

Periodo 16 de mayo al 29 de mayo 2022

RESUMEN DE LAS CONDICIONES DE LA QUINCENA DEL 02 DE MAYO AL 15 DE MAYO

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 111 estaciones meteorológicas, el acumulado quincenal de lluvias sobre el territorio nacional.

Los máximos de lluvia diaria varían según la región azucarera. Se tuvieron valores acumulados de lluvia diaria que no superan los 9 mm, excepto el día 4 (16 mm) y 8 (13 mm) en la región Guanacaste Este; por su parte Guanacaste Oeste registra lluvias diarias de entre 2 y 18 mm (2 de mayo); en tanto Puntarenas presenta lluvias de entre 2 y 28 mm (3 y 12 de mayo); mientras Valle Central evidencia lluvias de entre 2 y 37 mm (3 de mayo); al tiempo que Región Norte registra lluvias que no superan los 2 mm, excepto el día 13 (14 mm), día 19 (4 mm) y día 20 (5 mm) de marzo; en cambio Turrialba acumula lluvias diarias de entre 2 y 22 mm (15 de mayo); cuando la Región Sur reporta lluvia diaria de entre 2 y 39 mm (6 de mayo) además de los 53 mm del día 14 de mayo.

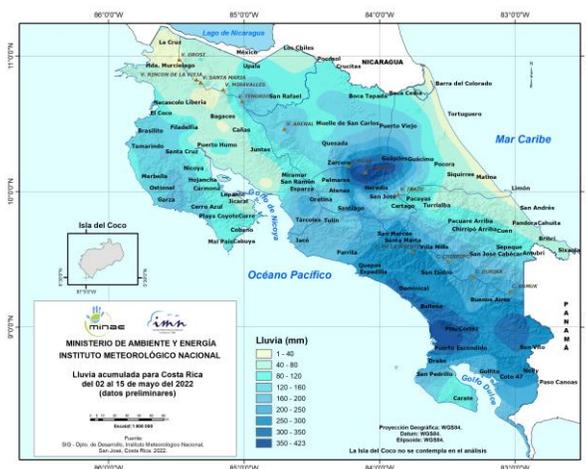


Figura 1. Valores acumulados de la precipitación (mm) durante la quincena del 02 de mayo al 15 de mayo del 2021.

PRONÓSTICO PARA LAS REGIONES CAÑERAS DEL 16 DE MAYO AL 22 DE MAYO

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 humedad alta, particularmente entre jueves y domingo; mostrando viento del Oeste hasta el jueves, seguido de viento del Este; además de tardes más frescas entre jueves y domingo. Guanacaste (Este y Oeste) mantendrá humedad alta, particularmente entre jueves y domingo; viento del Oeste hasta el jueves, seguido de viento del Este; y tardes más frescas de viernes a domingo. El Valle Central (Este y Oeste) tendrá contenido de humedad alta; mostrando viento del Este hasta el miércoles, seguido de viento del Oeste; tardes más frescas entre jueves y domingo. Para Turrialba (Alta y Baja) se prevé humedad alta; además de viento variado (Este-Oeste) con dominancia del Este hasta el viernes, seguido de dominancia del Oeste; así como tardes más frescas entre jueves y viernes. En la Región Sur se espera contenido de humedad alta; además de viento variable (Este-Oeste); así como madrugadas cada vez más frescas.

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

Puntarenas mantendrá la semana con humedad alta; con viento del Este hasta el jueves, seguido de viento del Oeste; acompañado de un descenso paulatino de la temperatura media.

“La primera onda tropical de la temporada de huracanes de la cuenca del Atlántico del año 2022, afectará el país este jueves.”

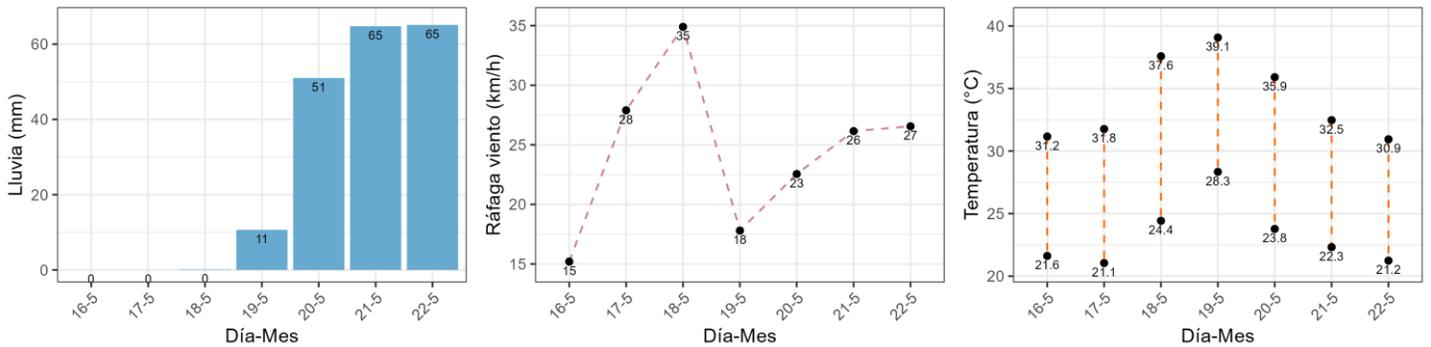


Figura 2. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Guanacaste Este.

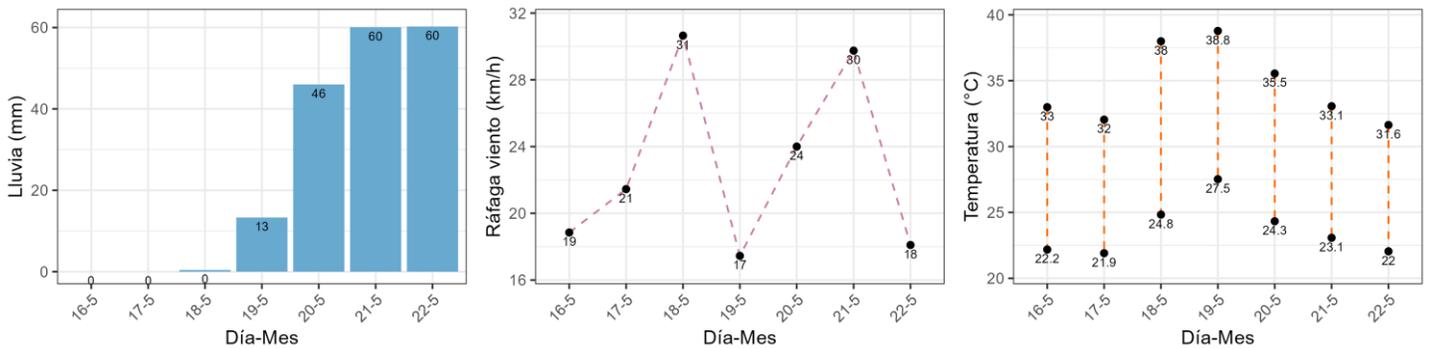


Figura 3. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Guanacaste Oeste.

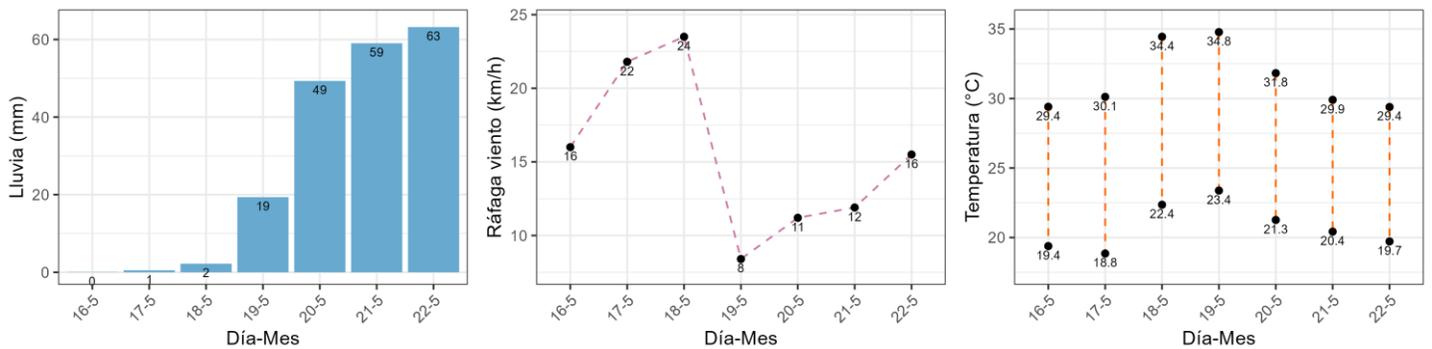


Figura 4. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Puntarenas.

