo genético desarrollado sobre el género *Saccharum* y sus especies en la búsqueda de crear mejores materiales para uso comercial agroindustrial, ha permitido identificar e incorporar otros géneros de interés que son filogenéticamente asociados, considerados dentro del **Complejo Saccharum**, como acontece con *Erianthus* ($2n = 10, 15, 20, 30, 40$ y 60), *Miscanthus* ($2n= 38, 57, 76$), *Narenga* ($2n= 30$), *Ripidium* ($2n = 20, 30, 40, 60$), *Diandra*, *Eriochrysis*, *Eccolipus*, *Spodiopogon*, *Sclerostachya* ($2n= 30$), siendo los dos primeros los más afines. Además, se ha trabajado con los géneros *Sorghum* ($2n = 10, 20$ y 40), *Zea* ($2n= 20$), *Pennisetum*, *Bambusa* e *Imperata* y *Arundo donax*, entre otros, con los cuales puede cruzarse la caña de azúcar para generar nuevos híbridos.”

Esa diversidad génica le provee a la planta de caña un enorme potencial de cruzamiento y combinación que se expresa en características diferenciadas, como se anota en el Cuadro 1 para el área foliar, la tasa de asimilación fotosintética, la duración del ciclo vegetativo y consecuentemente su periodo de crecimiento, todo lo cual interviene y define su potencial para producir materia verde y con ello sobre los rendimientos agroindustriales del cultivo.

Cuadro 1. Comparativo anatómico-fisiológico entre especies y clones de caña.

Especies	Variación	Fotosíntesis (mg/dm ² /h) *	Materia seca ** (g/maceta)	Área Foliar (dm ² /maceta)
<i>S. officinarum</i>	CHITTAN	46	415	150
	HQ 409	53	350	116
<i>S. robustum</i>	US 57-86-3	53	291	128
<i>S. spontaneum</i>	SES 327	57	497	173
	SEJ 356	50	208	86
Comercial	B 49-119	48	423	144
	PINDAR	52	431	136
	TROJAN	47	322	116
DMS (1%)	-----	10	82	28

Fuente: ICIDCA-GEPLACIA-PNUD (1990).

* Hojas simples plantas de 6 semanas ** 5 meses

En el Cuadro 2 se expone una caracterización fisiológica de la planta de caña de azúcar vista desde la perspectiva de la variabilidad genética (poliploidía), que ofrece el complejo *Saccharum* en cuanto a la alta concentración de sacarosa (azúcar no reductor) propia de la especie *S. officinarum* y otros azúcares reductores (glucosa, fructuosa, polisacáridos) existente en otras especies como *S. spontaneum*; así como también, en lo correspondiente a los altos contenidos de fibra presentes en la planta, algunos de los cuales superan valores del 25% y hasta más del 50% en algunos géneros afines como *Erianthus* y *Miscanthus*, los cuales resultan inconvenientes para la producción de sacarosa pero aptos a otros fines.

Cuadro 2. Valores medios de sacarosa, azúcares reductores y fibra del complejo *Saccharum*.

Géneros / Especies	N° Clones	Sacarosa	Azúcares Reductores	Fibra
		(Peso fresco \pm E.S.)		
<i>Erianthus maximus</i>	3	2,24 \pm 0,44	0,73 \pm 0,23	26,4 \pm 0,9
<i>E. arundinaceus</i>	2	0,62 \pm 0,16	0,61 \pm 0,17	30,3 \pm 0,3
<i>Miscanthus floridulus</i>	5	3,03 \pm 0,56	0,79 \pm 0,24	51,0 \pm 2,0
<i>Saccharum</i>	10	3,96 \pm 0,46	0,44 \pm 0,20	33,9 \pm 2,1
<i>S. spontaneum</i>	30	5,35 \pm 0,38	1,66 \pm 0,06	31,8 \pm 0,9
<i>S. robustum</i>	10	7,73 \pm 0,83	0,27 \pm 0,02	24,8 \pm 1,6
<i>S. sinense</i>	2	13,45 \pm 0,02	0,38 \pm 0,08	12,8 \pm 2,0
<i>S. officinarum</i>	25	17,48 \pm 0,35	0,32 \pm 0,02	9,8 \pm 0,4

Fuente: ICIDCA-GEPLACIA-PNUD (1990).

Todo lo anterior asociado a elementos anatómicos, fisiológicos, metabólicos y genéticos, propios y particulares de la planta, es que la caña de azúcar es considerada un vegetal excepcional que posee los mecanismos suficientes y eficientes para inducir la producción de biomasa y la concentración de sacarosa en sus tallos en cantidades apreciables y comerciales. Esto debido a estar dotada, como apuntara Chaves (2020b, 2023), de un eficiente sistema fotosintético caracterizado por poseer un Ciclo C₄ (vía del ácido dicarboxílico) que sintetiza la sacarosa a partir de azúcares simples (glucosa y fructuosa) de manera muy eficiente.

Se infiere y demuestra con lo anterior la alta complejidad del género *Saccharum* valorado desde diferentes factores, lo cual permite reconocer y concluir sin embargo como hecho favorable, la viabilidad de inducir modificaciones de fondo en la composición de la planta, mediante el empleo de técnicas genéticas modernas para producir clones asociados con algunos intereses particulares; como viene sucediendo con materiales genéticos orientados a la cogeneración de energía

asociada con los altos contenidos de fibra presentes en la planta. La figura 2 es elocuente al mostrar un cultivar de caña de porte alto, mucha biomasa y alta fibra “fabricado” en Brasil para ese fin mediante manipulación genética. El amplio conocimiento que se posee de la planta y el gran desarrollo tecnológico disponible en la actualidad favorecen trabajar sobre ese y otros objetivos similares; para lo cual diversos y calificados grupos científicos trabajan en diversas partes del mundo con resultados muy satisfactorios. La diversificación es a futuro muy favorable en este sentido.



Figura 2. Caña de azúcar de alto contenido de fibra para cogeneración.

En lo mediático y actual se tiene para el caso nacional que, incorporando una tecnología de contenido medio en cuanto al empleo de insumos y un manejo apropiado de la plantación, el país produce en promedio cerca de 72 toneladas métricas de tallos industrializables de caña por hectárea (t/ha); lo cual puede incrementarse hasta 90-100 t/ha caso el nivel tecnológico se incremente y las condiciones del entorno agroproductivo sean favorables. La concentración de sacarosa contenida y recuperada de los tallos de la planta fue en la Zafra 2021-2022 de 110,1 kilogramos de sacarosa por tonelada métrica de caña molida (kg/tc). La producción media de melaza extraída en el periodo 2022-2023 fue de 38,55 kilogramos por tonelada de caña y el contenido promedio de fibra caña es de 16,03%. En dicha zafra se cosecharon y procesaron un total de 3.422.762 toneladas métricas de caña, fabricaron 7.004.827 bultos de azúcar *tel quel* o 350.241 toneladas (incluye todos los tipos y subtipos toneladas de azúcar) y recuperaron 132.313

toneladas de melaza. El área efectivamente cosechada se estimó próxima a 55.000 hectáreas.

Es a partir de esos indicadores básicos donde pueden y deben realizarse las estimaciones de la cantidad y calidad de residuos y derivados potencial y efectivamente producidos en Costa Rica en un determinado periodo de tiempo, en este caso la Zafra 2022-2023.

Conceptos agroindustriales importantes

Existen varios conceptos técnicos que se considera prudente, necesario y conveniente conocer para poder contextualizar e interpretar correctamente las materias abordadas en el presente texto, como son entre otras:

Caña: corresponde a la materia prima producida en el campo normalmente cortada, recolectada y suministrada a las fábricas para la extracción de la azúcar contenida. Comprende los tallos industrializables de caña, la paja, el agua y otras Materias Extrañas que acompañan en grado variable las entregas comerciales de caña propias y externas.

Azúcar: se denomina coloquialmente azúcar a la sacarosa, también conocida como azúcar común o azúcar de mesa. La sacarosa es un disacárido formado por una molécula de glucosa y una de fructosa, que se extrae comercialmente principalmente de la caña de azúcar como también de la remolacha azucarera. Su fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Es una sustancia orgánica sólida, blanca y soluble en agua que se ofrece comercialmente en diferentes presentaciones. El disacárido no tiene poder reductor sobre el reactivo de Fehling y el reactivo de Tollens, por lo cual es nombrado un azúcar no reductor.

Paja: es la materia seca, insoluble en agua procedente y contenida naturalmente en la caña; representada por hojas, cogollo, mamones, tallos inmaduros, etc. (figura 3). Parte queda depositada en el campo, otra acompaña en cantidad variable las entregas de materia prima al ingenio. Puede considerarse genéricamente un sinónimo de materia extraña.



Figura 3. Paja presente en el campo luego de la cosecha de la plantación.

Bagazo: es el residuo obligado recuperado luego de moler la caña y proceder con la extracción del jugo por cualquier medio, molino, maza o prensa para fabricar azúcar. Corresponde al remanente de los tallos de la caña después de extraer el jugo azucarado que ésta contiene. Tradicionalmente se ha empleado como materia prima para la producción de energía en las calderas de los ingenios.

