

PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS

CULTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR EN COSTA RICA

“Como parte del estudio de prácticas efectivas para adaptación de cultivos prioritarios
para seguros en Costa Rica”

El cual es realizado con el aporte del Fondo de Adaptación

Elaborado por:

Raffaele Vignola, PhD¹

Karina Poveda Coto, Lic²

William Watler, MSc²

Armando Vargas Céspedes, Bsc³

Álvaro Berrocal Solís, Lic³

Febrero, 2018

¹ Líder del Programa de Cambio Climático y Cuencas CATIE, Director de la Cátedra Latinoamericana en Decisiones Ambientales para el Cambio Global (CLADA), CATIE

² Miembro del Programa de Cambio Climático y Cuencas, CATIE

³ Consultor CLADA, CATIE



Para la realización de este estudio se reconoce el apoyo de funcionarios de la sede central y las sedes regionales de la Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar (**LAICA**), así como los productores de las diferentes regiones visitadas, quienes aportaron significativamente al desarrollo del estudio.

TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE ACRÓNIMOS	5
INTRODUCCIÓN	6
METODOLOGÍA	7
TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR	9
1. Especificaciones técnicas	9
2. Fases fenológicas del cultivo de caña	12
2.1 Descripción general de las cuatro fases fenológicas:.....	12
2.2 Especificaciones de las fases del ciclo fenológico por región productiva.....	13
3. Prácticas recomendadas para el manejo de la plantación	25
3.1 Preparación del suelo.....	25
3.2 Siembra.....	25
3.3 Fertilización.....	25
3.4 Control de malezas.....	25
3.5 Control de enfermedades.....	26
3.6 Control de Plagas.....	27
ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DE SITIO Y LAS AMENAZAS CLIMÁTICAS OBSERVADAS	31
1. Ubicación espacial de las zonas productoras de caña en Costa Rica.....	31
2. Sistematización de información sobre sensibilidad del cultivo de caña a eventos climáticos.....	33
3. Identificación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos extremos que afectan la productividad en las regiones productoras de caña en Costa Rica.....	35
4. Información complementaria a los eventos climáticos y no climáticos extremos que afectan la producción en las zonas cañeras del país.....	48
4.1 Base de datos DesInventar.....	48
IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS QUE PERMITAN PREVENIR Y/O REDUCIR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CAÑA	53
1. Prácticas con valor para la reducción del impacto de eventos climáticos según la revisión de literatura	53
2. Prácticas identificadas para la reducción de impacto de eventos climáticos por fase de cultivo de acuerdo con la consulta a expertos	56
2.1 REGIÓN PRODUCTIVA BRUNCA.....	56
2.2 REGIÓN PRODUCTIVA DE HUERTAR NORTE.....	67
2.3 REGIÓN PRODUCTIVA CHOROTEGA.....	77
2.4 REGIÓN PRODUCTIVA DE VALLE CENTRAL ORIENTAL.....	87
2.5 REGIÓN PRODUCTIVA DE VALLE CENTRAL OCCIDENTAL.....	93
2.6 REGIÓN PRODUCTIVA DE PACÍFICO CENTRAL.....	95
3. Evaluación de las prácticas identificadas y su impacto sobre el agroecosistema	98
4. Cuantificación de costos de las prácticas identificadas	102

ANÁLISIS DE APTITUD AGRÍCOLA ACTUAL DEL CULTIVO DE CAÑA BASADO EN UN MODELO EXPERTO	105
1.Sistematización de las condiciones agroclimáticas óptimas para el desarrollo productivo de caña...	105
2.Análisis de aptitud para el cultivo de la caña de azúcar basado en metodología multicriterio	106
BIBLIOGRAFÍA	108
ANEXOS	111
ANEXO 1. VARIEDADES TOLERANTES A LA ROYA NARANJA	111
ANEXO 2. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES Y UTILIZADOS DURANTE LA CONSULTA A EXPERTOS	112
ANEXO 3. LISTA DE EXPERTOS CONSULTADOS	127

LISTA DE ACRÓNIMOS

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CLADA	Cátedra Latinoamericana en Decisiones Ambientales para el Cambio Global
DDC	Dirección de Cambio Climático
DDS	Días después de la Siembra
DIECA	Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar
DRAT	Distrito de Riego Arenal Tempisque
GIZ	Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INS	Instituto Nacional de Seguros
LAICA	Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
PBAE	Programa Bandera Azul Ecológica Categoría Agropecuaria
PIB	Producto Interno Bruto
PIBA	Producto Interno Bruto Agropecuario
ONS	Oficina Nacional de Semillas
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria

INTRODUCCIÓN

La producción e industrialización de la caña de azúcar resulta de gran importancia en Costa Rica, no sólo por el aporte a la canasta básica de alimentos de la población nacional, sino también por la generación de empleo y de divisas. El sector cañero a través de la producción y la agroindustria, de acuerdo con los datos presentados por Chaves & Bermúdez (2015), participa con el 0,33% en el Producto Interno Bruto (PIB) Nacional y el 3,83% en el Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA); y en términos de empleo, se estima que genera 25 000 empleos directos y más de 100 000 indirectos.

En términos de producción en finca, la caña de azúcar se encuentra como una de las actividades principales en las fincas del país. De la superficie total de cultivos permanentes (definidos como aquellos que pueden ser cosechados sin destruir la planta) la caña representa el 18,4% del área. Para el 2014 se contabilizaron 4 880 fincas y una extensión sembrada de 65 062,0 hectáreas, destacándose la provincia de Guanacaste con la mayor cantidad de área sembrada (aproximadamente un 55% del total) (INEC, 2014).

Debido a la importancia de esta actividad desde el punto de vista socioeconómico, y considerando que en los últimos años las variaciones en los patrones climáticos han afectado la producción industrial, es necesario identificar los puntos más vulnerables del ciclo productivo y desarrollar las estrategias que permitan disminuir la vulnerabilidad del sector, promover su competitividad y así poder facilitar su adaptación para reducir los impactos negativos que estos cambios en los patrones climáticos.

El presente documento resume los principales resultados del estudio realizado para el Instituto Costarricense de Seguros, por la Cátedra Latinoamericana en Decisiones Ambientales para el Cambio Global (CLADA) del CATIE. El estudio está enfocado en la identificación de prácticas agrícolas que se puedan realizar para prevenir o mitigar el impacto de eventos climáticos y no climáticos en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica.

Se espera que a través del estudio se construya una base de conocimiento sobre buenas prácticas que faciliten la adaptación de los sistemas productivos frente a los impactos de los eventos extremos en el país, y al mismo tiempo proveer al Instituto Nacional de Seguros información técnica confiable y aplicable en sus diseños de productos financieros y seguros agropecuarios.

METODOLOGÍA

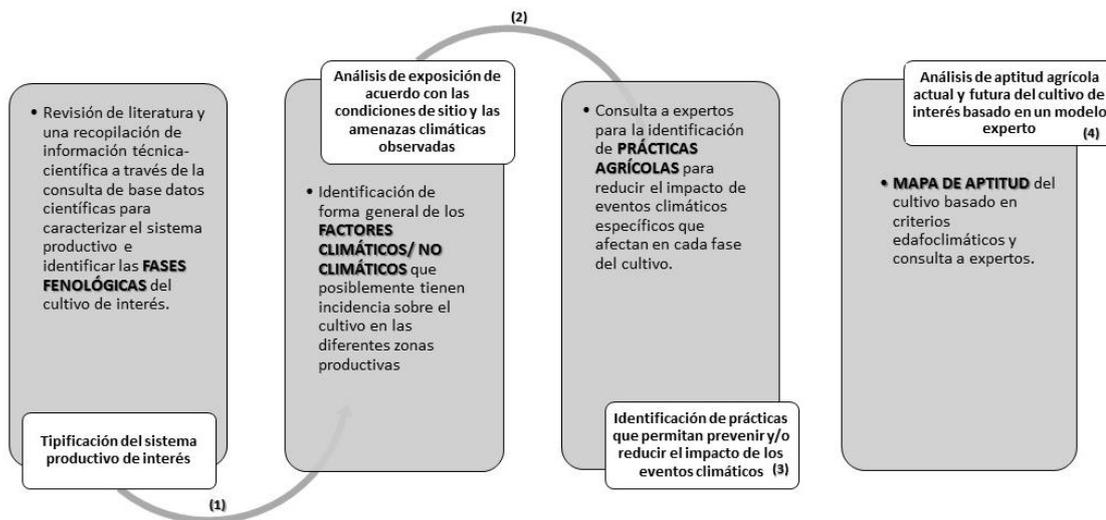
El estudio tiene como objetivo conocer, desde un enfoque nacional considerando las áreas más representativas de producción, las buenas prácticas para la reducción de impactos de eventos climáticos extremos sobre los sistemas agroproductivos.

Para alcanzar el objetivo propuesto, el estudio se dividió en cuatro grandes secciones, las cuales buscan responder a la complejidad del análisis de los impactos del clima sobre los cultivos, ya que esto depende de muchas variables de contexto y del tipo de evento. Se utilizó una combinación de métodos basados en conocimiento experto y búsqueda de información secundaria para obtener la información requerida que permita reducir la incertidumbre de inversiones de agentes financieros y de seguros sobre los sistemas agropecuarios de interés.

En la primera sección se realizó una caracterización del sistema productivo de caña en Costa Rica y una descripción de las fases fenológicas del cultivo. A partir de las fases fenológicas descritas, se identificaron los eventos que tienen mayor impacto en cada fase. En la segunda sección se presenta el análisis de exposición que resume los eventos climáticos y no climáticos que son recurrentes en cada una de las regiones productivas y que podrían tener algún impacto negativo en el desarrollo del cultivo. Esta identificación general sirvió como base para detallar cuáles son los eventos climáticos que más impacto tienen en cada una de las fases fenológicas del cultivo, para posteriormente, en la tercera sección, definir las prácticas que los expertos realizan para reducir o prevenir el impacto de factores climáticos en cada fase de cultivo. Además, en la tercera sección se cuantificaron los costos de implementación de las prácticas y se realizó una valoración de las prácticas bajo los criterios del programa de Bandera Azul Ecológica categoría Agropecuaria y el Programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería.

