



► **Guía Regional de
Sostenibilidad
Ambiental
para el Sector
Caña de Azúcar
en la Ecorregión
del Arrecife Mesoamericano**

Guía Regional de Sostenibilidad Ambiental para el Sector Caña de Azúcar en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano

La preparación de la Guía Regional de Sostenibilidad Ambiental para el sector de caña de azúcar en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano se realizó tomando como referencia la información y experiencia en la implementación de buenas prácticas desarrolladas por los principales gremios del sector cañero localizadas en la ecorregión, y con la conducción técnica del siguiente equipo de especialistas:

Elaboración Técnica:

Victor Ramos Soto – consultor Senior en Caña de Azúcar

Colaboración y revisiones:

Luis Garcia

Daniel Ayes Valladares

David Eduardo Ayes Panchamé

Karla Suyapa Andrade Martínez

Diseño Gráfico:

Mauricio Ponce

Junio de 2023

**Guía Regional
de Sostenibilidad Ambiental
para el Sector Caña de Azúcar
en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano**



Contenido

Ilustraciones	6
Tablas	8
Introducción.. .. .	9
1. Contexto	10
1. El Arrecife Mesoamericano (SAM)	10
2. Marco conceptual “de la cuenca al arrecife”	11
3. El sector de caña de azúcar en la Ecorregión	13
4. Gremiales del sector caña de azúcar en la Ecorregión.. .. .	13
México (Quintana Roo)	13
Beta San Miguel (BSM)	13
Guatemala	14
Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA)	14
Belice.. .. .	14
Instituto de Desarrollo e Investigación de la Industria Azucarera (SIRDI).. .. .	14
Honduras	14
Asociación de Productores de Azúcar de Honduras (APAH)	14
5. Las buenas prácticas en el cultivo de caña de azúcar	16
6. Aspectos clave para la sostenibilidad	18
Manejo sostenible de tierras	18
Gestión integral del recurso hídrico	18
Mitigación al cambio climático	18
Adaptación al cambio climático	18
2.Consideraciones generales sobre la caña de azúcar, su entorno climático y sus características para lograr la producción ambiental-sostenible.	19
1. Etimología	20
2. ¿Que son los trópicos?	21
¿Que define el clima en los trópicos?	21
Clasificación climática de Köppen	22
¿Por qué es importante el clima en el cultivo de la caña de azúcar?	22

5. Manejo del Riego	65
Sostenibilidad del Recurso Hídrico	65
6. Recomendaciones en el manejo de cosecha	73
Recomendaciones generales para la cosecha.	73
Buenas prácticas y recomendaciones en cada tipo de cosecha – cosecha manual	73
Buenas prácticas y recomendaciones en cada tipo de cosecha – cosecha mecánica	76
5. Tendencias del cultivo de la caña de azúcar que podrían cambiar las actuales prácticas de cultivo	77
6. Casos de éxito	79
1. Nuevas tecnologías en Azucarera Choluteca	80
2. Las cosechadoras de agua en Azucarera La Grecia	80
3. Proyectos de conservación y reforestación de AZUNOSA..	81
4. Consumo sostenible de agua en producción de azúcar, Azucarera Chumbagua S.A.	81
5. Gestión sostenible en la Reserva Protegida “El Chile” de Compañía Azucarera Tres Valles S.A. (CATV)	82
Bibliografía.	83

Ilustraciones

Ilustración 1. Descripción del Proyecto MAR2R	12
Ilustración 2. Impactos de descargas en la ecorregión	15
Ilustración 3. Ejemplos de buenas prácticas a implementar en la ecorregión	17
Ilustración 4. Importancia de los trópicos	21
Ilustración 5. Morfología de la caña de azúcar.	24
Ilustración 6. Caña de azúcar con sus fases de cultivo.	25
Ilustración 7. La fase de adaptación es importante para obtener superficies homogéneas del cultivo.	25
Ilustración 8. Un buen desarrollo y formación de macolla, permite obtener mayor cantidad de tallos para procesar	26
Ilustración 9. Crecimiento rápido, los tallos presentan 4 a 5 nudos.	26
Ilustración 10. Tallos oscuros y presencia de hojas amarillas indica la maduración del cultivo de caña.	27
Ilustración 11. ejemplo de trozos para siembra.	31
Ilustración 12. Factores críticos a considerar para la priorización y adecuación de la tecnología del riego	32
Ilustración 13. Preparación de tierra usando maquinaria y equipo con llantas de alta flotación	33

Ilustración 14. Preparación profunda de suelo	33
Ilustración 15. Ciclo biológico de la chinche salivosa	37
Ilustración 16. Adulto de chinche salivosa y destrucción de clorofila en las hojas, originando el síntoma de quemazón que se observa en la parte 3 de la ilustración.	38
Ilustración 17. Rastra sanitaria y Lilliston, para el control de huevos diapáusicos de <i>Aeneolamia sp.</i>	38
Ilustración 18. Desbasurado 2x1; descarnado o desaporque y aporque temprano, Ingenio Pantaleón	39
Ilustración 19. Adulto y ninfas de <i>Saccharosydne saccharivora</i> y daño en el cultivo.. ...	40
Ilustración 20. Larva del Barrenador y los síntomas del daño en caña de azúcar	41
Ilustración 21. Estado larval y especímenes de adultos de las especies importantes en caña de azúcar.	43
Ilustración 22. Larvas del género <i>Dipropus</i> y variaciones en color de los adultos... ..	43
Ilustración 23. Rata de campo y estrategias de control cultural-biológico	44
Ilustración 24. Ejemplos de Transectos con cajas a campo abierto, perchas para gavilanes y anidamiento de lechuzas... ..	45
Ilustración 25. Esquema de implementación de un programa de control de malezas relacionado con la rentabilidad	49
Ilustración 26. Especies de leguminosas creciendo en dos suelos. Izquierda: <i>Crotalaria juncea</i> en finca El Baúl, ingenio Pantaleón y derecha: <i>Crotalaria spectabilis</i> en finca Belén de ingenio La Unión.	56
Ilustración 27. Vista del desarrollo de <i>Crotalaria juncea</i> creciendo entre los surcos de caña (a) y vista del chapeo mecánico de la leguminosa al final del barbecho (b). Finca El Baúl, ingenio Pantaleón	57
Ilustración 28. Muestreo sugerido, método de zig-zag dentro de lotes homogéneos de caña.	63
Ilustración 29. Resumen de pasos para la toma de muestras. a) barrenamiento en la banda del surco, b) submuestra extraída con tierra adherida, c) eliminación de la tierra adherida, d) submuestra limpia, e) muestra compuesta para homogeneizar y f) muestra representativa (1 kg)	64
Ilustración 30. Tercio medio de la tajada de suelo a considerar para la muestra	64
Ilustración 31. Escenarios para manejar la humedad del suelo entre Capacidad de Campo (CC) y Déficit Permitido de Manejo (DPM)	68
Ilustración 32. Explicación de la eficacia, eficiencia y su aplicación en la evaluación del riego.	68
Ilustración 33. Diagrama de flujo para la decisión de realizar el ajuste en la programación del riego y/o aplicación del riego oportuno en el periodo de cultivo (Castro y Monterroso, 2016)	69
Ilustración 34. Recomendaciones seleccionar un sistema de riego acorde a las necesidades agronómicas de la zona.	70

Ilustración 35. Efectos en la presión de operación en la distribución del agua en la parcela (Monterroso, 2015)	71
Ilustración 36. Muestra de afectación del viento en sistemas de aspersión (Monterroso 2105)	72
Ilustración 37. Ejemplos de sistemas de riego con mala operación y mantenimiento.. ...	72

Tablas

Tabla 1. Clasificación Climática de Köppen.....	22
Tabla 2. Temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo del cultivo de caña	22
Tabla 3. Requisitos del cultivo de caña	23
Tabla 4. Resumen de la duración de cada fase del ciclo de vida de la caña	27
Tabla 5. Composición básica de la caña de azúcar	28
Tabla 6. Variedades de caña cultivadas en la región norte del continente	29
Tabla 7. Principales variedades de caña sembradas en Centroamérica, excepto Costa Rica	29
Tabla 8. Principales variedades cultivadas en Costa Rica - 2013	29
Tabla 9. Principales características para la selección de la variedad de caña	30
Tabla 10. Densidad de siembra recomendada para la caña de azúcar.....	30
Tabla 11. Cantidad de paquetes de caña de 30 trozos necesarios para plantar 1ha	31
Tabla 12. Insectos del complejo de plagas de la raíz que afectan el cultivo de caña de azúcar.	42
Tabla 13. Límites máximos permisibles según categoría de semillero recomendados para semillas en Guatemala.	47
Tabla 14. Condiciones ideales para la aplicación de herbicidas.	51
Tabla 15. Biomasa fresca, contenido de humedad, N base seca y N acumulado en biomasa aérea en dos leguminosas en 65 días.	56
Tabla 16. Valores medios de cachaza (base seca) de varios ingenios Guatemala	58
Tabla 17. Nutrientes totales y disponibles de NPK por t de cachaza fresca (75 % de agua).....	58
Tabla 18. Recomendaciones generales de uso de nitrógeno para la zona cañera de Guatemala.....	59
Tabla 19. Recomendaciones de fósforo (kg de P2O5/ha) según P del suelo (Mehlich 1), ciclo de cultivo y tipo de suelo	61
Tabla 20. Recomendaciones de K en la zona cañera de Guatemala.	62

Introducción

La presente guía de buenas prácticas ambientales en el cultivo de la caña de azúcar es un instrumento orientativo dirigido a técnicos y productores, que ofrece una serie de pautas y recomendaciones para mejorar el manejo y aprovechamiento de recursos naturales, con énfasis en la protección del agua, y con ello, reducir los impactos ambientales, gases de efecto invernadero, así como consideraciones de riesgos y oportunidades que pueden ser implementadas, siguiendo acciones de sostenibilidad.

Posterior a su sección introductoria, la guía describe en el capítulo dos un resumen del contexto de la ecorregión y del sector productivo; mientras que en el capítulo tres, se describe una breve explicación de acciones generales que se realizan en los cultivos, incluyendo una descripción de factores de riesgo; así mismo, se describen recomendaciones para aplicar mejores prácticas relacionadas al cultivo que permitan impulsar la sostenibilidad del mismo. El capítulo cuatro pretende compartir ejemplos de casos de éxito en la implementación de buenas prácticas. Finalmente, se presentan las fuentes de consulta utilizadas para la elaboración de la guía.

El proceso de construcción de la guía, se basó en revisiones documentales, entrevistas y juicios de expertos de los diferentes países que conforman la ecorregión. Algunas gremiales consultadas son la Asociación de Productores de Azúcar de Honduras (APAH), el Instituto de Investigación y Desarrollo de la Industria Azucarera de Belice (SIRDI, por sus siglas en inglés), y el Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña (CENGICAÑA), entre otras.

La importancia de este instrumento radica en su potencial de puedan consultar e impulsar mejores prácticas ambientales que permitan reducir los impactos ambientales con el apoyo de la visión de expertos que han trabajado en diferentes áreas de la región en la implantación de mejoras, el logro de certificaciones de sostenibilidad y la integración de conceptos de resiliencia a los efectos del cambio climático.

1. Contexto

1. El Arrecife Mesoamericano (SAM)

La ecorregión del arrecife mesoamericano (SAM) compartido por Belice, Guatemala, Honduras y México incluye la barrera de arrecifes transfronterizos más grande del mundo, que abarca más de 1,000 km de costa y cubre un área de 464,263 km² de océano, costas y cuencas. El territorio pertenece a las eco-regiones más ricas con los más diversos arrecifes de coral en el Atlántico occidental. Sus cuencas hidrográficas albergan un rango de ecosistemas forestales, desde bosques nubosos en la cima de sus montañas hasta selvas latifoliadas y manglares en zona costeras. Grandes ríos sinuosos, sistemas hidrogeológicos kársticos, lagunas y humedales conectan la tierra con lechos de pastos marinos y arrecifes de coral.

La ecorregión sostiene a más de 12 millones de personas que viven a lo largo de la costa y las islas, pero también en el interior de grandes centros urbanos como la ciudad capital de Belice, Guatemala y Honduras. Sus recursos naturales proporcionan medios de vida y contribuyen a la economía nacional de los

cuatro países a través de insumos provenientes de la agricultura (bananos, cítricos, aceite de palma, piña, caña de azúcar, etc.), acuicultura de camarón, pesca comercial (concha, pescado, langosta, etc.), y un sector turístico grande que se encuentra en rápido crecimiento. Además, el SAM tiene una importancia ecológica, estética y cultural para sus habitantes. La pesca productiva apoya a las pesquerías comerciales y artesanales. Millones de turistas, atraídos por las playas de arena con abundantes arrecifes y con una biodiversidad única aportan importantes ingresos económicos a las personas y sus gobiernos.

En 1997, debido a la importancia nacional, regional y global de la región SAM, los cuatro países que lo conforman, identificaron al territorio como eco-región transfronteriza compartida, y lo declararon como un área de conservación prioritaria, expresando su compromiso de trabajar juntos para mejorar su conservación y manejo al firmar la declaración de Tulum. La Declaración de Tulum fue reconfirmada y fortalecida en 2006, a través de la declaración conocida como

Tulum+ 8, en la que los jefes de estado de los cuatro países también ratificaron su compromiso de coordinar actividades a través de la Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD). Tulum+ 8 dejó a cargo a la CCAD para actualizar el Plan de Acción Regional para el SAM, que fue aprobado por cada ministro de Medio Ambiente de cada país en abril de 2007.

El plan de acción regional para SAM preparado en 1998 y el plan de acción actualizado en 2007, han sido usados como fundamento para varias acciones desarrolladas en los últimos años por diferentes or-

ganizaciones que trabajan en la eco-región. El plan regional de acción del año 1998 sirvió de guía para el diseño y para la implementación del proyecto, financiado por GEF, Banco Mundial para la Conservación y Uso Sostenible de la Barrera de Arrecifes Mesoamericanos (MBRS), el cual terminó en el 2006. MBRS generó un impulso de colaboración regional para unirse al manejo de recursos transfronterizos; la adopción catalizada de un marco político común para la gestión sostenible de los recursos en la pesca, el turismo y las áreas marinas protegidas; además apoyó a la Declaración de Tulum+8 y también desarrolló una cantidad significativa de datos.

2. Marco conceptual “de la cuenca al arrecife”

El enfoque eco-regional y el enfoque de la cuenca al arrecife en el SAM data de 2002 cuando WWF dirigió la primera evaluación que analizó los paisajes terrestres, costeros y marinos del SAM como una eco-región (Kramer y Kramer). En 2004, el proyecto de la Alianza Mesoamericana de Arrecifes de Coral (ICRAN-MAR) abordó el deterioro de los ecosistemas de arrecifes de coral y la sostenibilidad económica y ambiental del SAM en tres áreas: gestión de cuencas hidrográficas, pesca y turismo marino. Luego, en 2008, The Nature Conservancy lideró el esfuerzo que actualizó la evaluación eco-regional (TNC 2008). Las evaluaciones definieron objetivos estratégicos prioritarios para abordar las principales amenazas para la eco-región con un enfoque de la cuenca al arrecife que incluye estrategias para reducir las fuentes terrestres de contaminación y mejorar la gestión de cuencas hidrográficas, la planificación del uso de la tierra, la pesca comunitaria y las áreas marinas protegidas (AMP). En este marco, TNC apoyó la creación de Reef Resilience Network (Red de resiliencia de arrecifes) para el SAM y grupos de trabajo para los sitios de agregación de desove en México, Belice y Honduras, que todavía están activos. El análisis y diseño de amenazas del proyecto MAR2R se basa en estas y otras evaluaciones, como el análisis de WRI en 2006 sobre las cuencas hidrográficas del SAM.

El estudio del Instituto de Recursos Mundiales (WRI) sobre el análisis hidrológico de las cuencas hidrográficas del SAM (WRI-ICRAN MAR 2006) evaluó el

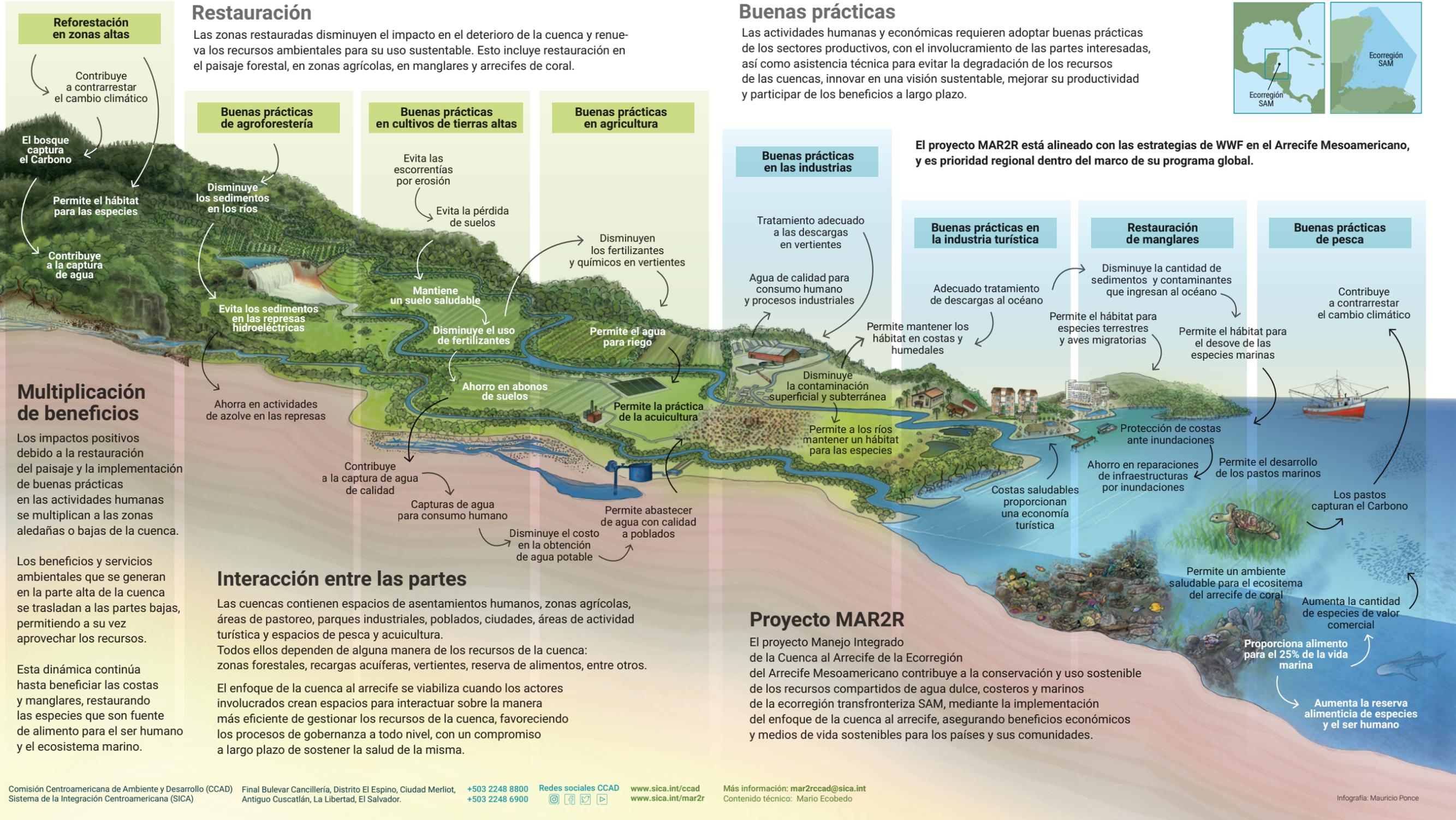
impacto de los sedimentos y nutrientes descargados en los ecosistemas marinos y costeros de la SAM en las más de 400 cuencas hidrológicas de la eco región. El análisis estimó un aumento en la entrega de sedimentos y nutrientes resultante de las actividades humanas y ofreció predicciones de la descarga futura de sedimentos y nutrientes para 2025. Los convincentes resultados del estudio llevaron a un análisis específico de cuencas hidrográficas claves y son la base de algunos esfuerzos para un manejo sostenible en la eco región.

El razonamiento se deriva de su interconexión, si el agua que llega a los hábitats costeros y marinos es contaminada y llena de sedimentos, impactará la integridad ecológica de los ecosistemas costeros y marinos. Los efluentes que llegan al SAM serán pesados en sedimentos y contaminados si la agricultura y el uso no sostenible de la tierra continúan siendo la norma, generando consecuencias significativas para el mismo ecosistema de la cuenca, perturbando su ciclo hidrológico, y las comunidades humanas. La integridad ecológica de las zonas costeras y los ecosistemas marinos no solo se ven comprometidos por los efluentes de agua dulce, sino también por el uso inadecuado de la tierra y el insostenible turismo masivo en la costa y la pesca insostenible están contribuyendo en el deterioro de la integridad ecológica de los sistemas marinos y costeros con consecuencias negativas para los medios de vida de sus habitantes.

Ilustración 1. Descripción del Proyecto MAR2R

De la Cuenca al Arrecife

El enfoque de la cuenca al arrecife consiste en una visión amplia en planificación, restauración e implementación de buenas prácticas en las actividades humanas y económicas a lo largo de toda una cuenca para obtener de forma sustentable sus beneficios y evitar el deterioro y pérdida de los recursos.



3. El sector de caña de azúcar en la Ecorregión

Las condiciones climáticas de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano favorecen al cultivo de la caña de azúcar, ya que se desarrolla mejor en climas tropicales, es decir, lugares calientes y soleados. Su crecimiento exige una temperatura mínima de 14°C a 16°C. El SAM cuenta con características apropiadas para el cultivo, y éste se lleva a cabo principalmente en zonas costeras de cada país. Sin embargo, en los últimos años debido a la creciente demanda del producto, el cultivo se ha extendido a lo largo del territorio.

El cultivo y agroindustria de caña de azúcar en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano está consolidado como una actividad de gran relevancia para los países que conforman dicho territorio. Por ejemplo, la producción de Guatemala y Honduras sobresale entre los países con una importante producción de azúcar del mundo. En Honduras de los 6 ingenios azucareros solamente 3 tienen influencia en el SAM al estar ubicados en las cuencas de los Ríos Chamelecón y Ulua. Por su parte, la agroindustria azucarera

constituye una actividad económica muy desarrollada y de gran importancia para los países del SAM, en donde son protagonistas estratégicos las asociaciones gremiales, cuya fortaleza técnica va en aumento, en temas como la investigación, transferencia tecnológica, y capacitación.

El informe Buenas Prácticas de Prevención y Erradicación del Trabajo Infantil en el Sector Azucarero Centroamericano, reconoce la relevancia en el contexto productivo de la región y su impacto en la generación de empleo, exportaciones, atracción de divisas y otros indicadores. (Azucareros del Istmo Centroamericano, 2018). La industria en Centroamérica se encuentra organizada en asociaciones gremiales, éstas conforman Azucareros del Istmo Centroamericano - AICA, entidad que busca impulsar programas para conformar un sector comprometido con el medio ambiente y con la sociedad, mediante prácticas responsables y mejora en los procesos productivos para prevenir situaciones que afecten las áreas de cultivo.

4. Gremiales del sector caña de azúcar en la Ecorregión



México (Quintana Roo) Beta San Miguel (BSM)

Es el primer productor de azúcar de caña del país con una producción en la Zafra 2014/2015 de 782,788 toneladas de azúcar de caña, representando el 13.08% de la producción de México. BSM entró a la competencia en la industria azucarera mexicana al inicio de la privatización de la industria azucarera en noviembre de 1988, a través de la adquisición al gobierno mexicano de 4 Ingenios azucareros. A BSM lo integran 11 ingenios, el Ingenio San Rafael de Pucté está ubicado en Chetumal, Quintana Roo.

Guatemala

Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZGUA)

La Asociación de Azucareros de Guatemala es una organización gremial que reúne a 11 ingenios productores de azúcar en Guatemala, que tienen sus operaciones principalmente en los departamentos de Escuintla, Suchitepéquez y Retalhuleu. También integran el Azúcar de Guatemala las organizaciones gremiales: Fundazúcar, Expogranel y Cengicaña.

Ante los desafíos del cambio climático en la región centroamericana, ASAZGUA en el 2010, promovió la creación del Instituto Privado de Investigación sobre El Cambio Climático –ICC-con el propósito de contribuir con Guatemala y la región, en la investigación científica para la reducción de la vulnerabilidad con estrategias para la mitigación y adaptación al cambio climático.

Belice

Instituto de Desarrollo e Investigación de la Industria Azucarera (SIRDI)

Se constituyó legalmente con la aprobación de la Ley de la Industria Azucarera en 2001. Se activó unos años más tarde para centrarse principalmente en el servicio de extensión y la educación de los agricultores. Como parte de su mandato, trabajó muy estrechamente con los técnicos de campo de la Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar de Belice (BSCFA), asesorando sobre los programas de apoyo a los agricultores de la BSCFA. El principal objetivo del SIRDI es reforzar las capacidades técnicas y la productividad de los cultivadores de caña de los que depende la fábrica de Tower Hill para el suministro de cerca del 90% de la caña de azúcar.

Honduras

Asociación de Productores de Azúcar de Honduras (APAH)

Es una Asociación Civil apolítica sin fines de lucro, de interés particular y de utilidad pública, con patrimonio propio, constituida por la resolución de los Asociados en sesión fundacional celebrada en la ciudad de San Pedro Sula, departamento de Cortés el día 20 de mayo de 1976. Estamos conformados por un número de siete socios actuando en la figura jurídica de organización sin fines de lucro y como tal se encuentra integrada en la Secretaría de Gobernación bajo el registro 2009000026 de fecha 13 de enero de 2009.



SIRDI
SUGAR INDUSTRY
RESEARCH & DEVELOPMENT INSTITUTE
BELIZE, C.A.



Ilustración 2. Impactos de descargas en la ecorregión

Descargas y Vertidos en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano

El exceso de toxinas, nutrientes agrícolas, químicos, metales pesados y demás patógenos provenientes de las descargas de aguas residuales domésticas, industriales y agropecuarias en las cuencas, ponen en riesgo el ecosistema de la cuenca y los arrecifes de coral.



Acciones:
El proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R) impulsa:

- Políticas hídricas que favorezcan el enfoque "de la cuenca al arrecife".
- Armonización de estándares de calidad de aguas residuales que drenan hacia el sistema arrecifal.
- Gestión de conocimiento en el manejo de plantas de tratamiento para impulsar buenas prácticas en los sectores doméstico, agrícola, industria y turismo para disminuir el impacto en los arrecifes de coral.

5. Las buenas prácticas en el cultivo de caña de azúcar

Las buenas prácticas agrícolas son todas aquellas medidas que se deben implementar en la producción de caña de azúcar y que tienen por objetivo asegurar que el alimento sea inocuo para el consumidor y al mismo tiempo incluyen las medidas para la protección del medio ambiente, la salud y la seguridad de los trabajadores y la mejora las condiciones laborales de todas las personas involucradas en la cadena de valor de la caña de azúcar.

Las medidas que pueden proponerse contribuirán a reducir o eliminar los riesgos de contaminación química, física y biológica del azúcar. Es importante cumplir con todos los aspectos legales contemplados en las Buenas Prácticas Agrícolas que se puedan describir, tanto en el contexto local como el de los países hacia los cuales se exporta el producto.

La importancia de las buenas prácticas radica, por un lado, en asegurar la sostenibilidad del negocio en el tiempo y que siga siendo fuente de trabajo y rentabilidad; y, por otra parte, cumplir con las crecientes exigencias por parte de los mayores compradores de azúcar y melaza a nivel mundial en relación al cumplimiento de condiciones laborales, trato justo, y protección de medio ambiente, así como las exigencias que aseguran la inocuidad de los alimentos.

En este contexto, la responsabilidad ambiental es clave, e incluye normativas para el manejo del agua superficial y subterránea, manejo de agroquímicos, manejo de vinaza y quema, manejo de aguas residuales, monitoreo de la calidad del aire, manejo de residuos sólidos y conservación de la biodiversidad.