Mayo 2022 - Volumen 4 – Número 10

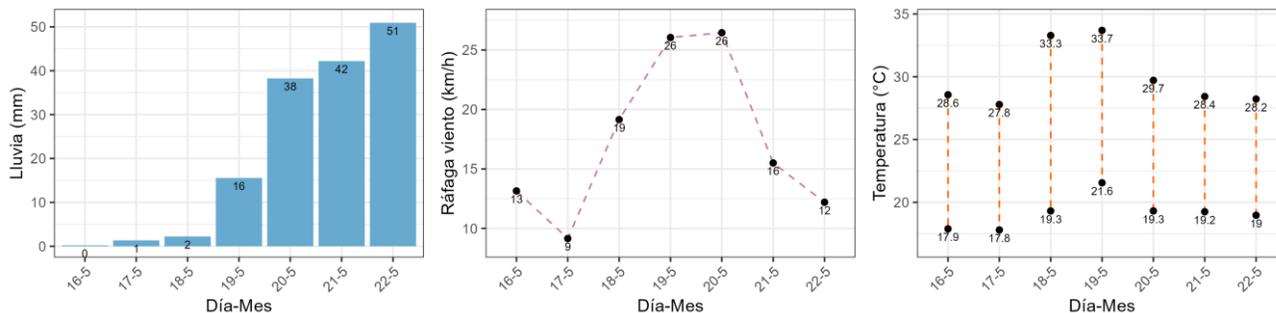


Figura 5. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Región Norte.

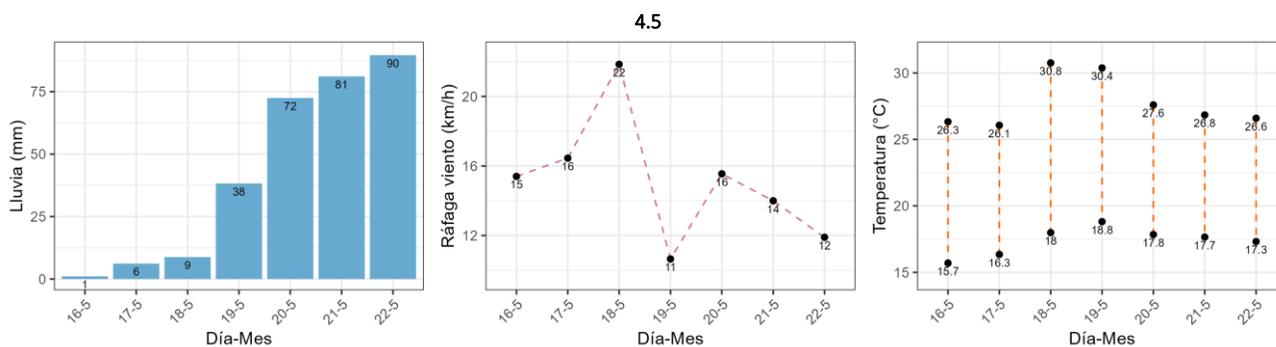


Figura 6. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Valle Central (Este y Oeste).

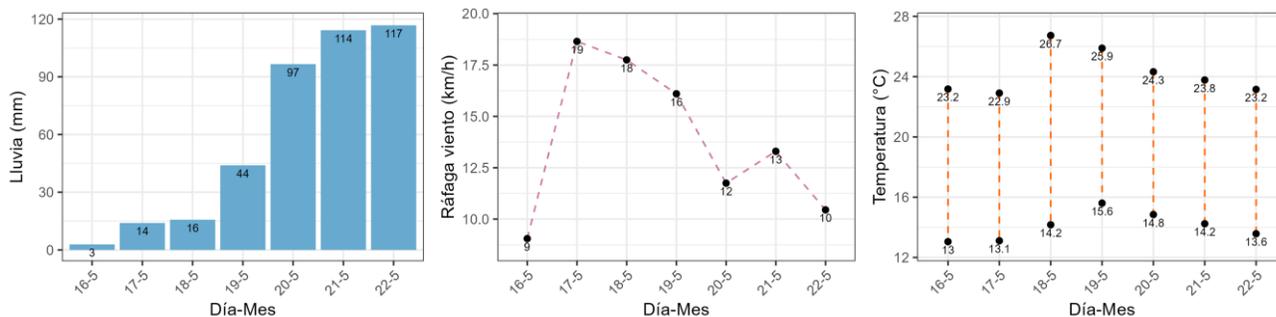


Figura 7. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Turrialba (Alta y Baja).

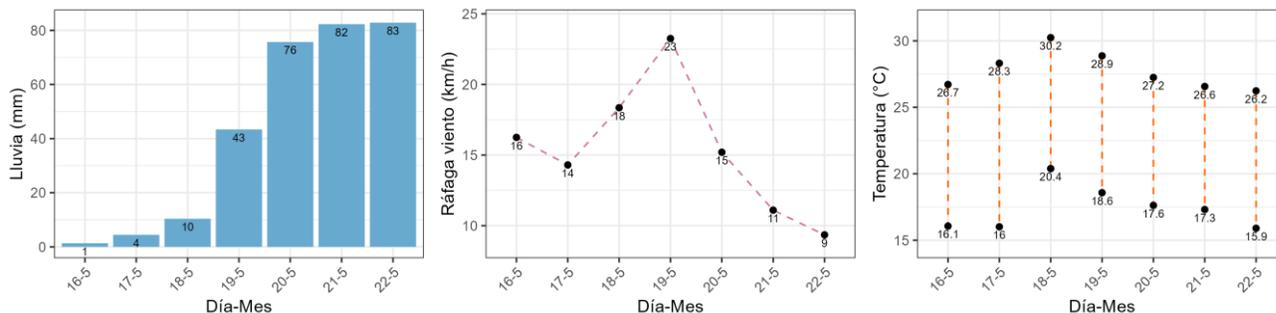


Figura 8. Pronóstico de precipitación (mm), viento (km/h) y temperatura (°C) del 16 de mayo al 22 de mayo en la región cañera Región Sur.

Mayo 2022 - Volumen 4 – Número 10

TENDENCIA PARA EL PERIODO DEL 23 DE MAYO AL 29 DE MAYO

La Región Norte iniciará la semana con humedad baja entre lunes y martes; viento del Oeste con intensidades similar al inicio de semana previo; mostrando tardes más cálidas que la semana previa; de forma que la semana mostrará condiciones menos lluviosas de lo normal y Oeste más acelerados de lo normal para la época. Guanacaste (Este y Oeste) iniciará la semana con contenido de humedad bajo; además de viento del Oeste entre lunes y miércoles; con tardes más cálidas que las del fin de semana; en tanto la semana completa evidenciará lluvia normal y viento del Oeste más acelerado de lo normal para la época. Valle Central (Este y Oeste) iniciará la semana con humedad baja lunes y miércoles; viento del Oeste; con tardes más cálidas que el fin de semana; de forma que en la semana la lluvia será levemente menor a lo normal y viento del Oeste un poco más acelerado de lo normal. Para Turrialba (Alta y Baja) se prevé que la semana de inicio con humedad media entre martes y miércoles, viento variable (Este-Oeste); y madrugadas más frescas que las del fin de semana; manteniéndose la semana completa menos lluviosa de lo normal y viento del Oeste sutilmente más acelerado de lo normal para la época. En la Región Sur se espera un inicio de semana humedad baja para martes y miércoles, así como viento variable (Este-Oeste) con dominancia del Oeste y tardes más cálidas que la semana previa; donde se espera que la semana tenga lluvia por debajo de lo normal y viento del Oeste levemente más acelerado de lo normal para la época. Puntarenas iniciará la semana con humedad alta el lunes seguido de humedad baja entre martes y miércoles; además de viento variable (Este y Oeste); y madrugadas más cálidas que las del fin de semana; esperándose una semana con condiciones menos lluviosas de lo normal y viento del Oeste levemente más acelerado de lo normal.