Finalmente, en la sección cuatro se muestra el análisis de aptitud, el cual se realizó como un insumo para definir las áreas de aptitud óptima, media y deficitaria para el desarrollo del cultivo de caña de azúcar en Costa Rica; y guiar la toma de decisiones de inversiones de agentes financieros y de seguros sobre los sistemas agropecuarios de interés.

En la siguiente figura se resume el proceso metodológico seguido para la realización de este estudio.



- (1) Las fases fenológicas definidas en la primera sección servirán como base para la identificación de prácticas que reducen el impacto de eventos climáticos en cada fase de cultivo.
- (2) Los eventos climáticos generales que afectan las regiones productivas servirán de insumo para determinar el impacto específico de cada uno de los eventos e identificar las prácticas para la reducción del impacto de dichos eventos climáticos específicos por fase de cultivo.
- (3) Para cada una de las prácticas identificadas calcularon los costos generales de implementación y se hizo una valoración bajo los criterios del programa de Bandera Azul Ecológica el Programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible.
- (4) El análisis de aptitud se realizó como información adicional para guiar la toma de decisiones de inversiones de agentes financieros y de seguros sobre los sistemas agropecuarios de interés.

Figura 1. Proceso metodológico seguido para la identificación de prácticas agrícolas para reducir el impacto de eventos climáticos en el cultivo de caña de azúcar

TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE CAÑA DE AZÚCAR

1. Especificaciones técnicas

La caña de azúcar es uno de los cultivos de mayor interés económico para Costa Rica por su gran aporte a la generación de empleo y de divisas. Como se puede observar en el cuadro 1, la caña de azúcar es originaria del sudeste asiático y según registros históricos, ingresó al país aproximadamente en 1513 procedente de Nicaragua (Castillo & Morales, 2015).

Cuadro 1. Generalidades taxonómicas del cultivo de caña de azúcar

Nombre Común:	Caña
Nombre Científico	<i>Saccharum officinarum</i>
Familia	Poaceae
Centro de origen	Nueva Guinea

Fuente: Castillo & Morales, 2015

Variedades

A nivel nacional los productores tienen a su disposición una gran diversidad de variedades para la producción de caña de azúcar. Las variedades están distribuidas en diferentes zonas del territorio nacional y están adaptadas a las condiciones edáficas, climáticas y de relieve de cada región productiva. A continuación, se describen las principales variedades utilizadas en el país.

NA 56-42: esta variedad es muy utilizada en la región Chorotega y se considera que es una de las variedades que presentan menos daños por *Diatraea* sp.; posee resistencia a la roya naranja (*Puccinia melanocephala*) y al virus del Mosaico de la Caña de Azúcar (VMCA). Además, alcanza buen desarrollo en suelos inceptisoles o andisoles, no presenta floración temprana (lo que disminuye la corchosis) y es susceptible al déficit hídrico (Chaves *et al*, 2011; Comparini, 2006). Es una variedad muy exigente al riego y se adapta bien a suelos de textura fina, no tolera el déficit hídrico prolongado. Su concentración de sacarosa es de baja a media, con un rendimiento de toneladas/hectárea alto, se adapta bien a la cosecha mecánica⁴.

CP 72-2086: esta variedad alcanza buena germinación, alto porcentaje de macollamiento, se desarrolla bien en altitudes entre 0-220 msnm, en suelos húmedos y en zonas con bajas precipitaciones. Presenta resistencia a la roya naranja (*Puccinia* sp.), es susceptible al virus del mosaico de la caña de azúcar (VMCA) y el virus del amarillamiento. La floración depende principalmente al fotoperiodo, ya que entre menor cantidad de horas luz, la floración será mayor y provoca corchosis en los entrenudos de la planta. El tiempo de cosecha es de 12 meses (maduración temprana) y es una variedad muy productora de azúcar (Chaves *et al*, 2011; Comparini, 2006).

⁴ A. Angulo, director regional DIECA- Guanacaste, sector Cañas. Comunicación personal, 18 de mayo 2017.

RB 86-7515: esta variedad es de porte erecto a semi-erecto, de grosor medio a grueso (2,8 -3 cm) y de floración baja (esto depende del “año climático”). Es de rápido crecimiento y macollamiento; posee gran tolerancia a los herbicidas y se adapta a suelos de textura media a gruesa. Esta variedad ha presentado problemas de Pokka boeng (*Fusarium moniliforme*), pero se ha observado una buena respuesta a aplicación de Boro. Presenta cierto grado de tolerancia al déficit hídrico (secano), buenos rendimientos agrícolas (se adapta bien a la cosecha mecánica) y concentraciones medias de sacarosa en planta⁴.

CP 72-2086: es una variedad de porte semi erecto, de grosor medio (2,5 – 2,8 cm) y floración moderada y variable (30 – 50%). Presenta baja tolerancia a los herbicidas y en condiciones de estrés hídrico manifiesta corcho en los tallos. Se adapta a suelos de textura media a gruesa con presencia de riego y manifiesta tolerancia media a las enfermedades. Tiene buen rendimiento agrícola y su concentración de sacarosa en los jugos es alta⁴.

B 82-333: es una variedad de porte erecto y de tallos grueso (> 3 cm); no presenta floración y su crecimiento y macollamiento máximo es lento. Muestra tolerancia a los herbicidas de uso comercial en caña; es tolerante al estrés hídrico y a ciertas enfermedades (especialmente las de mayor incidencia en la región Chorotega). Se adapta bien a suelos de textura franca y de tipo vertisoles con presencia de riego. Es una variedad tolerante al estrés hídrico y su concentración de sacarosa en los jugos es de baja a media, pero con un alto tonelaje⁴.

Mex 79-431: esta variedad es de porte erecto, con tallos de grosor medio y de rápido crecimiento y cierre. Su floración es moderada y variable según las condiciones climáticas. Es una variedad que se adapta bien a suelos de texturas franco, francos arcillosos y arcillosos con riego; y es sensible al ataque del chinche de encaje (*Leptodictya tabida*). Posee un buen rendimiento industrial en el jugo y un rendimiento agrícola (tonelaje/ha) medio. Se adapta bien a la cosecha mecánica⁴.

NCo 376: esta es una variedad rústica de porte semiabierto y con tallos de grosor medio. Su crecimiento es rápido y presenta floración intermedia. Es altamente sensible al hongo *Ustilago scitaminea* Sydow (carbón) pero se adapta bien a suelos secos sin riego. Su rendimiento industrial y agrícola es intermedio con fluctuaciones marcadas entre periodos de zafra⁴.

B 77-95: esta variedad es utilizada en dos regiones del país (H. Norte y Central Oriental) y en cada una de ellas presenta diferentes características; para la región Huetar Norte presenta maduración temprana- intermedia, con un despaje muy alto, tallo color morado y muy erecta. Es susceptible a plagas como *Diatraea* sp., a los herbicidas de uso comercial y se acopla bien a cualquier tipo de cosecha (tres modalidades). Sus tallos presentan buen grosor, con medidas de hasta 3.2 cm y alcanza un tamaño hasta los 2.9 m promedio. Su floración es menor al 5%⁵.

Para la región Oriental, la variedad se caracteriza por tallos molederos de buen grosor,

⁵ A. Araya, director regional DIECA- Región Norte. Comunicación personal, 06 de junio 2017.

buen despaje, con ligera tendencia a abrir, el número de tallos por metro lineal oscila entre 10-14. Presenta un ritmo de crecimiento lento, su ciclo de vida comercial oscila entre 14-18 meses, se encuentra cultivada en un piso altitudinal que va desde los 600 a 1000 msnm. Las hojas presentan una peculiar característica que la distingue de otras variedades: la lámina foliar posee una curvatura hacia el envés cerca de la vaina. Tiene una alta capacidad de concentración de azúcar, con un rendimiento industrial promedio entre 115 a 127 kg de azúcar por tonelada. Es una variedad de maduración intermedia a tardía, con un rendimiento agrícola promedio de 75-120 toneladas de caña por hectárea⁶. Es susceptible a la enfermedad conocida como mancha ojival principalmente en suelos de fertilidad baja y con problemas de drenaje. Posee buena tolerancia a la aplicación de la mayoría de mezclas herbicidas para control de malezas en caña de azúcar, siendo esta una característica de gran importancia. Se estima que presenta un porcentaje de floración que oscila entre 20-30 %⁶.

PR 80-2038: esta variedad se caracteriza por tener una maduración intermedia a tardía, presenta mucha pubescencia en la vaina (lo cual dificulta un poco la cosecha manual), tiene una coloración de tallo que va de amarillo a verde, sus yemas se encuentran muy expuestas y su tamaño supera los 3 m en promedio. Es una caña de alto tonelaje y buen rendimiento industrial, con una floración menor a 10%. Se adapta a cualquier tipo de cosecha y es susceptible a las plagas ⁵.

Q 96: es una variedad de maduración temprana, con una floración mayor a 80%; su tallo es de color morado y es de cáscara dura. Esta variedad tiende a abrirse, característica que dificulta la cosecha manual, por lo que se recomienda una cosecha semi-mecánica. En cuanto a plagas no es tan problemática ⁵.

Saboriana: esta variedad presenta una floración que ronda el 10% y es una planta muy erecta, con tallos muy gruesos que superan fácilmente los 3 cm. Es un tipo de caña muy rústica, que soporta el pisoteo y que genera gran cantidad de hijos; también se adapta a cualquier tipo de cosecha. La maduración varía de intermedia a tardía y es tolerante a los herbicidas de uso común en caña. Podría presentar susceptibilidad a la plaga de Salivazo⁵.

LAICA 03-805: es una variedad de porte erecto, con tallo de tamaño medio, color verde amarillento y poco pelo. El diámetro del tallo es delgado, mostrando rajaduras en algunas ocasiones. Su productividad agrícola es muy buena⁵.

LAICA 04-825: esta variedad es de porte erecto, presenta poca cantidad de hojas, la cantidad de pelos y cera es muy regular; y un tallo de diámetro delgado de color amarillo con negro. Su crecimiento es rápido, tiene una buena brotación de yemas, es de maduración temprana a media y hay una baja floración en caña soca. Sus rendimientos industriales son muy altos y su contenido de fibra es medio (Durán *et al.*, 2009).

RB 98-710: es una variedad de crecimiento lento, tallo erecto y de maduración precoz. Su productividad agrícola es alta y de alto contenido de sacarosa (Daros *et al.*, 2010).