Para la adaptación del cultivo de la caña de azúcar al cambio climático, se propone un modelo de adaptación planificada, que incluye dentro de su estrategia, los siguientes aspectos: sistema de información meteorológico y análisis climático, desarrollo de variedades de caña de azúcar, utilización de la biotecnología, uso óptimo de fertilizantes, uso eficiente del agua, manejo eficiente de efluentes del proceso de fábrica, manejo integrado de plagas y monitoreo y evaluación de sistemas. Este monitoreo incluye un sistema de información meteorológico, zonificación agroecológica, agricultura de precisión, análisis de productividad y eventos de transferencia de tecnología.



Ilustración 3. Ejemplos de buenas prácticas a implementar en la ecorregión

Buenas Prácticas en la Industria de la Agricultura

Cultivo de caña de azúcar y palma aceitera en la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano

El proyecto Manejo Integrado de la Cuenca al Arrecife de la Ecorregión del Arrecife Mesoamericano (MAR2R/CCAD/GEF-WWF) colabora con la difusión y capacitación de buenas prácticas en la agricultura, y con la realización de estudios de alto valor de conservación que contribuyan a cumplir principios, criterios, indicadores y estándares de la industria hacia una transformación social y sostenible.

Problemas

- Mano de obra infantil
- Ausencia de planes de manejo de plagas
- Uso no planificado de los cultivos
- Deforestación para ampliación de cultivos
- Erosión y degradación de suelos
- Manejo inadecuado del uso de agua
- Contaminación de aguas por nutrientes y productos químicos
- Práctica de quemas
- Mitigación de los impactos negativos en las comunidades

Buenas prácticas en agricultura

- Cultivo de palma aceitera
 - Minimización de la erosión y la degradación de suelos
 - Sistemas de riego por goteo
 - Reutilización de materiales para generar energía en plantas extractoras de aceites
 - Cumplimiento de normativas legales nacionales
 - Plan de salud ocupacional
 - Plan de manejo de plagas
 - Mejoras en la fertilidad del suelo
 - Gestión en la obtención de certificación internacional (RSPO)
- Cultivo de caña de azúcar
 - Evitar agroquímicos tipo IA, IB o listados en la Convención de Estocolmo
 - Plan de gestión en el uso de agua
 - Evitar la contaminación en aguas superficiales y subterráneas
 - Restauración de las riberas
 - Protección de cursos de agua y humedales
 - Gestión en el cumplimiento de la Certificación Internacional Bonsucro
 - Manejo en la disminución de desechos
 - Protección de las especies y hábitats con alto valor de conservación
 - Compromiso con la conservación de los recursos ambientales y la biodiversidad

6. Aspectos clave para la sostenibilidad

Manejo sostenible de tierras

Es un modelo de trabajo adaptable a las condiciones de un entorno específico, que permite el uso de los recursos disponibles en función de un desarrollo socio económico que garantice la satisfacción de las necesidades crecientes de la sociedad, el mantenimiento de las capacidades de los ecosistemas y de recuperación de distorsiones causadas por fuerzas externas, por el estrés continuo o por una perturbación mayor.

Gestión integral del recurso hídrico

La gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) constituye el paradigma actual de la gestión del agua a nivel mundial, haciéndose explícito en políticas nacionales para la gestión del agua a nivel global. La gestión integral del recurso hídrico busca orientar el desarrollo de políticas públicas en materia de recursos hídricos, a través de una conciliación entre el desarrollo económico y social y la protección de los ecosistemas. Este concepto ha evolucionado pasando por diversas etapas de desarrollo; sin embargo, sigue pendiente la elaboración de una propuesta universalmente consensuada de definición y conceptualización.

Mitigación al cambio climático

La mitigación del cambio climático se refiere a los esfuerzos para reducir o prevenir las emisiones de gases de efecto invernadero. Puede referirse al uso de nuevas tecnologías y energías renovables, al aumento en la eficiencia energética de equipos antiguos o el cambio en las prácticas de gestión o el comportamiento de los consumidores.

Las acciones de mitigación pueden ser tan complejas como un plan para una nueva ciudad, o tan simple como las mejoras en el diseño de una estufa.

Adaptación al cambio climático

La adaptación basada en los ecosistemas es una estrategia de adaptación al cambio climático que aprovecha las soluciones basadas en la naturaleza y los servicios de los ecosistemas. Por ejemplo, la protección de los hábitats costeros, como los manglares, proporciona defensas naturales contra las inundaciones; la reforestación puede frenar la desertificación y recargar las reservas de agua subterránea en tiempos de sequía; y las masas de agua, como los ríos y los lagos, proporcionan un drenaje natural para reducir las inundaciones.



2.

Consideraciones generales

**sobre la caña de azúcar,
su entorno climático
y sus características
para lograr
la producción
ambiental-sostenible**

La caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L.) es una gramínea originaria de Nueva Guinea; se cultivó por primera vez el Sureste Asiático y la India occidental. Alrededor de 327 A.C. era un cultivo importante en el subcontinente indio. A México llegó en la época de la conquista (1522 aprox.), fue así como la primera plantación se llevó a cabo en el estado de Veracruz, instalándose posteriormente los primeros ingenios azucareros en las partes cálidas del país como parte de la colonización.

Mediante el proceso de la fotosíntesis, la caña de azúcar produce carbohidratos, celulosa y otros materiales, siendo el más importante el jugo de sacarosa, el cual es extraído y cristalizado en los ingenios para formar azúcar y otras materias primas que pro-

ducen una amplia gama de derivados, entre los que se encuentra el etanol, mismo que se ha constituido como una fuente de energía alternativa sustentable.

Los principales subproductos de la industria azucarera son la melaza (miel incristalizable y el bagazo (fibra).

La melaza es la materia prima para la producción de alcohol y por lo tanto un insumo fundamental para la industria alcoholera. El bagazo excedente está siendo utilizado como materia prima en la industria del papel, además, la cogeneración de energía eléctrica usándolo como combustible en calderas para la mayoría de los Ingenios Azucareros (Romero et, al 2012).

1. Etimología

El nombre *Saccharum* deriva del griego sakcharon “azúcar”, otras palabras similares que hacen referencia a los cristales de azúcar proceden del sánscrito antiguo idioma hindú que la designa como “Sacrara”, en persa “Xacar” y en árabe “Sukkar”.

Sus propiedades originaron el término *officinarum*, epíteto latino que significa “vendido como hierba medicinal”.

La caña de azúcar tiende a incrementar sus demandas de producción, considerando las perspectivas macroeconómicas a nivel mundial, debido a que el mercado tiene altos requerimientos de azúcar y melaza para la producción agroindustrial.



2. ¿Que son los trópicos?

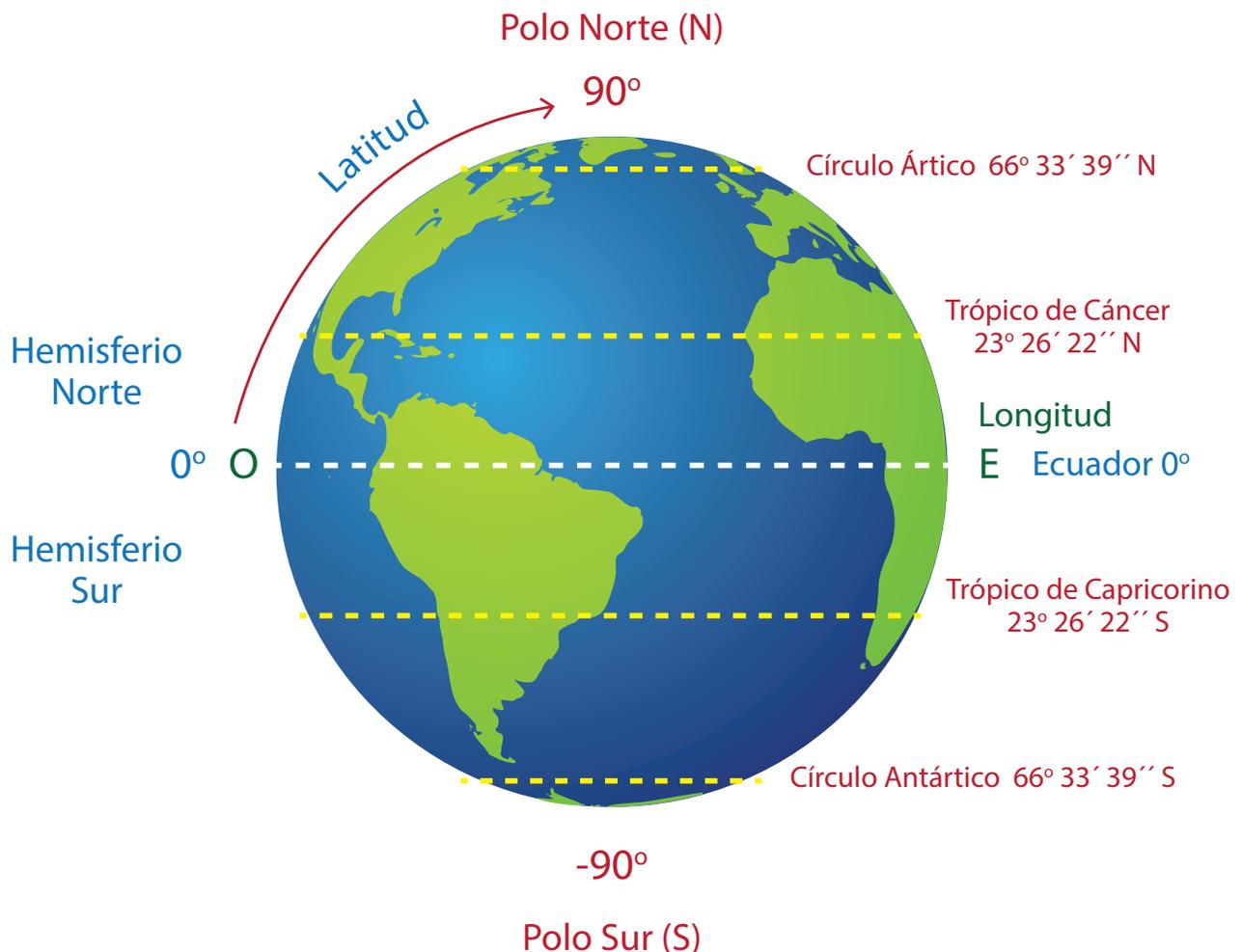
El Trópico de Cáncer y el Trópico de Capricornio son latitudes al norte y al sur del Ecuador. La latitud es una línea invisible que recorre la circunferencia de la Tierra (como un anillo). Estas líneas están expresadas en grados: las latitudes van de este a oeste y se describen por su posición al norte o al sur del ecuador, donde el ecuador es 0° y los polos norte y sur son 90°.

¿Que define el clima en los trópicos?

El clima se define por diferentes datos meteorológicos (temperatura, humedad, viento, presión, etc.). Las temperaturas y las precipitaciones son, pues, decisivas a este respecto y permiten definir grandes zonas climáticas.

El clima Tropical es el tipo de clima que se da entre los trópicos (Cáncer y Capricornio), hasta 14 grados de latitud norte y sur, y en el que la temperatura media mensual no baja de 18°C durante todo el año. Por definición, el clima tropical todavía se caracteriza por su humedad, que refuerza la sensación de calor. Así pues, son esencialmente las precipitaciones las que definen las estaciones del clima tropical. Otras características del clima tropical son los vientos casi permanentes (llamados vientos alisios), especialmente en las costas, y la vegetación de bosques medianamente densos, praderas y sabanas.

Ilustración 4. Importancia de los trópicos



Fuente <https://proyectoviajero.com/tropicos-cancer-capricornio/>

Tabla 1. Clasificación Climática de Köppen

GRUPO A	CLIMAS TROPICALES (Clasificación climática de Köppen) Húmedos, ningún mes con temperaturas medias inferiores a 18°C	
Af: Ecuatorial	Cálido y lluvioso todo el año, sin estaciones. Es el clima de la selva lluviosa.	Se da en el ecuador hasta los 10° de latitud, hasta los 25° en algunas costas orientales. Es el clima de la cuenca Amazónica, cuenca del Congo o parte de la zona Indo-malaya en Asia, el de la faja costera del Litoral Atlántico, desde Panamá hasta Cancún.
Am: Monzónico	Cálido todo el año, con una estación seca corta seguida por una húmeda con fuertes lluvias. Es el clima de los bosques monzónicos.	En el oeste de África y sobre todo en el sudeste asiático es donde mejor está representado este clima: Tailandia, Indonesia.
Aw: Sabana	Cálido todo el año, con estación seca. Es el clima propio de la sabana.	Este clima aparece conforme nos alejamos del ecuador, a continuación de la zona Af: Es el clima de Cuba, de amplias zonas de Brasil, del África tropical y de gran parte de la India, el de las llanuras de Campeche, Tabasco y Veracruz en México.

Fuente: <http://meteo.navarra.es/definiciones/koppen.cfm#:~:text=Divide%20los%20climas%20del%20mundo,subgrupo%20en%20tipos%20de%20clima>

Clasificación climática de Köppen

Creada inicialmente por el climatólogo alemán Wladimir Köppen en 1884 y revisada posteriormente por él mismo y por Rudolf Geiger, describe cada tipo de clima con una serie de letras, normalmente tres, que indican el comportamiento de las temperaturas y las precipitaciones. Es una de las clasificaciones climáticas más utilizadas debido a su generalidad y sencillez.

El sistema de Köppen se basa en que la vegetación natural tiene una clara relación con el clima, por lo que los límites entre un clima y otro se establecieron teniendo en cuenta la distribución de la vegetación. Los parámetros para determinar el clima de una zona son las temperaturas y precipitaciones medias anuales y mensuales, y la estacionalidad de la precipitación, se explica en la tabla 1.

¿Por qué es importante el clima en el cultivo de la caña de azúcar?

La caña de azúcar requiere altas temperaturas durante el período de crecimiento y bajas temperaturas durante el período de maduración. Mientras más grande sea la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas durante la maduración mayores serán las posibilidades de obtener jugos de alta pureza y un mayor rendimiento de azúcar.

Las temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo de este cultivo se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Temperaturas óptimas para diferentes etapas del desarrollo del cultivo de caña

ETAPAS DEL CULTIVO	TEMPERATURAS OPTIMAS
Germinación	32° C a 38° C
Macollamiento	32° C
Crecimiento	27° C
Maduración y Cosecha	32° C a 38° C

Fuente: Consultado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf>

La precipitación anual adecuada para este cultivo en Centroamérica y México es de 1.200 a 1.500 mm bien distribuida durante el período de crecimiento (nueve meses).

La caña necesita la mayor disponibilidad de agua en la etapa de crecimiento y desarrollo, durante el período de maduración esta cantidad debe reducirse, para restringir el crecimiento y lograr la concentración de sacarosa.

Los campos deben de tener un buen diseño del sistema de drenaje que permite evacuar rápidamente los excedentes de agua lluvia, durante el periodo de cosecha

3. ¿Cuáles son los requisitos del cultivo y la influencia de los distintos factores climáticos en la producción?

Requisitos de Cultivo

Los requisitos de cultivo para la caña de azúcar son variados, los mismos se resumen en la tabla 3.

Luminosidad

La luz es un elemento imprescindible para la fotosíntesis, una disminución en la intensidad de luz trae como consecuencia una disminución en la elaboración y almacenamiento de azúcares en el tallo. La caña alcanza valores de fijación de CO₂ elevados, lo que refleja su elevada capacidad fotosintética y alto punto de compensación. Su velocidad de fotosíntesis es cerca de dos o tres veces superior a la de las gramíneas C₃ lo que duplica su eficiencia en el uso del agua y su transpiración relativa una mayor adaptabilidad en condiciones de déficit de humedad o sequía De Souza Rolim, (2008) citado por Aguilar R., N (2009). En el follaje de la caña las primeras seis hojas superiores interceptan el 70% de la radiación y la tasa fotosintética de las hojas inferiores disminuye debido a la cobertura mutua.

Humedad

Larrahondo, J.E, (1995) menciona que cuando el contenido de humedad en el suelo es bajo, el crecimiento se reduce o cesa cuando se llega al punto de marchitamiento. Cuando el desarrollo de la planta se retarda, disminuye la demanda de azúcares y estos se almacenan en los tallos cuando se presentan lluvias extraordinarias o riego en la etapa de maduración la calidad de los jugos disminuye. Una precipitación total entre 1500 y 1800 mm es adecuada en los meses de crecimiento vegetativo, siempre que la distribución de luz sea apropiada y abundante. Sin embargo, la ocurrencia de lluvias intensas durante el período de maduración no es recomendable, porque produce una pobre calidad de jugo y favorece el crecimiento vegetativo.-.; además, dificulta las

operaciones de cosecha y transporte FAO, 2009, Dos amber, 2005, Hunsigi, 2001, Fogliata, 1995 citado por Aguilar R., N (2009). En condiciones adecuadas, el rendimiento se incrementa en proporción directa con la cantidad de agua disponible, y por cada 10 mm de agua utilizada se puede obtener alrededor de una tonelada de caña por hectárea, lo que influye directamente en las prácticas de manejo del cultivo. El contenido de humedad en el suelo tiene su impacto en la maduración ya que cuando decrece el contenido de humedad en la planta conduce a la conversión de los azúcares reductores en sacarosa.

Temperatura

Larrahondo, J.E, (1995) refiere a la temperatura como el factor que más influye en la maduración de la caña de azúcar ya que afecta la absorción de agua y nutrimentos por la planta limitando o acelerando su crecimiento y desarrollo. Larrahondo menciona que cuando la diferencia entre las temperaturas máximas y mínimas oscilan entre 11 y 12 °C se estimula el almacenamiento de sacarosa.

Floración

Es un cambio fisiológico en la caña de azúcar que con el tiempo da origen a una reducción progresiva en el rendimiento de sacarosa, Heinz (1987) menciona que un tallo en floración desencadena una serie de procesos y cambios fisiológicos en la planta que demandan un considerable gasto de energía almacenada como sacarosa, lo que su vez le resta capacidad como productora de azúcar.

La floración tiene impacto en el rendimiento de azúcar y en el peso cuando la floración ocurre en plantas jóvenes Larrahondo menciona que el rendimiento de azúcar puede incrementarse ya que al cesar el crecimiento del tallo por la formación del primordio floral se favorece la acumulación de sacarosa.

Tabla 3. Requisitos del cultivo de caña

Tipo de Suelo	Drenaje	MO	Topografía	PH	Altitud	Zona
Franco Arcilloso Franco arcilloso	Profundos y bien aireados	Alta	Plana y semiplana	5.5 – 7.5	50 hasta 1000 m.s.n.m	Tropical y Subtropical 35° N y 35° S

Consultado de: <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>

4. Morfología de la caña de azúcar

En la ilustración 5 se describe la morfología general de la caña.

Ilustración 5. Morfología de la caña de azúcar

MORFOLOGÍA DE LA CAÑA DE AZÚCAR

RAÍZ

Las raíces de la estaca original caracterizadas por ser muy delgadas, ramificadas con un periodo de vida de tres meses y las raíces permanentes procedentes de los nuevos brotes.



TALLO

Es el órgano más importante de la planta de caña de azúcar ya que es el lugar donde se almacena la sacarosa.



HOJAS

Se originan en los nudos del tallo distribuyéndose en forma alterna, formando dos hileras opuestas en un mismo plano. Cada hoja está formada por la lámina foliar y por la vaina o yagua



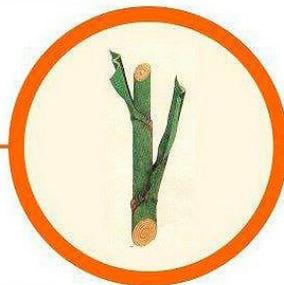
FLOR

Donde se insertan las espiguillas que contienen una flor hermafrodita con tres anteras y un ovario con dos estigmas



SEMILLA SEXUAL

En cada ovario hay un ovulo que una vez fertilizado da origen al fruto o cariósipide. El fruto es de forma ovalada de 0,5 mm de ancho y 1,5 mm de largo.



FUENTE: INFO AGRO

Fuente: <https://www.facebook.com/agrokrebs/photos/a.565875290563594/9701786>

Ilustración 6. Caña de azúcar con sus fases de cultivo



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Ciclo de vida, velocidad de crecimiento y particularidades fisiológicas de la caña de azúcar

En condiciones silvestres la caña de azúcar es una planta semiperenne, pero de manera comercial la planta ha sido mejorada genéticamente para su cultivo y adaptación a un amplio rango de condiciones climáticas, reduciendo su ciclo de vida entre 11 y 24 meses dependiendo de la variedad.

En relación con lo anterior, la caña de azúcar tiene cuatro fases dentro de su ciclo de cultivo: establecimiento, ahijamiento, crecimiento rápido, maduración y cosecha. Su conocimiento permitirá la planificación sincronizada de las diferentes labores del cultivo.

Fase de Establecimiento

El proceso de iniciación del crecimiento a partir de las yemas presentes en los tallos plantados es denominado germinación, está influenciado por la humedad, la temperatura

y aireación del suelo. Otros factores incluyen la humedad del esqueje, condición de la yema y la época de plantación. La germinación y emergencia puede tener una duración entre 30 y 60 días.

Ilustración 7. La fase de adaptación es importante para obtener superficies homogéneas del cultivo



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Ilustración 8. Un buen desarrollo y formación de macolla, permite obtener mayor cantidad de tallos para procesar



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Fase de Crecimiento Vegetativo, Amacollamiento o Ahijamiento

El ahijamiento o amacollamiento es el proceso de ramificación subterránea múltiple originado a partir de las articulaciones nodales del tallo primario dándole al cultivo un número de hojas activas adecuado, ver ilustración 8.

Se ha encontrado que factores como la variedad, la luz, la temperatura, el riego y prácticas de fertilización afectan el ahijamiento. De igual forma aspectos relacionados con el espaciamiento, fertilización y disponibilidad de agua puede afectar el proceso de ahijamiento que puede durar entre 50 y 90 días.

Fase de Crecimiento Rápido

La fase se caracteriza por el aumento de la biomasa y número de tallos por área. En esta etapa es fundamental disponer de una humedad óptima para el buen desarrollo del sistema radical que permita la absorción de los nutrientes. Los tallos presentan un crecimiento rápido con la formación de 4 o 5 nudos por mes, también se puede observar incremento de hojas, ver ilustración 9.

Entre los factores que pueden favorecer una mayor elongación de la caña se encuentran la presencia de condiciones climáticas de alta radiación, temperatura y humedad elevadas.

La duración de la fase de crecimiento rápido e incremento del rendimiento puede durar entre 180 y 230 días.

Ilustración 9. Crecimiento rápido, los tallos presentan 4 a 5 nudos



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Fase de Maduración

El proceso de maduración es un proceso metabólico durante el cual la planta suspende su crecimiento y comienza a almacenar en el tallo energía en forma de sacarosa. Este proceso puede ocurrir en un periodo que comprende entre 60 y 160 días, ocurre desde la base hacia el ápice, razón por la cual la parte basal contiene más azúcares que la parte superior.

Las condiciones óptimas para su maduración son: poca lluvia, abundante luminosidad y una elevada variación diaria de la temperatura. Dado que la maduración de la caña requiere de un bajo contenido de humedad del suelo el riego debe ser reducido.

Esta condición se puede realizar en las zonas cañeras del Pacífico, en cambio en las zonas cañeras del Atlántico durante el periodo de cosecha se dan condiciones lluviosas por lo que es importante contar con un buen diseño del sistema de drenaje que per-

mite evacuar rápidamente los excedentes de agua lluvia. Esta fase debe ser iniciada dos o tres meses antes de la cosecha para cultivos con ciclos de 11 meses y de 12 a 16 meses para aquellos que completan su ciclo entre 18 y 24 meses; en la ilustración 10 se muestra la maduración de la caña.

Ilustración 10. Tallos oscuros y presencia de hojas amarillas indica la maduración del cultivo de caña



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Resumen de la duración del ciclo de vida de la caña

En la tabla 4, se describe el resumen de duración de las diferentes fases del ciclo de vida de la caña

Tabla 4. Resumen de la duración de cada fase del ciclo de vida de la caña

Fase	Duración en días *
Establecimiento	30 - 60
Crecimiento vegetativo	50 -90
Crecimiento rápido	180 -230
maduración	60 -160
Total, ciclo	320 - 480
*Estimado para cañas de 11 – 18 meses de ciclo	

Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Efecto de madurantes no herbicidas en el cultivo de la caña de azúcar

El sistema de producción de la industria de azúcar depende fundamentalmente del proceso de maduración de la caña de azúcar (Deuber, 1988). Los madurantes, definidos como reguladores vegetales, son compuestos químicos capaces de alterar la morfología y la fisiología de la planta, pudiendo ocasionar modificaciones cualitativas y cuantitativas en la producción, los cuales posibilitan retardar o inhibir el desenvolvimiento vegetativo, incrementar la sacarosa, anticipar la maduración y aumentar la productividad de tallos y azúcar dentro de otros beneficios (Lavanholi et al., 2002; Almeida et al., 2003). (Memoria 10-11)

Aspectos sobre los parámetros y composición de la caña de azúcar

Algunos parámetros cualitativos para determinar la madurez de la caña son los grados Brix del jugo, el porcentaje de sacarosa o POL y la pureza aparente.

Grados Brix del Jugo

Los Grados Brix (°Brix) del Jugo de caña indican el contenido de sólidos solubles totales presentes en el jugo, expresados como porcentaje. Los grados Brix pueden ser medidos en el campo, en la misma plantación, utilizando un refractómetro manual. Para su determinación se deben perforar varias plantas en el campo y se colecta su jugo para formar una muestra compuesta que será analizada.

Sacarosa del Jugo

El porcentaje de sacarosa del jugo es el contenido real de azúcar de caña presente en el jugo. Se determina con equipos especiales para tal fin.

Coefficiente de Pureza

Se refiere al porcentaje de sacarosa respecto del contenido total de sólidos solubles del jugo. Una mayor pureza indica que existe un contenido mayor de sacarosa que de sólidos solubles en el jugo.

El porcentaje de pureza junto con el porcentaje de sacarosa ayuda a determinar la época de madurez correcta. Un cultivo de caña de azúcar está apto para la cosecha cuando ha alcanzado un mínimo de 16% de sacarosa y 85% de pureza.

$$\text{Porcentaje de Pureza} = (\% \text{ Sacarosa} / \text{HR } ^\circ\text{Brix}) * 100$$

Composición básica de la caña de azúcar

En la tabla 5, se muestra los componentes básicos de la caña de azúcar y otros componentes presentes en el jugo.

Tabla 5. Composición básica de la caña de azúcar

Componente	Porcentaje %
Agua	73 - 76 %
Sacarosa	8 - 15 %
Fibra	11 - 16 %
Glucosa	0,2 - 0,6 %
Fructosa	0,2 - 0,6 %
Sales	0,3 - 0,8 %
Ácidos orgánicos	0,1 - 0,8 %

Fuente: manual de Caña de Azúcar Spencer-Meade.

Taxonomía y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la caña de azúcar

Variedades de la Caña de Azúcar y requerimientos de siembra

Las variedades comerciales de caña de azúcar actualmente cultivadas son híbridos interespecíficos de *Saccharum officinarum* L., *Saccharum spontaneum* L y *Saccharum robustum* que sufrieron cruzamientos naturales que originaron un género muy diverso.

Existen variedades adaptadas a las condiciones agroecológicas particulares de cada país, pudiéndose encontrar, variedades que se cosechan a los 12 meses (variedades tempranas), 18 meses (variedades medianas) y 24 meses (variedades tardías).

Se ha determinado que la acumulación de sacarosa en el tallo depende además de la herencia a factores morfológicos, enzimáticos, ambientales, disponibilidad de agua e incidencia de enfermedades.

En las tablas 6 a 8 se muestra la diversidad de tipos de caña que se cultivan en la región norte de América (Estados Unidos y México), así como las variedades cultivadas en la región centroamericana y en Costa Rica, los porcentajes se relacionan al área total cultivada.