HUMEDAD DEL SUELO ACTUAL PARA REGIONES CAÑERAS

De acuerdo con Central America Flash Flood Guidance System (CAFFG), el cual estima la humedad en los primeros 30 cm de suelo, en la semana del 09 al 15 de mayo se presentaron condiciones intermedias de saturación en los suelos de las regiones cañeras, la Región Sur fue la que presentó mayor porcentaje de humedad; a partir del miércoles la saturación se incrementó en todas las zonas productoras de caña.

Como se observa en la figura 9, la Región Guanacaste Oeste tiene entre 15% y 60%, la Región Guanacaste Este presenta entre 30% y 100%, la Región Puntarenas está entre 30% y 60%, las regiones Valle Central Oeste y Valle Central Este tienen entre 45% y 75%.

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

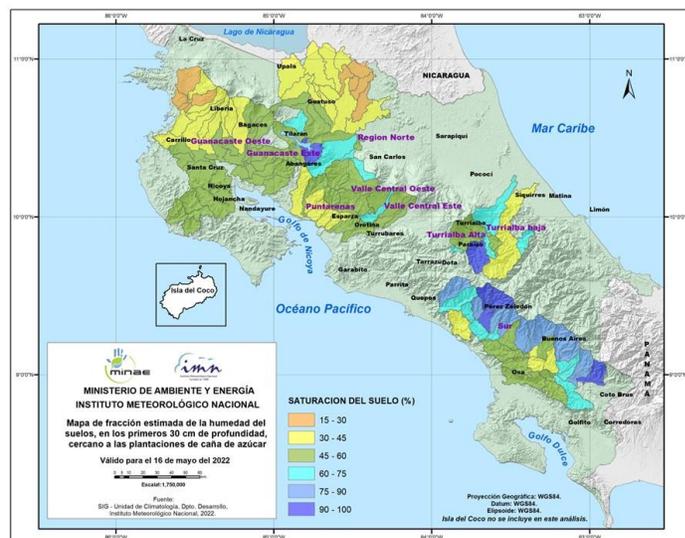


Figura 9. Mapa de fracción estimada de la humedad en porcentaje (%), en los primeros 30 cm de profundidad, cercano a las plantaciones de caña de azúcar, válido para el 16 de mayo del 2022.

NOTA TÉCNICA

NAMA como instrumento ambiental para mitigar Gases de Efecto Invernadero (GEI) en la agricultura: *el caso de la caña de azúcar en Costa Rica.*

Ing. Agr. Marco A. Chaves Solera, M.Sc.
chavessolera@gmail.com

Especialista en el Cultivo de la Caña de Azúcar

Introducción

Por convicción y conducta nacional fuertemente arraigada, Costa Rica es por tradición conocida mundialmente como una nación amigable con el ambiente que procura dentro de sus posibilidades y limitadas capacidades, mantener un estado permanente de protección y armonía con la naturaleza. Los resultados alcanzados demuestran que muchas de las iniciativas implementadas y desarrolladas en esa orientación han sido a la fecha muy exitosas, con logros muy sobresalientes que han colocado al país en una posición ejemplar a nivel global.

Una valoración sinóptica en el tiempo demuestra que durante los últimos 15 años se han formulado y operado en el país por parte de los gobiernos de turno, políticas y estrategias específicas que integran y articulan los esfuerzos público-privados destinados a impulsar acciones en procura de lograr posicionar y consolidar un desarrollo sostenible. Dentro de la amplia y diversa agenda política agroambiental se destaca el Programa País “Costa Rica Carbono Neutral 2021” desarrollado a partir del año 2007 impulsada bajo la Iniciativa “Paz con la Naturaleza”; la creación de la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC) en el 2009; el Plan Nacional de Desarrollo 2015-2018, la Política de Estado para el Sector Agroalimentario y el Desarrollo Rural Costarricense, ambos implementados en el año 2010; así como también el Plan Estratégico Costa Rica 2050, con el que se estima, será posible construir la visión del modelo de desarrollo nacional con proyección a ese año. Se construye actualmente el Plan Nacional de Adaptación que será un importante complemento a la gestión impulsada y realizada por el país. Acciones muy importantes se han desarrollado en el campo ambiental fundamentadas en la ratificación en el año 2016, de las Contribuciones Nacionales Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) introducidas en la XXI Conferencia de las Partes (COP por sus siglas en inglés) celebrada en diciembre 2015 en París, Francia; y más recientemente la COP 26 efectuada en Glasgow, Escocia, en noviembre 2021. Como apunta Chaves (2022b) con certeza, la participación de Costa Rica en las diversas Cumbres, Conferencias de Partes y actividades ambientales desarrolladas en los ámbitos nacional e internacional es profusa, efectiva y de larga data, lo que le otorga al país una verdadera identidad y conducta consolidada en pro del ambiente.

Cabe señalar que las denominadas “Conferencias de Partes (COP)” corresponde a las Cumbres que anualmente realiza la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC), en las cuales se reúnen los 196 países más la Unión Europea y que conforman “las Partes”, con el objeto de tomar decisiones destinadas a alcanzar y cumplir las metas y objetivos planteados y orientados a procurar contrarrestar los impactos del cambio climático en avance. Las denominadas NAMAS han sido un instrumento institucional determinante, por medio del cual se han podido implementar muchas de las medidas ambientales requeridas para cumplir con esos compromisos nacionales orientados a contrarrestar el cambio climático. En el caso particular de la agricultura, el instrumento por antecedente ha sido efectivo en el país, como lo demuestran los casos del Café y la Ganadería actualmente en activo desarrollo (Steinvoth, 2017; Musmanni *et al.*, sf; MAG y POCH Ambiental, 2019).

El 24 de febrero del 2019 con el firme compromiso de convertir a Costa Rica en una economía moderna, verde y libre de emisiones de Gases con Efecto Invernadero (GEI), el Gobierno de la República promulgó e hizo público con motivo del cumplimiento y celebración del bicentenario nacional en el año 2021, el “**Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050**” (Costa Rica 2019). Esta iniciativa nacional como menciona Chaves (2022b), consiste en un proceso, de “...*planificación enfocada hacia la descarbonización guía y habilita el proceso de cambio para establecer la ruta entre las metas actuales y las del año 2050, congruentes con el cumplimiento de los objetivos plasmados en la Agenda 2030 y los Acuerdos de París y más recientemente Glasgow. Este Plan de alcance y cobertura nacional identifica las rutas de transformación tecnológica propuestas y previstas operar para cada uno de los sectores que se estima movilizan la economía costarricense.*” Dicho Plan procura a largo plazo alcanzar emisiones netas cero para el año 2050, mediante el abordaje, implementación y ejecución de operaciones específicas en varias áreas basadas en el establecimiento de ejes transcendentales y estrategias de carácter transversal de acción.

Por todo esto, resulta de especial relevancia y necesidad referirse sucintamente a la figura de las NAMAS como herramienta e instrumento gubernamental y alternativa sectorial destinada a implementar y operar los cambios y ajustes necesarios implementar,

con el fin de reducir y/o mitigar en grado variable el impacto que por derivación sucesiva el Efecto Invernadero induce en favor del Calentamiento Global y consecuentemente sobre el Cambio Climático. Con ese fin se formula el presente documento visualizado a exponer los alcances de la NAMA aplicado a la agricultura y particularmente a la producción primaria (agrícola) de caña de azúcar.

¿Qué es una NAMA?

El concepto fue introducido en la Conferencia de las Partes (COP 13) realizada en Bali, Indonesia, en diciembre del año 2007 como un medio para los países en desarrollo, poder indicar las acciones de mitigación que estaban dispuestos a tomar como parte de su contribución a un esfuerzo global. La hoja de ruta del Plan de Acción generada en esa ocasión se concentró en aspectos vinculados con la mitigación; dividiendo la parte más relevante en dos orientaciones, uno para países desarrollados y otra para países en vías de desarrollo. En el caso de los segundos se establecen medidas de mitigación adecuadas a cada país en el contexto del desarrollo sostenible, apoyadas y facilitadas por tecnologías, financiamiento y actividades de fomento de las capacidades nacionales, de manera mensurable, notificable y verificable. Los puntos más importantes del acuerdo fueron: (1) se permiten acciones no vinculantes para los países desarrollados, abriendo la puerta a objetivos voluntarios; (2) por primera vez se habla de acciones de mitigación por parte de los países en desarrollo, y (3) esta acción es contingente a una ayuda mensurable y verificable por parte de los países desarrollados, como lo indicara Muñoz (2008).