VARIEDAD B76–259: Variedad con tallos erectos, compactos, de buen grosor, excelente despaje, posee pocos tricomas, con una alta capacidad de concentración de azúcar, la cual oscila entre 115-125 kg de azúcar por tonelada. El número de tallos molederos por

metro lineal se estima en 8-12 tallos, es una variedad de maduración temprana a intermedia, se cultiva en un piso altitudinal entre los 600 – 1200 msnm. El rendimiento agrícola promedio oscila entre 75-90 t/ha, con un ciclo de 12-14 meses. Presenta susceptibilidad a la enfermedad conocida como carbón, la cual se incrementa en condiciones deficientes de manejo agronómico y semilla contaminada con este hongo. Es una variedad susceptible a la mayoría de herbicidas utilizados en caña de azúcar, sin embargo, es posible evitar fitotoxicidades conociendo sus etapas de germinación, crecimiento y desarrollo. Actualmente es la variedad más sembrada en el territorio Turrialba y Jiménez, debido a su porte, despaje, precocidad y riqueza en concentración de azúcar, tal como se mencionó. Es una variedad con un porcentaje de floración muy bajo, lo cual es una característica comercial muy importante⁶.

VARIEDAD H77- 4643: Variedad de tallos gruesos, con buen despaje, habito de crecimiento postrado, es decir, es una caña que vuelca y da lugar a la emergencia de tallos nuevos conocidos como mamones, mismos que se convertirán en tallos molederos, por lo que las plantaciones cultivadas con esta variedad pueden llegar a producir entre 180-230 toneladas promedio por hectárea. Una característica que distingue a esta variedad es la presencia de una yema prominente que sobresale de la superficie del tallo, lo cual es negativo cuando se transporta semilla en trayectos distantes, por el riesgo físico a perder las mismas. Esta variedad se cultiva en pisos altitudinales que oscilan entre 1000-1500 msnm, en terrenos de hacienda Juan Viñas, ha sido la variedad de mayor extensión en área cultivada en esa compañía, sin embargo, actualmente presenta susceptibilidad a las enfermedades Roya Café y Roya Naranja, por lo que probablemente irá en disminución a corto plazo. Su ciclo de vida comercial es de 24 meses, no florea y su rendimiento industrial promedio oscila entre 105-110 kg azúcar por tonelada⁶.

2. Fases fenológicas del cultivo de caña

El ciclo fenológico del cultivo de caña se puede dividir en 4 fases, iniciando desde la fase de germinación o retoñamiento (fase 1), hasta la fase de maduración de la planta (fase 4). La duración del ciclo fenológico está determinada por la variedad y las condiciones edafoclimáticas de cada una de las regiones productivas.

2.1 Descripción general de las cuatro fases fenológicas:

A continuación, se describen las fases fenológicas del cultivo de caña de azúcar. Estas fases fueron adaptadas con base en la consulta con expertos (M. Chaves, director General DIECA, comunicación personal, 23 de febrero de 2017) y revisión de literatura (Subirós, 2000).

- 1) **Fase de germinación o retoñamiento:** se reconoce la fase como germinación cuando se realiza por primera vez la siembra de la plantación (llamada caña planta); mientras que para los siguientes ciclos productivos esta fase se conoce como retoñamiento o ahijamiento. El retoñamiento se refiere al proceso después de la corta de caña (caña soca) donde las cepas ya están formadas y por medio de la humedad ocurre el rebrote de yemas. En esta misma fase se da el proceso de

⁶ G. Calderón, director regional DIECA-Turrialba. Comunicación personal, 20 de junio 2017.

macollamiento (desarrollo de yemas axilares) y se presenta en cualquiera de los dos sistemas (caña planta y caña soca).

- 2) **Fase de crecimiento vegetativo:** la segunda fase comienza después del macollamiento, donde las plantas alcanzan el mayor desarrollo de follaje y termina hasta que la plantación alcanza un punto máximo de densidad y obstruye el paso por los surcos (conocido con el término de plantación cerrada). En esta etapa es donde se realizan la mayoría de labores requeridas para el adecuado desarrollo del cultivo (aporca, desaporca, control de erosión, entre otras).
- 3) **Fase de desarrollo vegetativo:** después de cerrada la plantación, comienza la etapa de desarrollo vegetativo, en la cual la planta forma la mayor cantidad de raíces y por ende se da una mayor absorción de nutrientes necesarios para la producción.
- 4) **Fase de maduración:** la fase de maduración empieza alrededor de 2 o 3 meses antes de la cosecha. En este periodo, la planta requiere de una disminución de humedad para evitar la elongación de la planta y para que ésta empiece a producir carbohidratos y azúcares reductores.

2.2 Especificaciones de las fases del ciclo fenológico por región productiva

- **Región productiva Brunca**

De acuerdo con expertos de la región productiva Brunca, el ciclo del cultivo en esta región tiene una duración aproximada de trescientos sesenta días. La siembra de caña nueva o la renovación se realiza entre los meses de abril y mayo, con las primeras lluvias. La caña soca⁷ se cosecha en enero, a partir de este momento se promueve el rebrote de la caña cosechada. La fase de germinación/emergencia o retoñamiento en esta región tiene una duración aproximada de noventa días, la etapa de crecimiento vegetativo comienza a los noventa días después de la siembra y se extiende por noventa días. Posteriormente inicia el proceso de desarrollo vegetativo, con una duración aproximada de noventa días y finalmente el periodo de maduración que se desarrolla entre los doscientos setenta a trescientos sesenta días después de la siembra. Las variedades más utilizadas en la región Brunca, de acuerdo con la consulta realizada por expertos son: LAICA 05-805, RB 98-710, RB 99-381, CP 87-1248, LAICA 03-805, LAICA 04-825, SP 78-4764, Q 96 y RB 86-7515.

En el cuadro 2 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Brunca.

⁷ La soca es una práctica que consiste en alcanzar en la misma área de siembra varias cosechas posteriores, a través del rebrote de nuevos tallos y hojas, después de cosecharse la primera siembra (Martínez, 2010).

Cuadro 2. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña de azúcar en la región productiva Brunca

0 ----- 0 ----- 90 DDS-----180 DDS-----270 DDS-----360 DDS												
Criterio	Germinación/retoñamiento			Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración		
												
Época	Época lluviosa (Invierno)						Época seca (Verano)					
Meses	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M
DDS: días después de la siembra												

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto

- **Región productiva Huetar Norte**

De acuerdo con expertos de la región productiva de Huetar Norte, el ciclo del cultivo de caña en esta región tiene una duración aproximada de trescientos sesenta días. La siembra de caña planta se realiza entre los meses de mayo-julio y el retoñamiento se da entre los meses de enero y febrero. La fase de germinación dura entre dos a tres meses, el crecimiento vegetativo tres meses, el desarrollo vegetativo tres meses y la maduración entre dos a tres meses. Las variedades más utilizadas en la región Huetar Norte son: B 77-95, PR 80-2038, Q 96 y Saboriana.

En el cuadro 3 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva de Huetar Norte.

Cuadro 3. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña, en la región productiva de Huetar Norte

0 ----- 0 ----- 90 DDS ----- 180 DDS ----- 270 DDS ----- 360 DDS												
Criterio	Germinación/retoñamiento			Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración		
												
Época	Época lluviosa (Invierno)						Época seca (Verano)					
Meses	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
DDS: días después de la siembra												

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto.

- **Región productiva Chorotega**

De acuerdo con expertos de la región Chorotega, el ciclo tiene una duración aproximada de doce meses (para caña planta y soca).

La región Chorotega está comprendida por dos grandes áreas productivas debido a la diferencia de condiciones edafoclimáticas existentes. En la región denominada como “DRAT”, se ubica la producción de caña del cantón de Cañas y Bagaces; en la región de la “Península”, se ubica la producción de los cantones de Santa Cruz y Carrillo principalmente. En la zona del DRAT la siembra se realiza a inicios de año, debido a que se cuenta con disponibilidad de riego para facilitar el proceso de germinación/retoñamiento, el ahijamiento y macollamiento, el cual tiene una duración aproximada de tres meses. En la Península la siembra se puede realizar a inicios de año, pero también existe una tendencia de sembrar entre los meses de abril y mayo con el ingreso de las primeras lluvias.

La fase de crecimiento vegetativo tiene una duración aproximada de tres meses, así como la fase de desarrollo vegetativo. Finalmente la fase de maduración se desarrolla entre los meses de noviembre a enero. Las variedades más utilizadas en la región Chorotega son: CP 72-2086, B 82-333, NA 56-42, NA 85-1602, SP 81-3250, RB 86-7515 y Mex 79-431.

En el cuadro 4 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Chorotega. Se debe considerar que para las siembras realizadas en la región Peninsular, los meses no corresponden a los presentados en el cuadro ya que la siembra se hace con el inicio de las lluvias como se mencionó anteriormente.

Cuadro 4. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña, en la región productiva Chorotega

0 ----- 0 ----- 90 DDS ----- 180 DDS ----- 270 DDS ----- 360 DDS														
Criterio	Germinación/retoñamiento				Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración			
														
Época	Época seca (Verano)				Época lluviosa (Invierno)									Época seca (Verano)
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	
DDS: días después de la siembra														

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto.

- **Región productiva Central Oriental**

Esta región comprende el área de caña sembrada en el cantón de Turrialba. Esta es una zona calificada y nombrada como la más tradicional en el país para la siembra de caña de azúcar.

En esta región, el ciclo del cultivo de caña tiene una duración aproximada de trescientos sesenta días. La fase de germinación hasta el ahijamiento y macollamiento se inicia en el mes de mayo y tiene una duración aproximada de tres meses; el crecimiento vegetativo se extiende por aproximadamente tres meses, el desarrollo vegetativo alrededor de tres meses y la fase de maduración dura entre dos a tres meses. Las variedades más utilizadas en la región Central Oriental son: B 76-259, H 77- 4643 y B 77-95.

En el cuadro 5 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Central Oriental.