Melaza: conocida como melaza, miel final, miel de caña o miel negra. Se le define como los residuos resultantes de la cristalización y centrifugación final del azúcar, de los cuales no se puede obtener más azúcar de forma rentable por métodos físicos. Se le califica como azúcares no cristalizables o reductores. Es un producto meloso semicristalizado. Tiene múltiples usos como es la elaboración de alimentos para ganado bovino (carne y leche) donde se usa como insumo; también se le emplea como materia prima en la destilación de alcohol. La melaza contiene de 75 a 83% de materia seca, 30 a 40% de sacarosa, 2,5 a 4,5% de compuestos nitrogenados (predominando aspartato y glutamato) y aproximadamente 0,4 a 1,5% de nitrógeno. Es un producto de origen vegetal que se diferencia de la típica miel producida por las abejas.

Cachaza: es un residuo industrial obligado que se produce durante la fase de fabricación del azúcar de caña, particularmente del proceso de clarificación del jugo. Tiene un

alto contenido de carbono, fósforo, calcio, nitrógeno; incluye materias terrosas e impurezas orgánicas e inorgánicas. La cantidad recuperada revela mucho de la forma en que se maneja la materia prima durante las etapas de cosecha, preparación y molienda.

Cenizas: las cenizas de bagazo de caña de azúcar constituyen un residuo agroindustrial sólido, resultante de la quema por incineración del bagazo generado en la molienda de los tallos de caña en las calderas del ingenio, para inducir la cogeneración de energía para movilizar los equipos de proceso.

Jugo Absoluto: son todas las materias disueltas en la caña, más el agua total de la caña.

Jugo Residual: es la fracción de jugo que no ha podido ser extraída y que queda contenida en el bagazo. Su extracción por motivo de costos no es comercialmente rentable.

Brix: el Brix de una solución es la concentración (expresada en gramos (g) de concentrado en 100 g de solución) de una solución de sacarosa pura en agua. Incluye tanto la sacarosa como los no azúcares (reductores y polisacáridos). La sacarosa, la glucosa y la fructuosa forman parte integral del Brix. Representa la cantidad de sólidos presentes en una "solución de sacarosa pura", expresados como porcentaje en peso; determinados por el hidrómetro de Brix o cualquier otra medida de la densidad convertida en la escala Brix. Por extensión, Brix representa los "sólidos aparentes" que contiene una solución de azúcar.

Sacarosa: constituye el principal producto de la fotosíntesis en la caña cuya fórmula química es $C_{12}H_{22}O_{11}$. Es un disacárido compuesto por la unión de una molécula de glucosa y otra de fructuosa como azúcares simples o monosacáridos; que compone el azúcar cristizable más importante de la industria azucarera. El porcentaje aparente de sacarosa (relación masa/masa) se denomina **Pol**.

Fibra: es la materia seca e insoluble en agua que contiene la caña. La definición incluye todos los materiales insolubles como tierra y piedras; es conocida como Fibra Industrial. La verdadera Fibra genética o celulosa no se determina en el control de fábrica en los ingenios.

Fibra % Caña: es la cantidad de Fibra Industrial referida a cien partes de caña expresada como porcentaje.

Alcohol: es el producto obtenido por destilación fraccionada del jugo de la caña de azúcar en la destilería, que previamente ha pasado por un proceso de fermentación. Puede obtenerse a partir de melazas o de mieles finales de caña de azúcar (3,8-4 kg/litro). El **etanol** o **bioetanol** puede utilizarse como combustible para automóviles, sin mezclar o mezclado con gasolina en cantidades variables para reducir el consumo de derivados del petróleo. El combustible resultante se conoce como gasohol y emplea cada vez más como añadido para oxigenar la gasolina estándar, como reemplazo del metil tert-butil éter (MTBE), responsable de una considerable contaminación del suelo y agua subterránea.

Vinaza: es resultante de la destilación de las melazas en la fermentación del etanol. Es un residuo contaminante líquido de color café, olor dulce, extremadamente corrosivo debido a su pH ácido (4,9 y 5,4), posee un alto contenido de materia orgánica disuelta y en suspensión; además de potasio, azufre y calcio. Pueden ser usada como abono y mejorador del suelo en cultivos de alta demanda de potasio como la caña. Constituye el desecho de mayor importancia en las destilerías de alcohol. Por cada litro de alcohol producido se obtienen de 12 a 15 litros de vinaza aproximadamente (Chaves, 1985c; Rodríguez, Chaves y Mojica, 1999).

Residuos y derivados contenidos y generados

La pregunta infaltable y obligada para abordar correctamente el tema es **¿Qué tipo de residuos, derivados, productos y subproductos se generan a partir de la actividad agrícola de producir caña?** La respuesta es simple y sencilla pues la composición anatómica de la planta de caña de azúcar es la tradicional y conocida de cualquier vegetal, como son en este caso: hojas verdes y secas (láminas y vainas), cogollo (sección superior inmadura en crecimiento activo), inflorescencia (panícula o flor de flores), tallos industrializables y maduros (materia prima de diámetro, grosor y contenido de sacarosa apropiados), tallos inmaduros sin potencial industrializable (mamonos), raíz y restos de cepas. En la figura 4 se muestran las secciones indicadas de la planta, la cual varía de acuerdo con el estado fenológico del cultivo, la fase de crecimiento y el estado general de desarrollo de la planta; lo cual es a su vez influenciado por los elementos edafoclimáticos presentes en el entorno agroproductivo, las prácticas de manejo incorporadas a la plantación y las características anatómicas y fenotípicas

particulares de la variedad sembrada (Chaves 2019abcd, 2020acd).



Figura 4. Componentes básicos de la planta de caña de azúcar.

Durante las fases inicial e intermedia del ciclo vegetativo de la planta de caña previa la maduración (Chaves 2019a), la cantidad de residuos vegetales generada en una plantación comercial es relativamente baja, restringiéndose casi exclusivamente a la caída de hojas secas ya senescentes y metabólicamente inactivas. Es en la última fase del ciclo cuando el crecimiento se detiene y la caída de hojas se incrementa significativamente, por causa de los efectos hormonales inducidos por la fase de maduración y acúmulo sistemático de sacarosa en los tallos. Ocurre una modificación y transformación del meristemo de crecimiento a meristemo floral, lo que da lugar a la emisión de la panícula (flor).

Es en la cosecha de la plantación cuando se genera una gran cantidad de residuos vegetales que depende mucho y está determinada por la modalidad adoptada: *manual, mecánica, semi mecánica, verde, quemada*. Cuando la corta es en verde la cantidad y tipo de residuos se incrementa respecto a si la plantación se quema para su corta, tanto con la planta en pie o posteriormente los residuos depositados en el suelo (figura 5).



Figura 5. Residuos Agrícolas de Cosecha (RAC) en cosecha en verde.

Durante la fase de retoñamiento en ciclo de caña soca la cantidad de material vegetal producto de la cosecha que queda depositado en los entresurcos de la plantación es alta, razón por la cual se practica la denominada “remanga” con el objeto de acordonar, alinear o retirar manual o mecánicamente los mismos del surco donde emergerán los nuevos retoños o hijos que se encuentran en fase activa de germinación y ahijamiento y, que constituyen la cosecha futura. Algunas variedades pueden tener problemas de retoñamiento o ser afectadas por plagas y enfermedades favorecidas por los residuos vegetales presentes. La figura 6 es demostrativa de lo indicado.



Figura 6. Remanentes de cosecha en verde en fase de retoñamiento.

¿Qué acontece durante la cosecha de la plantación?

Es como se indicó, durante la fase de corta, recolección, carga y transporte de la materia prima al ingenio donde se genera la mayor cantidad de residuos vegetales e inorgánicos, algunos de los cuales retornan al suelo; otros, por el contrario, son llevados a la fábrica donde deben ser retirados a un muy alto costo para evitar la afectación del proceso fabril.

La cosecha de plantaciones sea realizada de forma manual, mecánica o semi mecánica hay que reconocer, ha mejorado muchísimo recientemente en lo concerniente a las técnicas de corta, carga y limpieza de la materia prima en el campo y en el patio y, que será luego procesada fabrilmente; evitando con ello tener que cargar, transportar y luego retirar material no azucarado a un costo muy elevado no recuperado. Pese a ello, es común aun observar entregas comerciales de materia prima “sucias” cargadas de materia extraña que supera los niveles aceptables por la legislación azucarera nacional, como se aprecia en la figura 7; lo que implica sanciones traducidas en afectación directa del rendimiento industrial calculado, sobre el cual se fijará el precio pagado por el azúcar producido, entregado y efectivamente recuperado. **La materia extraña es un muy mal negocio que debe conducir a incorporar todos los criterios técnicos y medidas administrativas pertinentes y necesarias que eviten su llegada a la fábrica de azúcar.**



Figura 7. Materia extraña presente en una entrega comercial de caña.

Las características y naturaleza de la materia extraña presente y contenida en las entregas comerciales de materia prima son muy variables, pues dependen de varios factores como son: variedad sembrada, tipo de corta (manual, mecánica, verde, quemada), condiciones climáticas prevalecientes, tonelaje de la plantación (t/ha), tipo de alce en el campo (mecánico, semi mecánico, manual), edad de cosecha, permanencia de la caña en el terreno, contacto de los tallos con el suelo, entre otros. La figura 8 detalla algunos de los materiales más comunes recuperados en las entregas comerciales de materia prima, como son: hojas verdes y secas, cogollos, vainas, mamones, cepas, raíces, entre otros.

TIPOS DE BASURA PRESENTE EN EL CAMPO



Figura 8. materia extraña que ingresa a procesa fabril con las entregas de caña.