Fue sin embargo durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (COP 16) realizada en Cancún, México, entre noviembre-diciembre del 2010, cuando llega a oficializarse la definición de NAMA, estableciendo que dichas acciones deben estar orientadas al desarrollo sostenible de los países partes, soportadas y habilitadas por medio de financiamiento, tecnología y generación de capacidades locales para asegurar su continuación y éxito.

Revela la literatura que aún no existe una definición formal acordada y consensuada internacionalmente para NAMA's; pese a lo cual, de acuerdo con lo descrito por Chaves (2022a), un NAMA se interpreta genéricamente como una "Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada" por sus siglas en inglés: *National Appropriate Mitigation Action; que en lo práctico puede definirse como "Una intervención programática que permite identificar tecnologías para la reducción de emisiones, permite generar capacitación a nivel de estructuras claves (sector público y privado) para impulsar la adopción de tecnologías, fomenta el desarrollo de esquemas de MRV y potencia enfoques de integración vertical para trabajar igualmente con los procesos de comercialización."*

NAMA se refiere entonces a cualquier medida o acción orientada a reducir las emisiones de GEI en los países en vías de desarrollo, la cual cuenta con el apoyo y el respaldo de una iniciativa gubernamental nacional. Pueden operar como políticas definidas dirigidas a estimular y promover el cambio transformacional dentro de un sector económico específico (transporte, energía, agricultura, etc.), o acciones integrales aplicadas a través de varios sectores para un enfoque nacional más amplio, como pretende actuar en este caso el Plan Nacional de Descarbonización. Se les concibe en lo institucional como instrumentos y acciones de carácter y alcance internacional empleados en los esfuerzos que realizan los países, orientados a buscar la mitigación de Gases de Efecto Invernadero en los países que se encuentran en vías de desarrollo. Las acciones emprendidas aplican sobre mecanismos destinados a promover y favorecer la transferencia de tecnología, la asignación de recursos financieros y el desarrollo de capacidades de los países mejor dotados a los países con limitaciones.

De acuerdo con Steinvorth (2017) la operación de las NAMA's está definida en dos niveles:

- 1) **Nacional:** como una presentación formal de las Partes que declaran su intención de mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero de manera proporcional a su capacidad, concordando con sus objetivos nacionales de desarrollo.
- 2) **Acción Individual:** como gestiones diseñadas para ayudar a un país a cumplir sus objetivos de mitigación dentro del contexto de los objetivos nacionales de desarrollo.

En el caso particular de Costa Rica se busca por medio de la implementación de las NAMA's apoyar los esfuerzos nacionales en confrontar el cambio climático y sus efectos e impactos sobre los sistemas productivos y los ecosistemas, procurando encontrar su propio camino hacia un desarrollo bajo en emisiones. Las acciones promovidas y desarrolladas deben imperativamente reportarse ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (CMNUCC) y respaldarse en criterios de sustentabilidad; además de ser obligadamente monitoreadas, reportadas y verificadas (MRV) sobre indicadores referentes válidos y muy representativos.

¿Cuándo iniciaron en el país?

Fue en el año 2010 cuando se comenzó a considerar en Costa Rica la posibilidad, factibilidad y viabilidad de implementar y desarrollar una Acción Nacionalmente Apropriada de Mitigación (NAMA) para el sector agropecuario; lo que implicó un largo periodo de análisis, valoración y sobre todo comunicación y consulta a los diferentes sectores productivos que conforman la institucionalidad del agro costarricense. Luego de superado ese necesario proceso de involucramiento un tanto

burocrático y de convencimiento e inclusión, se consideró con muy buenas razones, que sería el sector cafetalero el más apto para iniciar esta inédita y valiente gestión ambiental. La NAMA se desarrolló en un proceso participativo entre el 2011 y el 2021. Las instituciones a cargo del diseño y la ejecución de la NAMA Café estuvieron a cargo del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE).

Indica GIZ (2021) al respecto, que *“Entre el 2015 y el 2020 la Cooperación Alemana para el Desarrollo (GIZ) ha implementado el Proyecto de Apoyo a la NAMA Café (NSP Café por sus siglas en inglés) por encargo de la NAMA Facility, una iniciativa creada y financiada por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Conservación de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMU) de Alemania y el Departamento de Negocio, Energía y Estrategia Industrial (BEIS) del Reino Unido, a los cuales se suman como donantes el Gobierno de Dinamarca y la Comisión Europea. El NSP Café se ejecutó en estrecha colaboración con las contrapartes principales (MINAE, MAG e ICAFE) además de haber contado con la colaboración técnica del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE). En el 2020, la NAMA Facility aprobó la extensión del proyecto hasta diciembre de 2022, con miras a implementar actividades específicas.”*

Fue así como la NAMA Café inició operaciones con mucho éxito como primera iniciativa nacional y primera en el mundo bajo esta estrategia, con acciones de corto, mediano y largo plazo en tres áreas específicas: *campo, beneficiado y comercialización*, las cuales mantiene en plena actividad actualmente, con fundamento y seguimiento a lo establecido en su estrategia particular (Steinvorth, 2017; Musmanni *et al*, sf). Al NAMA Café le siguió la NAMA Ganadería, cuyas primeras gestiones de construcción de la iniciativa iniciaron a finales del año 2013 por lineamiento de las autoridades ministeriales agropecuarias (MAG y POCH Ambiental 2019). Entre los años 2019 y 2022 se viene trabajando en el diseño de tres nuevas NAMAS: Musáceas, Arroz y Caña de Azúcar, las cuales están concebidas y consideradas en el Plan Nacional de Descarbonización como lo demuestra Chaves (2022b), las cuales se encuentran en fase muy avanzada de formulación y muy próximas a su aprobación final para entrar en operación se espera, a partir del año 2023 en su fase inicial de pilotaje.

¿Para qué sirven y que ventajas ofrecen?

Las NAMA's se consideran de manera razonable y visionaria, una de las formas en que el país y en lo específico el sector agropecuario pueden implementar medidas y acciones específicas y efectivas para lograr alcanzar satisfactoriamente las metas ambientales comprometidas a nivel internacional (Cumbres de París y Glasgow); adecuando,

ajustando y mejorando los sistemas productivos, en el presente caso los de caña de azúcar, de forma tal que se logren impulsar la productividad, el crecimiento económico sin incrementar la contaminación, la emisión de GEI, ni dañar el valioso capital natural existente en el país.

Algunos rasgos interesantes que caracterizan, distinguen y pueden identificarse en una NAMA son entre otros los siguientes:

- 1) Las NAMA's pueden ayudar a cumplir y satisfacer las contribuciones nacionales determinadas (NDC's), adoptadas en el Acuerdo de París (COP21) celebrada en Francia, en diciembre del 2015.
- 2) Sirven como una herramienta institucional muy efectiva pragmáticamente viable y factible de operar para proponer, organizar, implementar y habilitar acciones de diversa índole destinadas a favorecer la mitigación de GEI y prevenir los efectos e impactos detrimentales del cambio climático.
- 3) Mediante su implementación se evita mantener vigentes y en uso tecnologías antiguas degradantes y generadoras de un alto grado de emisiones, promocionando en cambio la transformación de la economía hacia patrones de crecimiento sostenibles y bajos en carbono. La bioeconomía se ve dinamizada y fuertemente promocionada como viene ocurriendo actualmente.
- 4) Una NAMA permite abordar y favorecer la formulación de objetivos, estrategias de política nacional y sectorial; así como proyectos y medidas de alcance individual. Puede diseñarse como parte de una estrategia climática nacional; también como una estrategia de desarrollo productivo con bajo nivel de emisiones.
- 5) Por lo general su cobertura y empleo es de alcance nacional (transporte, energía, agricultura, etc.) y sectorial (café, ganadería, caña de azúcar, arroz, musáceas) lo que le otorga mucha flexibilidad institucional.
- 6) Le permite a quienes formulan políticas diseñar medidas razonables de reducción de GEI convergentes y coincidentes con las circunstancias, condiciones y prioridades nacionales; las cuales pueden estar o no, plasmadas en las estrategias de desarrollo u otros planes relevantes, lo que es también válido y de alcance sectorial, institucional y/o empresarial.
- 7) Permiten identificar, integrar, conectar y articular en una misma estrategia ambiental diferentes medidas y acciones destinadas a promover la mitigación de GEI.
- 8) Importante tener presente que potencialmente, todas las medidas que contribuyan a la reducción o mitigación de las emisiones de GEI pueden calificarse como una NAMA, lo que institucional y sectorialmente es positivo por el acceso a recursos y servicios implicados y que este tipo de iniciativas provee.