Cuadro 5. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña en la región productiva Central Oriental

0 ----- 0 -----90 DDS-----180 DDS-----270 DDS-----360 DDS												
Criterio	Germinación/retoñamiento			Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración		
												
Época	Época lluviosa (Invierno)						Época seca (Verano)					
Meses	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
DDS: días después de la siembra												

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto

- **Región productiva Central Occidental**

Esta región comprende las áreas productivas sembradas en las provincias de San José, Heredia y Alajuela, con especial importancia los cantones de Grecia, San Ramón, Alajuela y San Pedro de Poas. Ha sido históricamente la región más tradicional del país y a partir de la cual se generó y diseminó el desarrollo inicial de la agroindustria costarricense en todos los ámbitos: institucional, organizacional, tecnológico, infraestructura, entre otros (Chaves & Chavarría, 2013).

El ciclo del cultivo de caña en esta zona tiene una duración aproximada de trescientos sesenta días. El periodo que comprende desde la germinación hasta el macollamiento en esta región tiene una duración aproximada de tres meses. Para la siembra de caña planta los productores que disponen de riego realizan las siembras en verano, mientras que la mayoría de productores, quienes no disponen de riego, siembran con el inicio de las lluvias. La fase de crecimiento vegetativo tiene una duración aproximada de tres meses, así como la fase de desarrollo vegetativo. Finalmente la fase de maduración se desarrolla entre los meses de febrero a abril. Una de las variedades más utilizada en la región es la RB 86-7515.

En el cuadro 6 se ilustra el ajuste realizado para el ciclo del cultivo de caña respectivamente en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Central Occidental.

Cuadro 6. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña, en la región productiva Central Occidental

0 -----0 -----90 DDS-----180 DDS-----270 DDS-----360 DDS												
Criterio	Germinación/retoñamiento			Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración		
												
Época	Época lluviosa (Invierno)						Época seca (Verano)					
Meses	M	J	J	A	S	O	N	D	E	F	M	A
DDS: días después de la siembra												

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto.

- **Región productiva Pacífico Central**

Esta región comprende las áreas productivas sembradas en los cantones de Orotina, Esparza, Montes de Oro y Puntarenas.

El ciclo del cultivo de caña en esta zona tiene una duración aproximada de trescientos sesenta días. El periodo que comprende desde la siembra hasta el macollamiento en esta región tiene una duración aproximada de tres meses y se inicia en el mes de enero. La fase de crecimiento vegetativo tiene una duración aproximada de tres meses, así como la fase de desarrollo vegetativo. Finalmente la fase de maduración se desarrolla entre los meses de noviembre a enero. Una de las variedades más utilizada en la región es la CP 72-2086.

En el cuadro 7 se ilustra el ajuste realizado para el ciclo del cultivo de caña respectivamente en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva Pacífico Central.

Cuadro 7. Fases del ciclo fenológico del cultivo de caña, en la región productiva Pacífico Central

O ----- 0 ----- 90 DDS ----- 180 DDS ----- 270 DDS ----- 360 DDS														
Criterio	Germinación/retoñamiento				Crecimiento vegetativo			Desarrollo vegetativo			Maduración			
														
Época	Época seca (Verano)				Época lluviosa (Invierno)									Época seca (Verano)
Meses	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	E	
DDS: días después de la siembra														

Fuente: elaboración a partir de consulta a experto.

3. Prácticas recomendadas para el manejo de la plantación

En esta sección se describe, de acuerdo con la literatura existente, un conjunto de prácticas que se realizan para el manejo del cultivo de caña en Costa Rica.

3.1 Preparación del suelo

La preparación adecuada del terreno es una de las principales prácticas en el cultivo de caña para alcanzar mayores rendimientos. Antes de realizar la siembra (caña planta), se utiliza un arado de vertedera o subsolador a unos 30 cm de profundidad para disminuir la compactación del suelo (los surcos de siembra), eliminar malezas (para evitar la competencia) y mejorar el almacenamiento de agua en el subsuelo. Además facilita el desarrollo radical, lo que conlleva a una mejor absorción de agua y de nutrientes (MAG, 2007).

3.2 Siembra

La caña de azúcar se siembra en surcos a una distancia entre 1,5 - 1,8 metros dependiendo de la variedad y la zona productiva. Se recomienda utilizar semilla (material vegetativo, tallos) que proceda de semilleros de primera cosecha, libres de malezas difíciles de erradicar, enfermedades y plagas. Después de poner los esquejes de tres yemas en los surcos, estos se tienen que tapar con una capa de suelo de aproximadamente de 3 a 5 centímetros. Deben existir condiciones de humedad adecuadas para la germinación (Mesen & Duran, 2011).

3.3 Fertilización

La planta de caña morfológicamente tiene un sistema radical muy extenso y con una gran capacidad de extracción. La fertilización en los primeros meses después de la siembra es muy importante para alcanzar una buena producción así como para no agotar la fertilidad en el suelo. El elemento que mayor requiere y extrae el cultivo de caña es el potasio, además de nitrógeno, silicio, calcio, azufre, magnesio y otros micronutrientes en bajas dosis (Chaves, 2016).

Como parte de las recomendaciones de fertilización que se han generado, se indica que durante la fase de germinación y macollamiento se pueden aplicar fertilizantes como 10-30-10; 12-24-12, 18-46-0 ó 8-32-28. Este se coloca en el surco antes de la siembra y se incorpora con la semilla. Para obtener adecuados resultados se debe mantener un mínimo de 80% de humedad en el suelo. Durante la etapa de crecimiento vegetativo, se recomienda aplicaciones de fertilizantes como 20-3-20, Ureas, 26-0-26 ó 15-3-31. Estos se aplican directamente en el surco (preferiblemente) o al voleo; en esta etapa se necesita alta la humedad del suelo y precipitaciones constantes (Mesen & Durán, 2011).

3.4 Control de malezas

El control de malezas en la plantación de caña es muy importante ya que estas plantas

compiten con el cultivo por la absorción de nutrientes, agua y luz. El punto crítico de las malezas en la competencia con el cultivo se presenta en la primera fase de desarrollo de la caña, aproximadamente antes del segundo mes después de la siembra. La duración del periodo crítico depende de las características agroecológicas de la zona, el tipo de siembra (nueva o retoño), la variedad, la distancia entre surcos, las condiciones ambientales y el tipo de maleza que se encuentre en la plantación. Las malezas que más afectan en caña son *Rottboellia cochinchinensis* y *Panicum maximum* (Subirós, 2000). El control de malezas se realiza mediante el uso de aplicaciones químicas en forma pre emergente como Pendimentalina 50 EC; el cual se aplica después de la siembra para evitar la emergencia de arvenses. También se puede hacer aplicaciones con herbicidas post-emergentes con Terbutrina 50 SC y Diuron 80 WG o en su caso Hexazinona 75 WG y Diuron 80 WG. Además para aumentar la eficacia se necesita una humedad mayor al 70% (Bolaños & Alfaro, 2015).

3.5 Control de enfermedades

Durante el desarrollo del cultivo diversas enfermedades producen diferentes tipos de daños sobre las plantas. Las principales enfermedades que afectan el cultivo de caña son:

- Roya naranja (*Puccinia kuehnii*): la roya es la principal enfermedad de la caña de la azúcar, se reporta que ingresó en el año 2007 por medio de la diseminación de esporas transportadas por una gran tormenta de arena; al ingresar al país tuvo un gran impacto económico en la zona sur y afecto principalmente a la variedad SP 71-5574 (altamente susceptible a la enfermedad). Esta enfermedad se ve favorecida con temperaturas entre 25-30 °C, con altas precipitaciones; y se manifiesta en el follaje provocando manchas cloróticas alargadas de un color marrón y rodeado con un halo amarillo. La roya provoca una disminución en el rendimiento ya que se puede presentar en todas las etapas fenológicas; sin embargo la fase donde se presenta mayor pérdidas productivas es en el crecimiento vegetativo, ya que disminuye la tasa fotosintética de la planta (Chavarría, 2013).

El combate se ha realizado principalmente a través del mejoramiento genético, utilizando variedades tolerantes a las enfermedades. En variedades susceptibles pero que son altamente productivas se utiliza el control químico especialmente con triazoles como el Ciproconazol que ha tenido buenos resultados y la Azoxistrobina que pertenece a la familia de las estrobirulinas (Chavarría *et al*, 2009).

- Virus de la hoja amarilla: esta enfermedad afecta principalmente la parte foliar de la planta, provocando en primer instancia un amarillamiento de la nervadura central de la hoja, posteriormente se observa una clorosis y quema en las puntas de la lámina foliar. Las plantas dañadas pierden vigor y tamaño por la disminución del sistema radical. Aunado a esto, se disminuye la producción de foto asimilados y la extracción de nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta. El virus se desarrolla en altitudes alrededor de los 800 a 1600 msnm y el combate se realiza utilizando materiales tolerantes; así como la detección temprana de plagas transmisoras del virus como los áfidos (*Melanaphis sacchari* y *Sipha flava*) (Chavarría *et al*, 2003).

- Carbón de la caña de azúcar (*Ustilago scitaminea*): la presencia de esta enfermedad en el país se documentó al principio del año 1981 en Guanacaste, puntualmente en la finca Azucarera Taboga y afectando las variedades L 60-14 y NCo 310. El patógeno es de carácter fungoso, se ve favorecida a temperaturas que oscilan entre los 25-30°C y humedad relativa de 90 a 100%; se disemina principalmente por fuertes precipitaciones, uso de variedades susceptibles, edad de la planta, corte de tallos y raza del patógeno. El hongo se desarrolla en los tallos, forma una estructura en forma de látigo, las lesiones pueden alcanzar tamaños de pocos centímetros a un metro de largo, afectando el desarrollo de los tallos y la producción industrial de azúcar. El control de la enfermedad se realiza con la sustitución de variedades tolerantes al carbón, uso de semilla proveniente de lotes libre de enfermedades, fertilización adecuada, excelente control de malezas y tratamiento de la semilla con fungicidas y calor (Chaves, 2010).
- Virus del mosaico de la caña de azúcar (SCMY): esta enfermedad se ha propagado en diferentes zonas del país, principalmente en el valle central que muestra un 79% de distribución (52% occidental y 21% oriental o Turrialba) seguido de Guanacaste con un 29%. Las plantas infectadas presentan un retraso en el desarrollo, lo que reduce considerablemente la producción de azúcar y pérdidas económicas que oscilan entre un 2,5-33,4%; la trasmisión del virus aumenta mediante variedades susceptibles, serotipo del virus y condiciones ecológicas. Para combate de la enfermedad se recomienda realizar renovaciones futuras de plantaciones con semilla libre de enfermedades (no utilizar semilla de plantaciones comerciales) y monitorear la presencia o avance del virus (Bolaños & Alfaro, 2013).