Los contenidos de materia extraña recuperados en las entregas comerciales de materia prima al ingenio son muy variables en cuanto a tipo y cantidad de materiales presentes, como se infiere de lo anotado en los Cuadros N° 3 y 4 y ha sido reportado en los estudios desarrollados por Angulo y Chaves (1999bc), Chaves (2001, 2007), Oviedo y Chaves (2002), Rivera y Chaves (2003) y Aguilar y Chaves (2009) en diferentes regiones.

En el Cuadro N° 3 se infiere una buena equivalencia entre los contenidos medios de materia extraña observados en entregas de materia prima obtenidas bajo la modalidad de cosecha mecanizada respecto a la manual, en la localidad de Cañas, Guanacaste; nótese que la mecanizada logra una mayor limpieza de los tallos, aunque estadísticamente no significativa, pero si muy importante económicamente cuando es proyectada a volúmenes mayores de caña, lo cual demuestra y

ratifica la eficiencia de los sistemas de limpieza del equipo mecánico.

Cuadro 3. Composición % de Materia Extraña en entregas comerciales de caña, Cañas, Guanacaste.

Fracción	Porcentaje		
	Mecanizada	Manual	Promedio
Caña Limpia	94,9	91,7	93,3
Hojas	2,4	2,1	2,2
Cogollo	1,7	1,9	1,8
Caña Seca	0,3	0,7	0,5
Raíces + Cepa	0,5	0,5	0,5
Tierra	0,2	3,1	1,7
Total	100	100	100

Fuente: Angulo y Chaves (1999c).

En el Cuadro N° 4 se exponen los resultados promedio de varias pruebas de control de campo realizadas en entregas comerciales de materia prima operadas en las seis regiones productoras de caña del país, propiamente en los ingenios Taboga (Cañas), El Palmar (Puntarenas), La Argentina (Grecia), Cutris (San Carlos), Juan Viñas (Jiménez) y Coopeagri El General (Pérez Zeledón). Destaca que los tallos industrializables estuvieron en todos los casos sobre el 90%, siendo Cañas la más baja (89,6%) y San Carlos la más alta (94%). Los componentes de materia extraña presentes varían de manera importante entre localidades, siendo la presencia de tallos no industriales alta en Juan Viñas (4,8%) y Cutris (3,4%) con relación al resto de localidades. La fracción de hoja + cogollo fue mayor en Taboga (8%) y El General (7,9%). Pareciera, asimismo, que es Juan Viñas donde se arranca más raíces y cepa durante la corta con un 0,6%; seguido por El Palmar con 0,5%. La Argentina mostró por su parte la mayor presencia de mamones en las entregas con un 0,9%. En cuanto a la presencia de tierra + otros los valores más altos se observaron en El Palmar con un 1,6%, seguido por el ingenio Taboga con un 0,5% y Cutris con un 0,4%, respectivamente.

Conocer estos indicadores constituye un asunto de extrema importancia técnica y también administrativa, porque revela y cuantifica por un lado la calidad de la materia prima producida y recibida del campo y procesada en el ingenio; con lo cual es

posible determinar también donde se están cometiendo faltas que inducen la presencia de determinadas fracciones de materia extraña en las mismas. Evitar cortar, cargar, transportar y procesar materiales que no forman parte de la materia prima deseada, evita incurrir en onerosos gastos innecesarios que elevan los costos vinculados. La calidad de la

materia prima producida en el campo y procesada en la fábrica debe ser incuestionable e inobjetablemente la mejor posible, lo cual redundará en mejores rendimientos industriales y fabriles con alta rentabilidad, como lo apuntan Chaves (1984, 2020a), Chaves, Bermúdez y Pessoa (1999c).

Cuadro 4. Composición % de materia extraña presente en entregas comerciales de materia prima según región productora, cantón e ingenio.

Fracción	Guanacaste	Puntarenas	Valle Central	Zona Norte	Turrialba	Zona Sur	Promedio
	Cañas	Puntarenas	Grecia	San Carlos	Jiménez	Pérez Zeledón	
	Taboga	El Palmar	Argentina	Cutris	Juan Viñas	El General	
Tallos Industriales	89,6	93,3	94,3	94,0	91,6	90,9	92,3
Tallos No Industriales	1,8	0,5	2,5	3,4	4,8	-	2,6
Hoja + Cogollo	8,0	4,1	2,1	1,6	2,2	7,9	4,3
Raíces + Cepa	0,1	0,5	0,1	0,2	0,6	0,1	0,3
Mamones	-	-	0,9	0,4	0,6	-	0,6
Tierra + Otros	0,5	1,6	0,1	0,4	0,2	1,1	0,7
Total	100	100	100	100	100	100	100,8

Fuente: Oviedo y Chaves (2002); Rivera y Chaves (2003); Chaves (2001).

Para los efectos procurados por el presente documento de acuerdo con los objetivos planteados, es importante indicar que todos esos materiales orgánicos e inorgánicos nombrados como *basura o trash* y reconocidos por la legislación azucarera costarricense como materia extraña, poseen un interesante potencial valor de rescate que va muy ligado a la posibilidad, viabilidad y factibilidad técnico-económica de poder incorporarles algún valor agregado que incremente y mejore su potencial comercial de uso. En una economía circular todo residuo o derivado generado puede ser perfectamente redireccionado y reutilizado en otros procesos del sistema como se analizará seguidamente.

Modelos de uso a partir de la caña de azúcar

La cantidad y calidad de los productos, residuos, coproductos y derivados obtenidos a partir de la actividad agrícola e industrial de cultivar y procesar caña de azúcar es muy variada entre países, virtud de su grado de organización sectorial, desarrollo institucional, nivel tecnológico, visión empresarial, capital disponible, perspectiva comercial y destino de la producción; por lo cual, cada nación posee una condición muy particular

que limita y restringe las comparaciones, como puede constatare en GEPLACEA-PNUD (1988ab, 1989ab), ICIDCA-GEPLACEA-PNUD (1990) e ICIDCA (1986).

Aseguran ICIDCA-GEPLACEA-PNUD (1990) al respecto, basados en la experiencia cubana, partiendo de la calidad de sus materias primas, nivel de elaboración y grado de complejidad tecnológica involucrada, el desarrollo de los derivados está caracterizado por cuatro generaciones cuyos límites y alcances no son sin embargo precisos; siendo por ello determinados de forma convencional, como sigue:

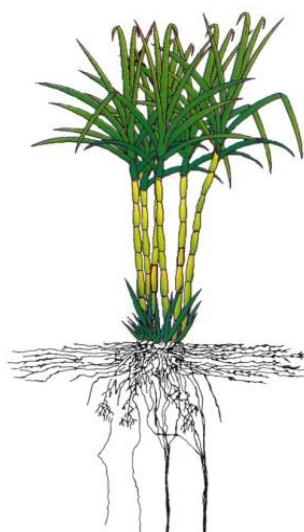
Generación 1: corresponde al uso directo de los residuos, subproductos y derivados empleando un bajo nivel de procesamiento, con transformaciones mínimas de las materias primas originales, lo que implica un uso muy bajo de tecnología. Como ejemplo se tiene el consumo directo de mieles por la ganadería, la producción de miel-urea-bagacillo, bagacillo predigerido; también el empleo directo de la cachaza y las cenizas como abono y la adición de vinazas como fertilizante, etc.

Generación 2: integra las producciones que emplean como materia prima los subproductos y productos intermedios del proceso industrial de fabricación; empleando para ello tecnologías de baja y mediana complejidad, generando a su vez derivados de características particulares. Entre esos productos se encuentran el alcohol, el furfural, la miel proteica, los tableros, la pulpa, el papel y la levadura forrajera, entre muchas otras.

Generación 3: se obtienen nuevos productos que se diferencian de las materias primas que les dieron origen por transformación química y/o bioquímica a partir de derivados de la segunda generación y azúcar. Se emplean en este caso tecnologías de mediana y alta complejidad. Como ejemplos se tienen la producción de etileno, enzimas, tensoactivos, fibras artificiales, levaduras de consumo humano, derivados furánicos, ácidos orgánicos, lignosulfonatos, celulosa, entre otros.

Generación 4: productos obtenidos a partir de subproductos, derivados y azúcar, que dan lugar a precursores o productos intermedios de otros procesos que los utilizan como materia prima. Incorpora procesos tecnológicos de índole químico y/o bioquímico de muy alta complejidad. En este grupo se identifican productos como alcoholes de alto peso molecular, grasas insaturadas, aminoácidos, fitosteroles, soporte para enzimas inmovilizadas, etc.

El desarrollo sistemático, equilibrado, bien orientado y conducido de esas cuatro generaciones permite obtener una gran variedad y diversidad de productos comercializables, como se aprecia en las figuras 14 y 15, que pueden cubrir y satisfacer las demandas más sofisticadas de los diferentes sectores económicos de la sociedad (figura 9) en esa novedosa y sofisticada línea comercial derivada y asociada con la agroindustria cañero-azucarera.



SECTORES ECONÓMICOS	PRODUCTOS GENERADOS
ALIMENTACIÓN	Proteínas, carbohidratos, vitaminas, aminoácidos, bebidas, grasas y aceites
ENERGÍA	Combustible de bagazo y biogás, cogeneración eléctrica
SALUD	Fármacos y enzimas
AGRICULTURA	Abonos, fertilizantes, plaguicidas, piensos y forrajes
CONSTRUCCIÓN	Casas, muebles y objetos plásticos
INDUSTRIA	Plásticos, solventes, combustibles, envases, productos químicos intermedios
TRANSPORTE	Bioetanol
EDUCACIÓN	Libros de textos, libretas, papel periódico, de imprenta, de escribir
COMUNICACIONES	Materiales aislantes
INDUSTRIA LIGERA	Textiles, betunes, pulimentos y productos químicos
INDUSTRIA PESADA	Resinas para moldes de fundición

Fuente: Modificado de GEPLACEA/PNUD (1990).