- 9) Su reconocimiento y aceptación internacional es amplia, lo que valida el esfuerzo.
- 10) Cuentan con el reconocimiento del Estado lo que contribuye ostensiblemente para efectos tecnológicos, legales, financieros, comerciales y de imagen.
- 11) Una NAMA auxilia con la transformación de la economía orientándola hacia una producción con crecimiento bajo en carbono y emisiones de GEI, que combina en una sinergia positiva el desarrollo y la mitigación del cambio climático.
- 12) Constituye un medio viable y factible para transformar y dinamizar el modelo de desarrollo vigente, orientándolo hacia una gestión diferente y moderna basada en la bioeconomía, el crecimiento verde, la inclusión y la mejora de la calidad de vida de la ciudadanía.
- 13) La iniciativa responde y se ajusta perfectamente a los cambios que se vienen dando de manera dinámica en el contexto mundial en el campo ambiental, la cual va en tránsito directo hacia una economía verde que promueve el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales.
- 14) Los cambios promovidos por la NAMA sobre la economía verde superan y trascienden el ámbito climático.
- 15) Se diseñan y formulan de manera voluntaria, lo que implica que las medidas y acciones previstas desarrollar son propuestas e implementadas por el mismo beneficiario. En el caso de la NAMA Caña la propuesta se formula con los criterios del sector azucarero sin imposiciones de nadie.
- 16) Debido a lo anterior, queda claro que no hay imposiciones externas (ej. MINAE, MAG, MINSA) en materias sensibles como la ambiental; aunque si debe existir en la propuesta NAMA un nivel de esfuerzo importante de mitigación de GEI que de cuerpo, fundamento, sentido y reconocimiento a la iniciativa.
- 17) El diseño, formulación e implementación de la NAMA debe estar siempre estrictamente apegada a lo que la legislación vigente establece; razón por la cual no puede ser nunca un instrumento violatorio de lo jurídicamente tutelado en el país en las materias vinculadas.
- 18) Los países y sectores involucrados pueden obtener un importante reconocimiento internacional por su acción contra el cambio climático y atraer con ello valioso apoyo internacional en diferentes áreas.
- 19) Es posible diseñar e implementar la propuesta contando con el apoyo financiero y técnico del gobierno y su institucionalidad ("NAMA apoyada"). Por su carácter y alcance nacional cuentan con el apoyo del Estado.
- 20) Las NAMA's pueden financiarse a nivel nacional o contar con el apoyo de otros países y organismos donantes.
- 21) El apoyo internacional a una NAMA también implica en muchos casos asistencia tecnológica, creación y fortalecimiento de nuevas capacidades nacionales.
- 22) La iniciativa NAMA es por consecuencia y particularmente para la agroindustria cañero-azucarera una excelente oportunidad para incrementar adicional y complementariamente los índices de rendimiento y productividad agrícola e industrial.
- 23) Por lo anterior, es viable y factible optimizar y reducir los costos unitarios de producción implicados (¢/t, ¢/kg).
- 24) Es posible diferenciar comercialmente un nuevo producto en el mercado nacional e internacional como azúcar bajo en emisiones.
- 25) Los conceptos de ecoeficiencia y la eco-competitividad se ven significativamente favorecidas.

¿Cómo se diseña y estructura una NAMA?

El diseño de una NAMA debe considerar e integrar varios elementos que resultan obligados e insoslayables de considerar, virtud de que forman parte de la estructura formal establecida por los órganos responsables de su revisión y aprobación, en este caso MINAE y MAG.

En torno a este tema es importante enumerar los asuntos más relevantes que debe contemplar una NAMA en su diseño y formulación como lo reseña la Figura 1, los cuales son entre otros los siguientes:

- 1) Identificar y contextualizar los elementos básicos tipificantes que caracterizan de forma representativa la actividad productiva por atender.
- 2) Construir la Línea Base (LB) con proyección futura concordante con los términos negociados y aceptados por las partes vinculadas (Gobierno-sector productivo), partiendo de una serie de años consistente y representativa (al menos 10 años). En el caso cañero se recomienda una proyección del 2010-2050 (40 años) aunque puede ser menor.
- 3) Identificar las Fuentes Potenciales de Emisión principales (enmiendas, fertilizantes, mecanización, quemas, digestión entérica, fermentación, etc.) que generan los GEI.
- 4) Recolectar los Datos de Actividad más representativos referentes a emisiones de GEI (Montenegro y Chaves 2022).
- 5) Ubicar discrecional y específicamente los Factores de Emisión por Fuente correspondientes y válidamente aceptados (IMN 2021).
- 6) Estimar y proyectar la cantidad individual de GEI emitidos durante el periodo establecido por la LB.
- 7) Crear, establecer y proyectar los Escenarios de Mitigación (al menos tres) propuestos implementar en el tiempo como metas de reducción sistemática de emisiones GEI.

- 8) Definir la meta de mitigación comprometida en porcentaje de área, producción, número de fincas, animales, o cualquier otro indicador que se estime representativo para el fin procurado.
- 9) Definir los elementos (tiempos, localidades, recursos, actores, fincas piloto, etc.) que conforman el Plan Piloto necesario implementar.
- 10) Estructurar un Plan de Escalamiento dotado de los elementos básicos que definan con detalle en el tiempo, las metas intermedias y final de mitigación establecidas en la propuesta nacional/institucional comprometida alcanzar. La operación del mismo es de carácter continuo y sistemático.
- 11) Diseñar un Sistema de Monitoreo, Revisión y Verificación (MRV) conveniente y apropiado para la actividad involucrada (caña, café, arroz, musáceas, ganadería) que determine y revele el estado de las emisiones con base en el establecimiento y la medición de indicadores representativos en el tiempo.
- 12) Establecer un Sistema de Gobernanza responsable de atender, coordinar, articular, orientar, fiscalizar y resolver todas las necesidades que en materia técnica, administrativa, financiera, legal, institucional y operativa pudieran surgir.
- 13) Generar a nivel de campo los instrumentos, mecanismos e instancias que favorezcan la operación expedita de un Sistema de MRV ágil, efectivo y representativo. Esto implica conformar equipos, comisiones, grupos técnicos con representación de acuerdo con el tema o asunto abordado, sea técnico, financiero, administrativo, etc.
- 14) Estimar y proyectar los costos implicados en el desarrollo de la NAMA en sus dos etapas básicas: a) Plan Piloto y b) Escalamiento; lo que implica identificar y contabilizar gastos por concepto de inversión y operación en sus diversos componentes.
- 15) Proponer e identificar diferentes formas y fuentes potenciales de financiamiento para la implementación y ejecución de la NAMA, tanto nacional como externa, aplicando a fondos reembolsables y no reembolsables.
- 16) Informar, comunicar y socializar los alcances de la NAMA buscando integrar y motivar su importancia.



Figura 1. Fases sistemáticas de diseño de una NAMA.

¿Qué experiencias y antecedentes hay en Costa Rica?