3.6 Control de Plagas

Durante el desarrollo del cultivo, las plagas producen diferentes tipos de daño y pueden ocasionar importantes pérdidas económicas. Las principales plagas que afectan el cultivo de caña son:

- *Diatraea* sp.: esta es una de las principales plagas del cultivo de caña en Costa Rica, y es conocido como gusano barrenador común del tallo de caña de azúcar. Cuando se presenta en las primeras etapas del cultivo, causa la muerte de las plantas, mientras que en las dos últimas etapas ocasiona galerías o túneles dentro del tallo que afectan el paso de fotoasimilados necesarios para el desarrollo de la planta y favorece la entrada a enfermedades, lo que finalmente tiene impactos negativos sobre el desarrollo de la planta y reduce considerablemente la calidad del jugo utilizado para la fabricación de azúcar (Salazar & Salazar, 2005).

El ciclo de vida de *Diatraea* sp. es corto y este insecto se reproduce rápidamente, lo que provoca que el manejo a través de aplicaciones con agroquímicos sea poco eficaz y aumente los costos por el número de aplicaciones que deben realizarse. La alternativa más recomendada para el control de esta plaga es el uso de controladores biológicos como *Paratheresia claripalpis*, *Metagonistylum minense* y *Cotesia flavipes* que han mostrado resultados positivos (Badilla, 2002).

- *Phyllophaga* sp. (Joboto): es una de las plagas que afecta no solo al cultivo de caña, sino a una gran diversidad de cultivos; lo que provoca que no haya un efectivo control dentro del cultivo de caña sí alrededor existen cultivos que constituyen ambientes favorables para el desarrollo de la plaga. El daño principal del joboto es la destrucción del sistema radicular, disminuye la absorción de nutrientes y el desarrollo de la planta; la población de la plaga aumenta en época seca (regímenes de lluvias bajas) y en Costa Rica se presenta en regiones con periodos secos y lluviosos bien definidos, ya que muestran mayor cantidad de problemas de la plaga (Guanacaste, Puntarenas, La Región Sur y Valle Central) (Salazar *et al.*, 2015).

El joboto se puede controlar mediante un Manejo Integrado de Plagas; ya que se pueden utilizar prácticas culturales como la renovación de plantaciones o labranza mecánica del suelo, el uso de trampas de luz o feromonas y como última opción es la aplicación de productos químicos. La larva de *Phyllophaga* es muy difícil de controlar dependiendo de las condiciones en que se encuentre, por lo que se recomienda el uso de trampas para la captura de adultos (abejones de mayo) para disminuir la población (Salazar, 2014).

- *Metamasius hemipterus* (picudo): el picudo es otra de las plagas importantes en el cultivo de caña de azúcar, en los primeros días después de la siembra se alimenta de los esquejes utilizados como material de semilla, lo que se traduce que la germinación disminuya y se aumenten los costos en resiembra; en etapas de desarrollo del cultivo la plaga puede ingresar al tallo por medio de cortes realizados por las herramientas, lesiones provocadas por barrenadores y daños físicos ocasionados por vientos (Volcamiento o quebradura de plantas). El método de control se realiza principalmente utilizando trampas con bambú o plásticas, para atraer el adulto se utiliza pedazos de caña fermentada o la feromona de agregación Metalure (aumenta la cantidad de insectos capturados por trampa) que son colocadas dentro de la trampa, después caen en la solución de insecticida como malathion, sevin o diazinon; también se puede utilizar hongos entomopatógenos como *Beauveria bassiana* y *Metarhizium anisopliae* (Salazar *et al.*, 2017).

- *Aeneolamia* sp. y *Prosapia* sp.: el salivazo es otra de las plagas más importantes en el cultivo de caña. Este insecto pertenece a la familia cercopidae y el daño ocurre porque los adultos del insecto introducen una toxina a la planta ocasionando un cambio de color en las hojas, pasando de verdes a un color café. Este efecto ocasiona una disminución de la tasa fotosintética y la producción de azúcares. La proliferación de esta plaga se ve favorecida en condiciones de suelos anegados, humedades entre los 80-90% y en altitudes entre los 0 hasta los 3000 msnm; también las precipitaciones prolongadas y una temperatura promedio de 26 °C favorecen el desarrollo del salivazo (Sáenz *et al.*, 1999).

Para el control de la plaga se recomienda realizar un manejo integrado, ya que el control químico se ve limitado por diversos factores edafoclimáticos, lo que puede reducir la eficiencia y aumentar los costos de producción. Como parte de las prácticas

que se recomienda realizar están: la eliminación de parcelas afectadas, la aporca para enterrar los huevos, la eliminación de plantas hospederas, la colocación de trampas adhesivas y la utilización de *Metarhizium anisopliae* (Sáenz *et al*, 1999). El control químico de la plaga se ve afectado por los factores edafoclimáticos anteriormente mencionados (poca eficiencia y alto costo económico).

En las figuras 2 y 3 se muestra la existencia de varias especies de los géneros *Aeneolamia* y *Prosapia* respectivamente; así como su distribución en el territorio nacional (Thompson y León, 2005).

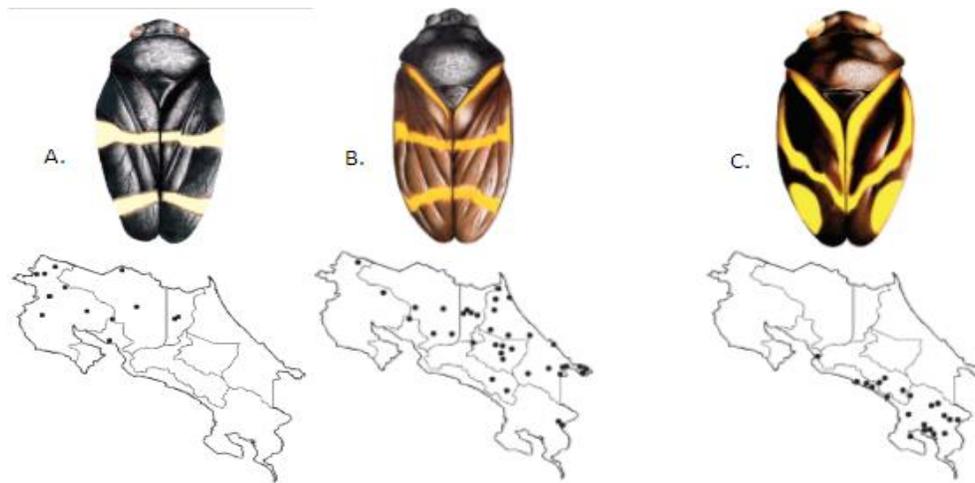


Figura 2. Principales especies del género *Aeneolamia* y su ubicación en Costa Rica. **A.** *Aeneolamia albofasciata*. **B.** *Aeneolamia contigua* **C.** *Aeneolamia reducta*. Fuente: Thompson y León, 2005

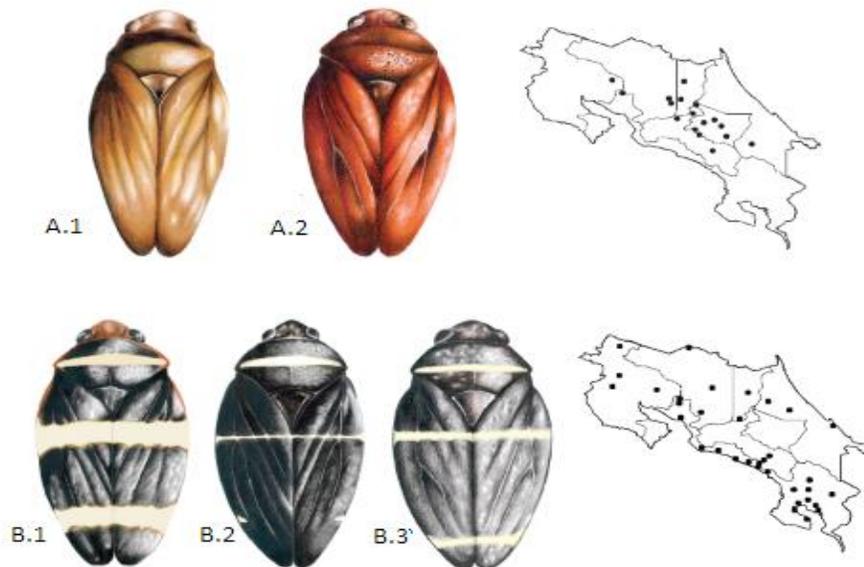


Figura 3. Principales especies del genero *Prosapia* sp. y su ubicación en Costa Rica. **A.** *Prosapia plagiata*: **(A.1)** Macho, **(A.2)** hembra. **B.** *Prosapia simulans*: **(B.1)** macho típico, **(B.2)** Hembra, **(B.3)** Macho oscuro. Fuente: Thompson y León, 2005.

- Ratas: los roedores son la principal plaga vertebrada en caña, ya que afecta significativamente en los rendimientos agrícolas e industriales; la rata ataca principalmente la base de los tallos, al roer el tallo predispone a la planta al volcamiento, entrada de enfermedades, deterioran la calidad de jugo y disminuye la producción industrial. En Guanacaste se ha identificado la especie *Sigmodon hispidus*, la cual se ha asociado perfectamente con las condiciones que ofrece el cultivo. El combate se realiza con monitoreos continuos para determinar el tamaño de la población e identificar los individuos, anidamiento de depredadores naturales (lechuzas), usa de trampas (guillotinas o jaulas) y la aplicación de productos químicos como Brudifacoum, Flocoumafen, Bromadiolona, entre otros (Angulo & Salazar, 2012).
-
- Taltuzas: las taltuzas al igual que la rata son plagas vertebradas que afectan el cultivo de caña de caña de azúcar; esta proviene de la familia de los roedores y ocasionan grandes daños especialmente en las zonas de Alajuela, Cartago y Guanacaste. La planta de caña posee un sistema radical muy extendido morfológicamente, el cual provee el ambiente propicio para el desarrollo, protección y alimentación del animal; el cual causa daños en todas las etapas fenológicas del cultivo, pero alcanza un mayor impacto en la temporada lluviosa, la cual coincide con la finalización de la zafra, el rebrote de la caña (caña soca) y las primeras etapas (germinación y macollamiento) de renovación de siembra (Villalobos, 2015).

ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DEL CULTIVO DE CAÑA DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DE SITIO Y LAS AMENAZAS CLIMÁTICAS OBSERVADAS

En esta sección se presentan los resultados del análisis de exposición del cultivo de caña considerando las condiciones de sitio y las amenazas climáticas. Para esto se realizó un mapa de ubicación espacial de las zonas de mayor cobertura del cultivo de caña en el territorio nacional y se identificaron los factores de exposición (los eventos climáticos y no climáticos extremos) que afectan las principales regiones productivas de caña.

1. Ubicación espacial de las zonas productoras de caña en Costa Rica

La caña de azúcar como se observa en la figura 4 se ha establecido alrededor de todo el territorio nacional. De acuerdo con los datos del censo agropecuario, existen en el país 65062,0 hectáreas sembradas, siendo Guanacaste la provincia que cuenta con la mayor área cultivada en el país (INEC, 2014). A continuación se representan las principales áreas productivas de la caña de azúcar en el país. Puede apreciarse que la provincia de Guanacaste representa aproximadamente un 51% del área total nacional; seguida por la región Huetar Norte con 16,1% y posteriormente se encuentran las regiones Pacífico Central con 8,6%, región Central Oriental que representa un 8,3% y Central Occidental que representa un 7,8% del área sembrada en el país.

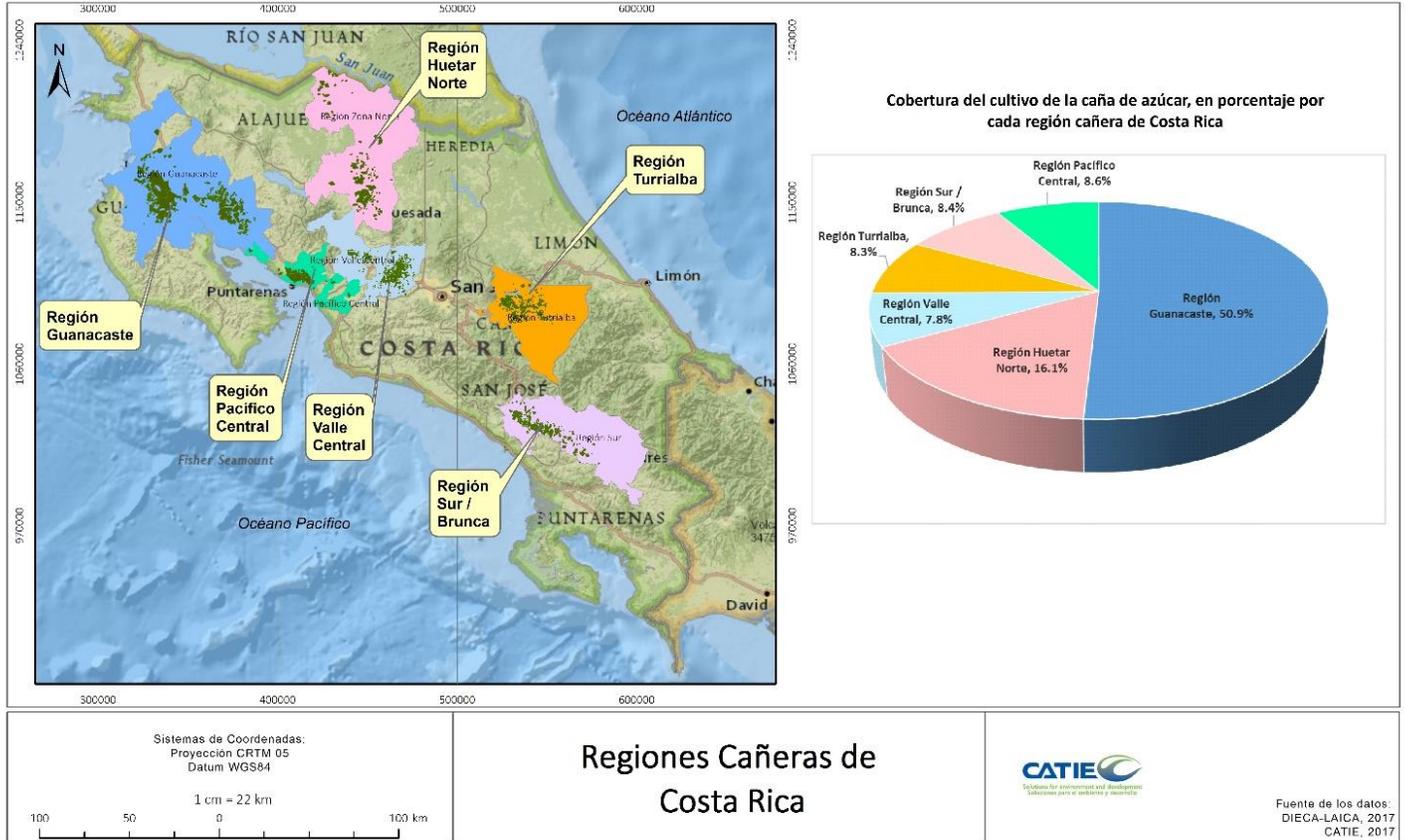


Figura 4. Regiones cañeras en Costa Rica
Fuentes: DIECA-LAICA, 2017; CATIE 2017

2. Sistematización de información sobre sensibilidad del cultivo de caña a eventos climáticos

De acuerdo con la información recabada en la literatura (cuadro 8), los efectos de los eventos climáticos en el cultivo de caña están relacionados con la disponibilidad de agua en las diferentes fases y el desarrollo de condiciones favorables para la proliferación de enfermedades y plagas, que afectan directamente al rendimiento del cultivo. Cabe destacar que se encontraron vacíos de información técnica durante la revisión de literatura, por lo que para algunas de las fases no se presenta información relacionada con sensibilidad climática.

Cuadro 8. Aspectos climáticos que pueden ser críticos para el desarrollo del cultivo de caña por fase del ciclo fenológico

CRITERIO	FASES			
	Germinación/macollamiento/ ahijamiento/retoñamiento	Crecimiento vegetativo	Desarrollo vegetativo	Maduración
Puntos críticos relacionados al clima. ¹	Déficit hídrico afecta la germinación en renovación de siembra y en soca. ^{1,2}	El déficit hídrico disminuye el desarrollo vegetativo de la planta, así mismo las altas temperaturas afectan labores como la fertilización (volatilización de fertilizantes). ^{1,2}	Durante esta fase se requiere mantener alta la humedad ya que en este periodo de desarrollo se forma la mayor cantidad de raíces y por ende se da una mayor absorción de nutrientes necesarios para la producción. ^{1,2}	La disminución de humedad no afecta ya que en esta etapa evita el crecimiento de la planta y hace que esta empiece a producir carbohidratos y azúcares reductores. ^{1,2}
Problemas Fitosanitarios relacionados al clima		Roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>) se ve favorecida por temperaturas entre 25-30 °C y por altas precipitaciones. ³	Roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>) se ve favorecida por temperaturas entre 25-30 °C y por altas precipitaciones. ³	
		Virus de la hoja amarilla ataca en altitudes entre los 800 a 1600 msnm ⁴ . Este virus es transmitido por áfidos, los cuales en temperaturas entre 15-25 °C presentan menor mortalidad y mayor fecundidad. ⁷	Virus de la hoja amarilla ataca en altitudes entre los 800 a 1600 msnm ⁴ . Este virus es transmitido por áfidos, los cuales en temperaturas entre 15-25 °C presentan menor mortalidad y mayor fecundidad. ⁷	

	<p><i>Diatraea</i> sp. provoca en esta etapa la muerte de las plantas, ya que barrena y afecta el punto de crecimiento. Su desarrollo no necesariamente está vinculado con condiciones climáticas específicas.⁵</p>	<p><i>Diatraea</i> sp. provoca en esta etapa la muerte de las plantas, ya que taladra el tallo ocasionando el volcamiento.⁵</p>	<p><i>Diatraea</i> sp. en esta etapa ocasiona galerías o túneles dentro del tallo afectando el paso de foto asimilados necesarios para el desarrollo de la planta.⁵</p>	<p><i>Diatraea</i> sp. en esta etapa ocasiona galerías o túneles dentro del tallo afectando el paso de foto asimilados necesarios para el desarrollo de la planta.⁵</p>
	<p><i>Aeneolamia</i> sp. y <i>Prosapia</i> sp. en estado ninfal se localiza en la base de las plantas donde empiezan a alimentarse de la raíz, en los rebrotes y estolones. Se reproducen en humedades entre los 80-90%, una altitud de 0 hasta los 3000 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.⁶</p>	<p><i>Aeneolamia</i> sp. y <i>Prosapia</i> sp. ocasiona un cambio de color de las hojas verdes a un color café, disminuyendo la tasa fotosintética. Se reproducen en humedades entre los 80-90%, una altitud de 0 hasta los 3000 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.⁶</p>	<p><i>Aeneolamia</i> sp. y <i>Prosapia</i> sp. ocasiona un cambio de color de las hojas verdes a un color café, disminuyendo la tasa fotosintética. Se reproducen en humedades entre los 80-90%, una altitud de 0 hasta los 3000 msnm y una temperatura promedio de 26 °C.⁶</p>	

Fuentes:

¹Chaves *et al*, 2011.

²Comparini, 2006.

³Chavarría, 2013.

⁴Chavarría *et al*, 2003.

⁵Salazar & Salazar, 2005.

⁶Thompson & León, 2005.

⁷Salazar, 2012.

3. Identificación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos extremos que afectan la productividad en las regiones productoras de caña en Costa Rica

Para realizar el análisis de exposición se identificó y valoró el grado de impacto de los factores de exposición de los eventos climáticos y no climáticos extremos que repercute en el sistema productivo de la caña de azúcar, así como en cada etapa fenológica del cultivo, esto para cada una de las diferentes regiones productivas del país. Esta identificación obedece a las consultas personalizadas realizadas a los expertos nacionales y regionales de LAICA-DIECA. Los resultados obtenidos fueron complementados con información secundaria existente, como, por ejemplo, la encontrada en la plataforma DESINVENTAR y documentos del Instituto meteorológico Nacional (IMN) y LAICA-DIECA.