Figura 9. Aportes de la caña de azúcar a la sociedad

El empleo de algunos modelos genéricos teóricos con enfoques direccionados y predeterminados por objetivos específicos es la forma correcta para expresar de manera comprensiva algunos de los potenciales de uso que derivan de la planta de caña de azúcar, de sus productos, subproductos, residuos y derivados. Con ese fin, se presentan en las figuras 10 y 11 dos modelos orientados a describir las rutas críticas de uso potencial de la caña con enfoques diferenciados: a) uno hacia la alcohol-química y la cogeneración eléctrica, el otro b) destinado al uso pecuario de la planta y sus derivados.

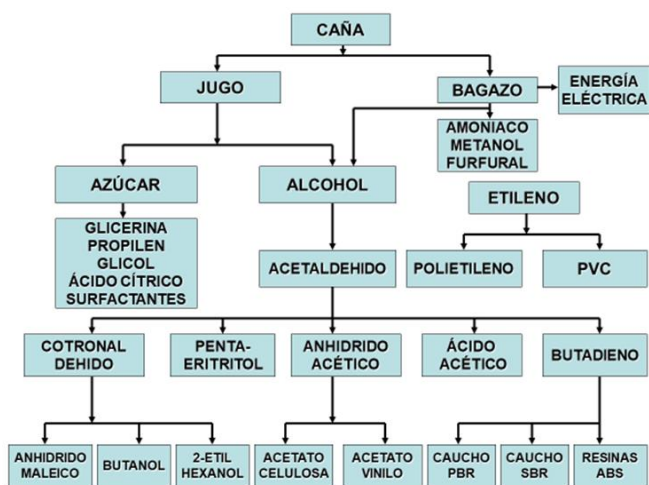


Figura 10. Modelo de producción de caña orientado a la alcohol-química y la cogeneración eléctrica.

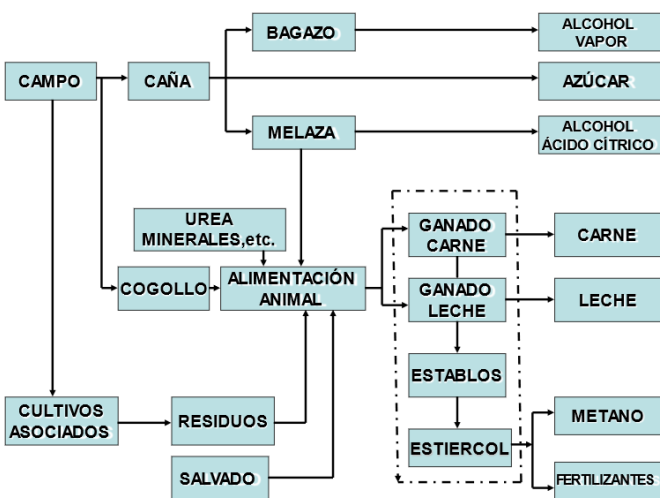
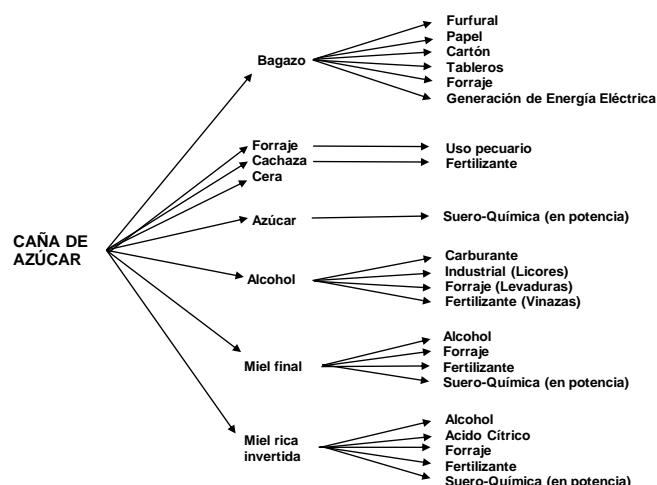


Figura 11. Modelo de producción de caña orientado al uso pecuario.

Como esos enfoques es posible generar otros modelos matriciales operativos afines para la aplicación integral, utilitaria y comercial de la planta de caña, con orientaciones específicas simples y/o complejas donde interaccionan varios factores y elementos destinados a satisfacer objetivos específicos muy particulares de un sistema de producción o localidad agroproductiva. En la figura 12 se presenta una descripción genérica de los potenciales básicos y primarios de empleo comercial utilitario de los productos, subproductos, residuos y derivados de la agroindustria cañero-azucarera.



Fuente: Subirós (1995).

Figura 12. Residuos y derivados potenciales obtenidos a partir de la agroindustria cañero-azucarera-

¿Qué se produce en Costa Rica?

Como se infiere de todo lo anterior, la agroindustria azucarera nacional se ubica en cuanto al empleo de subproductos, derivados y residuos en un estado de evolución aún primario e incipiente, muy próximo al estado de lo que califica como primera generación; esto por cuanto el empleo de los mismos es aún directo y muy tradicional sin mayor esfuerzo por incorporar tecnología de transformación y mejora y, menos aún, sin adición de valor agregado importante que eleve su atractivo y condición comercial.

El proceso agroindustrial integral de producir caña en el campo y procesarla fabrilmente en el ingenio para extraer, recuperar y fabricar azúcar y demás productos, puede resumirse de manera sucinta y genérica en las seis fases sistemáticas indicadas en la figura 13.



Figura 13. Fases sistemáticas del proceso agroindustrial de la caña de azúcar.

En el Cuadro 5 se identifican por su parte de manera específica los residuos, derivados, productos y subproductos principales, tanto sólidos como líquidos, obtenidos por la agroindustria cañero-azucarera costarricense en su operación ordinaria a partir de sus procesos de campo y fábrica. La cantidad y diversidad de materiales recuperados es importante y variable entre unidades fabriles y momento del proceso, lo que abre un interesante e importante espacio de oportunidades para buscar nuevos y mejores usos a los mismos; muchos de los cuales podrían generar economías alternativas que redunden en atracción de nuevos ingresos que contribuyan con mejorar el nivel de rentabilidad y competitividad de la actividad productiva.

Cuadro 5. Generación de recursos agroindustriales producto de la actividad cañero-azucarera costarricense.	
PRODUCTOS, DERIVADOS Y RESIDUOS	
SÓLIDOS	LÍQUIDOS / OTROS
Hojas (Verdes y secas)	Aguas de lavado de la caña
Cogollo	Aguas de proceso (Columna Barométrica)
Tallos residuales	Aguas (Lavado de piso y equipos)
Mamones (Tallos no industriales)	Alcoholes (Etanol)
Inflorescencia (Panicula)	Vinazas (Destilación de etanol)
Bagazo y bagacillo	Vapor
Cachaza (Torta de filtro)	Energía eléctrica
Cenizas (Caldera)	
Azúcar	
Melaza (Miel Final)	

¿Qué se hace en el país con los productos residuos y derivados?

El destino final que siguen los productos, subproductos, residuos y derivados generados durante las fases de producción de caña, cosecha de plantaciones, procesamiento de la materia prima caña, extracción, recuperación y fabricación de azúcar en el ingenio, es como se anotó anteriormente, muy diverso, virtud de las capacidades, disposición e interés que tengan las empresas, en este caso ingenios, que las generan en el país. Algunas pocas empresas lo ven como simples residuos obligados a los que se debe buscar destino y posible uso, por lo que son vistos casi como desechos.

En los Cuadros 6 y 7 se exponen con un grado importante de detalle los usos más comunes aplicados en el país tanto a los Residuos Agrícolas, como también a los principales Productos y Derivados Industriales generados por la agroindustria nacional en su operación. En lo relativo a la cantidad de residuos y derivados producida los resultados son muy variables entre unidades fabriles y zafras, como lo han reportado y demostrado Chaves (1985ab, 2001, 2007), Chaves y Bermúdez (1999a), Chaves, Bermúdez y Pessoa (1999abc) en sus estudios. Cada zafra e ingenio es muy particular en esta materia por lo que no caben las generalizaciones y comparaciones.

La influencia ejercida por las condiciones del clima prevaleciente en el lugar, la condición tecnológica incorporada en los procesos agrícolas y fabriles, el estado mecánico y de mantenimiento de los equipos empleados, el nivel de capital invertido, el sistema de cosecha practicado (mecánico, semi mecánico, manual, verde, quemada), el interés por mejorar los procesos agroindustriales, la eficiencia de los sistemas de limpieza de la materia prima producida y recibida en el patio del ingenio, el grado de concientización que tengan los entregadores particulares de caña, la visión empresarial, el manejo tecnológico prestado a la plantación y hasta las variedades cultivadas, constituyen en definitiva elementos interventores que determinan de manera importante la cantidad y diversidad de productos, derivados y residuos generada. No existe por ello un patrón válido de estimación por proyección, pues como está suficientemente comprobado *“cada zafra es diferente”*.