Tabla 6. Variedades de caña cultivadas en la región norte del continente

N°	EUA Florida	%	EUA Luisiana	%	México	%
1	CP 89-2143	15,7	HoCP 96-540	39	CP 72-2086	31,3
2	CP 00-1101	13,3	L 99-226	17	Mex 69-290	26,2
3	CP 88-1762	12,4	L 01-299	15	Mex 79-431	8,4
4	CP 96-1252	11,4	L 01-283	10	Mex 68-p-23	5,0
5	CL 88-4730	9,0	L 99-233	6	Mex 57-473	3,9
6	CP 01-1372	8,7	HoCP 00-950	4	RD 75-11	3,4
7	CP 80-1743	5,4	HoCP 04-838	3	SP 70-1284	1,9
Totales		75,9		94,0		80,1

Fuente: <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/hTWHpegbaVFEGwDKQczZbbCFxpLksqw>

Tabla 7. Principales variedades de caña sembradas en Centroamérica, excepto Costa Rica

#	Guatemala	%	El Salvador	%	Nicaragua	%	Honduras	%	Panamá *	%	Panamá **	%	Belice	%
1	CP 72-2086	33,3	CP 72-2086	53	CP 72-2086	53,3	CP 72-2086	37	SP 81-3250	48,5	B 76-249	34,8	B 79-474	66,7
2	CP 88-1165	20,6	Mex 79-431	19	CP 89-2143	18,0	Mex 69-290	33	SP 70-1284	33,3	BJ 72-62	13,8	B 52-298	11,8
3	CP 73-1547	14,4	CP 89-2143	6	CP 73-1547	13,0	Mex 79-431	10	CP 72-2086	8,1	RAGNAR	10,2	B 79-78	6,8
4	CG 98-78	5,3	CP 73-1547	6	CP 88-1165	7,2	CP 73-1547	9	CP 89-2143	2,3	BJ 83-140	6,4	Mex 69-290	3,6
5	Mex 79-431	5,1	CP 72-1210	4	Mex 79-431	3,4	CP 84-1198	6	Mex 79-431	0,74	B 74-125	4,2	CP 72-2086	2,3
6	CG 98-10	4,8	PR 87-2080	***	CP 00-1101	1,3	CB 38-22	5	CP 08-1030	0,73	SR 93-1418	4,1	RD 75-11	1,5
7	RB 73-2577	2,0	CP 84-1198	***	CP 70-321	0,13	---	--	CP 01-1372	0,69	B 87-09	3,8	BBZ 42-05	1,4
Total		85,5		88		96,3		100		94,4		77,4		94,1

* Central Alanje ** Azucarera Nacional

Fuente: <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/hTWHpegbaVFEGwDKQczZbbCFxpLksqw>

Tabla 8. Principales variedades cultivadas en Costa Rica - 2013

N°	Variedad	%	N°	Variedad	%
1	CP 72-2086	12,6	9	RB 86-7515	3,4
2	NA 56-42	12,0	10	B 80-689	3,1
3	B 82-333	10,0	11	B 76-259	2,2
4	CP 72-1210	8,2	12	H 77-4643	2,2
5	Mex 79-431	6,5	13	SP 81-2068	1,9
6	SP 81-3250	4,3	14	PR 80-2038	1,9
7	Q 96	4,1	15	SP 80-1284	1,9
8	NA 85-1602	3,4			
			Total		77,7

Fuente: <http://servicios.laica.co.cr/laica-cv-biblioteca/index.php/Library/download/hTWHpegbaVFEGwDKQczZbbCFxpLksqw>

Al revisar los datos se nota que existen diversas variedades de cultivo que varían acorde a la región y las condiciones de cada una, es relevante comentar, que en el caso de Guatemala¹, se están desarrollando variedades propias, como es el caso de la variedad CG02-163, lo cual permite mejorar la productividad y adaptabilidad a condiciones de clima, suelo y manejo, es importante esta demostración de procesos de investigación, que permiten adaptar las variedades a las condiciones propias del clima y la tierra disponible.

Las diferentes variedades que se siembran deben reunir una serie de características específicas, las cuales permitan mejorar la productividad y rendimiento, en la tabla 9 se resumen las principales características.

Tabla 9. Principales características para la selección de la variedad de caña

Principales características fundamentales	Características complementarias
Alta producción de caña por unidad superficie (ton/ha)	Bajo porcentaje de plantas volcadas o acamadas
Resistencia a plagas y enfermedades de importancia económica	Poca floración
Buena adaptación a diferentes ecosistemas	Resistencia a sequías
Jugos con alto contenido de sacarosa	Rendimiento en el corte
Alto porcentaje de extracción del jugo en el molino	

Fuente: Información adaptada de Revista Agrotendencia <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

¿Cuándo se debe cultivar la caña de azúcar?

La época a cultivar va a depender de la variedad que se seleccione en cuanto a la duración de su ciclo de vida. De manera general su siembra puede realizarse dos veces al año, de febrero a marzo; y de junio a julio.

¿Cómo se Cultiva la Caña de Azúcar?

La caña se propaga mediante la siembra de trozos de caña, de cada nudo sale un tallo, una vez plantada crece y acumula azúcar en su tallo, el cual se corta cuando esta maduro, separando los tallos inmaduros (mamones), así como los cogollos o puntas con baja concentración de sacarosa. La planta retoña varias veces y puede seguir siendo cosechada durante varios ciclos (6 – 8 años) dependiendo del manejo que se le proporcione.

En la tabla 10 se describe la densidad de siembra recomendada.

Tabla 10. Densidad de siembra recomendada para la caña de azúcar

Descripción	Recomendación
No de yemas por trozo	3
Densidad de siembra (yemas/3)	9-12
Longitud del surco (m)	100
Distancia entre surcos (m)	1,4
Numero de surcos por ha	71 surcos/ha

Fuente: elaboración propia

Trozos de Semilla

Los trozos o semillas son pedazos de tallos; para su propagación debe utilizarse siempre material fresco recién cortado, libre de plagas y enfermedades. Generalmente se usan trozos de cuatro yemas para la plantación, aunque en algunos lugares también se utilizan trozos de dos yemas.

Este tipo de siembra consiste en hacer los cortes necesarios con el objetivo de obtener un material vegetal de aproximadamente 60 cm de longitud, con mínimo de 3 a 4 yemas, agrupados en paquetes de 30 trozos. Posteriormente se procede a repartir los diferentes trozos distribuyéndolos en el surco. En la ilustración 11 se muestra un ejemplo.

¹ <https://www.azucar.com.gt/2021/05/07/por-primera-vez-una-variedad-de-cana-guatemalteca-lidera-en-la-agroindustria-azucarera/#:~:text=Por%20primera%20vez%20en%20la,Unidos%20que%20tiene%20el%2023.1%25.>

Ilustración 11. Ejemplo de trozos para siembra



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Asimismo, para siembras existen recomendaciones para optimizar la misma, en la tabla 10 se muestra una descripción de las recomendaciones de siembra por hectarea.

Las variedades a usar para semilla deben ser variedades tempranas que se cosechan a los 12 meses, pero deben ser cortados entre los 7 y 9 meses para ser llevados a campo.

Tabla 11. Cantidad de paquetes de caña de 30 trozos necesarios para plantar 1ha

Cantidad de paquetes de caña de 30 trozos necesario para plantar 1 ha		
Distancia entresurcos (m)	Longitud del surco (m)/paquete	
	10	12
No de paquetes*ha		
1,35	741	617
1,40	714	595
1,50	667	556
1,75	571	476

*paquetes de 30 trozos de 60 cm y 3 a 4 yemas
Fuente: Viveros y Calderón 1995

Semilleros

Para garantizar que la semilla tenga pureza varietal pueden utilizarse los semilleros; para su selección esta debe estar libre de plagas y enfermedades, tener un estado nutricional adecuado, una edad de corte y tamaño recomendados, con yemas funcionales.

Respuesta de la caña de azúcar a la aplicación del agua

La respuesta de la caña de azúcar a la aplicación del agua está determinada por la relación de los componentes: agua – suelo – caña de azúcar – atmósfera – océano, principalmente. El uso de agua para riego debe estar basada en el conocimiento de la interacción entre estos componentes; a la vez, éste conocimiento debe estar fundamentado por los resultados de la investigación y experimentación realizados en el área cañera.

La respuesta de la caña de azúcar al riego está determinada por una serie de factores, siendo los más determinantes (Castro, 2012):

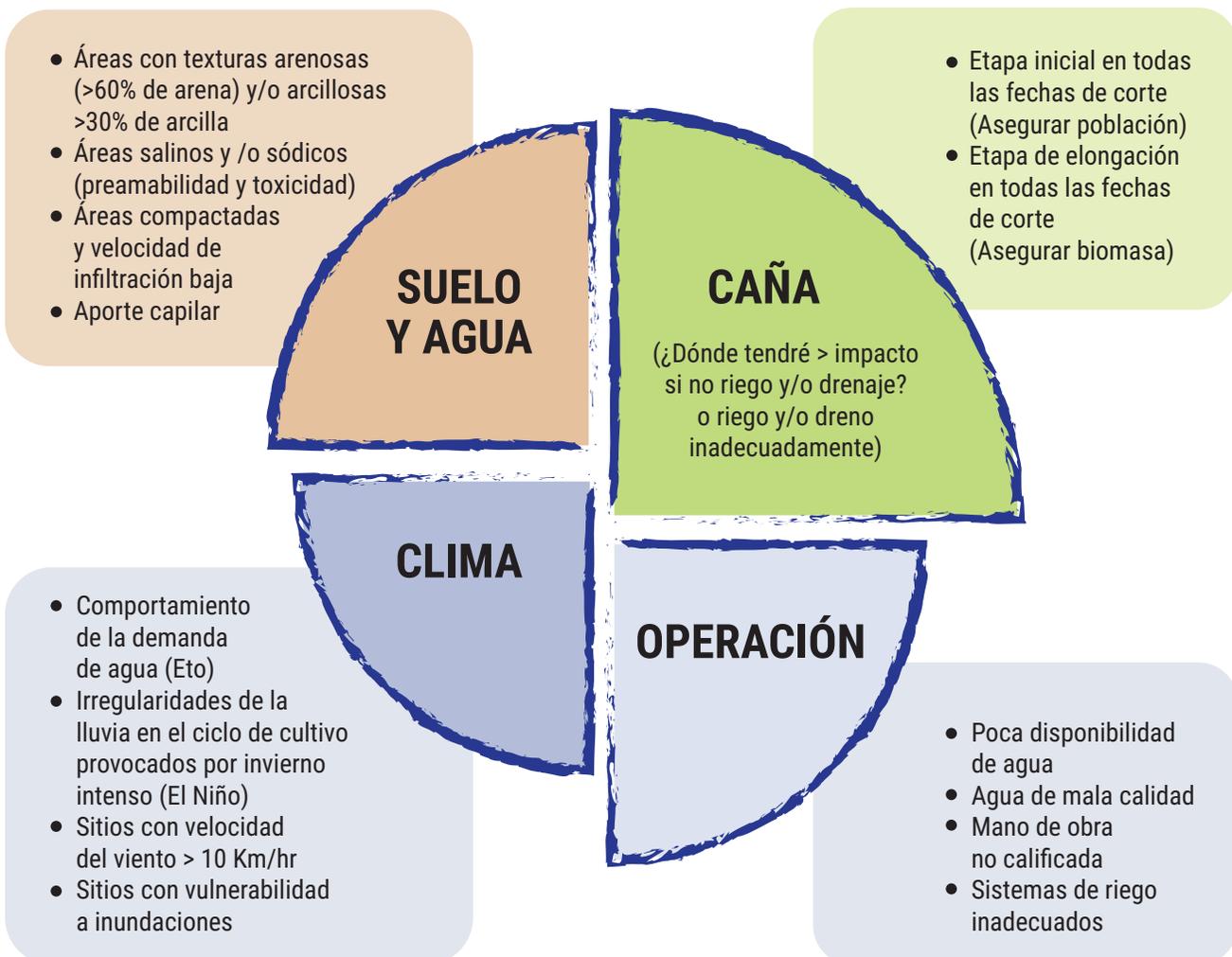
- **El estrato altitudinal:** de acuerdo a los experimentos realizados en el periodo de 1994 a 2016, las mejores respuestas se han encontrado en el rango de 10 a 200 msnm, rango en el cual el déficit promedio de agua anual se encuentra entre 700 a 1,200 mm.

- **Capacidad de los suelos de retener humedad:** los suelos con texturas arenosas (francos arenosos, arena franca y arenosa) y texturas arcillosas (franco arcilloso y arcilloso) presentan la mayor respuesta al riego, debido a su baja capacidad de retención de humedad.
- **Las etapas fenológicas:** durante las etapas de iniciación y elongación se obtiene la mayor respuesta al riego y se catalogan como las más críticas en cuanto a la aplicación del agua. El riego en la etapa de iniciación tiene como objetivo asegurar la población, mientras que en la etapa de elongación tiene como objetivo asegurar la biomasa.
- **El periodo de zafra:** la mejor respuesta se obtiene en el primer tercio de zafra debido a la mayor cantidad de días de déficit, luego en el tercer tercio de zafra, con los cortes o siembras que se realizan en meses mas secos, como abril, por ejemplo.
- **El tipo de operación de los sistemas de riego:** en este caso, los sistemas que operan con frecuencias, láminas y tiempo de riego libre son los que proporcionan las mejores respuestas a la aplicación del riego.

Factores críticos para priorizar el riego

Con base al conocimiento desarrollado en la relación: agua – suelo – caña de azúcar - océano - atmósfera, deberá priorizarse el riego, considerando factores críticos tal como los indicados en la ilustración 12, basados en las experiencias de la agroindustria guatemalteca.

Ilustración 12. Factores críticos a considerar para la priorización y adecuación de la tecnología del riego



5. Preparación del terreno

La existencia de óptimas condiciones en el campo es un requisito fundamental para el desarrollo y crecimiento de la caña de azúcar. Tiene como objetivo organizar y preparar correctamente el terreno de acuerdo con las características del sistema de riego y drenaje óptimo en relación con la pendiente.

La preparación del suelo puede realizarse de dos maneras: convencional o con labranza mínima.

Para evitar la compactación generada durante el periodo de cosecha es recomendable el uso de maquinaria y equipos con llantas de alta flotación, en la ilustración 13 se muestra un ejemplo.

El paso de maquinaria pesada desde siembra a cosecha, así como el transporte de la caña hacia los ingenios pueden deteriorar las condiciones físicas del suelo generando compactación, reducción del almacenaje, movimiento del aire y agua, originando una mayor resistencia mecánica para el crecimiento radicular y la dificultad de absorción de nutrientes aportados por el mismo suelo o por los fertilizantes.

La preparación profunda de suelo (ver ilustración 14 como ejemplo), antes de comenzar un nuevo ciclo de cultivo favorece una germinación adecuada de los esquejes, la emergencia de las plantas en el campo, promueve el desarrollo del sistema radicular de

las plantas debido a una mejor aireación y baja compactación, facilitando la absorción de agua y nutrientes favoreciendo así una mayor productividad.

Por otra parte, permite la incorporación de restos de cultivos anteriores y abonos orgánicos, destruye las malas hierbas, plagas y enfermedades. En general, este proceso facilita una adecuada actividad química y biológica en el suelo.

En general una preparación convencional para un suelo que ha sido cultivado por años, característicos de los suelos donde se cultiva **caña de azúcar**, podría incluir las siguientes actividades:

Subsoleo

Subsoleo o cincelado a una profundidad de 50 a 75 cm de la superficie del suelo, facilitando la penetración de raíces, mejorar la aireación, conservar la humedad y mejorar el drenaje interno.

Arado de disco

Las operaciones de labranza realizadas con implementos acoplados al tractor son las más apropiadas y rápidas. Cuando el suelo es duro, irregular y tiene macollas o cepas producto de la cosecha de la caña, es preferible utilizar un arado de discos dentados 36" para romper terrones. Si se desea invertir el suelo debe utilizarse un arado de vertedera.

Ilustración 13. Preparación de tierra usando maquinaria y equipo con llantas de alta flotación



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar>

Ilustración 14. Preparación profunda de suelo



Fuente: <https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Rastreo doble

Para reducir los terrones grandes dejados por el arado, esta labor debe realizarse con rastras de disco 28", una semana después, esperando una reducción de la humedad del campo para poder pulverizar el suelo y tener una mejor cobertura de la semilla de caña, favoreciendo su germinación.

Nivelación del Terreno

Permite darle al campo la forma planimétrica que facilite a mejor distribución del agua. Si los desniveles son muy fuertes se puede hacer surcos con curvas a nivel.

Surqueo

Se realiza inmediatamente al rastreo, la distancia entre surcos varía entre 1.4 a 1.5 m, con una profundidad entre 20 a 35 cm, esta labor deberá hacerse

a tempranas horas de la mañana e inmediatamente fertilizar al fondo del surco, depositar la semilla de caña y tajarla para evitar pérdidas de humedad (siembras de humedad).

Canales de Drenaje

Estos deben ser de mayor profundidad que los surcos, a lo largo de los bordes del campo y también dentro del campo, espaciados a intervalos regulares. Son especialmente importantes en zonas con altas pluviometría para drenar el exceso de agua durante la estación lluviosa.

Mientras que, en un sistema de mínima labranza, sobre abono verde se limpia el terreno pasando rolo cuchillo sobre la vegetación existente, 15 días antes de la siembra para permitir que la vegetación se seque.

6. Densidad y método de siembra del cultivo de la caña de azúcar

El tipo de siembra dependerá de la disponibilidad de semilla, puede ser en cadena doble, semi cadena, o cadena sencilla.

Con respecto a la profundidad de siembra esta oscila entre 20 a 35 cm, dependiendo de la textura del suelo, mientras más liviana es la misma puede alcanzarse profundidades entre 30 y 35 cm, pero a texturas más pesadas entre 20 y 30 cm, la semilla se tapa con 5 cm de suelo, lo que favorece la germinación, el establecimiento y el desarrollo temprano de las plantas.

La distancia entre surcos debe mantenerse entre 1,40 a 1,50 m en suelos arcillosos y de baja fertilidad y entre 1,50 y 1,75 m en suelos de alta fertilidad y 12 a 15 plantas por metro lineal.

Aporque

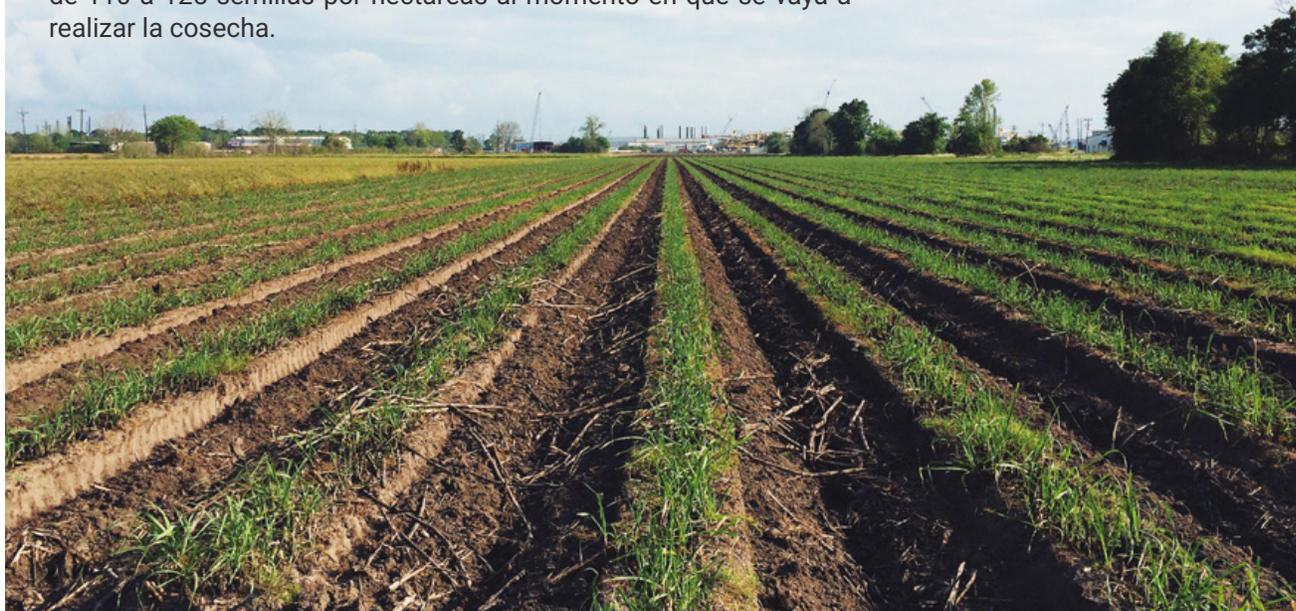
El aporque es un proceso que consiste en remover una pequeña cantidad de suelo a cada lado del surco y es colocada alrededor de la base de los tallos. Debe ser realizada a los 45 días después de la plantación, de esta manera se logra que el surco donde está plantada la caña se llene parcialmente.

Posteriormente a los 120 días se realiza el aporcamiento completo coincidiendo con el período de máxima población de retoños. En este proceso el suelo de la melga del medio es completamente removido y es colocado sobre las hileras de la caña a ambos lados. Puede hacerse manualmente o usando un tractor con cultivadora de discos.

Entre los beneficios aportados por esta técnica encontramos la formación de nuevos retoños, proporcionando mayor volumen de suelo para la proliferación de raíces, aireación del suelo y un mejor anclaje al cultivo.

7. Resiembra de caña de azúcar

El proceso de resiembra es utilizado con el fin de rehabilitar todas las zonas en los cuales quedaron espacios perdidos a causa de que las cepas y retoños han desaparecido. Se sugiere mantener un promedio de 110 a 125 semillas por hectáreas al momento en que se vaya a realizar la cosecha.



8. Riego y drenaje

El cultivo de caña de azúcar requiere de un suministro importante de agua durante las primeras fases del mismo que aseguren el óptimo desarrollo vegetativo de la planta y la acumulación de sacarosa de los tallos, por lo cual si las condiciones de precipitación en la zona no alcanzan los valores óptimos (promedio de 1500 mm al año) debe disponerse de un sistema de riego.

Los sistemas utilizados en caña de azúcar son: riego por surcos (también denominado por gravedad, riego por aspersión y por goteo. Sea cual sea el método escogido debe tenerse especial atención a reducir el suministro de agua cuando la planta inicie el periodo de maduración.

El exceso de humedad en el suelo crea condiciones ideales para la proliferación de malezas muy agresivas que compiten por agua, nutrientes, luz y espacio con la caña, afectando su crecimiento y su población.

Por otra parte, impide que la planta pueda absorber los nutrientes del suelo por las raíces perdiendo su potencial de crecimiento.

También influye en la no maduración de la caña generando un bajo nivel de producción de caña y de sacarosa.

Para las zonas planas donde la pendiente puede variar entre 4% y 6%, se realizan zanjos para el drenaje.

En aquellas donde predominan laderas con pendientes pronunciadas se construyen canales para el drenaje y el riego si son requeridos.



3. Prácticas generales en el cultivo de caña

1. Manejo de Plagas

El concepto de “Control Integrado” fue definido por Smith y Allen (1954) y por Bartlett (1956) como aquel sistema de control de plagas que combina e integra los métodos químicos, culturales, físicos, etológicos, genéticos y biológicos. Smith y Reynolds (1966) ampliaron y generalizaron este concepto indicando que el Control Integrado de Plagas es un sistema de manejo de poblaciones plaga, que utiliza todas las técnicas adecuadas en una forma compatible, para reducir dichas poblaciones y mantenerlas por debajo de niveles capaces de causar daño económico. Actualmente el Programa MIP CENGICAÑA promueve un enfoque de sistemas para reducir el daño por plagas a niveles tolerables mediante una diversidad de técnicas en donde se incluyen el uso de parasitoides, depredadores y hospedantes genéticamente resistentes, así como, el aprovechamiento de las modificaciones ambientales y el uso racional de los plaguicidas químicos, con el propósito de garantizar la sostenibilidad de la producción de caña de azúcar.

Muchas son las plagas que ocurren en el cultivo de caña de azúcar, pero en general, se han conformado cuatro grupos de importancia económica: chinche salivosa, barrenadores del tallo, plagas de la raíz y rata de campo. Con el apoyo del Comité de Manejo

Integrado de Plagas (CAÑAMIP) se ha logrado adaptar y transferir las estrategias básicas del manejo integrado encaminadas a reducir las pérdidas económicas. Las prácticas indicadas aquí no constituyen recetas sino opciones eficientes para su consideración, basadas en la comprensión de la bioecología y de estudios de pérdida, específicos para una especie y condición particular de manejo.

Chinche Salivosa (Homóptera: Cercopidae)

Aeneolamia postica y *Prosapia simulans* son las especies de importancia en el cultivo de caña de azúcar con 96 y 4 por ciento de abundancia, respectivamente. La chinche salivosa es un insecto con aparato bucal picador chupador que se alimenta del xilema de la caña de azúcar. Los huevos diapáusicos dan origen a la primera generación de ninfas de la plaga, lo que ocurre al inicio de la estación lluviosa de cada año. Tanto las ninfas como los adultos utilizan su estilete para elaborar túneles de alimentación que finalizan en los elementos del xilema. Es debido a la baja calidad nutritiva de la savia del xilema que su estado de ninfa se prolonga en al menos 30 días, formando una espuma alrededor de su cuerpo blando y per-

Ilustración 15. Ciclo biológico de la chinche salivosa



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>, Guía BPA CENGI pag.14

Ilustración 16. Adulto de chiche salivosa y destrucción de clorofila en las hojas, originando el síntoma de quemazón que se observa en la parte 3 de la ilustración



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Adultos de *Aeneolamia postica* y el proceso de daño foliar en caña de azúcar. Entomología CENGICAÑA

manejando localizadas en las raíces adventicias del cultivo, la descripción de su ciclo puede verse en la ilustración 15. Cuando alcanza el estado adulto migra hacia el follaje y al alimentarse introduce una sustancia tóxica que destruye e interfiere con la formación de clorofila se altera, tanto el desarrollo normal de la planta, como la acumulación de sacarosa, con efecto sobre el tonelaje de caña y producción de azúcar. Este síntoma de daño foliar, se conoce como quemazón y puede causar pérdidas de 2 a 4 t de azúcar/ha., en la ilustración 16 se muestra el efecto en la clorofila y el efecto “quemazón”

Prácticas sostenibles para el control de chiche salivosa

Prácticas mecanizadas para el control de huevos diapásicos, luego de la cosecha

Estas prácticas tienen como propósito fomentar la mortalidad de los huevos diapásicos mediante el uso de implementos de labranza para exponerlos a sol y a la alta temperatura del suelo, en los primeros 10 días después de realizado el corte.

- En cosecha manual/quemado es conveniente el paso del descarne o desaporque y luego combinarlo con el aporque temprano, la rastra sanitaria o el rodillo de púas (Lilliston), según la disponibilidad de equipo y experiencias de la labranza en cada finca.

Ilustración 17. Rastra sanitaria y Lilliston, para el control de huevos diapásicos de *Aeneolamia sp.*



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Ilustración 18. Desbasurado 2x1; descarne o desaporque y aporque temprano, Ingenio Pantaleón



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

- En cosecha es necesario, después del corte y con el residuo seco, realizar el desbasurado mecánico (2x1 o 0x1). En las calles y surcos libres de residuo se debe realizar un paso previo de descarne y posteriormente el paso de cualquiera de las opciones siguientes:
 - » Rastra sanitaria/Lilliston – ver ilustración 17
 - » Aporque temprano – ver ilustración 18
- Realizar el control químico, como un último recurso de control cuando las poblaciones sean altas, en focos de la plaga o campos completos, según el umbral de cada ingenio. Establecer un plan de una o máximo dos aplicaciones con productos sistémicos de la familia “Neonicotinoides”, por ciclo de la plaga.
- Observar todas las recomendaciones de seguridad para el personal operativo y las restricciones de no aplicar en poblados cercanos, fuentes de agua y otros cultivos vecinos a la caña de azúcar.

Control de ninfas en temporada de lluvia

En época de lluvia, es necesario realizar las siguientes acciones:

- Establecer un programa de monitoreo de la población de ninfas/tallo, para orientar las decisiones inmediatas de control.
- Priorizar el control de la primera generación de ninfas en el inicio del período de lluvias.
- Iniciar el control biológico con hongos entomopatógenos. Esta práctica es opcional y en especial para ingenios que tienen laboratorio, producen cepas virulentas a bajo costo y tienen experiencias sobre las áreas y condiciones en donde ha sido eficaz.
- Priorizar las aplicaciones terrestres sobre las aéreas

Control de la población de huevos diapáusicos en siembras de renovaciones

En estos casos es necesario tomar las siguientes consideraciones:

- Campos con antecedentes de alta infestación por chinche salivosa requieren un plan especial de preparación del suelo. Se debe incluir el doble paso de pulida y permitir 15 días de exposición al sol entre el surqueo y la nueva siembra de esquejes de caña.
- No destruir los huevos diapáusicos reducirá la vida útil del nuevo campo de caña ya que las infestaciones iniciarán de inmediato en el nuevo ciclo de cultivo.