Como se indicó con anterioridad la experiencia institucional y profesional adquirida por el país en materia de diseño e implementación de NAMA's es muy amplia, en consideración de que desde el año 2010 se viene tratando y desarrollando el tópico en diferentes ámbitos de gestión. En el campo agropecuario el antecedente es rico y profuso en experiencias y antecedentes en todos los campos; tanto en diseño, formulación, planes piloto, gobernanza, MRV, relaciones interinstitucionales y sectoriales, escalamiento y financiamiento de las iniciativas desarrolladas. Habiendo superado con éxito las fases de piloto y escalamiento en café y ganadería, actualmente se tienen en proceso muy avanzado el diseño final de los NAMAS Musáceas, Arroz y Caña de Azúcar, que se esperan finalizar en los próximos meses para pasar a otras etapas sucesivas en procura de su aprobación, posible financiamiento e implementación final. Debe reconocerse que las fuentes y cantidades de emisión son en cada caso

diferentes, lo que trasciende consecuentemente a las medidas de mitigación necesario implementar.

¿Aplica en el caso de la caña de azúcar?

Como principio general todas las NAMA's parten del mismo fundamento buscando satisfacer metas y objetivos comunes en materia ambiental y uso óptimo de los recursos naturales dispuestos y empleados en su giro y operación comercial, lo que los hace en algunas áreas muy específicos y particulares. La emisión de GEI en los casos citados para cada actividad productiva agropecuaria son diferentes en cuanto a sus fuentes de origen, no así en el producto final traducido en CO₂, CH₄, N₂O integrados y resumidos literalmente como CO₂eq. Como es conocido, el metano generado en la actividad pecuaria es producido en forma entérica (intestinal); en el arroz por el sistema de producción "inundado" y en musáceas el N₂O inducido por el uso de

fertilizantes nitrogenados, al igual que acontece en la caña de azúcar. Diferentes rutas llevan a un mismo producto y problema: GEI.

Resulta obvio entonces reconocer y aceptar que la metodología y figura institucional NAMA aplica perfectamente al caso de la caña de azúcar, tanto en su fase primaria de producción agrícola, como también en la de industrialización, fabricación y comercialización de productos y derivados azucarados. La NAMA conduce y habilita la determinación de un balance de carbono y con ello a la huella de carbono como instrumento de gran valor comercial e institucional (Montenegro y Chaves 2009).

Vale reconocer con mucho orgullo que la iniciativa ambiental actualmente desarrollada por la agroindustria azucarera nacional es hasta donde se conoce, **la primera NAMA realizada en caña de azúcar en el mundo**, lo que dimensiona la importancia y magnitud del esfuerzo innovador sectorial realizado. Este logro es producto de la estrecha colaboración alcanzada entre los sectores público, privado, financiero y académico. Como se ha ya mencionado con anterioridad, el objetivo del emprendimiento cañero es reducir las emisiones de GEI, incrementar los índices de productividad agroindustrial y mejorar sustantivamente la eficiencia en el uso de los recursos disponibles y utilizados, en este caso a nivel de plantaciones de caña de azúcar (Chaves 2021cd; Vallejo *et al* 2021).

¿Qué se busca con la iniciativa ambiental?

De manera sucinta lo que se busca sectorialmente en el caso cañero va orientado a satisfacer siete metas genéricas muy específicas y de consenso general, calificadas como primarias, como son:

- A. Apoyar las iniciativas mundial y nacional en pro del ambiente y el combate contra el cambio climático (Chaves, 2022b).
- B. Mitigar y reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero generadas en la actividad primaria de producir y cosechar caña de azúcar en el campo; con proyección a ampliarse a futuro al área fabril y de comercialización.
- C. Producir caña de manera sostenible en armonía con la naturaleza protegiendo los recursos naturales y la biodiversidad.
- D. Elevar significativamente y de manera sostenible en el tiempo los índices de productividad agroindustrial, referenciados a las toneladas métricas de caña producidas y cosechadas por hectárea (t/ha), la concentración de sacarosa contenida y extraída de la materia prima procesada (kg/t) e integralmente incidir sobre la cantidad de azúcar fabricada en el ingenio dada en t/ha.
- E. Disponer y habilitar un nuevo producto comercial diferenciado para incursionar en el mercado mundial como “azúcar bajo en emisiones”.

- F. Incrementar la rentabilidad de la unidad productiva.
- G. Maximizar la ecoeficiencia, la eco-competitividad y la sostenibilidad de la agroempresa cañera.

En lo específico, propio y particular del cultivo de la caña de azúcar se busca también alcanzar varias metas finales e intermedias importantes, entre las que pueden mencionarse entre otras las siguientes:

- 1) Revisar integralmente los sistemas de producción, manejo y cosecha de materia prima vigentes a nivel regional; adecuando, sistematizando, articulando y optimizando en la medida de lo posible prácticas, tiempos y labores de campo.
- 2) Aprovechar las enormes ventajas, propiedades y atributos anatómicos, genéticos y fisiológicos que posee la caña de azúcar que la diferencian y potencian como una planta excepcional (Chaves, 2020ae, 2021b).
- 3) Reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) en grado significativo sin afectar negativamente la productividad agroindustrial del cultivo, lo cual no es negociable.
- 4) Mentalizar, estimular e involucrar al productor de caña en modernizar y adecuar su sistema de producción a lo que la legislación, los mercados y muy particularmente los consumidores exigen.
- 5) Incorporar los conceptos de ecoeficiencia y eco-competitividad como principios orientadores en la producción de caña de azúcar.
- 6) Adoptar, implementar y consolidar las Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) como sustento al manejo óptimo y sostenible de las plantaciones comerciales; lo que implica corregir y superar los errores y omisiones técnico-administrativas que habitualmente se cometen en el campo, que como lo señalara Chaves (2015), provocan pérdidas e impactos al ecosistema, sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera.
- 7) Intervenir sobre la degradación sistemática y acelerada que mantienen muchos de los suelos cultivados con caña en el país, y que provoca pérdida significativa de su capacidad y potencial productivo, elevando con ello los costos implícitos (Chaves, 2020bcd).
- 8) Adecuar la preparación de terrenos y el manejo mecánico de las plantaciones a lo estrictamente necesario, evitando el uso excesivo, innecesario y sobredimensionado de equipos generadores de degradación y emisión de GEI (Chaves, 2017, 2020g).
- 9) Aprovechar el importante potencial genético disponible en el país seleccionando y cultivando las variedades que mejor adaptación muestren a las condiciones particulares del entorno donde se

produce la caña. Las variedades nacionales sigla LAICA ofrecen gran potencial virtud de su adaptación local (Chaves, 2018).

- 10) Reducir en lo posible y viable el uso de fertilizantes sintéticos y agroquímicos sin afectar productividad, superando la dependencia que se tiene de esos insumos.
- 11) Fomentar el empleo de abonos orgánicos y bioinsumos.
- 12) Aprovechar e incorporar valor agregado a recursos propios del sistema (residuos de cosecha) como un principio de economía circular.
- 13) Hacer buen uso del agua y la energía de manera más eficiente en la producción de caña.
- 14) Revisar y adecuar en toda su dimensión los sistemas de cosecha vigentes (manual, semi y mecanizado) buscando elevar capacidades y eficiencia, reduciendo a su vez pérdidas, tiempos y costos implicados e impactos generados; además de emisiones GEI.
- 15) Optimizar la práctica de la quema de plantaciones para su cosecha, respetando y cumpliendo cabalmente lo tutelado y establecido legalmente por el Decreto N°35368-MAG-S-MINAE publicado en la Gaceta N°147 del 30 de julio de 2009 (Chaves, 2021a).
- 16) Incorporar el concepto agroforestal al sistema de producción de caña, haciendo uso pleno del terreno disponible mediante la siembra de especies forestales y frutales en los espacios donde sea viable y factible repoblar sin afectar el manejo y desarrollo de las plantaciones.
- 17) Fomentar el establecimiento y operación de un sistema de monitoreo, revisión, registro y verificación a nivel de unidad agroproductiva, de manera que permita llevar el control de lo actuado en todos los ámbitos: *administrativo, técnico y financiero*.
- 18) Preparar y acondicionar el sistema productivo de caña de azúcar para habilitar la ejecución de auditorías que permitan determinar la huella de carbono como instrumento para la certificación del proceso de producción diferenciada.
- 19) Implementar y desarrollar las estrategias necesarias destinadas a promover y consolidar la producción de un azúcar diferenciado en su fase primaria.
- 20) Posibilitar la realización de estudios de factibilidad y diseño de proyectos orientados a la implementación de tecnologías bajas en emisiones GEI.
- 21) Ajustar y poner en conformidad jurídica, ambiental y comercial varios elementos vinculados con la práctica agrícola, que representan espacios inconvenientes para la controversia, la impugnación y la crítica que poco aportan a la buena imagen del sector.