Cuadro 6. Destino de los principales <u>Residuos Agrícolas</u> obtenidos al producir caña en Costa Rica.	
Residuo	Empleo
HOJAS Y PAJA	<p>La mayor parte permanece en el suelo en fase de descomposición en el campo</p> <p>Se descompone y mineraliza en el suelo sin tratamiento alguno</p> <p>Parte se incorpora mecánicamente como abono en las plantaciones</p> <p>Parte importante se pierde cuando el modelo de cosecha emplea la quema de la plantación</p> <p>Puede recogerse y acordonarse por medio de la práctica de la "remanga"</p> <p>Una fracción importante se va con las entregas al ingenio como "<i>materia extraña o basura</i>"</p>
COGOLLOS	<p>Aplica igual que en el caso anterior</p> <p>Algunos lo utilizan como semilla para sus siembras</p> <p>Parte se emplea para uso pecuario como forraje y alimento complementado con melaza y urea</p>
TALLOS RESIDUALES	<p>Parte queda depositado en el campo y en los caminos en proceso de descomposición</p> <p>Parte se recoge y procesa industrialmente como materia prima</p> <p>Puede recogerse y depositarse en secciones específicas de la finca</p> <p>Una fracción importante se va con las entregas al ingenio como "<i>materia extraña o basura</i>"</p> <p>La "<i>remanga</i>" permite acordonar y reubicar parte de esos residuos sin afectación del cultivo</p>
CEPAS Y RAÍCES	<p>Parte se incorpora mecánicamente como abono en las plantaciones</p> <p>Permanece en el campo en descomposición</p>
BAGAZO	<p>Casi la totalidad ($\approx 95\%$) es utilizado en Calderas del propio para la generación de energía</p> <p>Se emplea en la Cogeneración de Energía Eléctrica (Taboga, El Viejo)</p> <p>Algún excedente ($< 5\%$) se deposita en el campo para su descomposición</p> <p>El denominado "<i>bagacillo</i>" se emplea en uso pecuario</p>
MATERIA EXTRAÑA	<p>Todo el material retirado de la materia prima entregada y recuperada por los procesos de limpieza, se retorna al campo para incorporarse como abono. Viene del campo, se retorna al mismo</p>

Entre los componentes de la cachaza fresca sobresalen la materia

orgánica, el calcio, el fósforo y el nitrógeno, entre otros nutrientes básicos y esenciales para las plantas; motivo y

razón por la cual tiene un alto uso como abono, como lo apuntan Angulo y Chaves (1999a), Chaves y Guzmán (1993ab), Chaves, Rodríguez y Guzmán (1999).

Cuadro 7. Destino de los principales <u>Productos y Derivados Industriales</u> de fabricar azúcar en Costa Rica.	
Residuo	Empleo
AZÚCAR	<p>Mayoría (=60%) se consume en el país, el ≈40% restante se exporta a varios países</p> <p>La mayoría se consume directamente como azúcar de mesa</p> <p>Una fracción importante del producto se emplea por parte de la industria alimentaria</p>
MELAZA	<p>Un 39,1% se orienta para uso pecuario y otros usos alternativos</p> <p>Se destina (60,8%) a la elaboración de Etanol en el país (CATSA, Taboga, El Viejo)</p> <p>Eventualmente se exporta</p>
ALCOHOL	<p>Se incorpora como valor agregado a exportaciones</p> <p>Se destina a la FANAL para lo producción de licores nacionales</p>
CACHAZA	<p>Se emplea mayoritariamente como abono en el campo</p> <p>Se deposita y distribuye en secciones estratégicas del campo fresca o tratada</p> <p>Algunas empresas e Ingenios lo emplean en la preparación de "substratos y abono orgánico"</p> <p>En casos muy limitados se deposita como desecho en áreas especiales de la finca</p>
CENIZAS	<p>Se distribuyen e incorporan en el campo con fines nutricionales</p> <p>Otras actividades agropecuarias las emplean para diversos fines</p>
VINAZAS	<p>Se generan en las empresas que destilan alcohol (etanol) en una relación ≈ de 1:12 de vinaza</p> <p>Se depositan y tratan en lagunas de oxidación</p> <p>Se diluyen, distribuyen y aplican como nutriente (K+) en plantaciones de caña por gravedad y en menor grado por aspersión</p> <p>Se adicionan tanto concentradas como diluidas en agua</p>
AGUAS INDUSTRIALES	<p>Conducidas, depositadas y tratadas por métodos fisicoquímicos</p> <p>Ingenios cumplen con programas sanitarios de control de contaminación</p>
AGUAS DE LAVADO DE CAÑA	<p>Empleadas en el lavado de la materia prima previo ingresar a proceso de molienda, se reutilizan y retornan al campo para uso agrícola</p>
ENERGÍA ELÉCTRICA	<p>Se emplea en el proceso fabril y administrativo del ingenio. En casos particulares por Cogeneración se integra al Sistema Eléctrico Nacional</p>

En todo esto tanto la cogeneración eléctrica como la producción de etanol (bioetanol) como biocombustible para uso carburante y vehicular han sido muy destacados; habiendo el país desarrollado experiencias muy valiosas a partir de emprendimientos empresariales en esa orientación, como lo señalan Chaves y Bermúdez (1999b), Bermúdez y Chaves (2004), Chaves (1993c, 2000, 2006abc, 2008b, 2010b) en torno a la segunda iniciativa energética, la cual continua siendo potencialmente viable y factible de operarse en Costa Rica.

Todo ingenio azucarero requiere contar con energía térmica, eléctrica y mecánica. En los procesos de transformación la caña

trae además de los azúcares, fibra y agua que tienen la capacidad de generar vapor en las calderas (energía térmica), la cual en turbogeneradores es convertida luego a energía eléctrica y en las turbinas a energía mecánica. La energía térmica es destinada a procesos de calentamiento; mientras que parte de la energía eléctrica es convertida en los motores a energía mecánica para ser utilizada en el ingenio. Los excedentes se pueden en este caso vender e incorporar a la red eléctrica nacional del ICE.

Tendencias futuras

El potencial teórico y real de uso comercial de los productos, residuos y derivados generados por la agroindustria cañero-azucarera es potencialmente muy alta, como lo revelan las importantes y exitosas experiencias internacionales desarrolladas por diversas agroindustrias del orbe en estas materias, en las cuales han instalado y operado programas de diversificación e incorporación de valor agregado.

Como es conocido de todos, luego de la segunda guerra mundial (1939-1945), la industria química orgánica se desarrolló de manera muy acelerada a partir de los materiales fósiles como el petróleo, el gas natural y sus derivados como materias primas y como combustibles. Posteriores conflictos bélicos y políticos acontecidos entre los países productores de petróleo intervinieron y afectaron tanto el abastecimiento del crudo como el precio de esos productos y sus derivados, convirtiendo la situación energética en una verdadera crisis mundial. La situación se mantuvo sin embargo entre altibajos por muchos años. Esta crisis abrió los ojos y provocó que en diversas partes del mundo se hiciera conciencia sobre los peligros que encerraba esa dependencia, diseñando programas orientados a buscar fuentes alternativas viables y factibles a nivel técnico y financiero. Se buscaron principalmente de fuentes energéticas sustitutas y, por extensión, también en el campo de las materias primas para la industria, el comercio, la agricultura y la química industrial en general.

En este panorama de cambio profundo de paradigmas tradicionales surgieron diversas opciones para atender las crecientes demandas del sector energético mundial, como fueron la fisión nuclear, las vinculadas al potencial hidráulico, el empleo de las fuentes de carbón mineral, quisto bituminoso, la combustión del hidrógeno, diversas fuentes y formas de energía solar (fotovoltaica), eólica, la obtenida de las mareas o maremotriz, geotérmica y la proveniente de la biomasa (bagazo de caña, leña, residuos vegetales, etc.); así como también de los productos derivados de la fermentación de residuos vegetales, animales, sanitarios e industriales (GEPLACEA-PNUD, 1988b).