Ilustración 19. Adulto y ninfas de *Saccharosydne saccharivora* y daño en el cultivo



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

El Saltón Coludo (Homóptera: *Delphacidae*)

Saccharosydne saccharivora, conocido como saltón coludo, es un insecto con aparato bucal picador-chupador. Su presencia provoca un daño directo por la alimentación de las colonias, debilitando el desarrollo de los brotes. Posteriormente, debido a la producción de melaza, ocurre daño indirecto por el desarrollo de fumagina (*Capnodium* spp.), interfiriendo con la fotosíntesis y la transpiración normal de las hojas (Guagliumi, 1962; Giraldo et al., 2004).

Estudios de CENGICAÑA-CAÑAMIP indican que la pérdida en peso de caña está estrechamente relacionada con la edad del cultivo, el momento en que ocurre la infestación y el tiempo transcurrido hasta realizar el control. Las pérdidas pueden variar en un rango de 13.1 (8.9 %) hasta 33.4 (22.7 %) toneladas métricas de caña por hectárea (TCH), siendo más grave cuanto más joven sea el cultivo y hasta los tres meses de edad. Plantaciones con edades mayores a 90 días después del corte son tolerantes al daño, con pérdidas poco significativas al momento de la cosecha.

Prácticas para el control del Saltón Coludo

- Establecer un sistema de monitoreo frecuente en cultivo de 0 a 3 meses, con antecedentes de presencia de este insecto en años anteriores.
- Planificar el control cuando la infestación supere el 40 por ciento de los brotes infestados.
- Aplicar una sola vez el insecticida sistémico a base de Imidacloprid.
- Revisar y controlar en los semilleros comerciales de caña.

Barrenadores del tallo en caña de azúcar (Lepidoptera: *Crambidae*)

Los barrenadores con importancia económica y mayor distribución geográfica corresponden al género *Diatraea*, principalmente *D. cramboides* (Grote) con 73 por ciento y *D. saccharalis* (Fabricius) con 27 por ciento de ocurrencia en la zona baja.

El daño es el resultado de la actividad alimenticia del estado larval que puede provocar la muerte del meristemo apical (corazón muerto) en la etapa de macollamiento, así como, por la construcción de galerías en las etapas fenológicas de elongación y maduración

Ilustración 20. Larva del barrenador y los síntomas del daño en caña de azúcar



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Se afecta la calidad de jugo ya que en las galerías prolifera el hongo *Calleotrichum falcatum*, responsable del muermo rojo causando reducciones en el Pol y brix, mientras que el porcentaje de fibra aumenta, en la ilustración 20 se muestra el gusano y los daños que provoca.

Según estudios de CENGICAÑA-CAÑAMIP el factor de pérdida se estima en 0.34 kg de azúcar por tonelada métrica, por cada uno por ciento de entrenudos dañados. Según Márquez *et al.*, (2014) los campos cosechados en el primer tercio de zafra tienen mayor probabilidad de daño en cosecha, debido a un incremento significativo del daño entre julio a noviembre.

Prácticas para el control de los barrenadores del tallo

- Mejorar el drenaje de los campos que han tenido antecedentes de alta infestación.
- Utilizar semilla sana en las siembras de renovación.
- Realizar el corte a ras del suelo, en la cosecha manual de los campos.
- El entesaque de larvas en macollamiento es una opción, basado en las experiencias y requerimientos definidos por el ingenio.
- El control biológico es una opción, con liberaciones de *Trichogramma* spp y/o *Cotesia flavipes*, en áreas de infestación de leve a moderada, considerando la distribución en puntos fijos y la dosis, según evaluaciones y experiencias en cada ingenio.

- Orientar las decisiones de control en la fase crítica de elongación-maduración de la caña, con base en los muestreos de campo y el modelo de la “curva de daño”
- Si es factible, aplicar un programa de control que priorice la aplicación terrestre para cubrir la biomasa del follaje, con alternancia de productos de tipo biológico (*Bacillus thuringiensis* y Virus de la Poliedrosis Nuclear); productos reguladores del crecimiento (Triflumuron, Novaluron, Tebufenozide) y como ultima opción el uso de productos químicos de acción específica para Lepidópteros a base de Clorraniliprol, Flubendiamida.



Complejo de plagas de la raíz

La abundancia relativa de los insectos que afectan la raíz depende de la altitud, número de socas y tipos de suelo. Los de mayor importancia se muestran en el Tabla 12.

Tabla 12. Insectos del complejo de plagas de la raíz que afectan el cultivo de caña de azúcar

Nombre	Géneros/especie	Síntomas
Gallina ciega	<i>Phyllophaga dasypoda</i> ; <i>Phyllophaga latipes</i> ; <i>Phyllophaga parvisetis</i> ; <i>Phyllophaga menestriesi</i> ; <i>Phyllophaga anolaminata</i>	Puntas secas, amarillamiento del follaje, secamiento y acame de macollas
Gusano alambre	<i>Dipropus spp</i> ; <i>Horistonotus spp</i> <i>Agrypnus spp</i> ; <i>Dilobitarsus spp</i>	Fallas en la germinación de la caña por daño a las yemas
Chinche hedionda	<i>Scaptocoris talpa</i>	Amarillamiento y retardo en el crecimiento
Termitas subterráneas	<i>Heterotermes convexinotatus</i> ; <i>Microcerotermes nr. Gracilis</i> ; <i>Amitermes beaumonti</i> ; <i>Nasutitermes Nigriceps</i>	Fallas en la germinación y perforación de tallos molederos de agosto hacia la cosecha
Ronrón cornudo	<i>Podischnus agenor</i>	Muerte de brotes en macollamiento y perforación de túneles en tallos en la etapa de elongación
Mayate negro	<i>Euetheola bidentata</i> Burmeister	Fallas en la germinación de las yemas en siembra de áreas nuevas con caña de azúcar

Fuente, adaptado de Guía BPA CENGICAÑA FINAL

Las principales plagas de insectos se comentan a continuación:

Gallina Ciega (Coleoptera: Scarabaeidae)

La mayoría de especies son de ciclo anual, con excepción de *P. parvisetis*, que es bianual. El ciclo de vida inicia con la emergencia de adultos y el proceso de oviposición en el suelo entre abril y mayo, para luego iniciar el desarrollo de tres instares larvales debajo de las raíces de la caña. La severidad del daño depende de muchos factores como la época crítica de ocurrencia en el cultivo, la especie y los niveles de infestación. Los síntomas externos incluyen retardo en el crecimiento, amarillamiento, puntas secas y susceptibilidad al acame, llegando a provocar pérdidas de hasta 0.62 t de caña/ha, por cada larva por metro cuadrado de incremento promedio en campo (Márquez *et al.*, 2005).

Prácticas para el control de la gallina ciega

- **Captura masiva con trampas de luz:** diseñar su distribución en campo en el período de mayor emergencia (abril-junio) con el propósito de reducir la ovoposición en los campos. Utilizar trampas tipo “trinchera” o bien, trampas especiales con luz LED. También está la opción de captura con personal de campo apoyado con focos o luz del tractor. La estrategia depende de la disponibilidad de recursos y la cercanía de los campos.
- **Uso de árboles trampa:** los linderos de los campos pueden sembrarse a propósito con arbustos de flamboyán (*Caesalpinia pulcherrima*), jocote jobo (*Spondias purpúrea*) y caulote (*Guazuma ulmifolia*) debido a la atracción alimenticia que ejerce sobre los adultos; luego, una vez detectados en estos arbustos, asperjarlos con un insecticida biodegradable.
- **Control de larvas:**
 - Establecer un sistema de monitoreo del desarrollo larval entre junio a agosto, para que sirvan de criterio para la toma de decisiones de control.

Ilustración 21. Estado larval y especímenes de adultos de las especies importantes en caña de azúcar



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf> Guía BPA CENGICAÑA FINAL JLQ

- Realizar el control químico cuando la densidad larval L2 sobrepase, en promedio, 25 larvas/m².
- Realizar control biológico con el uso de cepas nativas de *Metarhizium anisopliae*, cepas de *Beauveria* y nematodos entomopatógenos del género *Heterorhabditis*.
- Campos con evidente daño por gallina ciega y/o con densidades mayores de 25 larvas L3/m², deben programarse para el manejo del próximo ciclo de producción, mediante el paso de labranza (descarne-cultivadores) luego del corte de la caña.

Gusano Alambre (Coleoptera: *Elateridae*)

Estudios de dinámica poblacional efectuados por CENGICAÑA indican que el género *Dipropus* es el de mayor abundancia larval entre julio y septiembre, sin embargo, el efecto de altas poblaciones se observa en las siembras de renovación, como reducción de la germinación de las yemas, ver ilustración 22.

Prácticas para el control del Gusano Alambre

- **Control de adultos:** Los adultos emergen del suelo entre enero y abril. Pueden capturarse con las trampas de luz dependiendo de las densidades larvales encontradas en el campo.
- **Control de larvas en áreas de renovación:** Con poblaciones de larvas mayores de 10/m², antes de la siembra, es necesario el uso de un producto químico a base de Fipronil o Imidacloprid al fondo del surco.

Ilustración 22. Larvas del género *Dipropus* y variaciones en color de los adultos



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf> Guía BPA CENGICAÑA final jlq

Ilustración 23 Rata de campo y estrategias de control cultural-biológico



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
 Guía BPA CENGICAÑA

Roedores Plaga

Rata de campo (*Sigmodon hispidus*)

El hábitat original de esta especie se asocia con grandes áreas de pastizal, riveras de los ríos, áreas desmontadas o baldías y áreas de cultivos como maíz, arroz, sorgo y caña de azúcar. Su sobrevivencia está relacionada con áreas de extensa cobertura vegetal que le proporcionan alimento y refugio para sus actividades vitales.

En condiciones naturales la población se incrementa rápidamente debido a la alta capacidad reproductiva de la especie, consecuencia de su madurez sexual temprana (60 días), corto período de gestación (21-27 días), útero bicorne con capacidad de producir camadas de 5 hasta 12 crías y ciclos estrales continuos que permiten a la hembra entrar en celo un día después del parto.

El daño a los tallos es el resultado de su actividad alimenticia y de la necesidad de desgastar los incisivos, ya que le crecen continuamente. El factor de pérdidas es de 0.5 t caña/ha/1 % de tallos dañados, medido en la cosecha (Márquez *et al.*, 2002).

Prácticas para el control de la rata de campo

El manejo eficiente de la rata requiere de un enfoque preventivo que integre la mayoría de las siguientes acciones:

- **Control cultural-mecánico al momento de la cosecha:** es recomendado en campos con más del 30 % de captura en pre-cosecha. Consiste en ubicar personas en el contorno del lote, con instrumentos para golpear y matar a las ratas que se dispersan al momento de realizar la quema (cosecha manual) o bien detrás de la cosechadora (cosecha mecánica). Evita el problema de infestación hacia los campos vecinos.

- **Cebado de campos sujetos a la dispersión de la rata:** campos vecinos cuya cosecha sea tardía y que colindan con aquellos que tienen más de 30 por ciento de captura al momento de la cosecha, deben protegerse haciendo una barrera con cebo anticoagulante para la población que buscará un nuevo refugio. Revisar el consumo de cebo en cada punto de la barrera.
- **Monitoreo del daño en cosecha:** permite identificar campos con alta, media y baja infestación y priorizar las acciones de control preventivo para el nuevo ciclo de producción.

En el caso de alta infestación se deben establecer acciones de control cultural preventivo como las siguientes:

- **Control de malezas gramíneas en el contorno de los campos:** es deseable que el manejo incluya, para mediano y largo plazo, un programa de reforestación con árboles de rápido crecimiento y/o de efecto alelopático como bambú (*Bambusa* spp), leucaena (*Leucaena* spp), madre cacao (*Gliricidia sepium*), etc. También se podrá considerar en este manejo la siembra de leguminosas para abono verde como *Crotalaria* spp y *Canavalia* spp (para producción de semilla) o el crecimiento selectivo de malezas de hoja ancha que impidan el desarrollo de las gramíneas.
- **Control de malezas dentro y fuera del cultivo de caña:** consiste en la implementación de un programa de actividades para reducir la incidencia de malezas gramíneas mediante el uso de herbicidas, entresagues manuales, así como, pasos de rastra y/o chapeadora, en los linderos. El objetivo es reducir la fuente de proteína para hembras gestantes y la proliferación de los "hábitats fuente" que son sitios de refugio y alimentación de ratas en donde la tasa de natalidad sobrepasa a la de mortalidad.

Ilustración 24. Ejemplos de transectos con cajas a campo abierto, perchas para gavilanes y anidamiento de lechuzas



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>
Guía BPA CENGICANA FINAL JLQ

- **Fomento de los depredadores:** consiste en un sistema planificado de distribución de perchas o porterías con varas de bambu (preferiblemente) mayores de 3 metros de altura y a cada 200 metros, en quíneles, reservorios de agua y zanjones para el soporte de las aves rapaces (gavilanes, lechuzas, tecolotes). Si es factible, fomentar el anidamiento de lechuzas colocando nidos de apoyo, ver ilustración 24.
- **Sistema de monitoreo de la población:** agrupar lotes o pantes en “estratos”. Dentro de cada estrato se seleccionan entre 10-25 por ciento de los pantes para identificarlos como “lotes piloto” en donde se aplicará el procedimiento de muestreo de la población. Las estimaciones de la población servirán para aplicar el control, según el umbral establecido por cada ingenio. El porcentaje de captura puede determinarse con el uso de trampas tipo jaula, guillotina o bien con el uso de cebos, distribuyendo al menos 7 trampas/hectárea o bien 100 cebos por lote.
- **Control mecánico:** es opcional en campos con más del 30 por ciento de captura en el período de mayo-septiembre colocando 10-15 trampas de guillotina por hectárea. La captura se realiza por tres días seguidos.
- **Control químico (Rodenticidas):** el uso de cebos anticoagulantes de primera generación como Coumatetralilo es la opción más ecológica, práctica, eficiente y de bajo costo para reducir la población de ratas. Para mejorar la palatabilidad se recomienda adicionar pescado seco molido a los cebos.

2. Manejo de Enfermedades

En la caña de azúcar se han reportado más de 126 enfermedades en 109 países. Por ejemplo a nivel de Centroamérica, solo en el caso de Guatemala, 25 han sido identificadas; algunas de ellas son de carácter sistémico porque el patógeno causante se desarrolla dentro de los tejidos del tallo, hojas y raíces. Como la caña de azúcar se propaga en forma vegetativa, al utilizar trozos de tallo infectados con ese tipo de enfermedades, la transmisión a nuevos campos y el incremento de plantas infectadas se tornarán un problema importante. Debido a que la caña de azúcar es un cultivo de tipo perenne, ya que permanece por más de dos años en un campo, las plantaciones infectadas con patógenos sistémicos se mantendrán por varios años. Esos inconvenientes se reducen ampliamente si se cuenta con un sistema de producción de semilla de alta calidad, la cual incluye no sólo la sanidad sino también la pureza genética de la variedad.

Un factor importante de riesgo de enfermedades en el cultivo de la caña de azúcar es que se trata de un cultivo extensivo y, en la mayoría de los países productores, se tiende al cultivo de grandes áreas con una sola variedad. Por esa circunstancia, la llegada de un patógeno nuevo o de una variante nueva de un patógeno puede causar pérdidas severas. Esas pérdidas se agravan por el hecho de que es difícil lograr el cambio de una variedad por otra en un período corto de tiempo.

El panorama planteado apunta a que, en el cultivo de la caña de azúcar, la mejor práctica agrícola para el manejo de las enfermedades sea la prevención y esa prevención debe iniciarse evitando la llegada de material infectado de otros países.

Prácticas utilizadas para el control de enfermedades

Cuarentena de importación

Un sistema de cuarentena tiene como objetivo disminuir la probabilidad de introducir patógenos o variantes de patógenos no existentes en país puesto que las variedades de caña de azúcar utilizadas pueden ser susceptibles. Por tanto, es recomendable, que las buenas prácticas agrícolas contemplen un sistema de cuarentena de importación.

Un ejemplo del sistema de control de cuarentena de importación se utiliza en Guatemala, el cual tiene una duración de dos años. Conlleva una etapa de cuarentena cerrada, en un invernadero a prueba de insectos, de un año de duración y, otra etapa de cuarentena abierta, a 300 kilómetros de las áreas comerciales de caña del sur del país, la cual dura un año. Durante la etapa de cuarentena cerrada, las plantas en desarrollo son analizadas por métodos moleculares (Reacción en Cadena de la Polimerasa PCR) que permiten la detección de varios patógenos con mucha certeza.

En este sentido, en CENGICAÑA, para la obtención de variedades resistentes, el proceso se inicia con la selección de progenitores resistentes para las hibridaciones y continúa durante todo el proceso de selección, con evaluaciones de la resistencia de los materiales en cada estado de selección. El método culmina con la inoculación artificial de las variedades avanzadas, con los microorganismos que causan las enfermedades más importantes en Guatemala. Todo ese trabajo de selección para resistencia a enfermedades permite que las nuevas variedades puedan ser cultivadas sin aplicaciones de agroquímicos para el control de enfermedades y por lo tanto, no se corren riesgos de contaminaciones del ambiente.

De las 25 enfermedades de la caña de azúcar identificadas en Guatemala, solamente una no se maneja con resistencia genética por razones de escasez de progenitores resistentes y por no contar con una metodología adecuada de evaluación de la resistencia.

Tratamiento hidrotérmico de la semilla de caña de azúcar

Ciertas enfermedades no pueden manejarse con modificaciones y resistencia genética, en este sentido se hace necesario sistemas alternativos, un caso, por ejemplo, es el raquitismo de las socas, enfermedad causada por la bacteria *Leifsonia xyli* para la cual se recomiendan dos tratamientos:

- Tratamiento por inmersión en agua caliente a 51°C por 10 minutos, seguido por reposo fuera del agua durante 8 a 12 horas y finalmente, inmersión en agua caliente a 51°C por una hora;
- Inmersión en agua caliente a 52°C por 30 minutos.

En ambos casos se deben usar trozos de semilla con una o dos yemas.

Se ha demostrado que cualquiera de los tratamientos descritos es capaz de disminuir la cantidad de células de *L.xyli* hasta niveles no detectables, pero con el tratamiento a 52°C por 30 minutos puede ocurrir mayor pérdida de germinación de las yemas.

Por otra parte, la escaldadura foliar (*Xanthomonas albilineans*) algunas variedades con potencial alto de producción que han presentado infecciones limitadas (menores que cinco por ciento) se sigue utilizando con éxito, el tratamiento hidrotérmico adecuado para eliminar las infecciones, el cual consiste en la inmersión de los trozos de semilla en una corriente de agua a temperatura ambiente por 48 horas, seguido de inmersión en agua a 50 °C por tres horas (Steindl, 1971; Frison and Putter, 1993).

Cuando hay antecedentes de pudrición de los trozos de semilla por infecciones con hongos del suelo o infestaciones con termitas, es conveniente que después del tratamiento con agua caliente se protejan los cortes, haciendo inmersión en fungicida (Carboxín+Captán) a 25 gramos por galón, y de insecticida (Fipronil) a 1 cc por litro de mezcla durante dos minutos (Azañón et al., 2005). Es importante insistir en que la inmersión en el fungicida e insecticida sólo se recomienda si han ocurrido problemas en siembras anteriores en las áreas utilizadas. Esta recomendación también se hace para disminuir o eliminar el uso de agroquímicos en el cultivo de la caña de azúcar.



Uso de semilla de alta calidad

El uso de semilla de alta calidad para la siembra aumenta considerablemente la probabilidad de la maximización de la producción final de caña y azúcar. La semilla debe reunir diferentes características, como la calidad genética (pureza varietal), sanitaria (libre de enfermedades y plagas), física (vigor del tallo, sin daños mecánicos, contaminantes y otros) y fisiológica (Tarenti, 2004).

Para la calidad fisiológica se toma en cuenta la edad de la semilla, yemas en buen estado y con buen poder germinativo y tiempo entre el corte y siembra. Estos elementos tienen que ser considerados en todo el proceso de producción de los semilleros, en donde al final se evalúan para definir si cumplen con los requisitos necesarios para su uso, en este sentido, por ejemplo, en Guatemala, CENGICAÑA sugiere los límites máximos que se detallan en la tabla 13.

Tabla 13. Límites máximos permisibles según categoría de semillero recomendados para semillas en Guatemala

CRITERIOS	Categoría de semillero		
	Básico	Semicomercial	Comercial
Pureza genética *	99	99	99
Raquitismo de las socas *	< 2	< 2	< 4
Carbón *	0	0	0
Escaldadura *	< 2	< 2	< 4
Roya Marrón **	< 10/5	< 10/5	< 10/5
Roya Naranja **	< 10/5	< 10/5	< 10/5
Mosaico *	<1	< 5	< 5

* Porcentaje; ** Incidencia/severidad

Fuente: CENGICAÑA, Guatemala (<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>)

Uso de pocas variedades²

Los centros de investigación de caña de azúcar alrededor del mundo recomiendan limitar el cultivo de una variedad a proporciones que varían entre 20 y 30 por ciento del total de área sembrada con caña de azúcar. Sin embargo, la experiencia muestra que una variedad exitosa por su buena adaptación, producción, resistencia a enfermedades y resistencia a otros factores como al tratamiento hidrotérmico y al deterioro por retrasos en el corte, alce y transporte, puede extenderse a áreas que superan, muchas veces, el 70 u 80 por ciento del total de área con caña de azúcar. Aunque esa situación permite obtener mayores ganancias por las altas producciones con un manejo más sencillo, también pone en riesgo la estabilidad de la producción, pues la posibilidad de la ocurrencia de una enfermedad nueva o de la llegada de una raza nueva de un patógeno se ve incrementada. Si eso ocurre, las pérdidas serán

severas durante un período de 3 a 4 años, tiempo necesario para cambiar la variedad por otra resistente, si es que se cuenta con ella. Por ello, por ejemplo, en Guatemala se recomienda limitar la siembra de una variedad hasta en el 20 por ciento del área, tomando en cuenta que esa es la proporción que se renueva normalmente cada año. Eso permitiría que, de ser necesario, una variedad pueda ser cambiada por otra en un año y sin complicaciones relacionadas con la obtención de semilla de buena calidad.

² http://www.inta.gov.ar/sanluis/info/documentos/Semillas/Cal_semillas.htm



3. Manejo de Malezas

Las malezas y su manejo son problemas que se presentan en todos los tipos de cultivos, en la producción de caña las buenas prácticas de manejo en el control de malezas son entendidas como todas las actividades y controles que se implementan para el manejo de factores críticos relacionados a su control y que inciden en el incremento de la productividad, la inocuidad del producto, la protección del medio ambiente y la seguridad de las personas, ya sea las involucradas directamente en el proceso, como en la de colaboradores, vecinos y consumidores finales del producto; todo ello, de una manera sustentable. Ante lo anterior según Turner (2011) el gobierno, empresas de agroquímicos, organizaciones No gubernamentales han jugado un rol en el mejoramiento del valor de los agroquímicos y uso seguro por las principales regulaciones y guías que cubren todos los aspectos de fabricación y uso (CropLife International, FAO 2006, Convención de Estocolmo, Basilea y Rotterdam)

Un esquema efectivo de control de malezas requiere la aplicación de un programa adecuado, el cual relaciona la rentabilidad con las exigencias nacionales e internacionales, tanto relacionadas a los límites máximos de residuos permitidos (LMR) y la aplicación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en la ilustración 25 se describe un esquema propuesto por la FAO.

Lineamientos generales para implementar prácticas para el control de malezas

Los lineamientos generales que se deben tomar en cuenta para garantizar el correcto control de malezas, son los siguientes:

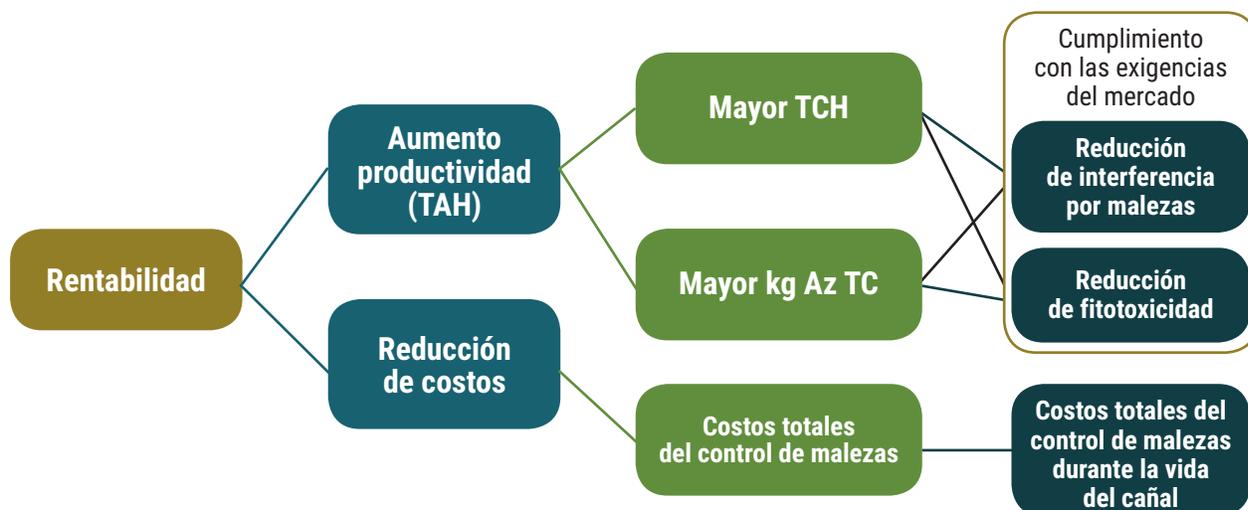
Objetivo de aplicación

Toda labor que se enfoca en el control de la maleza debe estar en el contexto de manejar las poblaciones (semilla y plantas) de especies distintas a la caña de azúcar dentro del área de cultivo y alrededor de éste, y que representan una merma en la productividad, ya que las malezas presentan competencia por luz, agua y nutrientes, por lo tanto es importante determinar la época de control de malezas y el efecto sobre la producción de caña de azúcar (Meyer *et al.*, 2011).

Análisis de impacto y riesgo

Se deben identificar los tipos de riesgos y los posibles impactos causados por las aplicaciones de herbicidas en las áreas de producción. Es importante considerar los posibles efectos contaminantes sobre las fuentes de agua, daño a cultivos vecinos, comunidades y otras áreas de producción de caña (Smith *et al.*, 2014).

Ilustración 25. Esquema de implementación de un programa de control de malezas relacionado con la rentabilidad



Fuente: FAO

Tipos de estrategias de control

El plan de control de malezas debe estar compuesto por tres o más estrategias: el control mecánico, el manual, el químico y el no químico o físico (Turner 2011). La aplicación de estos enfoques debe estar basados en el momento de la aparición de la maleza y la fenología del cultivo. Los controles mecánicos se deben de implementar en lo posible, debido a su bajo impacto y nulo efecto toxicológico.

El plan de manejo debe considerar áreas a controlar, tipos de controles y cantidad de los mismos a lo largo del ciclo de cultivo, insumos utilizados para cada control y edad del cultivo del momento de realización de cada control. Es importante, considerar los históricos del plan de control de malezas ejecutados, en años anteriores, como mínimo dos años atrás. Para el control químico se recomienda rotar moléculas de acuerdo a los mecanismos de acción de los ingredientes activos, de preferencia cada dos años, para evitar posible presión de selección sobre las malezas, evitando resistencia de las mismas. Para el caso del uso de herbicidas sobre residuos agrícolas de cosecha (RAC), es importante considerar que el RAC es un buen herbicida natural que controla malezas a determina cantidad en el suelo con una distribución uniforme (Turner, 2011), ya que se reporta reducción de costos y de riego (Nuñez y Spaans, 2007).