A continuación, se presenta los resultados obtenidos por cada región productiva, con su grado de afectación, resaltando los principales eventos climáticos que impactan.

- **Región productiva Brunca**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Brunca. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 66 la cual se considera de alta afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 5.

En relación con el grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de la caña de azúcar de la Región Brunca, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- No existe factores de exposición con el grado de muy alta afectación

Alta afectación:

- Lluvias extremas en intensidad y tiempo
- Incendios (quemadas controladas)
- Fenómeno de El Niño
- Erosión de suelos

En relación con el grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento: tiene muy alta afectación por lluvia en exceso, déficit hídrico, plagas como *Diatraea* sp., por tipo de orden de suelos y fertilidad, por falta de manejo de plantación, fertilización y encalado en el suelo, y un grado de alta afectación por altitud, alta cantidad de luz, plagas como jobotos, el relieve del suelo, control de malezas y mano de obra.
- Crecimiento vegetativo: muy alta afectación por alta cantidad de luz, plagas como

la *Diatraea* sp., tipo de orden de suelos, fertilidad, por manejo de plantación y fertilización oportuna, y un grado de alta afectación por déficit hídrico, plagas como el jobotos, tipo de relieve o pendiente, textura y control de malezas.

- Desarrollo vegetativo: muy alta afectación por alta cantidad de luz, plagas como la *Diatraea* sp., tipo de orden de suelos, fertilidad, por manejo de plantación, y un grado de alta afectación por viento mayores de 18 km, déficit hídrico, plagas como el jobotos, y por textura de suelos.
- Maduración y cosecha: muy alta afectación por temperatura máxima y mínima, lluvias en exceso y alta cantidad de luz, plaga como la *Diatraea* sp., por falta de control de malezas y mano de obra, y un grado de alta afectación por viento mayores de 18 km y por relieve o pendiente.

- **Región productiva Huetar Norte**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Huetar Norte. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 57,6 la cual se considera de media afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 6. En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de la caña de azúcar de la Región Huetar Norte, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- *No existe factores de exposición con el grado de muy alta afectación*

Alta afectación

- Lluvias irregulares/variabilidad de las lluvias en el año
- Lluvias extremas en intensidad y tiempo
- Variabilidad de las temperaturas (tendencia creciente)
- Incendios (quemadas controladas)
- Vientos fuertes / vendaval
- Fenómeno de El Niño
- Fenómeno de La Niña

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento: tiene muy alta afectación por enfermedades como el carbón, en el control de maleza, la falta de fertilización y encalado, y un grado de alta afectación por temperatura máximas y mínimas, lluvias en exceso, déficit hídrico, luz baja, plagas como la *Diatraea* sp., barrenador gigante de la caña y ratas, enfermedades como raquitismo de retoño, por el tipo de orden de suelos, fertilidad y textura del suelo, y finalmente por el manejo de la plantación.
- Crecimiento vegetativo: muy alta afectación por falta de fertilización y encalado, y un grado de alta afectación por temperaturas máximas, déficit hídrico, plagas como la *Diatraea* sp., barrenador gigante de la caña y ratas, enfermedades como raquitismo de retoño y carbón, por el tipo de orden de suelos, pedregosidad y fertilidad, finalmente por el manejo de la plantación y el control de malezas.
- Desarrollo vegetativo: muy alta afectación por falta de fertilización y encalado, y un grado de alta afectación por luz baja, plagas como la *Diatraea* sp., *Aeneolamia* sp., *Prosapia* sp., y barrenador gigante de la caña, enfermedades como raquitismo de retoño y carbón, por el tipo de orden de suelos y falta de fertilidad, finalmente por el manejo de la plantación.
- Maduración y cosecha: muy alta afectación por plaga como el barrenador gigante de la caña, falta de control de malezas y mano de obra, y un grado de alta afectación por enfermedad del carbón y por la existencia de pedregosidad en el suelos.

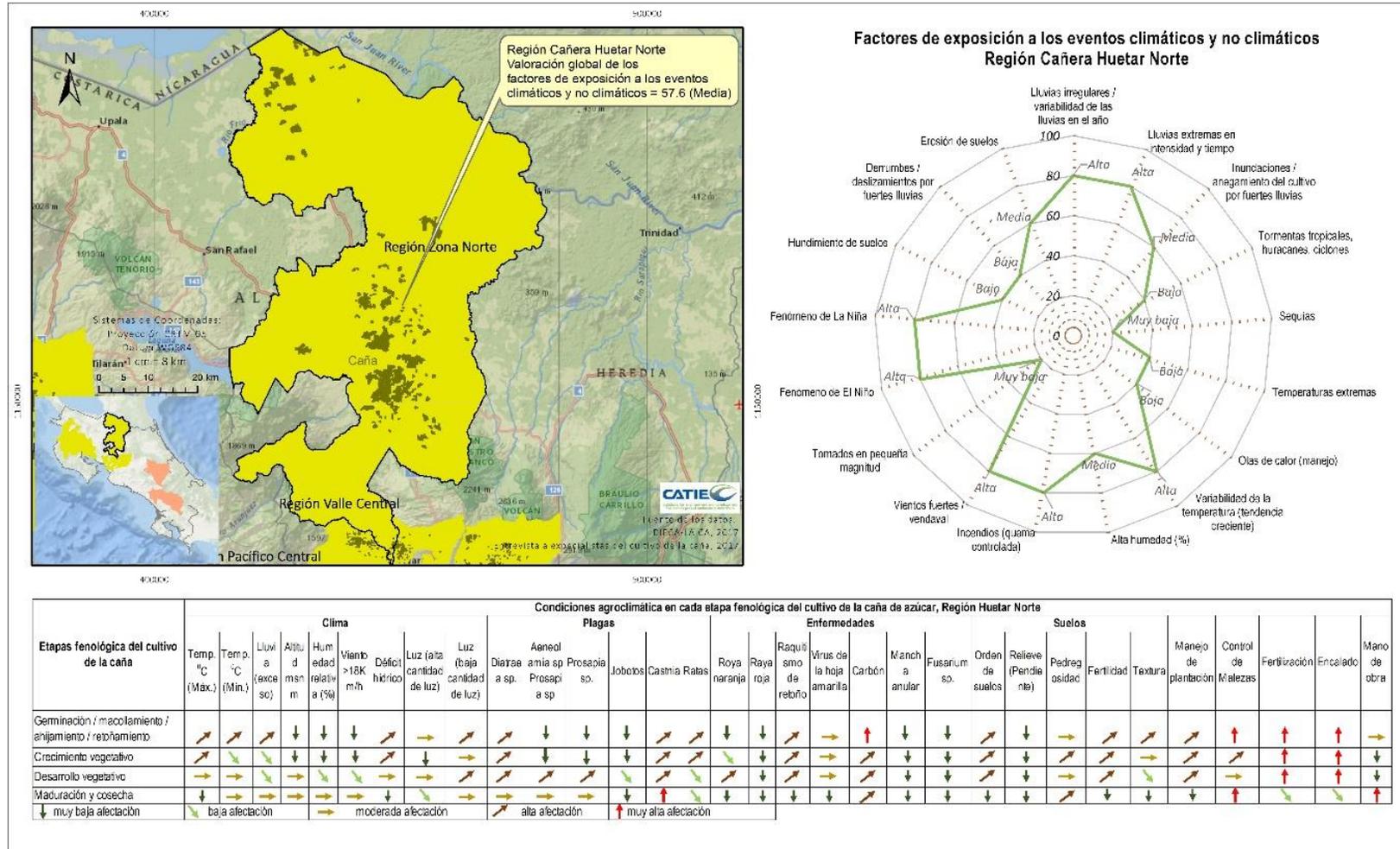


Figura 6. Mapa de exposición de los eventos climáticos y no climáticos en la región cañera Huetar Norte

- **Región productiva Guanacaste**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Guanacaste. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 56,9 la cual se considera de media afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 7.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de la caña de azúcar de la Región Guanacaste, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- Sequías

Alta afectación:

- Lluvias irregulares/variabilidad de las lluvias en el año
- Inundaciones / anegamiento del cultivo por fuertes lluvias
- Fenómeno de El Niño

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento: tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, déficit hídrico y por plagas como el joboto.
- Crecimiento vegetativo: muy alta afectación por déficit hídrico, y un grado de alta afectación por lluvia en exceso, jobotos, ratas y atrasos en el manejo de la plantación.
- Desarrollo vegetativo: muy alta afectación por déficit hídrico, y un grado de alta afectación por lluvia en exceso, jobotos y ratas.
- Maduración y cosecha: muy alta afectación por temperaturas máximas y lluvias en exceso, y un grado de alta afectación por ratas.