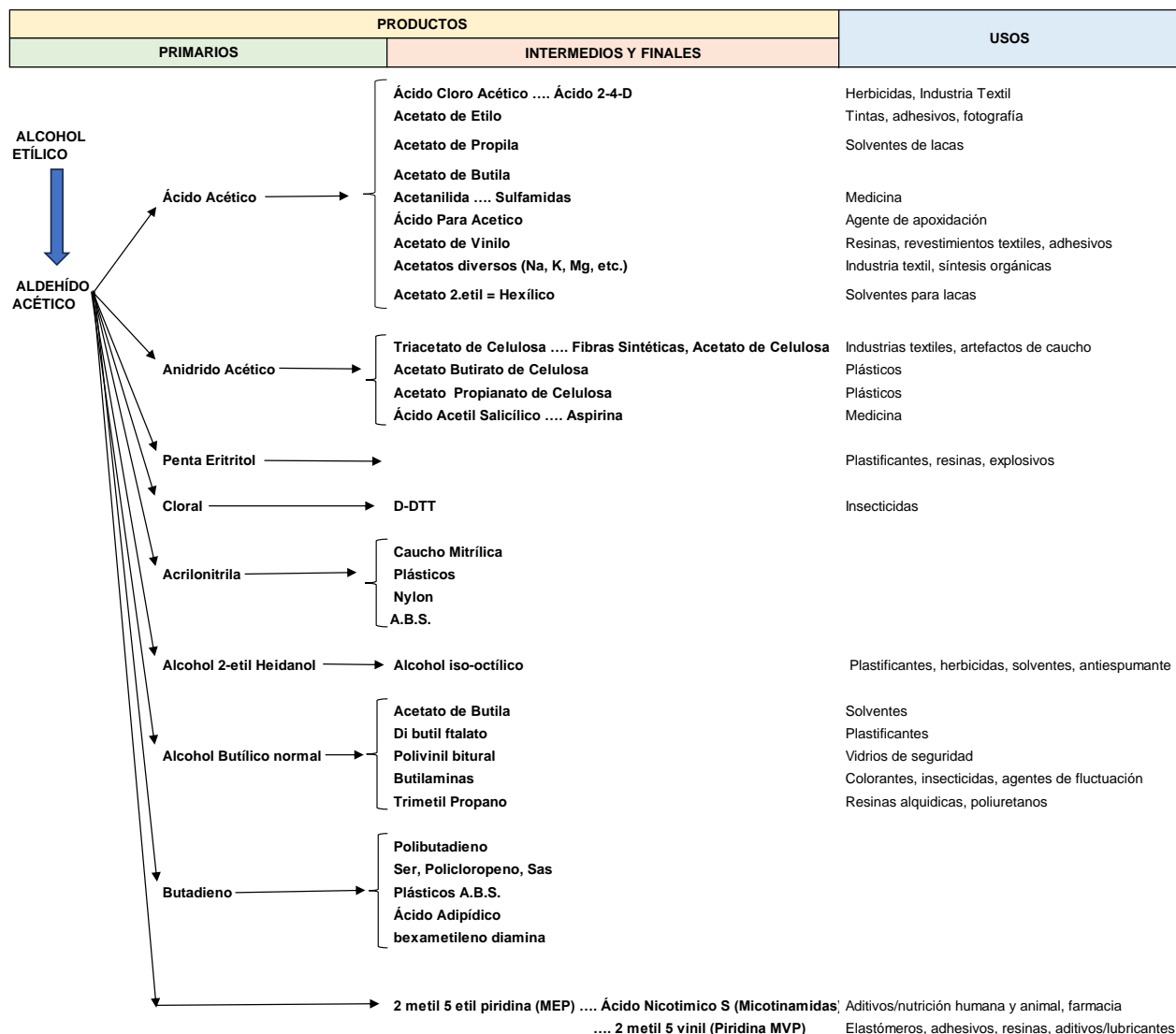
De los residuos y derivados biomásicos, la obtención de alcohol etílico fue un producto primario que despertó enorme interés, virtud de su enorme potencial derivado a partir de los

carbohidratos presentes en muchos vegetales como la caña de azúcar. Lo anterior bajo la forma de polisacáridos como eran la sacarosa y el almidón; los cuales mediante procesos tecnológicos podían desdoblarse en azúcares más simples por hidrólisis e inversión ácida o enzimática, lo que ofrecía muchas oportunidades de obtener nuevos productos comercializables de muy amplia demanda. La celulosa, la lignina y los materiales celulósicos constituyeron también otras fuentes de interés. Fue así como surgió la alcohol químico que utiliza el **alcohol etílico** de cualquier procedencia como puede ser la caña de azúcar, como una rama tecnológica importante y con grandes potenciales en la generación de nuevos productos útiles, necesarios y comercializables.

Como se indicó los dos principales derivados primarios a partir de los cuales se obtienen la mayoría de los productos intermedios y finales de interés industrial y comercial se dan por dos vías expresas:

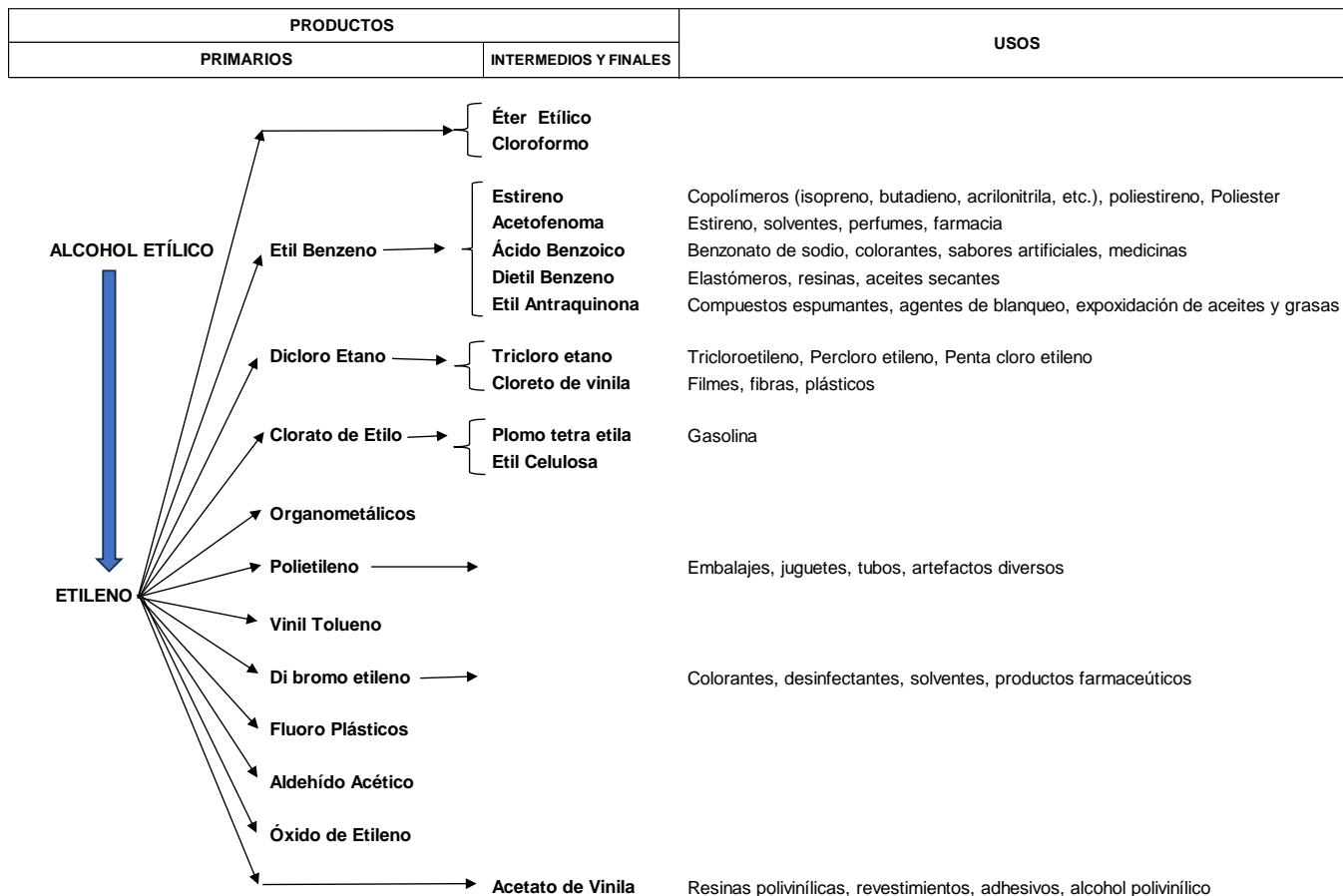
Vía del Aldehído Acético: Los aldehídos son compuestos orgánicos caracterizados por poseer el grupo funcional -CHO (carbonilo) en su estructura terminal, que posibilita las reacciones de adición y de polimerización, entre otras. Esta propiedad torna viable e indiferente que el Aldehído se origine a partir de petróleo, del carbón o de la biomasa. En la figura 14 se describe de manera sistemática el proceso anotando los productos intermedios y finales derivados del Aldehído, muchos de ellos de amplio consumo mundial como ácido acético, el butadieno, el anhídrido acético, la acrilonitrila y el butanol, entre otros. Esos derivados incluyen precursores de insecticidas, fármacos, polímeros y productos de síntesis diversas.

Vía del Etileno: El etileno o eteno es un compuesto químico orgánico formado por dos átomos de carbono enlazados mediante un doble enlace que tiene una fórmula C_2H_4 o $H_2C=CH_2$. Es uno de los productos químicos más importantes de la industria química, siendo el compuesto orgánico más utilizado en todo el mundo. En la figura 15 se presenta un detalle de los productos primarios, intermedios y finales generados a partir del Alcohol Etílico; que como se infiere muchos son de muy amplio uso comercial, industrial y agrícola, lo que torna interesante su desarrollo y obtención como fuentes para la industria química.



Fuente: GEPLACEA-PNUD 1988b

Figura 14. Industrias y productos derivados a partir de la industrialización del Alcohol Etílico vía Aldehído Acético.



Fuente: GEPLACEA-PNUD 1988b

Figura 15. Industrias y productos derivados a partir de la industrialización del Alcohol Etílico vía Etileno.

A manera de resumen se anotan en el Cuadro 8 algunos compuestos químicos comercializables de alta demanda mundial obtenidos por la alcohol química como vía tecnológica; la cual podría eventualmente tener como fuente primaria el empleo del alcohol generado por la agroindustria cañero-azucarera. Con esas contribuciones se demuestra el enorme potencial intrínseco que posee el cultivo de la caña de azúcar como generador de aportes para la sociedad.