Consideraciones para el manejo de los herbicidas y agroquímicos

De acuerdo con Turner (2011) las buenas prácticas agrícolas en relación al uso de agroquímicos es asegurar el cumplimiento con las últimas normas aceptadas internacionalmente y cumplir con los convenios internacionales. Esas normas cubren un amplio rango de aspectos desde registros, fabricación, empaque, transporte, almacenamiento y aplicación de productos, la eliminación de envases y productos obsoletos (FAO, 2006, Croplife, 2010).

Elaboración de mezcla química

Selección de los productos: las mezclas de productos a aplicar para el control químico de malezas, deben ser definidas por un técnico calificado en el manejo de agroquímicos y control de malezas. Se deben seleccionar los productos, definir las dosis por hectárea, el volumen de agua a aplicar en la mezcla, el tipo de método de aplicación (manual, presión constante, equipo mecanizado, mecanizado aéreo, etc.) y el momento oportuno de aplicación respecto a la fenología de la maleza (Turner, 2011)

Caracterización de malezas

los productos a utilizar en la mezcla se deben seleccionar en base a un estudio de identificación de malezas. Contar con esa información será útil para tener idea del banco de semillas presente en el área, así como, para el reconocimiento "in situ" de las especies de malezas emergidas.

Seguridad

los productos a utilizar deben ser seguros para el aplicador, a quien se le debe proveer el equipo de protección y de condiciones adecuadas durante la elaboración de la mezcla y la aplicación. Deben elegirse los productos menos peligrosos y descartar de inmediato, aquellos cuya etiqueta indique que no deben mezclarse. Se recomienda utilizar procedimientos de trabajo, equipos y materiales que permitan evitar o reducir al mínimo el derrame o difusión de los productos al ambiente.

Residualidad

se debe evitar la utilización de productos de alta residualidad en el suelo y en la planta, de tal manera que no comprometa la producción del ciclo actual y de los futuros, es decir, sin exceder la cantidad de residuos permitidos por los mercados a los que se atiende (LMR).

Trazabilidad

se debe contar con un inventario detallado y trazabilidad de los productos aplicados en campo desde la elaboración de la requisición, donde de forma mínima se documente la cantidad de producto despachado en bodega, el nombre del producto, la cantidad total utilizada en la mezcla, la dosis definida (por hectárea), el área y la fecha de aplicación, así como, la cantidad de producto que retorna a bodega.

Consideraciones para el almacenamiento la mezcla y llenado

- Las áreas deben contar con las instalaciones mínimas para el manejo adecuado de los productos agroquímicos, de los envases vacíos generados así como para la contención de derrames. Lo anterior debe de ser cumplido en bodegas de almacenamiento, áreas de trasiego y mezclas.
- A los envases vacíos se les deberá aplicar el procedimiento de triple lavado y perforado, luego se deberá avisar al proveedor para que proceda a retirar los
- Las áreas designadas para la realización de las mezclas deberán cumplir con los requisitos siguientes:

- » Su localización y diseño debe estar sustentada en base a un análisis de peligros de contaminación.
 - » Debe asegurarse que los derrames y líquidos derivados de la misma no representen un riesgo de contaminación al manto freático, por lixiviación o escurrimiento.
 - » Separadas al menos 15 m de fuentes de agua.
 - » Con materiales y fosa de contención y retención de derrames.
 - » Provisto de materiales para contener derrames durante su uso.
- En las bodegas se deben asignar espacios para el almacenamiento de sustancias agroquímicas, que cumplan con condiciones de sombra, ventilación y seguridad adecuadas. No se debe permitir el almacenamiento conjunto de plaguicidas y fertilizantes. Se requiere además, señalar debidamente las áreas con productos diferentes (Turner, 2011).

Preparación de las mezclas:

- Se debe evitar la medición de los productos en campo y la volatilización de productos con formulación granulada y en polvo.
- Preferir herbicidas con bolsas hidrosolubles.
- El orden de mezcla debe estar basado en la solubilidad del producto, según su formulación. Si se utiliza algún corrector de pH del agua, éste debe ser primero, seguido de los herbicidas del menos al más soluble y por último los coadyuvantes.

Transporte de agroquímicos a campo:

- Se debe cumplir con las normas de seguridad para el personal que realiza el traslado de los agroquímicos al campo. Es necesario establecer un procedimiento en caso existan derrames, con el propósito de evitar la contaminación y la exposición del personal a los productos. De preferencia, deben trasladarse al campo las mezclas ya preparadas en un tanque matriz, listas para su aplicación. Evitar realizar las mezclas en campo (Turner, 2011).

Manejo de sobrantes o residuos:

Se debe contar con áreas o barbechos para la eliminación de sobrantes. Los requisitos sobre la localización de estas áreas son:

- Fuera del área productiva.
- No cercano a fuentes de agua (no menor a 50 m en línea recta).
- No ubicarlo en la misma dirección de la pendiente hacia las fuentes de agua.
- No ubicarlo en áreas de cultivo, caminos, áreas de pastoreo u otras zonas que pueda afectar la salud de las personas por vía directa e indirecta.
- Estar protegido contra el ingreso de animales domésticos y silvestres.

Consideraciones en la aplicación de herbicidas

- **Calibración:** es necesario realizar la calibración del equipo de aplicación seleccionado con una periodicidad prudente, al menos una vez por semana. Si se realiza una reparación, limpieza o servicio al equipo, éste se debe calibrar nuevamente antes de ser utilizado (Turner, 2011).
- **Homogeneidad de mezcla:** se recomienda utilizar agua de buena calidad para la aplicación. La mezcla debe agitarse constantemente para garantizar la homogeneidad de la misma. En equipos mecanizados, utilizar siempre el agitador de tanque (Turner, 2011).
- **Boquillas y goteos:** una boquilla adecuada para la aplicación es aquella que no tiene más del 10 por ciento de variación respecto a la descarga indicada por el fabricante. Cualquier equipo de aplicación no debe presentar goteos o patrones de aplicaciones irregulares por taponamientos u obstrucciones (Turner, 2011).
- **Condiciones de aplicación:** en la tabla 14 se muestran las condiciones adecuadas para evitar la deriva durante la aplicación.

Tabla 14. Condiciones ideales para la aplicación de herbicidas

Variable	Indicador
Temperatura	No mayor a 32 grados <i>Celsius</i>
Humedad relativa	No menor a 60%
Velocidad del viento	Menos o igual a 7 km/hora

Fuente: adaptado de Guía BPA CENGICAÑA FINAL

- **Aspectos de Mantenimiento:** Para mantener el equipo de aplicación en óptimas condiciones se recomienda lo siguiente de acuerdo con Turner (2011):
 - Antes de iniciar cualquier aplicación de plaguicidas debe verificarse el correcto funcionamiento del equipo mediante una prueba inicial realizada solo con agua.
 - Mantener el equipo de aspersión en buen estado, verificando que no existan goteos o escapes y previniendo la corrosión.
 - Después de una aplicación lavar el equipo con detergente.

Otras consideraciones relevantes para el manejo de agroquímicos

Como se indicó anteriormente, las buenas prácticas en el manejo de agroquímicos se refieren a todas las actividades y controles que se implementan en base a la detección de factores críticos y que influyen en la actividad de aplicación de agroquímicos, con el fin de garantizar los resultados esperados de productividad, inocuidad del producto final, la protección del medio ambiente y personas (colaboradores, vecinos y consumidores finales del producto).

En general para el manejo seguro de agroquímicos se deben tomar en cuenta varios aspectos:

- Listar un número de pasos a seguir para reducir los riesgos de intoxicación o contaminación al ambiente cuando se manipula, diluye, aplica y almacenan agroquímicos
- Entrenar al personal en la vía correcta para la manipulación y aplicación de agroquímicos. Este es el paso más importante para prevenir intoxicación de los trabajadores.
- Evitar el uso de agroquímicos que están fuera del listado de Organismo Mundial de la Salud, clasificados como agroquímicos peligrosos clase 1a y 1b y peligrosos clase II.
- Uso de agroquímicos fabricados con licencia o permisos, registrados y aprobados por la autoridad apropiada y en concordancia con la Organización de Agricultura y Alimentación (FAO) y el código Internacional de conducta sobre la distribución y uso de pesticidas.

- Seleccionar la tecnología de aplicación y prácticas diseñadas para reducir la deriva no intencionada o contaminación de fuentes hídricas.
- Mantener el equipo calibrado para la aplicación de agroquímicos en acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Establecer zonas buffer sin aplicar o franjas de fuentes de aguas para ayudar a proteger los recursos hídricos.
- Almacenar agroquímicos en su empaque original, en condiciones frescas en ambientes aireados bajo condiciones seguras identificadas y con señales con acceso limitado a personas autorizadas. No debe haber comida animal o humano cerca del área de almacenamiento. El área debe estar diseñada con los recursos necesarios para evitar contaminación a suelo y fuentes de agua.
- Mezclas o transporte de agroquímicos deberán ser realizadas por personal entrenado, en áreas ventiladas y usando contenedores diseñados y exclusivos para este propósito.
- Comprar agroquímicos que puedan ser utilizados en su momento, haciendo una rotación quien llega primero deber ser utilizado primero y que no se vuelvan obsoletos, caso ocurra se deberá seguir los lineamientos para su eliminación.
- Colectar agua con detergente de la limpieza del equipo para su reusó (limpieza de pesticidas idénticos)
- Asegurar el uso de ropa de protección durante la aplicación de agroquímicos
- Mantener datos de uso y eficacia de los agroquímicos.

Aspectos relacionados al cumplimiento con la legislación nacional

Autorización nacional y específica de agroquímicos al cultivo

Se debe cumplir respecto al uso de agroquímicos permitidos para uso específico en caña de azúcar, con registro vigente en el departamento de normas y regulaciones de la autoridad competente de su país. Por lo tanto, es importante que todos los productos utilizados previamente hayan realizado las pruebas de eficacia como cumplimiento de la ley nacional, así como la seguridad del uso del agroquímico lo cual debe ser presentada en la etiqueta del producto (Turner, 2011).

Seguimiento de recomendaciones técnicas del producto

No se debe utilizar ningún producto prohibido en el marco de la legislación nacional y todo producto utilizado se basará en las recomendaciones técnicas de la ficha técnica del producto.

Equipo de seguridad

Se debe proporcionar a todo el personal relacionado con la manipulación y aplicación de agroquímicos, el equipo necesario para garantizar su seguridad física y salud (Turner, 2011).

Aspectos relacionados a la dosificación correcta en base a los límites máximos de residuos (Lmrs) permitidos por el mercado

Estimación de la producción y dosificación en base a biomasa (exclusivo de madurantes)

En la agroindustria se realizan los cálculos de dosificación de agroquímicos, en base a estimaciones previas de rendimiento (toneladas de caña por hectárea, en el caso específico de madurantes), considerando la relación de ingrediente activo que el cultivo es capaz de metabolizar sin presentar niveles por arriba de lo permitido por estándares internacionales (Unión Europea). Las dosis de agroquímico se expresan en centímetros cúbicos por tonelada de caña (Donaldson, 2011), en este sentido se deben tener en cuenta:

- **Para la dosificación:** para el control de malezas, enfermedades y plagas se deberán aplicar las prácticas de control químico, basado en la evidencia de la presencia del problema y de su valor de severidad (umbral económico), incidencia y especies. En todos los casos se procura el uso racional de agroquímicos o el uso biológico de enemigos naturales para el control de insectos plaga (Turner, 2011).
- **Para los periodos de carencia:** para el caso de fungicidas, herbicidas e insecticidas, se deberán consultar y respetar los periodos de carencia indicados en la etiqueta (Turner, 2011).
- **Para la dosificación máxima por unidad de área:** en base a estudios de campo, se deberán tomar en cuenta las recomendaciones específicas de dosificación de agroquímicos que garanticen su eficacia. Se han determinado umbrales máximos de aplicación que garantizan un impacto positivo en

los resultados de productividad, manteniendo los residuos químicos en la biomasa, por debajo de lo permitido (Donaldson, 2011)

- **Respecto a la utilización de equipo adecuado:** se debe monitorear periódicamente el estado de las boquillas de pulverización, permitiendo variaciones no mayores del 10 por ciento respecto a las especificaciones del fabricante. Se debe verificar que no existan fugas y derrames en los equipos de aplicación (Turner, 2011).

Relacionadas a la homogeneidad de la distribución

- **Calibración de equipos:** es necesario realizar calibraciones con periodicidad, en base a monitoreos a nivel de campo, evaluando la distribución homogénea de la cortina de aplicación. Lo anterior para equipos manuales, de presión constante, motorizados, etc. (Turner, 2011).
- **Factores de aplicación:** se deben monitorear los siguientes factores: volúmenes de aplicación, temperatura, humedad relativa y dirección del viento, a fin de evitar la deriva del producto (Turner, 2011).

Relacionadas a la aplicación en el área objetivo

- **Uso de coadyuvantes:** se deben utilizar coadyuvantes para evitar la deriva del producto aplicado en áreas de riesgo de daño a cultivos, comunidades y cuerpos de agua, en el caso de aplicaciones aéreas. (Turner, 2011; Donaldson, 2011)
- **Uso de equipo de alta precisión:** implementar indicadores de líneas de vuelo en las aeronaves y mapas para el registro de áreas aplicadas, sistemas de información geográfica y GPS, para el caso exclusivo de aplicaciones aéreas (Donaldson, 2011).
- **Características de la lámina de aplicación:** se debe monitorear la lámina de aspersion, el tamaño y número de gotas. Debe garantizarse no más del 5 por ciento de las gotas con diámetros menores a 100 μ (Turner, 2011).

Aspectos relacionados a la seguridad en el manejo de agroquímicos

Equipos de protección y apoyo:

En toda área donde se almacene manipule o trasiego agroquímicos debe contar con protección específica para todo el personal (guantes, lentes, mascarilla, overol), el cual permanecerá en la empresa, ésta misma será la encargada del adecuado lavado de la misma. También se cumplirá con los aspectos mínimos de seguridad de acuerdo con los siguientes lineamientos (Turner, 2011).

- Extintores y arena para fuegos
- Lava ojos y dispensador de agua para lavado, de preferencia con manguera
- Señalización adecuada y ordenamiento de áreas de manejo
- Ventilación adecuada e iluminación
- Botiquín de primeros auxilios
- Todo envase debe estar correctamente rotulado e identificado sobre su contenido.

Consideraciones para el manejo de personal intoxicado

Si existiera personal expuesto a intoxicaciones, es muy importante atender a la persona intoxicada con prontitud, esto reducirá el riesgo de daños o lesiones permanentes en el intoxicado. Se seguirán las siguientes recomendaciones en caso de un evento (Turner 2011).

- Retirar a la persona de la fuente de contaminación.
- Quitarle inmediatamente la ropa y lavar la piel con abundante agua.
- Observar que el paciente esté respirando, de lo contrario proporcionarle respiración artificial.
- Si los ojos están contaminados deben lavarse con abundante agua por 15 minutos.
- En todo caso es recomendable trasladar al paciente al centro de salud o clínica más cercana, donde será necesario llevar la etiqueta y/o panfleto de los productos que se utilizaron.



4. Prácticas relacionadas al manejo de suelos y fertilización

La fertilización de la caña de azúcar tiene como objetivo proveer al cultivo los elementos nutricionales que el suelo no le puede ofrecer en forma disponible, para su buen crecimiento, desarrollo y producción. Esta práctica debe asegurar la correcta aplicación de las dosis y fuentes de nutrientes, en el tiempo y localización más adecuados, buscando obtener productividad de óptima rentabilidad, con el uso eficiente de los insumos y protección del medio ambiente.

El manejo adecuado y sostenible de los nutrientes y la fertilización conlleva el conocimiento y manejo adecuado del suelo para asegurar la fertilidad y el aprovechamiento máximo de los nutrientes aplicados. Los factores del suelo, el manejo del cultivo, la fertilización y las condiciones ambientales en su conjunto, definen la producción, según los requerimientos y potenciales de producción de las variedades de caña de azúcar.

La herramienta básica para conocer las propiedades del suelo y la disponibilidad de nutrientes para el cultivo es el análisis de suelos. El análisis de suelo es una herramienta confiable para elaborar un buen programa de fertilización y para la aplicación de correctivos. El punto crítico del análisis de suelos es la fase de recolección de la muestra, la cual debe ser representativa del sitio muestreado. Otra fase importante del proceso es la interpretación de los resultados y las recomendaciones.

Consideraciones generales en el manejo de suelos

El análisis de suelos debe ser parte del plan de siembra en áreas nuevas o de renovación del cañaveral y se recomienda hacerlo en cada renovación. De preferencia, hacerlo con anticipación a la siembra previendo el tiempo que conlleva el análisis, la interpretación y la elaboración de la recomendación de los fertilizantes y correctivos a ser aplicados, si fuera necesario. La aplicación de correctivos como encalado y correctivos químicos deberá hacerse solamente si el análisis de suelo lo indica, aplicando las cantidades, fuentes y formas correctas.

En áreas donde se han aplicado correctivos como cal o tratamientos para reducir los niveles de sodio en el suelo, así como en áreas con aplicaciones de vinaza, se recomienda hacer un monitoreo más constante para evaluar las propiedades químicas de interés.

Prácticas agronómicas para mantener la fertilidad del suelo

Uso de Abonos Verdes

La siembra de un abono verde al final de un ciclo completo de caña de azúcar conlleva una serie de beneficios, entre ellos, mejora las propiedades físicas del suelo, activa y restaura la actividad microbiana del suelo, aporta minerales especialmente nitrógeno al sistema, producto de la fijación de N del aire, rompe el ciclo de plagas y enfermedades, disminuye la presión de malezas y protege el suelo de la erosión.

Las leguminosas que crecen bien en las condiciones de la zona cañera de Guatemala son ***Crotalaria juncea***, ***Crotalaria spectabilis*** y ***Canavalia ensiformis***. Las mismas producen alta cantidad de biomasa en un tiempo razonablemente rápido. *Crotalaria juncea* en el estrato medio puede producir en promedio, alrededor de 35 t de materia fresca/ha equivalente a un rendimiento de materia seca de 7.4 t/ha en 65-90 días, en tanto que *Canavalia ensiformis*, en las mismas condiciones, produce un poco menos (28.8 t/ha) con un peso seco de 5 t/ha. *Crotalaria juncea* y *Canavalia ensiformis* pueden acumular en su biomasa aérea alrededor 235 y 176 kg de N/ha respectivamente, donde parte de este N viene de la fijación de N de la atmósfera, ver tabla 15.

En suelos Mollisoles fértiles del estrato litoral, la producción de biomasa de estas leguminosas llegan a ser mayores, obteniendo hasta 50 t de materia fresca de *Crotalaria juncea* /ha en 70 días en el invierno o época de lluvias. Bajo estas condiciones, con la rotación de *Crotalaria juncea* y *Canavalia ensiformis* se han obtenido incrementos de 4 y 11 por ciento de semilla de caña respectivamente (Balañá *et al.*, 2010). En Australia se reportan incrementos de tonelaje de 20 y 30 por ciento con la rotación de soya y maní, en renovación de cañaverales (Garside *et al.*, 2001; Garside and Bell, 2007). En la Ilustración 23 se presenta una vista de *Crotalaria juncea* y *Crotalaria spectabilis* en floración.

Tabla 15. Biomasa fresca, contenido de humedad, N base seca y N acumulado en biomasa aérea en dos leguminosas en 65 días

Abono verde	Biomasa fresca (t/ha)	Humedad (%)	% N base seca	N acumulado en biomasa aérea (kg/ha)
Crotalaria juncea	35.1	79	3.3	235
Canavalia ensiformis	28.8	82	3.5	176

Fuente: CENGICAÑA, Guatemala (Pérez et al.,2007)

Uso de especies de leguminosas

El uso de leguminosas en los cañaverales es una practica cada vez mas popular en la agroindustria debido a que su acelerado crecimiento y la cantidad de biomasa producida por estas es preferida para rotación bajo cualquier condición de suelo, debido a que ademas de proveer biomasa y nutrientes, reducen la erosion del suelo. Por ejemplo en la zona cañera de Guatemala se utiliza la Crotalaria juncea, la cual se debe sembrar sin remoción del suelo y mantener en el campo a renovar de junio a octubre, de esta forma se mantiene protegido el suelo de la erosión.

En este sentido, la secuencia recomendada es la siguiente: después de la cosecha de la última soca a renovar en el tercer tercio de zafra (abril mayo), dejar que crezca el rebrote de la caña a cierto desarrollo, aplicar glifosato para matar la cepa, sembrar la leguminosa en junio-julio, cortar o chapear la leguminosa en octubre al final de la época de lluvias, preparar el suelo y establecer la nueva plantación en noviembre. Este sistema de manejo deja el suelo en barbecho durante seis meses pero se tienen incrementos en la producción y ahorro en la fertilización nitrogenada del cultivo, además de otras ventajas como el control de malezas y la reducción de la incidencia de plagas y enfermedades.

Ilustración 26. Especies de leguminosas creciendo en dos suelos. Izquierda: Crotalaria juncea en finca El Baúl, ingenio Pantaleón y derecha: Crotalaria spectabilis en finca Belén de ingenio La Unión



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

La *Crotalaria juncea* se siembra entre los surcos de la caña a renovar, en dos hileras por surco con un distanciamiento de 0.20 m sobre la hilera. Se colocan 2-3 semillas por postura a una profundidad de 3-5 cm de la superficie en forma manual con chuzo, en la Ilustración 26 se aprecia el crecimiento y desarrollo de *Crotalaria juncea* creciendo entre los surcos de caña y se observa la forma del chapeo mecánico de esta leguminosa realizada en un lote de finca El Baúl de ingenio Pantaleón.

Ilustración 27. Vista del desarrollo de *Crotalaria juncea* creciendo entre los surcos de caña (a) y vista del chapeo mecánico de la leguminosa al final del barbecho (b). Finca El Baúl, ingenio Pantaleón



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>, (fotos: Rony Bran, ingenio Pantaleón)

La tasa de descomposición y el tiempo medio de descomposición de la *Crotalaria juncea* en el suelo es rápido debido a las condiciones favorables de temperatura y humedad que prevalecen en la región cañera de Guatemala. Se ha encontrado que el tiempo medio de descomposición es de 20 días (Balaña, et al., 2010), de tal manera que la disponibilidad de

N es relativamente inmediata para ser aprovechado por el cultivo siguiente.

Adicionalmente, el uso complementario de abonos verdes bajo estas condiciones contribuyen a reducir o eliminar las necesidades de nitrógeno mineral. Los resultados indican que con una producción de biomasa aérea fresca de 22 t/ha se puede prescindir de la fertilización nitrogenada ya que el chapeo e incorporación de la leguminosa ocurre cerca de la siembra de la nueva renovación.

La mejor época de siembra para producir semilla de buena calidad de *Crotalaria juncea* es en agosto para cosechar semilla en la época seca. Para la producción de semilla de estas leguminosas se pueden aprovechar áreas sin un fin productivo actual, como orillas de quineles, rondas, etc.

La rotación, el uso de leguminosas, con abono verde es una práctica recomendable en el cultivo de caña de azúcar especialmente en lugares susceptibles a la erosión y suelos vulnerables a la erosión hídrica tales como los suelos de los estratos alto y medio de la zona cañera de Guatemala. Es importante tener en cuenta, que el resto de la región centroamericana debe investigar las posibilidades de la rotación con *Crotalaria juncea* u otra especie en diferentes fechas de corte de la caña y evaluar el manejo de las mismas bajo otras condiciones y evaluar la factibilidad de mecanizar la siembra.

Uso de Abonos Orgánicos

La materia orgánica mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, favoreciendo una mayor disponibilidad de los nutrientes para las plantas y mejorando la salud del suelo en general.

En la agroindustria azucarera y alcoholera se generan importantes cantidades de residuos orgánicos como sub productos que tienen alto valor agronómico y económico para el cultivo de caña de azúcar, siendo los principales la cachaza³, la ceniza y la vinaza.

La cachaza tiene altos contenidos de C orgánico, fósforo, calcio y en menores cantidades nitrógeno. En la tabla 16 se presentan la composición química promedio de la cachaza proveniente de muestras de varios ingenios en la zona de Guatemala.

³ Cachaza. Es un residuo en forma de sedimento que resulta de la clarificación del jugo de caña en la fabricación del azúcar. Por cada tonelada de caña molida en la fábrica se producen alrededor de 30 kg de cachaza. Se estima que en cada zafra se producen más de 750,000 t de cachaza.

Tabla 16. Valores medios de cachaza (base seca) de varios ingenios Guatemala

Análisis	Valor
Agua (%)	75
pH	5.8
N (%)	1.2
P ₂ O ₅ (%)	2.2
K ₂ O (%)	0.6
CaO (%)	1.0
MgO (%)	0.6
C (%)	40
Relación C/N	33

Fuente: CENGICAÑA, Guatemala,). (Pérez, 2003)

De la tabla 17 se deduce que cada t de cachaza fresca aporta en total 3.0 kg de N, 5.5 kg de P₂O₅ y 1.5 kg de K₂O. Esta cantidad total aportada puede constituir entre 0.6 – 1.5 kg de N disponible/t de cachaza dependiendo del suelo (el valor más alto para suelo fértiles), 3.3 kg de P₂O₅ y 0.9 kg de K₂O disponibles por t de cachaza fresca como se indica en la tabla 17.

Tabla 17. Nutrientes totales y disponibles de NPK por t de cachaza fresca (75 % de agua)

Nutriente	Nutrientes totales (kg/t cachaza fresca)	Nutrientes disponibles (kg/t cachaza fresca)
N	3.0	0.6 - 1.5
P (P ₂ O ₅)	5.5	3.3
K (K ₂ O)	1.5	0.9

Fuente: CENGICAÑA, Guatemala. (Pérez, 2003)

Generalmente la cachaza fresca se aplica en áreas de renovación cercanas a las fábricas debido al alto contenido de humedad que contiene. Las dosis puede variar entre 100 a 300 t/ha o más dependiendo de la disponibilidad de área y equipo de aplicación.

La cachaza fresca se recomienda aplicarla con anticipación a la siembra en la renovación del cañaveral, debido a la relación C/N que tiene este material, que generalmente es mayor a 30.

Evitar que los montones de cachaza queden por mucho tiempo sin esparcir en la superficie, para evitar la combustión y aprovechar la riqueza de una mejor manera en toda la superficie. Después de esparcida

la cachaza sobre la superficie, se debe incorporar al suelo con las labores de volteo, rastreo y surqueado. El tiempo requerido para estas labores es suficiente para que la cachaza empiece su proceso de descomposición antes de la siembra. Es importante que la cachaza se mezcle bien con el suelo para favorecer la descomposición y la liberación de nutrientes y otros beneficios.

El problema principal de la cachaza es la dificultad para lograr una distribución homogénea sobre toda la superficie del terreno, particularmente en dosis bajas (100 t/ha o menos) si no se tienen los equipos de aplicación adecuados.

Dependiendo de la cantidad aplicada de cachaza se debe revisar el aporte de nutrientes para el cultivo. Generalmente con la aplicación de 300 t de cachaza/ha o más, no hace falta agregar nitrógeno ni fósforo al cultivo y con una dosis de 100 t/ha la reducción del fertilizante puede ser hasta del 50 por ciento.

La cachaza se puede aplicar en el fondo del surco en dosis más bajas pero es necesario agregar nitrógeno para compensar la alta relación C/N que tiene el material y evitar el contacto directo con las yemas.

Aparte de los beneficios de la cachaza en la mejora de los suelos y en la disponibilidad de nutrientes, se esperan incrementos en la producción de caña de azúcar de hasta 36 t/ha en suelos Entisoles de baja fertilidad y Andisoles del estrato alto de la zona cañera.

Secar la cachaza o hacer compost de cachaza es también una buena práctica, se reducen los contenidos de nitrógeno en base seca pero aumentan las concentraciones de P y K y disminuye la relación C/N del material, de tal manera que la liberación de nutrientes es más rápida. En este caso, se puede aplicar al momento de la siembra en dosis pequeñas sin necesidad de compensar con nitrógeno mineral.