Fuentes de emisión de GEI en caña de azúcar

Como ya ha sido amplia y oportunamente comentado, el cultivo de la caña de azúcar al igual que cualquier otra actividad antropogénica, posee una serie de fuentes potenciales de emisión de GEI sobre las que se debe actuar si se desea mitigar en algún grado el impacto que, sobre el calentamiento global y el cambio climático ejercen esos gases. En el Cuadro 1 se identifican y anotan las prácticas y labores de campo que de manera genérica se considera constituyen las principales fuentes de emisión de Gases con Efecto Invernadero (GEI) generadas por la actividad agrícola o fase primaria de producción de caña. Como se infiere dicha contribución corresponde básicamente a la emisión de CO₂, N₂O y CH₄ cuyo aporte es diferente en cuanto a su origen y magnitud, como lo han señalado Chaves (2022b) y Chaves y Montenegro (2012, 2021, 2022).

En lo específico son el óxido nitroso (N₂O) procedente de los fertilizantes químicos y orgánicos y la quema de biomasa, el CO₂ emitido por el uso de enmiendas y la combustión de combustibles fósiles (diesel), los gases de mayor afectación inductores de calentamiento global en el caso particular de la caña. Hay reportado también algún aporte de metano (CH₄) en algunas de esas labores.

Cuadro 1. Fuentes potenciales de emisión de GEI en caña de azúcar.

Actividad/labor	CO ₂	N ₂ O	CH ₄	CO ₂ eq
Preparación de suelos *	X	X	X	X
Siembra *	X			X
Encalamiento	X			X
Fertilización orgánica		X	X	X
Fertilización mineral		X		X
Riego / Drenaje	X			X
Aplicación de agroquímicos *	X	X	X	X
Manejo de plantaciones *	X	X	X	X
Aplicación de madurantes *	X	X	X	X
Quema de plantaciones		X	X	X
Cosecha* :				
Corta	X	X	X	X
Alce	X	X	X	X
Transporte*:				
Semilla	X	X	X	X
Materia Prima	X	X	X	X
Insumos	X	X	X	X
Personal	X	X	X	X
Equipo y maquinaria	X	X	X	X

Fuente: Chaves (2022b).

Nota: Implican uso de Combustibles Fósiles.

A manera de referencia cabe destacar que Montenegro y Chaves (2022) aplicando un análisis de ciclo de vida, identificaron y cuantificaron las principales fuentes de emisión de GEI en el proceso de producción primaria de la caña de azúcar en Costa Rica, señalando que *“...la participación por fuente fue proporcionalmente del 73,6% por parte de los fertilizantes nitrogenados, un 13,2% de las emisiones generada a partir de la quema de biomasa de las plantaciones para su cosecha; un 4,5% por el uso de combustibles fósiles representados en este caso por el diesel en la fase de cosecha y transporte de la materia prima al ingenio para su procesamiento; un 3,8% por las labores de mantenimiento de plantaciones; un 3,3% por uso de equipo mecánico durante la preparación de terrenos, siembra y establecimiento de plantaciones y apenas un 1,6% por la aplicación de enmiendas, representada en este caso por los correctivos de la acidez del suelo. En términos genéricos el gasto de combustible significó el 11,6%.”*

Otros estudios similares pueden y deben ser realizados en esta materia a nivel regional con el objeto de identificar de manera específica la incidencia y participación proporcional de los factores de la producción que de manera diferencial ejercen influencia sobre la emisión de GEI. Considerando la enorme heterogeneidad y las significativas diferencias

edafoclimáticas y de manejo que presentan los entornos agroproductivos donde se siembra caña destinada a la fabricación de azúcar en el país, resulta trascendental para tener éxito, definir y operar acciones estratégicas con visión y enfoque regional; esto resulta esencial tenerlo presente y tomarlo en cuenta virtud de las fuertes y determinantes implicaciones que tiene sobre los resultados esperados (Chaves, 2019ab, 2020f).

Áreas de gestión institucional

De conformidad con lo que se indica en el Cuadro 1 se concluye que las áreas donde se debe gestionar y ejercer acción técnica e institucional procurando mitigar GEI, son conocidas y están muy evidenciadas en el caso particular de la agricultura cañera. Como lo expresa gráficamente la Figura 2, las áreas más incidentes e importantes son genéricamente ocho, cada una con características muy particulares en lo concerniente a fuente de emisión, cantidad de gases emitida (Gg CO₂eq), complejidad del mecanismo implicado, momento y frecuencia. Es estratégicamente imperativo por esto, que cualquier iniciativa institucional o sectorial de mitigación de GEI manibre con visión geográfica y operación regional.



Figura 2. Áreas estratégicas de gestión institucional para mitigar GEI en caña de azúcar

Dicho ordenamiento factorial favorece y facilita la identificación, inclusión y comprensión de las contribuciones de GEI ubicándolas por área temática de interés e importancia, lo cual permite a su vez, que cada tópico se desagregue en otros tópicos puntuales atinentes a los temas valorados. Bajo esta estrategia es posible atender las demandas, necesidades y opciones sugeridas y recomendadas para reducir las emisiones con mayor certeza.

Conclusión

Como se ha ya mencionado y analizado, el objetivo general y meta fundamental de la NAMA Caña de Azúcar es producir materia prima en Costa Rica de una manera sostenible, rentable, competitiva y baja en emisiones. Este objetivo meta será posible de alcanzar a través del fortalecimiento de las capacidades técnicas e institucionales que se desarrollen a nivel nacional, facilitando con ello la inclusión y coordinación de los sectores público y privado operados en iniciativas nacionales consignadas a promover la reducción de emisiones.

El éxito de la iniciativa ambiental se sustenta en alto grado en la implementación y empleo de la experiencia acumulada y los conocimientos agronómicos y tecnológicos necesarios incorporar, para iniciar y respaldar un cambio radical del sistema orientándolo hacia la producción de caña baja en emisiones de carbono. En este compromiso sectorial y opción productiva de mejora integral de la agroindustria, los agricultores mantienen y cumplen sin lugar a duda un rol fundamental, incuestionable y determinante en el éxito de la propuesta; por lo cual su convicción, convencimiento y preparación resultan primordiales. El concepto sobre el que se sustenta la iniciativa cañero-azucarera se basa en la implementación de tecnologías que incrementen la competitividad del campo con proyección a la industria, mitiguen las emisiones de GEI y simultáneamente generen beneficios sociales, económicos y ambientales; incluyendo los relativos a la confrontación y adaptación al cambio climático.

No cabe la menor duda que para asegurar el éxito completo, la NAMA Caña de Azúcar deberá incluir e integrar toda la cadena de valor de la agroindustria, desde agricultores hasta exportadores, pasando por toda la diversidad y variedad de actividades que conforman su cadena de valor. El reto futuro queda planteado y establecido en formular y desarrollar próximamente una NAMA complementaria con enfoque de cadena hacia la fase de procesamiento, fabricación y comercialización de materia prima, productos y derivados.

Como señalara convincentemente Chaves (2022), *“El diseño, formulación, implementación y ejecución de los denominados NAMAS, constituye una estrategia ambiental de alcance sectorial e institucional inteligente para ajustar los sistemas de producción tradicional y convencional, a esos nuevos condicionantes de mercado donde la “producción baja en emisiones” adquiere relevancia y sentido*

coyuntural y mediático en relación con los esfuerzos globales por procurar reducir y mitigar los GEI y con ello intervenir el cambio climático. Si bien la iniciativa NAMA es de corte ambiental también tiene vínculos y grandes repercusiones productivas, comerciales y económicas. El esfuerzo que viene desarrollando actualmente el sector azucarero costarricense en esa orientación, mediante la implementación de una NAMA Caña de Azúcar resulta digna de reconocimiento y apoyo.”