ÁCIDO ACÉTICO	ALDEHÍDO ACÉTICO	ÉTER DIETÍLICO
Ácido 2 – Etil Hexoico	Anhidrido Acético	Etilbenceno
Acetato de Amilo	Butanol	Glicólicos
Acetato de Butilo/iso	Cloruro de Etilo	Monoetilamina
Acetato de Etilo	Dicloroetano	Octanol
Acetato de Celulosa	Estireno	P.E.B.D
Acetato de Ésteres	Etalato de Dioctilo	Silicato de Etilo
Acetato de Sodio	Eteno	Triacetina
Acetato de Vinilo	Éteres Glicólicos	Trimetol - Propano

Conclusión

A través de su historia, la agroindustria azucarera mundial y por consecuencia la nacional, han debido enfrentar situaciones muy complejas y difíciles relacionadas no solo con los problemas habituales y esperables relacionados con la afectación del cultivo y los procesos fabriles vinculados, por desequilibrio de los factores bióticos y abióticos propios de un cultivo de naturaleza extensiva ampliamente difundido en el mundo. La situación coyuntural a obligado también a sortear con algún éxito relativo numerosos obstáculos, problemas y limitantes motivados e inducidos por la volatilidad y los recurrentes bajos precios mostrados por el azúcar y sus derivados, los altos costos de producción, el cambio climático, el crecimiento en el empleo competitivo de los edulcorantes sustitutos de la sacarosa, el cambio drástico mostrado en los gustos y preferencias de los consumidores, las campañas nutricionales y ambientales internacionales que condicionan y catalogan como perjudicial para la salud y el ecosistema el consumo del azúcar y la producción de caña, respectivamente.

Esta realidad obliga inexcusablemente tener que buscar y promover nuevos negocios que mejoren e incrementen la cartera de productos y subproductos comercializables, para atender demandas específicas. La agroindustria de la caña de azúcar posee como fue descrito, interesantes condiciones que fundan grandes expectativas comerciales, virtud de lo amplio y diverso de su actividad, donde la variación y diferenciación promovida por medio de la industrialización de los subproductos, residuos y derivados, contribuye indudablemente a la mayor valorización de los mismos, en la medida que constituyen insumos y materias primas para desarrollar otras actividades industriales a partir de las cuales pueden obtenerse una cantidad importante de productos con mayor valor final.

Como es conocido, la agroindustria azucarera goza de una gran relevancia en las zonas tropicales y subtropicales por la gran cantidad de residuos y derivados que genera, varios de ellos de mucho interés comercial y utilitario, como acontece con los biocombustibles, el desarrollo y amplias oportunidades que ofrece la alcohol química y, más próximo, el uso pecuario mediante la alimentación de animales, en particular los rumiantes empleados en la producción de leche y carne bovina. La caña de azúcar es considerada como uno de los mejores convertidores de la energía solar en biomasa y azúcar. Es una fuente rica de alimento (sacarosa, azúcar y jarabe), fibra (celulosa), forraje (cogollo o puntas de caña, bagazo, cachaza y melaza, estos últimos considerados como los principales

subproductos de interés alimenticio para la ganadería). Los subproductos de la caña de azúcar se han utilizado también para hacer harinas, ensilajes y bloques complementarios.

Puede asegurarse que de la caña de azúcar no se desperdicia casi nada, pues sus hojas, bagazo residual y melaza son utilizadas en alimento para animales. Asimismo, de la combustión del bagazo se genera en las calderas del ingenio energía eléctrica. A partir de las mieles y azúcares se elaboran confites, dulces y bebidas. De igual manera, mediante procesos de destilación de las mieles finales se fábrica bioetanol, energético con amplio reconocimiento mundial y uso como combustible vehicular, el cual es considerado como una alternativa importante para contrarrestar y disminuir el uso de combustibles fósiles altamente contaminantes promotores del Cambio Climático. La fibra de la caña de azúcar sirve por su parte para la fabricación de papel; ya que esta fibra tiene la particularidad de ser biodegradable, compostable y reciclable.

Todas esas opciones y alternativas abren nuevos caminos para operar un sistema de producción sostenible respetuoso con el ambiente. Además de que permiten abandonar la concepción errónea de que los subproductos agroindustriales de la actividad cañera son de poco valor y su obtención genera un impacto ambiental negativo. Esta perspectiva habilita nuevos caminos para establecer y operar un sistema de producción sostenible, ecoeficiente y eco-competitivo.

Con fundamento en lo anterior, se torna viable para nuestras condiciones nacionales particulares conceptualizar, implementar y operar dos estrategias viables técnicamente y factibles económicamente para asegurar el aprovechamiento pleno, responsable y juicioso de la biomasa residual de la caña de azúcar, sus derivados y sus subproductos. En la primera estrategia participan los productores que se puedan incorporar en las cadenas de producción y comercialización ya existente liderada por LAICA y, la segunda, en donde es necesario incorporar capital e invertir en el desarrollo de nuevas tecnologías de aprovechamiento de los propios residuos y derivados, en las variantes siguientes:

- ❖ Utilización pecuaria principalmente destinada a la actividad ganadera (forraje, piensos)
- ❖ Reciclado y empleo en la propia actividad agrícola del cultivo (economía circular)
- ❖ Obtención de agroenergía (bioetanol y cogeneración eléctrica)

- ❖ Desarrollo de productos químicos simples y complejos (alcohol química)

Es importante por ello como ejercicio de gran valor institucional diagnosticar y determinar periódicamente (zafra) la cantidad y calidad de los residuos, derivados y subproductos resultantes de la actividad agroindustrial asociada con la caña de azúcar en el país, desagregado la información recabada y estimada por zonas de influencia; de tal manera, que sea luego posible planificar y decidir con buen criterio sobre el destino y la utilización óptima de los mismos, con el fin de solventar las implicaciones medioambientales que puede generar la producción de azúcar, para lo cual como se demostró, hay una diversidad interesante de posibles aplicaciones con abundantes perspectivas comerciales. Con esta medida se evitaría provocar posibles afectaciones negativas sobre los ecosistemas. El diagnóstico recomendable estará determinado por las características del cultivo, del manejo agronómico prestado a las plantaciones comerciales y de las condiciones edafoclimáticas prevaletentes en el lugar

Aseguran Bolaños y Núñez (2022) al respecto, que *“El conocer los productos de desecho de las agroindustrias es de suma relevancia, ya que con esto se parte para definir el proceso de manejo o uso que se va a dar, así como los respectivos pasos para la correspondiente transformación. Es importante tener claro que, se puede transformar un desecho en productos utilizables mediante aplicaciones de diversas tecnologías, pero antes de esto, se debe de contar con el posicionamiento del producto resultante, para que este no se vaya a convertir nuevamente en un desecho.”*

Queda constatado con lo expuesto e inferido a partir del presente texto, que el cultivo de la caña de azúcar es un importante generador real y potencial de empleo permanente y riqueza, contribuye además ostensiblemente al desarrollo económico del país, aporta palmariamente a la estabilidad social y se convierte sin lugar a duda en uno de los cultivos que trabaja y está comprometido con el cuidado del ambiente y la sostenibilidad. Es imperativo y necesario ante la situación actual de los mercados, que empresarial e institucionalmente el sector azucarero costarricense valore y proyecte con sentido comercial positivo, la posibilidad de invertir para incorporar valor agregado y diferenciación a los productos, residuos, subproductos y derivados generados en su accionar; con lo cual se ampliaría integralmente la perspectiva comercial del negocio pues caso contrario, se continuará con el enfoque de trabajar materias

primas para obtener y comercializar productos tradicionales fuertemente competidos y limitados de colocar en los mercados internacionales de mejores condiciones.

Literatura citada

- Aguilar Segura, J.C.; Chaves Solera, M. 2009. **Determinación de los efectos de nueve tipos y cinco porcentajes de materia extraña (basura), sobre las variables de la calidad industrial de la caña de azúcar, en Azucarera El Viejo, Costa Rica.** En: Congreso Azucarero ATACORI *“Cooperativa Agrícola Industrial El General R.L.”*, 17, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2009. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 2 y 3 de setiembre del 2009. *También en:* Presentación Electrónica en Power Point. Moravia, San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, setiembre. 36 láminas.
- Angulo, A.; Chaves, M. 1999a. **Efecto de nueve dosis de cachaza sobre los rendimientos agroindustriales de la caña de azúcar. Promedio de cuatro cosechas. Cañas, Guanacaste.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 74. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 175. *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: 102-103.
- Angulo, A.; Chaves, M. 1999b. **Evaluación del contenido de materia extraña en caña de azúcar. Ingenio Taboga, Cañas, Guanacaste.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 347. *También en:* Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 203.