La cachaza también se puede mezclar con ceniza en proporciones de 60 por ciento de cachaza, 25 por ciento de ceniza (peso/peso) y 15 por ciento de residuos de las mesas de lavado en seco. Esta mezcla podría ser adecuada para aplicarlo en suelos con pH ácidos y medianamente ácidos (Azañon *et al.*, 2012). Las recomendaciones para el uso y manejo de la cachaza están descritas por Pérez, 2003 y Pérez, 2012.

La vinaza⁴ aplicada al suelo incrementa la producción de caña, aporta las necesidades de K del cultivo y cubre parte de las necesidades de N y otros

⁴ Vinaza Es un residuo líquido proveniente de la destilación del alcohol y está constituido principalmente por agua, materia orgánica y minerales, entre los cuales el K es el más abundante.

nutrientes, tiene otros beneficios como el aumento de la materia orgánica y la capacidad de intercambio catiónico del suelo. Sin embargo, la vinaza aplicada en altas cantidades y sin control puede causar desequilibrio de bases en el suelo por el incremento del K y por las cenizas de los jugos de caña, retrasando la maduración y causando problemas en la cristalización del azúcar en la fábrica. De tal manera que es importante tener un monitoreo constante de las propiedades químicas del suelo al aplicar vinaza procurando una relación de bases adecuada y así mantener la fertilidad del suelo.

Por ejemplo, en suelos Andisoles profundos de la zona cañera de Guatemala se han obtenido en promedio incrementos de caña de azúcar hasta de 11 t/ha por año con la aplicación de 60 m³/ha de vinaza diluida, en siete años consecutivos de aplicación; con ello se ha observado un incremento moderado del K en el jugo sin llegar a los límites perjudiciales (Pérez *et al.*, 2013). Además, se observó que la vinaza incrementó el K intercambiable del suelo en relación lineal a las dosis aplicadas y que aplicaciones anuales de 120 m³/ha durante este periodo han causado desbalances en las bases en el suelo.

La dosis de vinaza a aplicar debe ser estimada con base en el contenido de K del suelo, la capacidad de intercambio catiónico (CIC), el K extraído por el cultivo y la concentración de K de la vinaza para mantener la fertilidad del suelo. Como referencia, el K debe ocupar el 7 por ciento de la CIC a una profundidad de muestreo de 0.40 m y la extracción media de K es de 165 kg de K₂O/ha. La CIC del suelo debe ser determinada con Acetato de amonio 1 N a pH 7.

Para el mejor aprovechamiento de las bondades de la vinaza y lograr mejor control de las aplicaciones, algunos ingenios concentran la vinaza mediante la evaporación del agua, reduciendo los volúmenes de vinaza por litro de alcohol producido hasta en 6–7 veces. Este sistema necesita alta inversión pero tie-

ne grandes ventajas ya que se puede reducir la dosis de aplicación de vinaza a 1–3 m³/ha y de esta forma, ser utilizado como fertilizante líquido y transportado a mayores distancias.

Los contenidos medios de K de la vinaza diluida varían entre 8–11 kg de K₂O/m³ de vinaza, en tanto que en la vinaza concentrada el valor fluctúa en 50–70 kg de K₂O/m³ de vinaza.

Las dosis de fertilizante nitrogenado se pueden reducir en 25-50 por ciento con la aplicación de 30–60 m³ de vinaza diluida aplicado en fertirriego.

Un ejemplo del uso de la vinaza concentrada como fertilizante líquido es realizado en el ingenio Pantaleón en Guatemala, donde se ha encontrado que el aporte de N puede considerarse un 50 por ciento del N presente en la vinaza (coeficiente de equivalencia de 0.50).

Fertilización Mineral

La fertilización debe ser planeada desde el inicio de cada nuevo ciclo de cultivo a partir de un buen análisis de suelos por lote, integrando estos resultados con el conocimiento de factores de suelo, clima y manejo para garantizar la sostenibilidad en el uso de los nutrientes, en este sentido es importante tomar en cuenta que las recomendaciones de nutrientes se basan en función de los análisis y requerimientos especificados, teniendo en cuenta cada nutriente en particular.

Nitrogeno (N)

Las recomendaciones de nitrógeno se basan principalmente en el potencial de rendimiento del cañaveral por lote, el aporte de N del suelo medido por la materia orgánica, el tipo de ciclo de cultivo (caña plantía o caña soca) y los límites mínimos y máximos de las dosis de aplicación de N debido a las mayores o menores eficiencias del fertilizante determinadas

Tabla 18. Recomendaciones generales de uso de nitrógeno para la zona cañera de Guatemala

Categoría de MO (%)	Caña plantía (kg N/ha)	Caña		
		^{1/} Rel N:TC	Dosis mínima	Dosis máxima
			Kg de N/ha	
Baja (< 3.0)	80	1.14	100	150
Media (3.0 – 5.0)	70	1.0	90	130
Alta (> 5.0)	60	0.9	80	120

Fuente: CENGICAÑA, Guatemala

por factores del suelo y condiciones ambientales prevalecientes en la región (Pérez, 2012). Lo anterior permite establecer recomendaciones y aplicaciones por sitio específico (lote) definido por las diferentes variables. La estimación del rendimiento esperado de caña se obtiene en los registros de producción y el mismo está en función de factores de suelo y clima captados en la zonificación agro ecológica y de variables de manejo (mes de corte, riego, variedad de caña, etc.) que están registrados en las base de datos de cada ingenio y en la base de datos de productividad del cultivo. En la tabla 1 se muestra un resumen de las recomendaciones de uso de nitrógeno, tomando de referencia los suelos de Guatemala.

1Rel N:TC=Relacion kg de N por tonelada métrica de caña.

Las recomendaciones de nitrógeno para caña plantía varían de 60 a 80 kg de N/ha, de acuerdo con el nivel de MO del suelo, en tanto que para caña soca las recomendaciones están en función de los rendimientos de caña esperados (TCH), utilizando la relación nitrógeno por tonelada de caña (Rel N:TC) que es variable para cada categoría de MO establecida.

Las relaciones N: TC no son fijas ya que pueden ajustarse al tener variaciones significativas en los precios del azúcar y los precios del insumo (Pérez, 2016). Así mismo, la dosis puede ser ajustada según la variedad de caña. Por otro lado, las dosis de N deben ser ajustadas cuando se ha sembrado previamente algún abono verde, o cuando se ha aplicado cachaza o vinaza en las proporciones que fueron indicadas.

Época y forma de aplicación del nitrógeno

La adecuada aplicación de nitrógeno tanto en época como en forma es importante para el mejor aprovechamiento del fertilizante por el cultivo. Dependiendo del tipo de cultivo en general, las dosis varían, sin embargo, el N se recomienda aplicarlo a los 30-45 días después del corte (ddc), en banda, e incorporarlo a ambos lados del surco de la caña. En caña plantía, la fertilización se recomienda realizarla a los 45-60 días después de la siembra, que es el momento cuando las raíces del cultivo inician la absorción y aprovechamiento del fertilizante.

En suelos arenosos o arenas francas (Entisoles y Andisoles del pie de monte), suelos franco arenosos gruesos y suelos superficiales (Andisoles superficiales) se recomienda dividir la dosis de nitrógeno en dos aplicaciones para reducir las pérdidas por lixiviación. La primera aplicación debe realizarse, normalmente a los 20-30 días después del corte, aplicando 60-70 por ciento de la dosis total; el resto, aplicarlo

a los 50-70 días o cuando el cañaveral lo permita. Retrasar la segunda aplicación a los 120 días después del corte es una opción, pero implica hacer las aplicaciones del fertilizante en forma aérea. Para ello debe tenerse en cuenta la fuente de N a utilizar para minimizar el riesgo por volatilización, como ocurre con la urea convencional.

En áreas sin riego (humedad residual) cosechadas en el primer tercio de la zafra se recomienda la aplicación temprana en los primeros 30 días después del corte, aplicando el fertilizante a ambos lados del surco en forma incorporada con la humedad residual presente, en vez de esperar que haya humedad suficiente, ya que se retrasaría la aplicación hasta mayo-junio con el establecimiento de las lluvias.

La fertilización temprana contra la fertilización tardía en espera del establecimiento de las lluvias ofrece ventajas operativas muy importantes en el manejo del cultivo de la caña de azúcar, entre las cuales se puede destacar que toda la fertilización se puede hacer en forma mecanizada evitando aplicaciones manuales, poco eficientes y costosas. La fertilización puede ser programada y calendarizada conforme se cosecha, y así se evita la acumulación de áreas a fertilizar con la otra modalidad.

Fuentes de N según condición

Las diferentes fuentes de fertilizantes nitrogenados convencionales deben utilizarse según las condiciones de los campos y el ambiente. En campos, donde por diversas razones no es posible incorporar el fertilizante y el mismo es aplicado en la superficie sin incorporar, se debe evitar la utilización de urea convencional por el riesgo de pérdidas por volatilización. Las pérdidas de N Urea, por volatilización al dejar el fertilizante en la superficie es variable según las condiciones ambientales prevalecientes.

En campos con residuos de cosecha (*mulch*) la aplicación superficial de urea tiene más riesgos de pérdidas por volatilización en comparación a los lugares donde no hay residuos, debido a la ureasa que se encuentra en mayor cantidad bajo estas condiciones.

Evitar el uso de nitrato de amonio en la época lluviosa sobre todo en suelos arenosos para minimizar los riesgos por lixiviación del ion NO_3^- . Evitar también la aplicación de fertilizantes, especialmente nitratos, en suelos inundados para evitar pérdidas de N por desnitrificación. La desnitrificación es la reducción de nitratos y nitritos a óxidos de N y N elemental (N_2) por medio de bacterias que viven en condiciones de anaerobiosis (anegamiento). El óxido de N es uno de los gases de efecto invernadero y tiene implicacio-

nes negativas en el ambiente. Para reducir los riesgos de pérdidas por desnitrificación se recomienda mejorar el drenaje del suelo y evitar la aplicación de N como NO_3^- . Por otro lado es importante recordar que el nitrato de amonio debe transportarse y almacenarse con cuidado, evitando el contacto con materiales orgánicos.

Fósforo (P)

La alófana, arcilla presente principalmente en suelos Andisoles, tiene ciertas características como la fijación de fósforo. La fijación de fósforo se define como la transformación de fosfatos solubles a fosfatos insolubles que no son fácilmente aprovechables por las plantas.

Suelos con bajo fósforo disponible y alta retención de este nutriente se localizan en los estratos alto y medio de la región cañera, donde dominan suelos Andisoles. Generalmente, en la región centroamericana, conforme se avanza hacia las zonas más bajas en dirección al océano Pacífico, los contenidos de materiales amorfos y alófana en los suelos van disminuyendo y hay predominancia de suelos Mollisoles y Entisoles con contenidos altos de P. Suelos Vertisoles generalmente tienen bajos contenidos de P.

Las recomendaciones de P deben basarse en los contenidos de P del suelo según análisis de suelos y, dependiendo del tipo de suelos, se ajustan las dosis de aplicación en la tabla 19 de muestran ejemplos de aplicaciones de P.

En la tabla 19 las categorías de P se refieren al método de extracción de Mehlich 1, que es el método calibrado para fósforo en caña de azúcar en la Costa Sur de Guatemala. Es muy importante saber y conocer el método de extracción utilizado para P, si la muestra es analizada en un laboratorio que NO utiliza Mehlich 1 como rutina. Se ha encontrado que el método de

extracción Olsen modificado diagnóstica adecuadamente la disponibilidad de P pero la interpretación es diferente. Los rangos de interpretación equivalente que se pueden utilizar para Olsen modificado son los siguientes: Muy bajo: < 7.0 ppm, bajo: 7– 22 ppm; medio: 22.1 – 42 ppm y alto: >42 ppm (Pérez *et al.*, 2013).

Los suelos derivados de ceniza volcánica tienen poco efecto residual de una cosecha a otra por efectos de fijación en el tiempo, de tal manera que en suelos bajos en este nutriente el fertilizante debe aplicarse todos los años. En caña se ha observado que la respuesta a P es menor que en la plantía, por lo que las dosis son menores.

La aplicación de 40 y 25 kg de P_2O_5 en caña plantía en forma respectiva para suelos Andisoles y no Andisoles con $\text{P} > 30$ ppm en el suelo, es para reponer parte de la extracción de P del cultivo. Es importante recordar y enfatizar el monitoreo del contenido de P en el suelo en forma periódica para asegurar la aplicación antes de llegar a niveles deficientes de éste y de todos los elementos.

En caña plantía el P debe aplicarse en el fondo del surco al momento de la siembra, aplicando el 100 por ciento de la dosis. En caña el mismo debe aplicarse junto con el N en una sola aplicación en la época y forma indicada para la fertilización nitrogenada. Las fuentes de P más comunes son fosfato di amónico- DAP- (18- 46- 0), fosfato mono amónico –MAP- (11- 52- 0) y triple súper fosfato- TSP- (0- 46- 0). Los dos primeros traen cierto porcentaje de N en su formulación en tanto que el TSP contiene cierta cantidad de Ca. En suelos alcalinos de preferencia utilizar MAP en vez de DAP.

Es importante investigar la aplicación fraccionada de P especialmente en suelos Andisoles para buscar mejorar la eficiencia del uso de P por la planta en las diferentes fuentes.

Tabla 19. Recomendaciones de fósforo (kg de P_2O_5 /ha) según P del suelo (Mehlich 1), ciclo de cultivo y tipo de suelo

Nivel de P del suelo	Caña plantía		Caña	
	Andisoles	Otros suelos	Andisoles	Otros suelos
Muy bajo (< 5 ppm)	100	80	50	40
Bajo (5 – 10 ppm)	80	60	40	25
Medio (10.1 – 30 ppm)	60	40	0	0
Alto (>30 ppm)	40	25	0	0

Fuente: adaptado de Pérez, 2012

Tabla 20 Recomendaciones de K en la zona cañera de Guatemala

Suelos con arcilla < 30 %		Suelos con arcilla > 30 %	
K intercambiable del suelo (ppm)	Dosis K (kg K ₂ O/ha)	K intercambiable del suelo (ppm)	Dosis K (kg K ₂ O/ha)
< 100	60	< 100	80
100 – 150	40	100 – 300	40
>150	0	>300	0

Fuente: adaptado de Pérez, 2012

Potasio (K)

En la zona cañera de Guatemala, por ejemplo, es común encontrar bajos niveles de K intercambiable (< 100 ppm) en los suelos Andisoles del estrato alto (pie de monte), los cuales se caracterizan por una elevada precipitación pluvial (> 3500 mm anuales) y texturas livianas. También se observan bajos niveles de K en los suelos Vertisoles de los estratos medio y bajo. Niveles de K intercambiable que varían de bajo a adecuado, se ha encontrado en los suelos del estrato medio, donde predominan Andisoles e Inceptisoles de texturas medias, contrastando con los niveles altos de K de los suelos del estrato bajo y litoral donde dominan suelos Mollisoles de alta fertilidad.

La dosis de K se basa en el contenido de K intercambiable del suelo y el contenido de arcilla. Altos contenidos de arcilla tipo 2:1. En la tabla 21 se muestran recomendaciones de aplicación de Potasio en la zona cañera de Guatemala, sin embargo, como se explico, el analisis de suelos debe orientar a las aplicaciones que sean requeridas acorde su tipo de suelo.

En el caso de Suelos con > 150 y > 300 ppm de K: se deben revisar las relaciones de bases con respecto a K. El exceso de K tiene implicaciones negativos en el proceso de fabricación del azúcar como se mencionó en la sección de vinaza.

El K puede ser aplicado junto con el nitrógeno en una sola aplicación. En suelos arenosos, arenas francas y suelos superficiales es recomendable dividir las dosis haciendo coincidir su aplicación con la del nitrógeno recomendado para estos suelos.

Otros elementos: Azufre (S), calcio (Ca) y magnesio (Mg)

Las aplicaciones de S se justifican cuando los contenidos de MO del suelo son bajos (< 3.0%), en condiciones de alta pluviosidad y en suelos de textura liviana. Generalmente, las deficiencias de S se corrigen con la aplicación de 40 kg S/ha. El azufre puede

aplicarse al suelo en forma aérea junto con la segunda aplicación de nitrógeno.

Por su parte, el Mg presenta bajos niveles en el suelo (< 1.0 meq/100g) principalmente en el estrato alto (arriba de 300 msnm) de la región, donde la precipitación pluvial es alta, con dominancia de suelos arenosos. Los estratos medio, bajo y litoral generalmente tienen niveles de Mg adecuados y altos (Villatoro *et al.*, 2009). Niveles de Mg intercambiable en el suelo menores a 1.0 meq/100 g se consideran deficientes en este elemento y se recomienda su aplicación en dosis de 30 40 kg de Mg/ha. En suelos con niveles de Mg mayores a 1.0 meq/100 g debe revisarse la saturación de Mg y la relación de las bases en el suelo.

Las deficiencias de Ca y Mg generalmente están asociadas a pH ácidos. El análisis de suelos inicial sirve para identificar zonas que requieren de correctivos, en este caso, la necesidad de encalantes (cal dolomítica) que serán aplicados previo a la siembra, en las labores de preparación de la tierra.

Micronutrientes, boro (B); cinc (Zn); cobre (Cu); hierro (Fe) y manganeso (Mn)

Los micronutrientes cumplen funciones esenciales en procesos enzimáticos, de óxido-reducción, formación de clorofila y transporte de azúcares entre otros. Recientemente se ha encontrado que los micronutrientes desempeñan papeles importantes en la resistencia de las plantas al estrés biótico y abiótico (Kirkby and Romheld, 2007).

Aunque el análisis de suelos es una herramienta de utilidad para diagnosticar las deficiencias de micronutrientes, hacen falta calibraciones adecuadas para correctos diagnósticos. Es de gran ayuda conocer otros parámetros básicos del suelo como el pH, la presencia de sodio y sales, los contenidos de MO y la textura del suelo. El análisis foliar constituye una herramienta complementaria y de gran utilidad para conocer la disponibilidad de nutrientes y el estado nutricional del cultivo.

En centroamérica, se ha observado respuesta a algunos micronutrientes especialmente boro en suelos arenosos, arcillosos y suelos franco arenosos con bajos contenidos de MO en el suelo. Se ha determinado como referencia que cuando los suelos tienen menos de 0.40 ppm de B en suelos francos y franco arenosos hay altas probabilidades de respuesta a la aplicación de este elemento, en tanto que, para suelos arcillosos y franco arcillosos se han encontrado respuestas hasta con contenidos de B de 0.60 ppm. Aplicaciones de B en el periodo de crecimiento (B en forma foliar) han mejorado los kg de azúcar/t de caña.

Por otro lado, se han encontrado respuestas al Zn en suelos arcillosos y arenosos siendo necesario realizar una investigación para la aplicación y el manejo más adecuado de este nutriente, y de otros micronutrientes en general, para lograr mayor productividad, rentabilidad y sostenibilidad del cultivo en la región.

Guía genérica para la toma de muestras de suelos en el cultivo de caña de azúcar

El suelo es el medio natural donde las plantas toman los nutrientes que necesitan para su crecimiento, desarrollo y producción. El análisis químico de suelos tiene el objetivo de evaluar la disponibilidad de estos nutrientes y medir otras propiedades del suelo que condicionan dicha disponibilidad para las raíces de las plantas, con lo cual se pueden generar recomendaciones adecuadas de fertilización y aplicación de correctivos. Sin embargo, el suelo es heterogéneo en sus propiedades químicas con una variabilidad espacial y temporal muy grande por condiciones de origen, topografía, vegetación y manejo.

Ante la imposibilidad de analizar todo el volumen de suelo de una unidad de producción definida se recurre al muestreo el cual debe ser representativo de la unidad. Una muestra representativa significa que una pequeña porción de tierra mezclada (1 kg) tomada del suelo en varios puntos y de igual tamaño (submuestras) es capaz de reflejar las condiciones del área muestreada que tiene millones de kg de suelo. De esta manera el muestreo se convierte en el punto crítico del análisis de suelos.

Lineamientos generales del muestreo

El muestreo de suelos debe ser parte del plan de manejo de plantaciones nuevas y de renovación del cañaveral, para iniciar la plantación con un programa de fertilización basado en el análisis de suelos y la aplicación de correctivos, si fuera necesario. El análisis de suelos cubre, de esta manera, la plantía

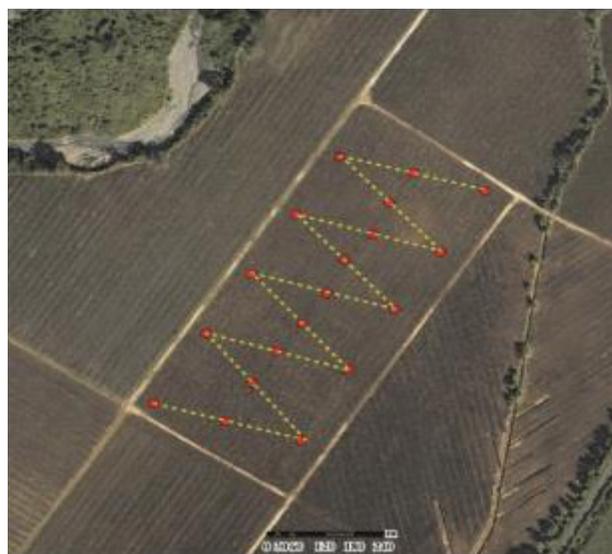
y las socas hasta la siguiente renovación, siempre y cuando las condiciones iniciales de manejo del suelo se mantengan.

La muestra de suelo debe representar un lote siempre y cuando cumpla con la homogeneidad indicada. Estos podrían cubrir entre 5-10 ha hasta un máximo de 20 ha como referencia con la elaboración de mapas de fertilidad. Como apoyo para separar áreas homogéneas se pueden utilizar fotografías aéreas, mapas de suelos y mapas de cobertura con satélite.

Por razones de logística, las muestras se deben tomar con anticipación, como mínimo unas cuatro semanas antes de la siembra, para tener a tiempo los resultados del análisis. Para esto, las muestras se deben tomar inmediatamente después del corte del cañaveral a renovar ya que esto permitirá tener una buena visual del lote muestreado siguiendo el procedimiento que se indica más adelante.

Tomar 15-20 sub muestras por unidad de muestreo o lote homogéneo, realizando el muestreo de preferencia en forma de zigzag, tal como se muestra en la ilustración 27 o de algún otro patrón establecido. Los parches con escombros o sitios cercanos a canales de riego o de drenajes o parches aislados no representativos del lote no deben muestrearse.

Ilustración 28. Muestreo sugerido, método de zig-zag dentro de lotes homogéneos de caña



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Ilustración 29. Resumen de pasos para la toma de muestras.
a) barrenamiento en la banda del surco, b) submuestra extraída con tierra adherida, c) eliminación de la tierra adherida, d) submuestra limpia, e) muestra compuesta para homogeneizar y f) muestra representativa (1 kg)

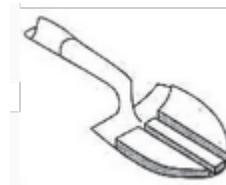


Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Resumen de pasos para la toma de muestras de suelos

- Limpiar adecuadamente la superficie del sitio donde se tomará la submuestra de suelo.
- En cada sitio se deben tomar las submuestras alternadamente en la banda y en el centro del entre-surco a una profundidad de 0 20 cm con un barreno. Cada submuestra de suelo se deposita en una cubeta (cubeta de plástico) teniendo cuidado de limpiar previamente los excesos de tierra alrededor del barreno ver ilustración 28.
- Si no se dispone de barrenos, se pueden obtener las submuestras utilizando una pala. Limpiar la superficie del suelo e introducirla verticalmente haciendo un agujero en forma de "V" hasta los 20 cm de profundidad. Extraer una tajada de 2-3 cm de espesor en uno de los lados oblicuos del agujero y tomar solamente el segmento del medio de la tajada tal como se muestra en la ilustración 29, colocar este segmento así obtenido en un balde, es recomendable usar este mismo procedimiento en cada sitio de muestreo.

Ilustración 30. Tercio medio de la tajada de suelo a considerar para la muestra



- Homogeneizar mezclando todo el suelo proveniente de las submuestras que se encuentran en el balde, tomar aproximadamente un kilogramo de suelo (muestra compuesta) y colocarlo en una bolsa plástica.
- Finalmente, la muestra compuesta debe ser debidamente identificada con una etiqueta con la siguiente información: Ingenio, finca, número de lote, profundidad de muestreo, fecha de muestreo (cultivo anterior sembrado en caso de fincas nuevas); la muestra con su respectiva identificación se envía al laboratorio. Colocar la etiqueta en una bolsa pequeña dentro de la bolsa plástica para protegerla de la humedad o simplemente poner doble bolsa para separar la etiqueta del suelo.

5. Manejo del Riego

La aplicación de las buenas prácticas de riego tiene por objetivo garantizar la sostenibilidad en el uso del recurso hídrico empleado para este fin. Para lograrlo, es necesario que exista el conocimiento integral sobre la forma en que responde la caña de azúcar a la aplicación del agua en las diferentes condiciones de suelo y a lo largo de todo el ciclo del cultivo hasta la cosecha, en los diferentes estratos altitudinales, bajo la incidencia de los fenómenos naturales, en las condiciones de operación de los sistemas de riego, entre otros. El conocimiento adquirido permitirá seleccionar y aplicar las mejores estrategias y técnicas que persiguen la adecuada utilización del agua, sin olvidar, la optimización del recurso económico para la aplicación del riego.

La aplicación de las buenas prácticas en riegos conlleva la integración de una serie de prácticas eficientes que deben iniciarse desde el momento en que se realiza la extracción del agua en la fuente hasta su utilización a nivel de parcela. Por lo tanto, en este capítulo se tratan aspectos relacionados a la aplicación de las buenas prácticas en riegos, considerando a la cuenca como un todo y al agua como un recurso integrador para la protección, conservación y preservación de dicha cuenca. Se consideran técnicas sobre monitoreo de la calidad y cantidad del agua y se hace énfasis en la necesidad de concientizar sobre el uso correcto del recurso, para aumentar su eficiencia. Se destaca también, la importancia de incrementar el conocimiento sobre la respuesta de la caña de azúcar a la aplicación del agua en relación a los factores críticos en el manejo del agua y la priorización del riego. Además, se incluye una parte puramente técnica en la que se consideran las estrategias generales en la utilización del agua para regar, así como, las acciones a seguir en la planificación, ejecución y evaluación del riego. Se toma en cuenta, en la selección de las buenas prácticas el uso de sistemas eficientes, incluyendo la selección de sistemas, su operación y mantenimiento.

Sostenibilidad del Recurso Hídrico

La cuenca debe ser un todo y el agua, un recurso integrador

Manejar el recurso hídrico implica considerar la interacción, en el tiempo y en el espacio, de los subsistemas social, cultural, económico, político, legal, institucional, tecnológico, productivo, biológico y físico, y su interconexión en los estratos alto, medio, bajo y litoral. Ante tal magnitud del manejo, la integración y participación de los usuarios de riego a nivel de cuenca debe ser una buena práctica para manejar el recurso agua, considerando el análisis de los problemas, sus causas y consecuencias, así como el aprovechamiento racional de sus potencialidades. Los elementos que se deben de considerar a nivel de cuenca son: protección, conservación, restauración y administración.

Uso y cuidado del recurso hídrico para riego

En casi todos los países del mundo, los balances hídricos, establecen que el mayor porcentaje del uso del agua se oriente a la agricultura, en este sentido en la región deben implementarse mecanismos para asegurar el uso adecuado del recurso y su cuidado, para garantizar que otros usuarios pueden utilizarlo.

Existen diversos esquemas, ya sea vía recultaria, como el ejemplo de la ley forestal, áreas protegidas y vida silvestre de Honduras, que establece en su artículo 123, las distancias de protección de los recursos en diferentes áreas, tanto nacimientos, como en las riberas, así mismo existen otros ejemplos de iniciativas privadas, como la de la Asociación de Azucareros de Guatemala (ASAZ-GUA), apoyados técnicamente por el ICC, CENGICAÑA y Comités específicos de la industria azucarera guatemalteca que han desarrollado una política ambiental en el uso del agua para riego, cuyo fin es el de mejorar la eficiencia y contribuir a la sostenibilidad de este recurso en toda la Costa Sur de Guatemala.