Es definitivo que, para pretender implementar, ejecutar y consolidar una NAMA Caña de Azúcar en el país, se deben abordar, desarrollar y aportar otros elementos complementarios que permitan sustentar e impulsar los cambios e inversiones requeridas incorporar en los sistemas de producción, promocionar nuevos mecanismos de comercialización y de reconocimiento para la carbono neutralidad; así como habilitar y operar líneas de crédito diferenciadas, además de formalizar y articular las Alianzas Público-Privadas (APP) necesarias. Se asocia asimismo una obligada sensibilización de los consumidores que permita propiciar patrones de consumo sostenibles en la población nacional, considerando el esfuerzo desarrollado con los productos bajos en carbono, en este caso azúcar (Figura 3).

La NAMA Caña de Azúcar actualmente en fase final de diseño y aprobación, es hasta donde se conoce, la primera que con carácter sectorial y alcance nacional se ha desarrollado en el mundo, lo que constituye una novedad y un verdadero orgullo para el país y la agroindustria azucarera, virtud del significativo esfuerzo que ha debido desarrollarse en todos los ámbitos en su formulación; de lo que no hay duda, pues ha valido la pena. La contribución del sector cañero a la mitigación del cambio climático es definitivamente relevante, ejemplar y muy importante para el futuro de la agroindustria, como lo señalaran oportunamente Montenegro y Chaves (2011).



Figura 3. La NAMA Caña de Azúcar actualmente en diseño es la primera en el mundo.

Literatura citada

Costa Rica. 2019. *Plan Nacional de Descarbonización. Gobierno de la República 2018-2050*. San José, Costa Rica. Gobierno del Bicentenario 2018-2022. 103 p.

- Chaves Solera, M.A. 2015. *Errores y omisiones técnico-administrativas que sacrifican productividad y cuestan dinero en la agroindustria azucarera*. San José, Costa Rica. LAICA-DIECA, febrero. 16 p.
- Chaves Solera, M.A. 2017. *La compactación de suelos en la caña de azúcar*. Revista Entre Cañeros N° 9. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, diciembre. p: 33-48.
- 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. *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. 2019b. *Ambiente agro climático y producción de caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 1(18): 5-10, noviembre-diciembre.
- Chaves Solera, M.A. 2020a. *Atributos anatómicos, genético y eco fisiológicos favorables de la caña de azúcar para enfrentar el cambio climático*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(11): 5-14, mayo.
- Chaves Solera, M.A. 2020b. *Clima, degradación del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(15): 5-13, julio.
- Chaves Solera, M.A. 2020c. *Clima y erosión de suelos en caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(16): 7-16, agosto.
- Chaves Solera, M.A. 2020d. *Clima, acidez del suelo y productividad agroindustrial de la caña de azúcar en Costa Rica*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(18): 8-17, agosto.
- Chaves Solera, M.A. 2020e. *Sistema radicular de la caña de azúcar y ambiente propicio para su desarrollo en el suelo*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(13): 6-18, junio. *También en*: Revista Entre Cañeros N° 17. Revista del Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). San José, Costa Rica, setiembre. p: 51-71.
- Chaves Solera, M.A. 2020f. *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. 2020g. *Clima, suelo y manejo: factores determinantes en la compactación de los suelos*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 2(20): 5-15, setiembre.
- Chaves Solera, M.A. 2021a. *Cuidados y prevenciones con la quema de plantaciones de caña de azúcar*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 3(3): 5-14, febrero.
- Chaves Solera, M.A. 2021b. *Caña de azúcar: una planta rústica pero sensible al ambiente*. San José, Costa Rica. Exposición realizada con motivo de celebrar la "Semana Ambiental", organizada por la Federación de Estudiantes de la Universidad de Costa Rica (FEUCR), junio. Presentación Electrónica en Power Point. 101 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2021c. *Diseño y alcances de la Nota Conceptual-Caña de Azúcar: Propuesta sectorial para un NAMA*. San José, Costa Rica. En: Seminarios de inducción y capacitación para el diseño y la formulación de la NAMA-Caña de azúcar. Organizados por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), 26 noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 75 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2021d. *Condiciones del sector cañero-azucarero costarricense para implementar una NAMA: caracterización sectorial*. San José, Costa Rica. En: Seminarios de inducción y capacitación para el diseño y la formulación de la NAMA-Caña de azúcar. Organizados por la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (LAICA), 26 noviembre. Presentación Electrónica en Power Point. 97 láminas.
- Chaves Solera, M.A. 2022a. *Acciones estratégicas para mitigar Gases con Efecto Invernadero (GEI) en la fase de producción primaria de la caña de azúcar en Costa Rica: recomendaciones y sugerencias pragmáticas*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(6): 5-27, marzo.
- Chaves Solera, M.A. 2022b. *La caña de azúcar en el Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050: oportunidad histórica para crecer y trascender con producción baja en emisiones*. Boletín Agroclimático (Costa Rica) 4(8): 5-18, abril.
- GIZ. 2021. *DE LA FINCA PARA EL MUNDO: Conversaciones con personas protagonistas del Proyecto de Apoyo a la NAMA Café (NSP Café)*. San José, Costa Rica. MAG, MINAE, DCC, ICAFE, GIZ, NAMA Facility. Marzo. 80 p.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). 2021. *Factores de emisión de gases de efecto invernadero. Undécima edición / 2021*. San José, Costa Rica. MINAE, IMN, ICE, LCM. 8 p.

- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG); POCH Ambiental S.A. 2019. *NAMA Ganadería. Versión Oficial* San José, Costa Rica. Programa Nacional de Ganadería. Febrero. 114 p.
- Montenegro Ballester, J.; Chaves Solera, M. 2009. *Emisión de gases por la caña de azúcar: propuesta metodológica para realizar un balance de carbono*. 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. 18 p.
- Montenegro Ballester, J.; Chaves Solera, M. 2011. *Contribución del sector cañero a la mitigación del cambio climático*. En: Congreso Azucarero Nacional ATACORI "M.Sc. Teresita Rodríguez Salas (†)", 18, Colegio de Ingenieros Agrónomos, San José, Costa Rica, 2011. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 8 y 9 de setiembre del 2011. 14 p. Conferencia Electrónica en Power Point. 54 láminas.
- Montenegro Ballester, J.; Chaves Solera, M. 2012. *Estimación de la emisión Óxido Nitroso (N₂O) por región productora de caña de azúcar en Costa Rica. Primera aproximación*. En: Congreso Tecnológico DIECA 2012, 5, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. Memoria. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 5,6 y 7 de setiembre del 2012. 15 p. Presentación Electrónica en Power Point. 35 láminas. *También en:* Costa Rica. INTA. 2013. El cambio climático y el sector agropecuario costarricense. Elaborado por Johnny Montenegro Ballester. San José, C.R.: MAG/INTA. p: 5-26.
- Montenegro Ballester, J.; Chaves Solera, M. 2021. *Efecto de la quema en caña de azúcar sobre el Carbono de un Andisol*. Revista Alcances Tecnológicos INTA (Costa Rica) 14(1):31-48.
- Montenegro Ballester, J.; Chaves Solera, M. 2022. *Análisis de ciclo de vida para la producción primaria de caña de azúcar en seis regiones de Costa Rica*. Revista de Ciencias Ambientales (UNA). Vol 56(5): 96-119. Enero-Junio.
- Muñoz, M. 2008. *Cambio Climático y la cumbre de Bali*. Revista Ecopolitica. Junio.
- Musmanni Sobrado, S.; De la Rocha Valverde, J.E.; Fuentes Jiménez, N.; Ramírez Mora, L.G. sf. *Estrategia nacional de café bajo en emisiones y resiliente al cambio climático*. San José, Costa Rica. Cámara de Industrias/MAG/MINAE/DCC/ICAFFE.
- Steinorth Rojas, K. 2017. *Concepto NAMA Nationally Appropriate Mitigation Actions CAFÉ de COSTA RICA*. San José, Costa Rica. MAG, MINAE, DCC, ICAFFE, GIZ. Setiembre. 54 p.
- Vallejo, M.; Chávez, M.; Solano, Z.; Chacón, M.; Montenegro, J. 2021. *Lineamientos para el Diseño de NAMA Caña de Azúcar (Nota Conceptual)*. San José, Costa Rica. MAG/LAICA/FEDECANA/AFD. 64 p.

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

CRÉDITOS BOLETÍN AGROCLIMÁTICO

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

Modelos de tendencia del Departamento de
 Meteorología Sinóptica y Aeronáutica

INSTITUTO METEOROLÓGICO NACIONAL