- Angulo, A.; Chaves, M. 1999c. **Contenido de materia extraña en la caña de azúcar cosechada bajo la modalidad de corta manual y mecánica, en el Ingenio Palmar en Miramar de Puntarenas.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, Congreso Nacional de Entomología, 5, Congreso Nacional de Fitopatología, 4, Congreso Nacional de Suelos, 3, Congreso Nacional de Extensión Agrícola y Forestal, 1, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Manejo de Cultivos*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen II. p: 346. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 204.
- Bermúdez Loría, A.Z.; Chaves Solera, M.A. 2004. **Transcripción de Panel: Capacidad potencial para cogenerar energía y producir etanol por parte del sector azucarero costarricense.** San José, Costa Rica. Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 30 setiembre. 38 p.
- Bolaños Porras, J.; Núñez Chacón, K. 2022. **Manejo y aprovechamiento de los desechos en la agroindustria cañera.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(3): 5-10, febrero.
- Chaves Solera, M.A. 1984. **La calidad de la materia prima como factor determinante de los rendimientos agroindustriales.** Boletín Informativo DIECA. Año 2, N.º 7, San José, marzo. 3 p. También en: El Agricultor Costarricense 40(3-4):62-66.
- Chaves Solera, M.A. 1985a. **Algunas nociones sobre la producción de residuos agroindustriales y la legislación vigente en Costa Rica para regular sus efectos contaminantes.** En: Taller Regional Sobre Residuos Agrícolas y Agroindustriales en América Latina y El Caribe. Santiago, Chile, 1984. Memorias. Santiago de Chile, PNUMA/CEPAL/GEPLACEA, julio. 25 p.
- Chaves Solera, M.A. 1985b. **Diagnóstico sobre la producción y utilización de los residuos agrícolas y agroindustriales en Costa Rica.** En: Taller Regional sobre Residuos Agrícolas y Agroindustriales en América Latina y el Caribe. Santiago, Chile, 1984. Memorias. Santiago de Chile, PNUMA/CEPAL/GEPLACEA, julio. p: 155-321.
- Chaves Solera, M.A. 1985c. **Las vinazas en la fertilización de la caña de azúcar.** Boletín Informativo DIECA (Costa Rica) Año 3, N.º 21, San José. 4p. También en: El Agricultor Costarricense 43(9-10):174-177. 1985.
- Chaves S., M.A.; Guzmán S., G. 1993a. **Valoración de la composición química de muestras de cachaza fresca procedentes de ocho ingenios de las cinco regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica.** En: Participación de DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. p: 151. También en: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen II (1):46.
- Chaves S., M.A.; Guzmán S., G. 1993b. **Variación de la composición química de la cachaza fresca de ocho ingenios azucareros de Costa Rica durante la zafra 1992-93.** En: Participación de DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. p: 152-153. También en: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Resúmenes. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen II(1): 49.
- Chaves Solera, M.A. 1993c. **Antecedentes, situación actual y perspectivas de la agroindustria azucarera y alcoholera costarricense.** En: Participación de DIECA en el IX Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, octubre. p: 1-116. También en: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 9, San José, Costa Rica, 1993. Memoria: Sesiones de Actualización y Perspectivas. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos, octubre. Volumen 1.116 p.
- Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999a. **Producción de miel final en Costa Rica según región agrícola, durante el período 1986-1998.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 424. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 219.
- Chaves, M.; Bermúdez, A. 1999b. **Elaboración y exportación de alcohol anhidro por parte de la agroindustria azucarera costarricense.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 425. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso

- Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 233.
- Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999a. **Producción de cachaza por los ingenios azucareros de Costa Rica, durante el período 1994-1999.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 421. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 220.
- Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999b. **Índice de rendimiento industrial en la producción de cachaza por parte de los ingenios azucareros de Costa Rica.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 420. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 221.
- Chaves, M.; Bermúdez, L.; Pessoa, F. 1999c. **Caracterización de la materia prima comercial de caña de azúcar en Costa Rica, respecto a sus componentes polarización y contenido de fibra.** En: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio. p: 245.
- Chaves, M.; Rodríguez, M.; Guzmán, G. 1999. **Evaluación química de muestras de cachaza proveniente de dos ingenios azucareros de Guanacaste sometidas a descomposición en el campo.** En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED, julio. Volumen III. p: 423. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, julio 1999. p: 177. 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: 104-105.
- Chaves Solera, M. 2000. **La caña de azúcar como materia prima para la producción de alcohol carburante.** En: Seminario "Antecedentes y Capacidad Potencial de Cogenerar Energía y Producir Etanol por Parte del Sector Azucarero Costarricense". Memorias. 30 de setiembre, 2004, Hotel Best Western Irazú, San José, Costa Rica. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA. 5 p.
- Chaves Solera, M. 2001. **Estimación de la cantidad de residuos y derivados producidos por la agroindustria azucarera costarricense.** In: Seminar on Development of Environmentally Compatible Polymers from Biowaste. San José, Costa Rica, 2001. Proceedings. San José, UNA/POLIUNA/NIMC/Fukui University of Technology. February - March. p: 92-110.
- Chaves Solera, M. 2006a. **Antecedentes de la producción de alcohol en Costa Rica.** 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), setiembre. Tomo I. p: 149-161.
- Chaves Solera, M. 2006b. **Resumen y comentarios al documento: "Estudio de la Factibilidad Económica y Ambiental del Etanol como Oxigenante en la Gasolina de Costa Rica (versión N° 2 del 16/1005)" escrito por L. A. Horta Nogueira.** San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, enero. 54 p.
- Chaves Solera, M. 2006c. **Políticas y marco legal del alcohol carburante en Costa Rica.** En: Congreso Internacional sobre Azúcar y Derivados DIVERSIFICACIÓN 2006, 14, La Habana, Cuba, 19-22 junio, 2006. Memorias. La Habana, Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). 16 p. También 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), setiembre. Tomo I. p: 137-148.
- Chaves Solera, M. 2007. **Producción potencial de residuos agroindustriales por el sector azucarero costarricense.** En: Encuentro Nacional Sobre Uso de Derivados Agroindustriales de la Caña de Azúcar, 1, Liberia, Guanacaste, 2007. Memoria. San José, Dirección de Investigación de la Caña de Azúcar; Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED) y Escuela Agrícola de la Región Tropical Húmeda (EARTH)/ La Flor, Centro Daniel Oduber, 26-28 de junio.

- Chaves Solera, M.A. 2018. **Genética aplicada a la mejora de las plantaciones comerciales de caña 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. 2019a. **Clima y ciclo vegetativo de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(7): 5-6, julio.
- Chaves Solera, MA. 2019b. **Entornos y condiciones edafoclimáticas potenciales para la producción de caña de azúcar orgánica en Costa Rica.** En: Seminario Internacional: *Técnicas y normativas para producción, elaboración, certificación y comercialización de azúcar orgánica.* Hotel Condovac La Costa, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2019. Memoria Digital. San José, Costa Rica, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 15, 16 y 17 de octubre, 2019. 114 p.
- Chaves Solera, M.A. 2019c. **Ambiente 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. **Clima, cosecha de caña y fabricación de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(19): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020a. **Implicaciones del clima en la calidad de la materia prima caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(1): 5-12, enero.
- Chaves Solera, M.A. 2020b. **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. 2020c. **Agroclimatología y producción competitiva de caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(24): 5-13, noviembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. **Ambientes climáticos y producción competitiva de la caña de azúcar en Costa Rica.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(26): 5-12, diciembre-enero.
- Chaves Solera, M.A. 2023. **Sistema fotosintético: motor natural de eficiencia de la caña de azúcar.** Boletín Agroclimático (Costa Rica) 5(5): 5-18, marzo.
- GEPLACEA-PNUD. 1988a. **Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar.** México D.F. Colección GEPLACEA, Serie DIVERSIFICACIÓN, Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. 252 p.
- GEPLACEA-PNUD. 1988b. **Subproductos y Derivados de la Agroindustria Azucarera.** México D.F. Colección GEPLACEA, Serie DIVERSIFICACIÓN, Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. 468 p.
- GEPLACEA-PNUD. 1989a. **Sistemas de Alimentación Animal en el Trópico Basados en la Caña de Azúcar.** México D.F. Colección GEPLACEA, Serie DIVERSIFICACIÓN, Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. 198 p.
- GEPLACEA-PNUD. 1989b. **La Melaza como Recurso Alimenticio para Producción Animal.** México D.F. Colección GEPLACEA, Serie DIVERSIFICACIÓN, Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. 340 p.
- ICIDCA. 1986. **La Industria de los Derivados de la Caña de Azúcar.** La Habana, Cuba. Editorial Científico-Técnica. Instituto Cubano de Investigaciones de los Derivados de la Caña de Azúcar (ICIDCA). 576 p.
- ICIDCA-GEPLACEA-PNUD. 1990. **Manual de los Derivados de la Caña de Azúcar.** Segunda Edición. México D.F. Colección GEPLACEA, Serie DIVERSIFICACIÓN. Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar. 447 p.
- Oviedo Alfaro, M.; Chaves Solera, M. 2002. **Determinación de la cantidad y la calidad de la materia extraña presente en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en el Ingenio La Argentina, Grecia, Costa Rica.** Tesis Ing. Agr. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Sede Regional de San Carlos; Departamento de Agronomía. 118 p. *También en:* Congreso de ATACORI "Ing. Agr. José Luis Corrales Rodríguez", 15, Carrillo, Guanacaste, Costa Rica, 2003. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), setiembre. p: 183-189.
- Rivera Alfaro, D.; Chaves Solera, M.A. 2003. **Determinación de los contenidos de materia extraña en las entregas comerciales de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en Hacienda Juan Viñas S.A., Costa Rica.** Cartago, Costa Rica. DIECA-Hacienda Juan Viñas S.A., setiembre. 109 p.

Rodríguez, M.; Chaves, M.; Mojica, F. 1999. **Estudio del efecto químico valorado a nivel de laboratorio de la aplicación de seis dosis crecientes de Vinaza en cuatro profundidades, en dos tipos de suelo: *Dystric haplustand* y *Ustic humitropet***. En: Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales, 11, San José, Costa Rica, 1999. Memoria: *Recursos Naturales y Producción Animal*. San José, Colegio de Ingenieros Agrónomos: EUNED. Volumen 3. p: 76. También en: Participación de DIECA en el XI Congreso Nacional Agronómico y de Recursos Naturales. San José, Costa Rica.

LAICA-DIECA, 1999. p: 172. 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. Volumen 1. p: 100-101.

Subirós Ruiz, F. 1995. **El cultivo de la caña de azúcar**. San José, Costa Rica: EUNED. 448 p.

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