En los países de influencia del SAM, es necesario que se impulsen mecanismos relacionados ya sea a cumplimiento legal o a iniciativas de responsabilidad social que permitan impulsar prácticas de uso sostenible del recurso, en este sentido, medidas de apoyo a los agricultores se deben orientar a:

- Mantener programas de reutilización y recuperación del agua, e impulsar iniciativas de reducción del con-

sumo, mediante el uso de estrategias de riego por goteo, agricultura de precisión o bien uso de agua residual tratada para fertiriego.

- Participar en programas de manejo, restauración y protección de cuencas en la parte alta, mediante programas voluntarios o mecanismos de compensación de bienes y servicios ambientales o ecosistémicos.
- Apoyar el mantenimiento de las corrientes superficiales permanentes de los ríos en la zona de influencia del cultivo de la caña de azúcar.
- Utilizar los acuíferos de forma sostenible, mediante programas de medición y control de los niveles dinámicos y estáticos de los mismos, por lo que se requiere contar con información de niveles de los acuíferos y sus fluctuaciones, que servirán de base para su manejo.
- Otras acciones deben encaminarse a apoyar e implementar medidas para mantener la disponibilidad de agua en los acuíferos poco profundos para uso en las comunidades y en la producción agrícola.
- Implementar el uso de indicadores para medir la eficiencia de la aplicación de riego a nivel de parcela de caña de azúcar, manteniendo los registros para compararlos con el estándar de la industria en cada país.

Buenas prácticas agrícolas en el manejo de la fuente de agua⁵

- Planificar y regular el aprovechamiento de las fuentes de agua superficial y subterránea. Para ello, deberá realizarse un balance hídrico que incluya un inventario de los aprovechamientos principales actuales y futuros que permitan cuantificar los caudales aprovechados para uso en la producción agrícola e industrial. Se debe identificar la ubicación geográfica dentro de la unidad hidrográfica correspondiente (cuenca y/o sub-cuenca), de acuerdo al formato que establezca la entidad correspondiente en el país, si aplica.
- Los aprovechamientos indicados en el inventario deben contar con sistemas de medición que permitan cuantificar los caudales y/o los volúmenes de agua, para generar informes periódicos.
- Establecer medición con estaciones hidrométricas o aforos de los caudales, para cada plantación, que permita generar información y registros históricos para facilitar el control

⁵ Tomado de referencias de ICC 2016

- Establecer protocolos, capacitaciones y talleres para estandarizar los sistemas de medición de caudales y niveles estáticos en los pozos, en base a esquemas unificados para todos los productores, en alianza con las autoridades locales y nacionales.
- En la medida de las posibilidades, los productores deberían diseñar un registro que permita proyectar un análisis de la disponibilidad del recurso, para asegurar que se generan alertas a tiempos en posibles épocas de escases.

Prácticas para la protección, la conservación y preservación del recurso hídrico⁶

Algunas prácticas a tomar en cuenta se mencionan a continuación:

- Identificar y proteger zonas de ribera, nacientes de agua y áreas de recarga de mantos acuíferos, con el fin de impulsar proyectos que permitan la protección, la conservación y preservación del recurso hídrico, como los proyectos de siembra, restauración y recuperación forestal tanto en la cuenca alta, media, baja y litoral.
- Establecer programas y proyectos de mantenimiento de los bosques y la vegetación natural existente en una franja de al menos 50 metros de ancho como mínimo, paralelas a las líneas de marcas máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no y alrededor de los lagos, lagunas, o depósitos de aguas que abastezcan sistemas de abastecimiento rurales y urbanos, o estén destinados al consumo humano, agrícola, ganadero o para usos de interés social.
- Establecer e implementar mecanismos y prácticas para la conservación de suelos que contribuyan en la regulación hídrica, priorizando las zonas altas cercanas a la zona cañera.

Prácticas para apoyar el monitoreo de la calidad y cantidad del agua en las zonas cañeras⁷

Deben ser consideradas prácticas que permitan asegurar la calidad del agua para riego:

- Teniendo en cuenta que existen experiencias de normas para reutilización de agua aprobadas en Honduras y México, pueden ser utilizadas como in-

⁶ Referencias de política ambiental ICC 2016 y experiencias en Honduras

⁷ Referencias tomadas de la política ambiental de riego de Guatemala y las experiencias en Honduras

dicadores de referencia para comparar los resultados al monitorear la calidad del recurso hídrico superficial, en los que se deben establecer controles de calidad de agua al menos en los meses más representativos de las épocas seca y lluviosa en cada país, normalmente marzo y septiembre, en los que se deben analizar al menos (pero no limitarse a) los siguientes parámetros:

- Oxígeno disuelto (OD),
 - sólidos disueltos totales (TDS),
 - potencial del ion hidrógeno (pH),
 - contenido de fosfatos (PO_4),
 - contenido de nitrógeno total (nitrógeno amoniacal)
 - Sales de sulfato (SO_4),
 - Coliformes totales
 - Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Apoyar e impulsar proyectos para medir y determinar el caudal ecológico de los ríos de la región.
 - Asegurar que se establecen programas de medición de uso del agua que permitan asegurar que no se supera un máximo del 50% del aprovechamiento del caudal en una fuente superficial.
 - Participar y fomentar la creación de comités de usuarios, mesas de diálogo o comités de cuenca, para coordinar de manera integrada el uso del recurso hídrico superficial.

Prácticas del uso del agua para asegurar su uso productivo

Como buenas prácticas se pueden considerar las siguientes acciones:

- Participar y apoyar la realización de actividades educativas, difusión de información y diálogos entre múltiples actores, para asegurar se toma conciencia sobre el valor y la importancia que representa el agua en la vida y en cada uno de las formas de uso, tales como el riego.
- Impulsar proyectos de inversión que permitan aumentar la productividad del agua, entre los cuales pueden realizarse, pero no limitarse a:
 - Aplicar buenas prácticas que permitan el aumento de la capacidad de retención del agua del suelo, como riego por goteo, por ejemplo

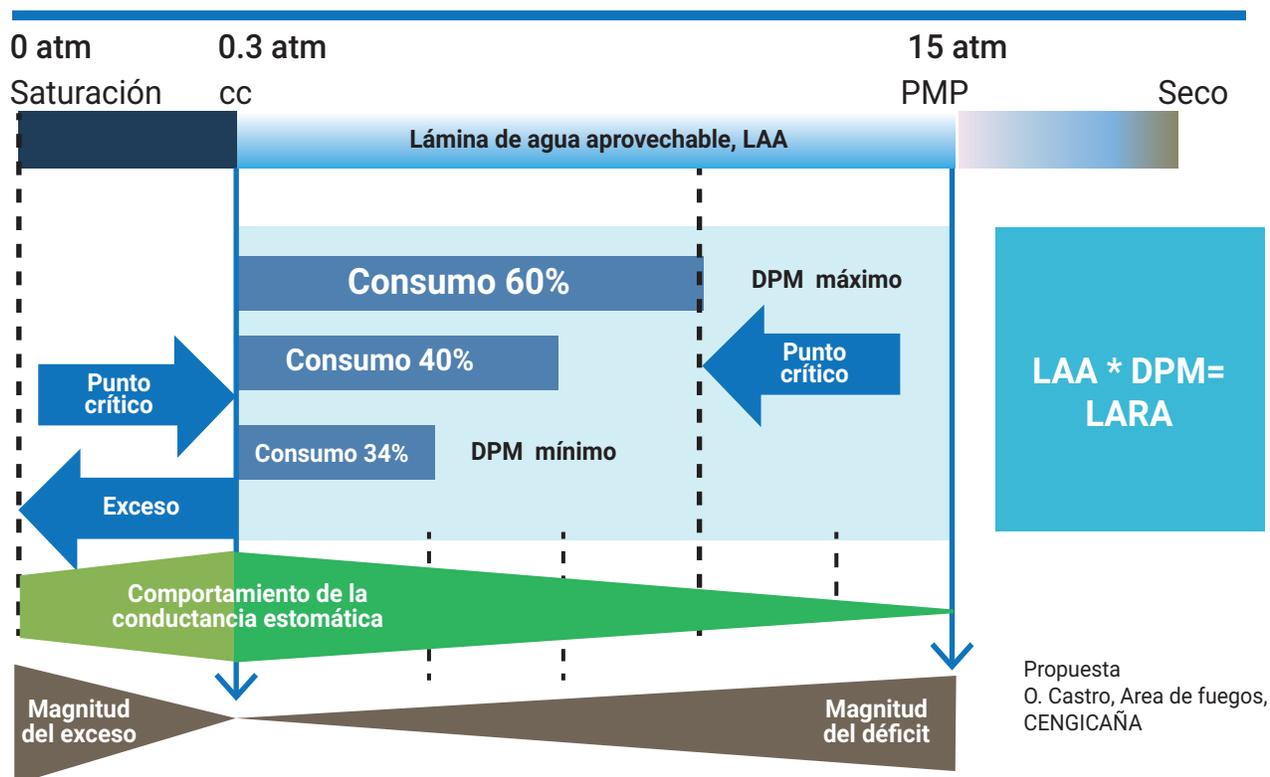
- Mejorar las prácticas de labranza, tales como la gestión de la fertilidad del suelo y la disminución de la degradación de la tierra.
- Hacer uso de proyecciones climáticas y datos de proyecciones meteorológicas que permitan asegurar el máximo aprovechamiento del agua.

Estrategias para aplicar riego en caña de azúcar

Es necesario considerar algunas estrategias que aseguren las buenas prácticas para la aplicación del agua para riego en caña de azúcar, se mencionan algunas a continuación:

- Planificar y adecuar los recursos técnicos y económicos asignados para la aplicación del riego, sujetándolos a las necesidades reales de agua en cada uno de los años y las etapas fenológicas de la caña durante todo su ciclo de cultivo.
- Crear e implementar programas de capacitación al personal ejecutor de la práctica del riego para la optimización del uso del agua que permita desarrollar mayor conciencia ambiental y contribuir al medio ambiente.
- Planificar acciones para la reducción de pérdidas en la conducción y distribución del agua, mediante la ejecución de revisiones periódicas e identificación mediante auditorías de evaluación, las cuales deberán realizarse de manera periódica.
- Aplicar tecnologías de riego aplicadas de forma dinámica y específica según el sitio.
- Establecer programas de monitoreo y manejo de la humedad del suelo entre el intervalo capacidad de campo (CC) y déficit permitido de manejo (DPM), adoptando como medida de conformidad la aplicación del riego acorde los tres escenarios para la definición del manejo de humedad en el suelo, tal como se muestran en la ilustración 31. Esto permitirá que se aplique el DPM máximo en la mayor cantidad de área cuando se planifica en sistemas con frecuencias, láminas y tiempo fijos, como el caso de sistemas de alta (cañones) y mediana presión (miniaspersión); mientras que, el DPM mínimo, cuando se riegue con sistemas de baja presión (mecanizados y goteo), lo que permite regar con frecuencias, láminas y tiempo variable en todo el ciclo de cultivo.

Ilustración 31. Escenarios para manejar la humedad del suelo entre Capacidad de Campo (CC) y Déficit Permitido de Manejo (DPM)



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf> (Castro, 2012)

Ilustración 32. Explicación de la eficacia, eficiencia y su aplicación en la evaluación del riego

¿Qué es la eficacia y eficiencia?	
<p>La eficacia hace referencia a nuestra capacidad para alcanzar lo que programamos (Cumplimiento) por ejemplo: Programamos regar 90 ha con un determinado equipo de riego y lo cumplimos o programamos regar 5 ha/día y lo alcanzamos</p>	<p>La eficiencia hace referencia a la forma de ¿Cómo y con qué calidad regamos?, ¿Utilizamos los recursos técnicos y económicos adecuadamente durante el ciclo de cultivo? ¿Cómo se optimizó el uso del agua? ¿Se aplicó el agua requerida en el momento oportuno durante todo el ciclo de cultivo? ¿Se aplicó el presupuesto adecuadamente?</p>
<p>Podemos ser eficientes sin ser eficaces o podemos ser eficaces sin ser eficientes. Lo ideal sería ser eficaces y a la vez ser eficientes.</p>	

En la ejecución, la toma de decisión del riego debe basarse en el uso del balance hídrico y/o uso de técnicas de automatización y control del riego.

- Tener en cuenta que los parámetros de evaluación del riego deben estar basados en los conceptos de eficacia y eficiencia; los resultados de estas evaluaciones deberán contribuir al desarrollo de la visión del riego por lo menos en un quinquenio. Los conceptos de eficiencia y eficacia se explican en la ilustración 32

En la planificación, ejecución y evaluación del riego se deben considerar como buenas prácticas para la aplicación del agua para riego en caña de azúcar las acciones siguientes:

- La planificación debe orientar hacia la optimización del uso del agua para determinar el ¿Cuánto y cuándo regar? y elaborar el presupuesto según el ¿Cómo regar?

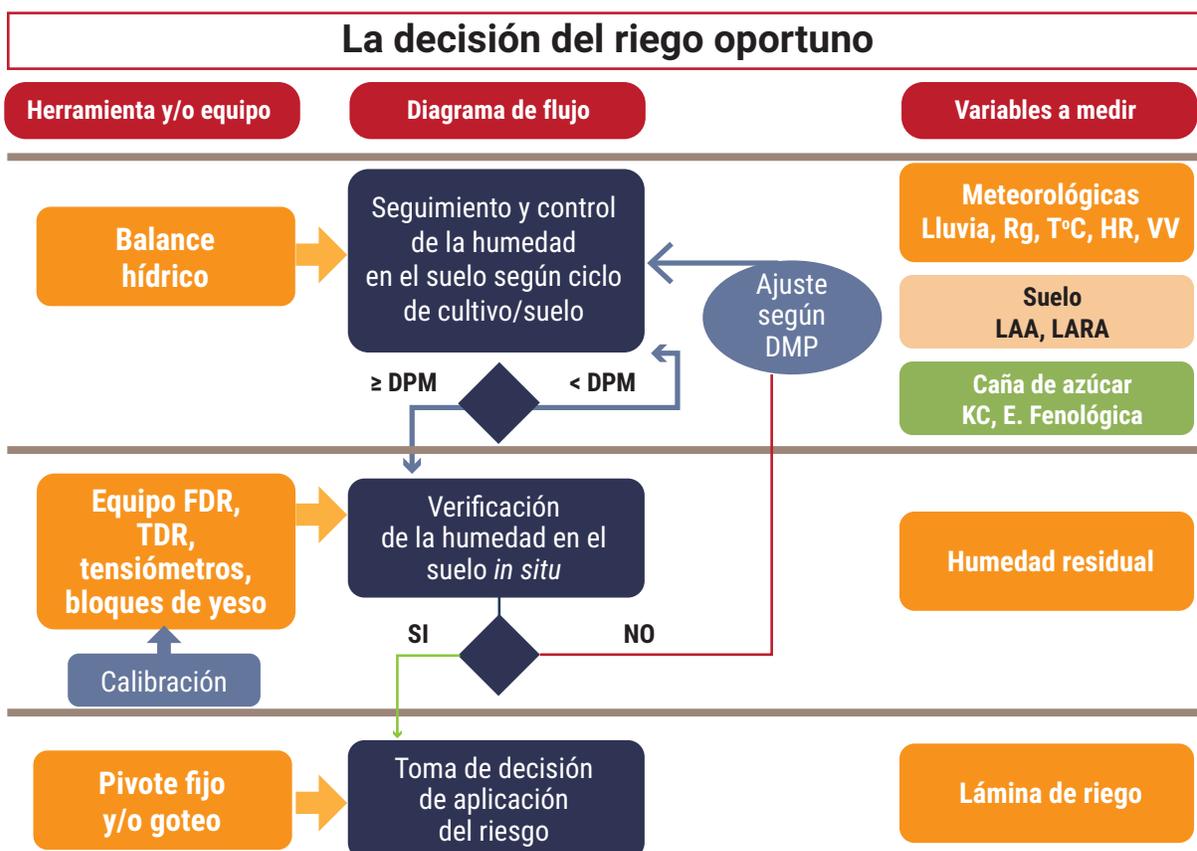
- En la planificación se debe considerar la medición in situ de la humedad en el suelo, con el fin de evaluar el comportamiento de la humedad en el suelo y/o detección de síntomas en la caña de azúcar por déficit hídrico, en cada una de las etapas fenológicas del cultivo, lo que permitirá realizar ajustes en las frecuencias, láminas y tiempos de riego. Además, los ajustes servirán en algunas áreas para ahorrar agua y energía, mientras que en otras, se deberá incrementar el período de riego y volúmenes de agua y energía según las necesidades de agua de la caña de azúcar que se presenten.

En la ejecución del riego se deberían considerar como buenas prácticas, la aplicación integrada de al menos las técnicas siguientes:

- **Aplicar el balance hídrico⁸**, teniendo en cuenta que en la aplicación del riego no debe existir escorrentía ni percolación. El balance hídrico tiene como objetivo evaluar el seguimiento del abatimiento de la humedad en el suelo en cada una de las etapas fenológicas de la caña de azúcar, tomando como base las variables climáticas (ET_o), de suelo [capacidad de campo (CC), déficit permitido de manejo o umbral de riego (DPM) y punto marchitez permanente (PMP)] y la demanda hídrica a través de la relación (ET_m)=ET_o*K_c. El DPM determinará el porcentaje de abatimiento de la humedad en el que debe darse el siguiente riego, ver ilustración 33 para mayor detalle.

⁸ herramienta técnica que evalúa las entradas (lluvia, riego y aporte capilar) y salidas (evapotranspiración máxima o ET_m),

Ilustración 33. Diagrama de flujo para la decisión de realizar el ajuste en la programación del riego y/o aplicación del riego oportuno en el periodo de cultivo (Castro y Monterroso, 2016)



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

- **Medir la humedad en el suelo.** Tiene como objetivo verificar y validar la humedad en las diferentes profundidades del suelo, con el fin de realizar ajustes en las entradas de agua, principalmente, en las áreas que se determine la existencia del aporte capilar. Existen una gran cantidad de técnicas para medir la humedad en el suelo, los métodos directos como el gravimétrico o volumétrico, siempre serán los más exactos. La determinación al tacto es el método más antiguo y sencillo, puede ser eficaz cuando se tiene experiencia. El método consiste en inspeccionar el suelo en forma ocular y al tacto, de muestras del suelo de la zona radicular extraídas con barreno. Para la metodología de la determinación de la humedad al tacto puede utilizarse la técnica de Israelsen, 1975. El método gravimétrico y volumétrico es el más exacto de todos, pero tiene la desventaja de que requiere mucho tiempo, es más caro y es destructivo cuando se muestra constantemente un mismo punto. El método directo es la base para la calibración de los métodos indirectos y es muy importante para el proceso de investigación básica. Los métodos indirectos se basan en la medición del contenido de agua en el suelo con el uso de instrumentos, como el tensiómetro y sensores de matriz granular (GMS) que miden el potencial mátrico, y la sonda de neutrones que utiliza fuentes radiactivas. En la actualidad, se han desarrollado nuevos instrumentos, como los electromagnéticos, entre ellos, el TDR (Reflectometría de dominio del tiempo) y el FDR (Reflectometría de dominio de frecuencias).

Es importante entender que se deben tener en cuenta reglas para realizar ajustes y/o tomar la decisión del riego oportuno, a continuación se mencionan las más relevantes:

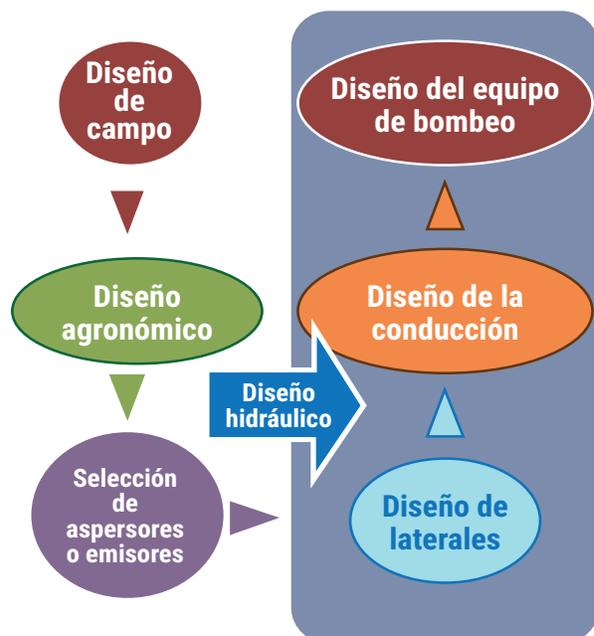
- Ajustes en las frecuencias, láminas y tiempos de riego debe ser una labor a realizar en cada temporada de riego debido a la variabilidad en la incidencia y comportamiento de fenómenos naturales, como el ENSO (nombre científico del fenómeno El Niño) y sus efectos en la entrada, salida e irregularidades de la lluvia durante el período de invierno de junio a octubre, principalmente, en el estrato bajo y litoral.
- Detectar en el área de cobertura del sistema de riego, áreas críticas. Esta detección permitirá establecer el número de puntos de medición de la humedad en el suelo y programaciones específicas del riego; entre más heterogénea sea el área de cobertura del riego más puntos de medición deberán ser ubicados.

- Evaluar las tendencias del comportamiento de las variables climáticas (lluvia, radiación global, temperatura, humedad relativa, velocidad del viento y dirección) para ello será necesario utilizar información meteorológica derivada de las estaciones ubicadas en la zona cañera que se hayan ubicado.
- En cada área crítica que se identifique, se deben ubicar puntos de medición que representen las condiciones específicas del sitio, esto permitirá medir y estimar la humedad residual en el suelo y los índices de crecimiento basados en el comportamiento de la altura, largo y diámetro de entrenudos en cada una de las etapas fenológicas.
- Las medidas realizadas en cada punto de medición deberán ser tomadas en cuenta para la toma de decisión de los ajustes y/o aplicación del riego oportuno en todo el ciclo de cultivo.

Recomendaciones para la selección de sistemas de riego

En todas las plantaciones, los sistemas de riego que se utilicen deben operar con diseños agronómicos e hidráulicos propios, basados en las características de las fuentes de agua, suelo, fenología, clima local y fecha de corte, para guiar la secuencia de selección se muestra la ilustración 34.

Ilustración 34. Recomendaciones seleccionar un sistema de riego acorde a las necesidades agronómicas de la zona.



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Recomendaciones para la operación y mantenimiento de los sistemas de riego

La operación y el mantenimiento de los sistemas de riego implica verificar y controlar parámetros importantes que ayudan a mejorar la calidad del riego, para proveer la cantidad de agua que el cultivo necesita, entre las principales actividades a realizar en los sistemas de riego para no afectar la calidad de aplicación de los sistemas de riego podemos indicar las siguientes:

- Medir el caudal,
- Medir la presión de operación, lo que permitira, entender si la distribución del agua dentro de la parcela es correcta
- Registrar las revoluciones por minuto del motor,
- Reportar la velocidad del viento, que sera necesaria dependiendo del sistema de riesgo selecciona-

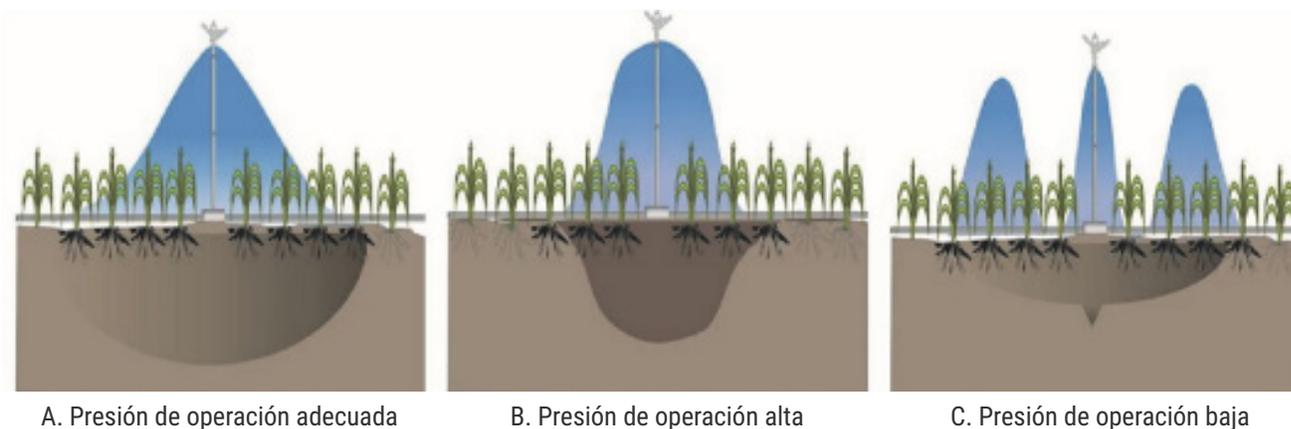
do, ya que puede afectar la lamina de aplicación, sobre todo en sistemas de aspersión.

- Dar seguimiento y verificar la distribución de tubería en campo, su estado y el distanciamiento entre aspersores asegurando se encuentren acorde las especificaciones de diseño.
- Diseñar un plan de mantenimiento del sistema, que incluya la verificación y los controles de operación de los motores, el estado adecuado de los sistemas de riego (bombas, tuberías, mangueras, etc.), que asegure que los sistemas funcionan adecuadamente y no existen fugas u otros problemas que reduzcan la eficiencia del sistema seleccionado.

Como apoyo a estas acciones se muestran las siguientes ilustraciones.

La ilustración 35 muestra como se afecta la distribución del riego cuando existen variaciones en la presión de operación.

Ilustración 35. Efectos en la presión de operación en la distribución del agua en la parcela (Monterroso, 2015)



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

La ilustración 36, muestra la importancia de medir y tener en cuenta la velocidad del viento.

Ilustración 36. Muestra de afectación del viento en sistemas de aspersión (Monterroso 2105)



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

La ilustración 37 muestra los resultados de no proveer un mantenimiento de la red de distribución y conducción adecuado.

Ilustración 37. Ejemplos de sistemas de riego con mala operación y mantenimiento



Fuente: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

6. Recomendaciones en el manejo de cosecha

En general el proceso de cosecha en la region del SAM se realiza de dos formas: manual y mecanizado.

En terminos generales el proceso manual está compuesto de cinco etapas y tres sistemas de operación; las cinco etapas del proceso son: muestreo pre-cosecha, quema de la caña de azúcar, corte manual, alce y transporte. Los sistemas de operación son: granel (carga continua y carga discontinua), tramos y maletas.

El proceso mecanizado se realiza con equipo mecanizado de cosecha e implica tres operaciones, muestreo de pre-cosecha; corte alce-mecanico y transporte.

Recomendaciones generales para la cosecha

De manera general, se recomienda a los ingenios lo siguiente:

- Realizar la planificación del proceso de cosecha con la debida anticipación.
- Capacitar al personal interno (colaboradores) y externo (proveedores) que estará involucrado en el proceso de cosecha, en temas como:
 - » Uso de equipo de protección personal, establecido por el ingenio.
 - » Uso de instalaciones y equipo facilitado por el ingenio.
 - » Uso de maquinaria (alzadoras, tractores, cosechadoras, camiones, etc.)
 - » Uso de equipos tecnológicos (handheld utilizadas en el alce, teléfonos inteligentes utilizados en el proceso de quemas, etc.)
 - » Manejo y disposición adecuada de basura-residuos en los lugares de trabajo y vivienda (desechos de herramientas: limas afiladoras de machete, desechos de alimentacion: bolsas de plástico, envases plásticos, latas, platos, vasos desechables, comida, etc.)

- » Manejo de los desechos de las estaciones de trabajo y de mantenimiento de maquinaria, siguiendo los procedimientos de almacenamiento, manejo y disposicion final adecuados de los aceites usados, filtros, materiales de limpieza, grasas, empaques, restos de metales, etc.

Buenas prácticas y recomendaciones en cada tipo de cosecha – cosecha manual

Muestreos precosecha

Realizar los muestreos precosecha⁹, para asegurar la decisión apropiada de corte, tomando en cuenta la edad, variedad y el uso previo de madurantes; lo muestreos deben realizarse teniendo en cuenta las condiciones de las plantaciones, lotes, fincas, etc.; para los muestreos se debería tener en cuenta brechas con distanciamiento apropiado (20 metros, por ejemplo), tomando tallos de al menos 1 metro de longitud, con despunte el punto de quiebre del tallo sin despuntar los mismos, cada muestra se debe identificar adecuadamente con los datos de identificación de la finca.

Practicas recomendadas para la quema de caña

Las quemas de caña deben ser planificadas y deben tener en cuenta al menos los siguientes criterios:

- Debe informarse a los vecinos al menos 48 horas previo al inicio, de preferencia vía escrita
- Debe iniciarse con contra fuegos para evitar que se puedan ocasionar daños a las áreas circundantes.
- Se debe mantener registros de las quemas
- Capacitar de manera regular al personal involucrado, en temas como comportamiento del fuego, influencia del viento y la dispersión.
- Preparar sistemas de rondas en las areas que se planifique quemar

⁹ Tomado y basado en recomendaciones de Coronado y Cañas 2013

- Disponer de equipos de protección personal y equipamiento mínimo de control como ser: tanque contra incendio, mochila para quema (lanza llamas), quemadores, combustible para quema, mochilas apaga fuegos, plano de la finca, programa de cosecha, programa de quemas (resultado del sistema de planificación de quemas), equipo de comunicación.
- Mantener riego de agua en las áreas circunvecinas al área de quema
- Mantener un plan de contingencia actualizado, que describa las formas de actuación cuando existan cambios que puedan provocar incendios no controlados en áreas cercanas, y que incluya formas de atender quemas no planificadas ya sean accidentales o provocadas por terceros.
- Cuando las quemas impliquen áreas cercanas a otros tipos de actividades productivas o de servicios y a comunidades, como, por ejemplo, producción camaronera, salera, centros turísticos o comunidades, se deberá tener en cuenta además de los avisos previos, realizarlas únicamente cuando la dirección de viento no incida en daños a los vecinos, teniendo en cuenta que se planifiquen máxima una al día, tener en cuenta dependiendo del tipo de actividad, distancias adecuadas de mínimo 50 metros.
- Si las quemas son cercanas a carreteras, se deberán realizar bajo exhaustiva vigilancia, considerando que la dirección del viento no permita la dispersión del humo que evite el tránsito normal, además tener en cuenta que se deben dejar espacios libres de fuego, con distancias no menores a 15 metros y hasta 300 metros dependiendo de la velocidad del viento (mínima de 2 km/h) y el tránsito previsto de vehículos
- Cuando existan sistemas de tendido eléctrico, dentro de las plantaciones o circundantes a ellas, se debe tener en cuenta que la quema se realice en caña verde, manteniendo distancias de entre 15 a 20 metros del eje central de la torre
- Asegurarse que al finalizar la quema no quedan focos de fuego

Prácticas en el corte

- Mantener una cuota diaria por cada frente de corte, tomando en cuenta las condiciones de los cañaverales.
- Adecuar el área para el corte realizando brechas, que permitan ubicar las áreas de sombra y los tanques de agua potable para uso de los cortadores.
- Dotar del equipo de protección personal a cada empleado y asegurar su utilización, el cual debe estar compuesto al menos de gorra para sol, guantes chimpanilleras o espinilleras y mangas de protección de brazos.
- Diseñar e implementar la realización de ejercicios de calentamiento muscular del personal del corte, previo al inicio del corte.
- Asegurar se mantienen instrucciones adecuadas y se explican al personal para la ejecución de las diferentes actividades de corte, que pueden describir, pero no limitarse a explicar el corte a ras, alineación de la basura, alineación de la chorra, cabecereado, selección de tallos, despunte, paso de separación.
- Para prevenir problemas de insolación y asegurar la salud del personal y la prevención de accidentes se debería proveer al personal de servicios de acceso al agua potable (garantizar al menos 12 litros al día por cortador), suero hidratante, asistencia de brigadista con botiquín y equipo de primeros auxilios, comida (cuando sea aplicable), servicio de transporte, áreas de sombra para descanso, letrinas móviles, revisiones médicas periódicas.
- Programar y ejecutar para el personal de corte, actividades recreativas, educativas y religiosas cuando sea aplicable.
- Asegurar que el personal de corte se le entrena y capacita, para asegurar que:
 - » Duerme al menos 6 horas al día.
 - » Toma sus alimentos en los tiempos adecuados, prestando sus respectivos horarios
 - » Fomentar que su comportamiento sea adecuado, no bromas, e ingesta de bebidas alcohólicas y drogas durante el periodo de trabajo
 - » Que entienda el uso y mantenga su equipo de protección personal
 - » Consume líquidos y agua continuamente.

- » Utiliza de periodos de descanso y sombra
- » Realiza ejercicios de calentamiento y estiramiento previo al inicio
- » Técnicas de corte y distancias adecuadas

Recomendaciones de prácticas para recolección o alce de la caña

- Asignar cuotas diarias por cada frente, tomando en cuenta las condiciones topográficas del terreno, accesos, distancias y disponibilidad de maquinaria.
- Realizar recorrido por los lotes verificando las condiciones del terreno, existencia de quíneles, obstáculos, entradas y salidas dentro del lote que permita adecuar el área, el movimiento interno y ubicación de los equipos, las áreas de sombra y los tanques de agua.
- Asegurar que el personal utiliza el equipo de protección personal definido para la operación
- Establecer un plan de seguridad y entrenar al personal para asegurar la prevención de accidentes y lesiones
- Establecer e implementar un plan de inspecciones y mantenimiento de equipos que evite que se realicen fugas de aceite, combustibles y lubricantes que puedan contaminar la caña, el suelo y las áreas circundantes.
- Cuando se trasladen los equipos ya sean rodados o en sistemas de transporte (lowboy), se debe tener en cuenta:
 - » asegurar adecuadamente la maquinaria con todo el equipo necesario para evitar accidentes en la ruta,
 - » no llevar personal fuera de las cabinas de los vehículos de transporte o de las máquinas que están siendo transportadas,
 - » respetar los límites de velocidad establecidos
 - » Realizar, en la medida de lo posible el traslado en las rutas internas de los ingenios.
 - » Verificar que cualquier equipo extra, vaya bien asegurado y señalizados al momento del traslado.

Recomendaciones durante el transporte de caña¹⁰

El transporte de caña puede ser realizado de diferentes formas, a granel con una o mas carretas cañeras, mecanizado con una o mas carretas cañeras, en camiones tipo maletado o en tramos, independiente del sistema utilizado, es necesario para reducir los impactos de contaminación y molestias, diversas normas, como:

- Circular a baja velocidad dentro de las comunidades en límites entre 20 a 40 km/h
- En carretera asfaltada no superar los 40 km/h respetando distancias entre las unidades de al menos 250 metros entre sí.
- En caminos de terracería donde se provoque polvo al paso del transporte y/o maquinaria y donde existan viviendas u otras edificaciones debe regarse periódicamente el camino de manera coordinada.
- En áreas con cruces y zonas críticas como escuelas, contar con señalización visual y reflectiva las 24 horas, contar con apoyo de personal banderillero y colocar avisos de precaución a partir al menos 500 metros de cercanía, colocando los rótulos en cada sentido a cada, al menos, 100 metros.
- Circular con luces encendidas y las carretas cañeras contar con señalización reflectiva, luces laterales y traseras en buen estado, así como, rótulo de precaución en la parte trasera de la última carreta cañera.
- Colocar bandas y sujetadores en las carretas y colectores cañeros, que aseguren la carga y eviten que las cañas puedan caer e impactar a otros conductores
- Realizar una inspección de la ruta por donde circulará el transporte y verificar el estado de la misma, la altura del tendido eléctrico y cualquier obstáculo o inconvenientes en el paso que pueda afectar la operación o dañar la infraestructura comunitaria.
- Utilizar sistema de control de los transportes, como identificación de cada equipo de manera adecuada, GPS, sistemas de control de velocidad y controlar paradas autorizadas o no autorizadas.
- Establecer un programa de entrenamiento y certificación del personal (choferes, conductores y personal de apoyo (señalistas, banderilleros)
- Establecer un programa de limpieza periódico de las carreteras utilizadas

¹⁰ Referencias de AZAGUA 2016

Buenas prácticas y recomendaciones en cada tipo de cosecha – cosecha mecánica

Las recomendaciones aplicables para el muestreo de precosecha y transporte son las mismas del sistema de corte manual; por lo tanto, solo se presentan a continuación, las recomendaciones para el corte y el alce mecánico.

- Realizar un recorrido a los lotes que se van a cosechar, verificando las condiciones de terreno, existencia de quíneles, piedras, distanciamiento de surco, condición del cañaveral, obstáculos, entradas y salidas del lote; también, se debe realizar la ubicación, los tanques de agua y el área para el lavado de maquinaria.
- Utilizar motoniveladora y material para reparación de rondas o calles, para asegurar que se cubre la necesidad de hacer pasos o rellenos y/o corte de esquinas que obstaculicen el paso de las unidades cañeras
- Tener en consideración la alineación de los surcos con respecto a las rondas o calles debido a que es más eficiente trazar estaciones cuando los surcos son paralelos
- Establecer una cuota diaria por cada frente de corte, tomando en cuenta las condiciones topográficas, accesos, distancias y la disponibilidad de maquinaria.
- Asegurar la dotación y uso del equipo de protección personal
- Las cosechadoras deben ser trasladadas únicamente por lowboy, sin embargo, si el traslado es entre fincas y es menor a 20 km el movimiento de los tractores puede ser rodado.
- Se debe revisar el equipo previo al inicio y cada vez que sea necesario, se debe revisar la maquinaria, de acuerdo con lo establecido los manuales de operación de cosecha.
- Verificar el área y acorde sea necesario hacer partidores (brecheros), el número de surcos asignados a cada cosechadora dependerá de las dimensiones del lote, cantidad de caña a cosechar, cantidad de máquinas disponibles y la cuota asignada al frente.
- Calibrar el nivel de corte en las máquinas con el equipo adecuado; para hacerlo se debe ajustar la cortadora base de la cosechadora a la topografía del

suelo, a efecto de minimizar el daño por arranque de cepa.

- Operar a velocidad adecuada de acuerdo con la densidad del cañaveral, tipo de corte y topografía. Se debe sincronizar la distancia de operación de la cosechadora y del tractor.
- Iniciar el llenado de la parte de atrás del auto volteó, finalizando la carga en la parte de adelante; cuando se utilizan dos auto volteos se recomienda llenar el de adelante en forma de cono para aumentar la tracción del tractor. Mantener la distancia y la sincronización entre el conductor de la cosechadora y la canasta del auto volteó.
- Se debe controlar la operación adecuada del equipo y asegurar que no se presentan fugas de lubricantes y aceites, si esto sucede se debe parar la máquina y apagar el motor y buscar la solución previo a iniciar la operación de nuevo.
- Contar con equipo de recambio en el campo para evitar pérdidas de tiempo en el llenado de las jaulas (carretas).



5. Tendencias del cultivo de la caña de azúcar que podrían cambiar las actuales prácticas de cultivo



A continuación se describen tendencias sobre la caña de azúcar y sus derivados que señalan lo que se espera en el futuro sobre el cultivo y que podrían marcar cambios en los procesos de investigación, manejo y uso del cultivo:

- En la medida que crezca la demanda energética a nivel mundial, la caña de azúcar jugará un rol muy importante como biocombustible y como fuente de energía. El liderazgo en el desarrollo de investigación para la optimización de los procesos de producción de etanol y energía los está ejerciendo Brasil a través de universidades e instituciones localizadas principalmente en el estado de Sao Paulo y el Centro de Tecnología Canavieira (CTC). El aprovechamiento de toda la biomasa producida por la caña de azúcar se presenta como uno de los principales retos de investigación y desarrollo, para lo cual diversos países están desarrollando clones de caña energética derivados de cruza-mientos interespecíficos e intergenéricos.
- Actualmente la mayoría de los centros de investigación de los países productores, están haciendo grandes inversiones en biotecnología de la caña de azúcar, por lo que a mediano plazo se estarán utilizando a nivel comercial variedades transgénicas de caña de azúcar, especialmente en aquellos países que tienen ya variedades transgénicas a nivel experimental (Brasil, Colombia, Estados Unidos, Sudáfrica, China, India y Australia). Estos implicarán cambios significativos que transformarán las actuales prácticas de cultivo ya que los nuevos cultivos poseerán:
 - » mayor resistencia a herbicidas, a plagas y a enfermedades,
 - » mayor acumulación de sacarosa
 - » modificaciones para la producción de polímeros y productos farmacéuticos.
- Las tecnologías derivadas de la Biología Molecular y la Ingeniería Genética se estarán utilizando no solamente para el desarrollo de variedades de caña de azúcar, sino también como herramientas para el manejo integrado de plagas, para el diagnóstico de enfermedades, para el control de malezas, y para métodos asociados a la fertilización como la fijación biológica de nitrógeno y microbiología de suelos.
- Las tendencias de la mayor ocurrencia de sequías debido al cambio climático, requerirá la aplicación de mejores Sistemas de Riego para optimizar el uso eficiente del agua, como Riego por Goteo, Tecnologías para la Optimización del uso del agua, Cosecha de Agua, Conservación y Manejo de Fuentes de Agua.
- La agricultura de precisión para el uso óptimo de los insumos, en la búsqueda de la ecoeficiencia, está impulsando el uso de herramientas más avanzadas como: Sistemas de Información Geográfica, GPS, Sensores Remotos y las Tecnologías de Información: Teléfonos celulares e Internet. desarrollando modelos más avanzados de agricultura específica por sitios y el uso de las Tecnologías de Información para la Transferencia de Tecnología.
- Debido a la mayor preocupación de los consumidores por el medio ambiente, existen más y más estrictas legislaciones sobre agua, suelo, áreas protegidas, biodiversidad, uso de agroquímicos, seguridad industrial, tráfico y control de quemaduras, con una mayor tendencia a las certificaciones sostenibles

6. Casos de éxito

A continuación se describen algunos de los casos de éxito de ingenios azucareros de Honduras.





**AZUCARERA
CHOLUTECA**

1. Nuevas tecnologías en Azucarera Choluteca

La Azucarera Choluteca ha implementado el uso de varios sistemas novedosos en sus operaciones, entre los cuales se encuentran:

- El uso de drones en las áreas de cultivo
- El uso de motores de LPG sustituyendo a los motores de diesel en el riego, que permite ser más eficientes y reducir emisiones de CO₂

Beneficios que se han logrado con el uso de drones:

- Reducción de la carga química por área en un 25%.
- Por ser aplicaciones de ultra bajo volumen se logra reducir en un 50% el uso del agua.
- Aplicaciones sectorizadas.
- Menor contaminación por ruido.
- No hay sobrevuelo en las comunidades al momento de transportarse o durante la aplicación.
- Aplicación de madurante en horario nocturno: se aprovechan condiciones climáticas idóneas (temperatura, viento y humedad relativa) al momento de realizar la aplicación.

Beneficios del uso de motores a gas:

- Reducción en generación de CO₂.
- Ahorros en los costos de producción.
- Mayor eficiencia.
- Peso ligero.
- Bajo nivel de ruido.
- Bajos costos en mantenimiento.
- Tamaño compacto.



2. Las cosechadoras de agua en Azucarera La Grecia

La planicie costera del río Choluteca posee la característica de un abanico aluvial, con un relieve sumamente bajo, en donde la capacidad hidráulica del río decrece dramáticamente a medida que se aproxima a la interface costera; de esta forma la planicie se expone a extremos de sequía e inundaciones complejos de gestionar, y por otro lado exige el uso eficiente del agua como una prioridad para todos. Es por esto que el equipo de Azucarera La Grecia se ha dado a la tarea de identificar toda oportunidad para aprovechar el caudal que corre en invierno por sus fincas y compensar la falta de agua en el verano, esto a través de obras hidráulicas como las seis cosechas de agua que a la fecha, Azucarera La Grecia ha construido en algunas de sus fincas en el departamento de Choluteca. Esta iniciativa permite almacenar alrededor de 1.83 millones de metros cúbicos y recuperar para cultivo unas 400 hectáreas.



3. Proyectos de conservación y reforestación de AZUNOSA

Conservación de Nacimientos de Agua

Durante el crecimiento de siembra del cultivo, por más de 40 años, se fueron encontrando sitios de importancia ambiental, tal es el caso de nacimientos de agua, donde en aquellos años por convicción se respetó el espacio de esos nacimientos de agua y hoy día son parte del programa de Áreas de Conservación de Azunosa. Actualmente se protegen 8 nacimientos de agua ubicadas en las Fincas Vista Hermosa, Victoria y San Carlos del Río, donde convive en armonía el cultivo de la caña con respeto por las fuentes de agua.

Reforestación y bosques lineales

El crecimiento de las comunidades y la expansión agrícola fue tomado en cuenta por Azunosa, y entre los años 2000-2010 se implementaron esquemas de reforestación en sitios priorizados donde el cultivo de caña de azúcar estuviese cerca de comunidades. Creándose dos proyectos:

- **Bosques lineales:** que consiste en plantar una franja de árboles maderables donde limita el cultivo de caña y la comunidad. Actualmente hay 12 iniciativas de bosques lineales distribuidas en las fincas Bamelia, Sicasa, Vista Hermosa, Cafosa, Manantial, El Porvenir, San Carlos del Río y La Esperanza. Los árboles ya tienen más de 10 años y siguen conservándose y protegiéndose, evitando que personas con malas intenciones los quieran talar.
- **Bosque del futuro:** La Finca Palermo de Azunosa en su límite Este, colinda muy cerca de la Ciudad de El Progreso, por lo que a partir del año 2007 se dejaron de cultivar 28mz de caña de azúcar y se plantaron con árboles maderables. Hoy en día ya tienen 15 años dicha plantación y Azunosa la sigue conservando y protegiendo



4. Consumo sostenible de agua en producción de azúcar, Azucarera Chumbagua S.A.

En el área industrial está en ejecución el “Proyecto de Agua Chumbagua” que tiene como base la utilización del agua que viene junto con la caña para los distintos procesos productivos, hacer más eficiente el control y la tecnología de los equipos para reducir el consumo de agua y reducir la cantidad de efluentes de la planta. El proyecto incluye la producción de agua potable de calidad para todos los empleados del ingenio.

Las acciones relevantes para la prevención, reducción y tratamiento del agua que se han realizado en estos proyectos son:

- El agua de lavado de caña se elimino por completo.
- Montaje de un filtro de bandas.
- Montaje de planta de separación de cenizas y hollín.
- Montaje de sistema de tratamiento de agua de proceso (Cortinas de retención, lagunas y sistemas de riego adecuado).
- Reconstrucción de pilas de enfriamiento.
- Montaje de bombas para rebombeo de agua caliente a pila de enfriamiento.
- Cancelación de grifos innecesarios, control de derrame de residuos (azúcar; mieles, jugo, melaza).
- Construcción de fosas sépticas para tratar aguas grises.
- Separación interna de las aguas de descarga del proceso industrial.



5. Gestión sostenible en la Reserva Protegida “El Chile” de Compañía Azucarera Tres Valles S.A. (CATV)

Durante el año de 1987, el Gobierno de Honduras, a través del Congreso Nacional de la República emitió el Decreto 87-87, bajo el cual se declararon un total de 18 áreas naturales con la categoría de Reservas Biológicas las cuales son declaradas a perpetuidad, siendo una de estas 18 áreas la Montaña El Chile, conocida desde entonces como la Reserva Biológica El Chile (RBCH), desde 1993, CATV se encuentra apoyando la iniciativa y firmo un convenio para apoyar el comanejo del area, lo que permite asegurar la disponibilidad del recurso hidrico para la zona y sobre todo la recarga del mismo para poder aprovecharlo en las areas de cultivo del ingenio.

Bibliografía

A continuación, se describen las principales fuentes bibliográficas consultadas en cada área temática.

La caña de azúcar y su entorno climático

De Procaña, asociación colombiana de productores y proveedores de caña de azúcar. "Historia de la caña". Colombia. Tomado de:

<https://procana.org/site/historia-de-la-cana/#:~:text=Dice%20la%20historia%20que%20Pedro,estancia%20en%20Yumbo%20en%201541>

Compiladora: Ing. Zambrano, Palmira. "Cultivo de caña de azúcar: manejo y su importancia". Tomado de:

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Lagos-Burbano, E. y Castro-Rincón, E. "Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes". Tomado de:

<https://www.redalyc.org/journal/437/43760145020/html/>

"Caña de azúcar y subproductos de la agroindustria azucarera en la alimentación de rumiantes". Tomado de: <https://doi.org/10.15517/am.v30i3.34668>

De Biblioteca virtual. "Caña".

Tomado de: <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-0658cana.pdf> -pag.1

¿Cuáles son los requisitos de cultivo y la influencia de los distintos factores climáticos en la producción?

Vásquez Condado, J. J. "Efectos del clima en la producción de caña y azúcar en central progreso".

Tomado en: <https://www.atamexico.com.mx/wp-content/uploads/2017/11/5.-AGRICULTURA-CA%C3%91ERA.pdf>

De AgroKrebs. Tomado de:

<https://www.facebook.com/agrokrebs/photos/a.565875290563594/9701786>

Ciclo de Vida, velocidad de crecimiento y particulares fisiológicas de la caña de azúcar:

Compiladora: Ing. Zambrano, Palmira. "Cultivo de caña de azúcar: manejo y su importancia". Tomado de:

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

CENGICAÑA. "Memoria" (10-11) Gerardo Espinoza1; Manuel Corado2; Manuel Enrique Martínez López2; Carlos Echeverría2 y Juan Carlos Pineda2. 1 especialista en Malezas y Madurantes, CENGICAÑA; 2 Ingenio Madre Tierra. Tomado de:

www.cengicana.org

Taxonomía y requerimientos edafoclimáticos del cultivo de la caña de azúcar:

Compiladora: Ing. Zambrano, Palmira. "Cultivo de caña de azúcar: manejo y su importancia". Tomado de:

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Preparación del terreno:

Compiladora: Ing. Zambrano, Palmira. "Cultivo de caña de azúcar: manejo y su importancia". Tomado de:

<https://agrotendencia.tv/agropedia/cultivos/el-cultivo-de-la-cana-de-azucar/>

Manejo de Plagas

Guía BPA CENGICAÑA FINAL JLQ. 04 abril página No. 13; José Manuel Márquez Ing. Agr. M.Sc. Coordinador del Programa de Manejo Integrado de Plagas de CENGICAÑA. www.cengicana.org. Encontrado en: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Manejo enfermedades

Guía BPA CENGICAÑA FINAL JLQ. 04 abril página No. 26, Werner Ovalle Ing. Agr., M.Sc., Fitopatólogo de CENGICAÑA. www.cengicana.org. Encontrado en:

<https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Manejo de Malezas

Guía BPA CENGICAÑA FINAL JLQ. 04 abril página No. 29 Joel Morales Ing. Agr., Especialista en Malezas y Madurantes de CENGICAÑA. www.cengicana.org

Gerardo Espinoza Ing. Agr., PhD., Especialista en Malezas y Madurantes de CENGICAÑA. www.cengicana.org. Encontrado en: <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Manejo de Agroquímicos

Joel Morales Ing. Agr., Especialista en Malezas y Madurantes de CENGICAÑA. www.cengicana.org <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Gerardo Espinoza Ing. Agr., PhD., Especialista en Malezas y Madurantes de CENGICAÑA. www.cengicana.org <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Reglamento General de Medidas Preventivas de Accidentes de trabajo y enfermedades profesionales de Honduras, acuerdo ejecutivo STSS-053-04, del 19 de octubre del 2004.

Manejo de Suelo y Fertilización

Ovidio Pérez Ing. Agr., M.Sc. Coordinador del Programa de Agronomía de CENGICAÑA. www.cengicana.org <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Manejo de Riego

Otto Castro Ing. Agr., M.Sc. Especialista en Riegos y Agrometeorología de CENGICAÑA. www.cengicana.org <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

Manejo de Cosecha

Braulio Villatoro Ing. Agr. M.Sc., Especialista en Agricultura de Precisión y Cosecha de CENGICAÑA. www.cengicana.org <https://cengicana.org/files/20170425171748989.pdf>

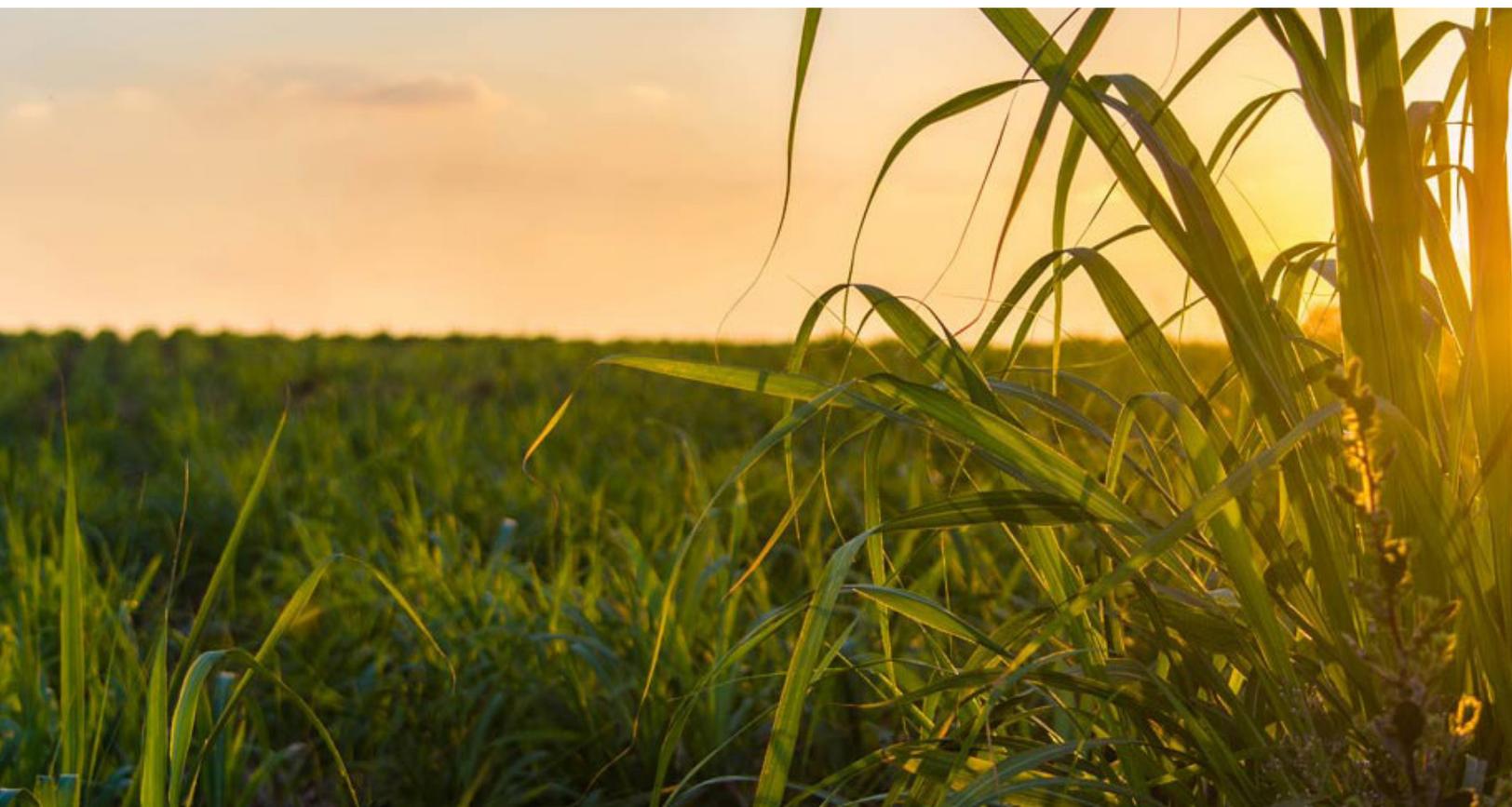
Tendencia del cultivo de la caña de azúcar

Mario Melgar director general CENGICAÑA Memoria de Presentación de Resultados de Investigación de C <https://cengicana.org/files/20150828053606618.pdf>



CUENCAS CONSERVADAS

ARRECIFES SALUDABLES



Sistema de la Integración Centroamericana (SICA)
Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)

Final Bulevar Cancillería, Distrito El Espino, Ciudad Merliot,
Antiguo Cuscatlán, La Libertad, El Salvador.

+503 2248 8800
+503 2248 6900

Redes sociales CCAD

www.sica.int/ccad
www.sica.int/mar2r

Más información:
mar2rccad@sica.int