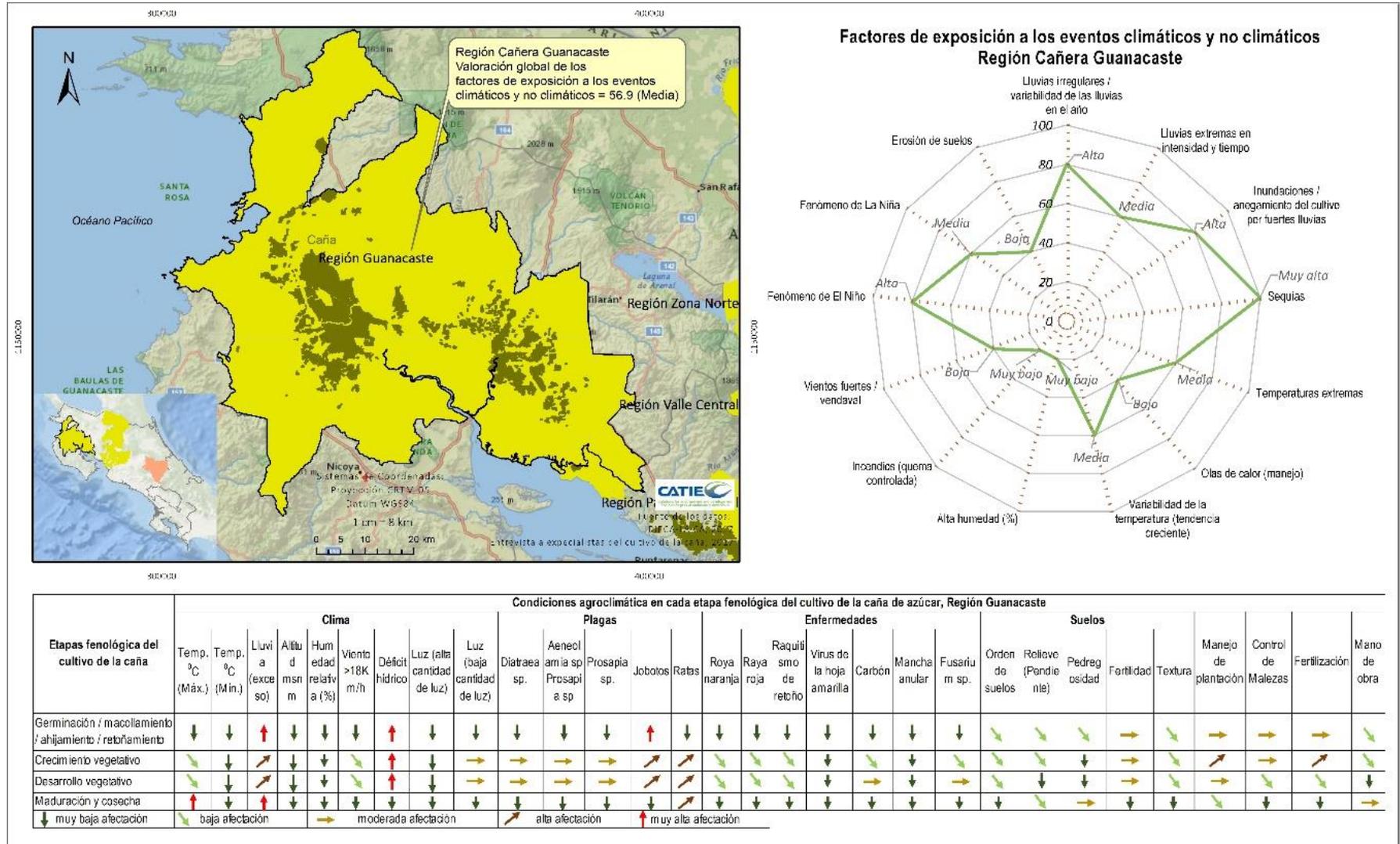


Figura 7. Mapa de exposición de los eventos climáticos y no climáticos en la región cañera Guanacaste

- **Región productiva Central Oriental (Turrialba)**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Turrialba. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 63,5 la cual se considera de alta afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 8.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de la caña de azúcar de la Región Turrialba, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- Lluvias extremas en intensidad y tiempo
- Inundaciones / anegamiento del cultivo por fuertes lluvias
- Incendios (quema controlada)

Alta afectación:

- Tormentas tropicales
- Fenómeno de La Niña

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento: tiene muy alta afectación por lluvia en exceso, déficit hídrico, plagas como jobotos y picudo, por falta de manejo de plantación, control de malezas, fertilización, encalado y por mano de obra, y un grado de alta afectación por falta de fertilización en el suelo.
- Crecimiento vegetativo: muy alta afectación por lluvias en exceso, baja cantidad de luz, por plagas como jobotos, picudo y enfermedades como la roya naranja; falta de fertilidad en los suelos, manejo de plantaciones, control de malezas, fertilización, encalado y falta de mano de obra; y un grado de alta afectación por temperaturas mínimas, déficit hídrico, por enfermedades como el raquitismo de retoño y por problemas del tipo de orden de suelos.
- Desarrollo vegetativo: muy alta afectación por lluvias en exceso, déficit hídrico, baja cantidad de luz, plagas como jobotos y la roya naranja, falta de fertilidad en los suelos, manejo de plantaciones, control de malezas, fertilización, encalado y falta de mano de obra, y un grado de alta afectación por temperatura mínima, por enfermedades como el raquitismo de retoño y por problemas del tipo de orden de suelos.
- Maduración y cosecha: muy alta afectación por temperatura máxima y mínima, lluvias en exceso y baja cantidad de luz, plaga como jobotos, falta de fertilidad en los suelos, manejo de plantaciones, control de malezas, fertilización, encalado y falta de mano de obra, y un grado de alta afectación por enfermedades como raquitismo de retoño y carbón, y finalmente por el tipo de orden de suelos, pedregosidad y textura.

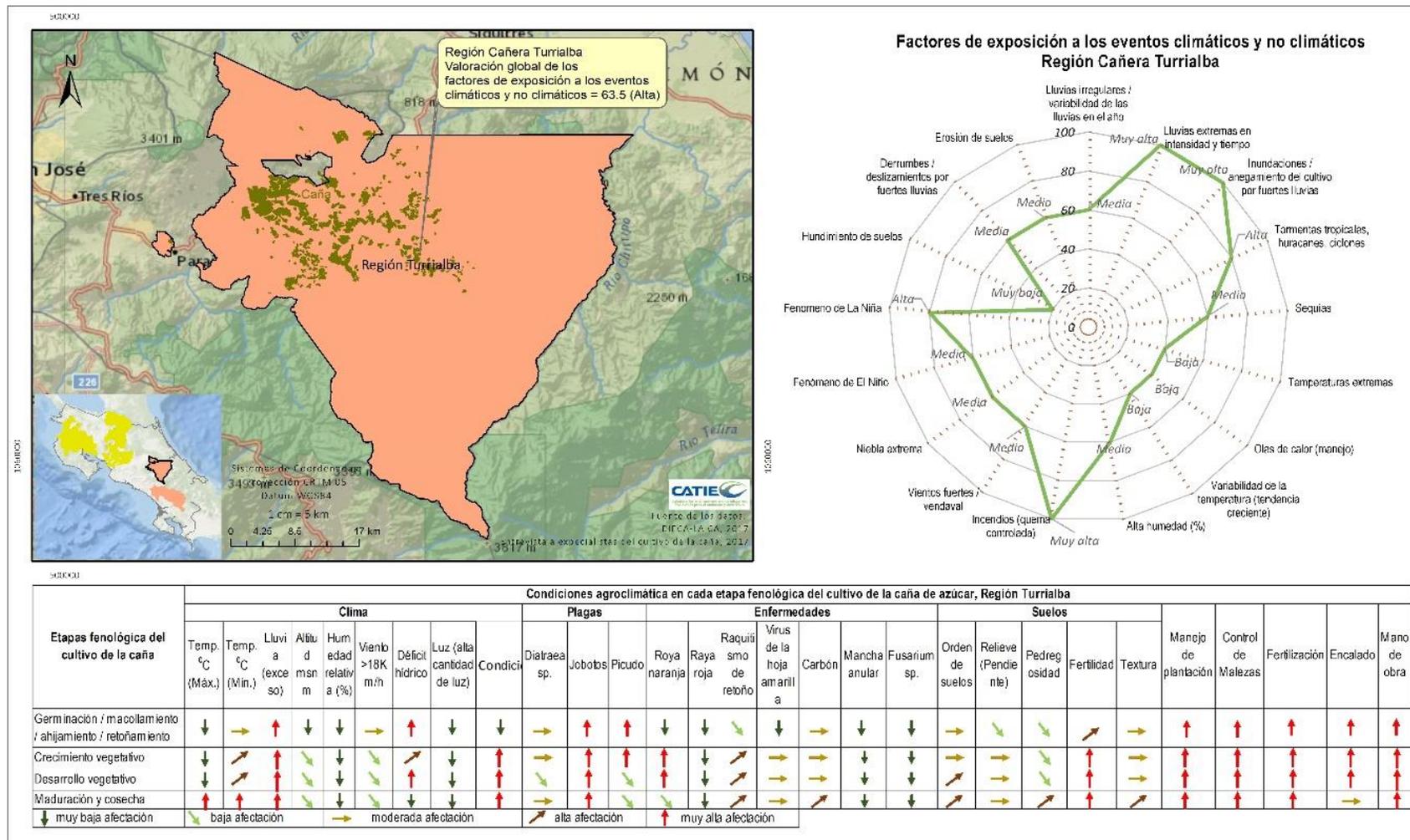


Figura 8. Mapa de exposición de los eventos climáticos y no climáticos en la región cañera Turrialba

- **Región productiva Valle Central Occidental**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Valle Central Occidental. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 54,1 la cual se considera de media afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 9.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de caña de la región Valle Central Occidental, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- No existe factores de exposición con el grado de muy alta afectación

Alta afectación:

- Fenómeno de El Niño

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento; tiene muy alta afectación por déficit hídrico, y un grado de alta afectación por lluvias en exceso.
- Crecimiento y desarrollo vegetativo; muy alta afectación por déficit hídrico, y un grado de alta afectación por baja cantidad de horas luz, enfermedades como raquitismo de retoño, control de malezas y falta de fertilización.
- Maduración y cosecha; muy alta afectación por lluvias en exceso, y un grado de alta afectación por suelos como pendiente y la existencia de pedregosidad en los suelos.

- **Región productiva Pacífico Central**

Los resultados del análisis muestran los eventos climáticos y no climáticos que tienen mayor impacto en el sistema productivo y durante el desarrollo de cada fase fenológica del cultivo de la caña de azúcar para la Región Pacífico Central. La valoración global de los factores de exposición a eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 54,5 la cual se considera de media afectación a la exposición. La información recabada se resume en la figura 10.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en el sistema productivo de la caña de azúcar de la Región Pacífico Central, se resumen a continuación:

Muy alta afectación:

- No existe factores de exposición con el grado de muy alta afectación

Alta afectación:

- Fenómeno de El Niño

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en la etapa fenológica del cultivo de la caña de azúcar, se resaltan:

- Germinación / macollamiento / ahijamiento / retoñamiento; tiene muy alta afectación por déficit hídrico y por plagas como jobotos, no se aprecia un grado de alta afectación en la etapa fenológica.
- Crecimiento vegetativo; muy alta afectación por déficit hídrico y plagas como las ratas, y un grado de alta afectación por luz baja, falta control de malezas y de fertilización.
- Desarrollo vegetativo; muy alta afectación por falta de déficit hídrico, y un grado de alta afectación por luz baja, plagas como la *Aeneolamia* sp., y jobotos, falta de control de malezas y de fertilización.
- Maduración y cosecha; muy alta afectación por lluvia en exceso y plaga como las ratas, no existe valoración del grado de alta afectación esta etapa fenológica.

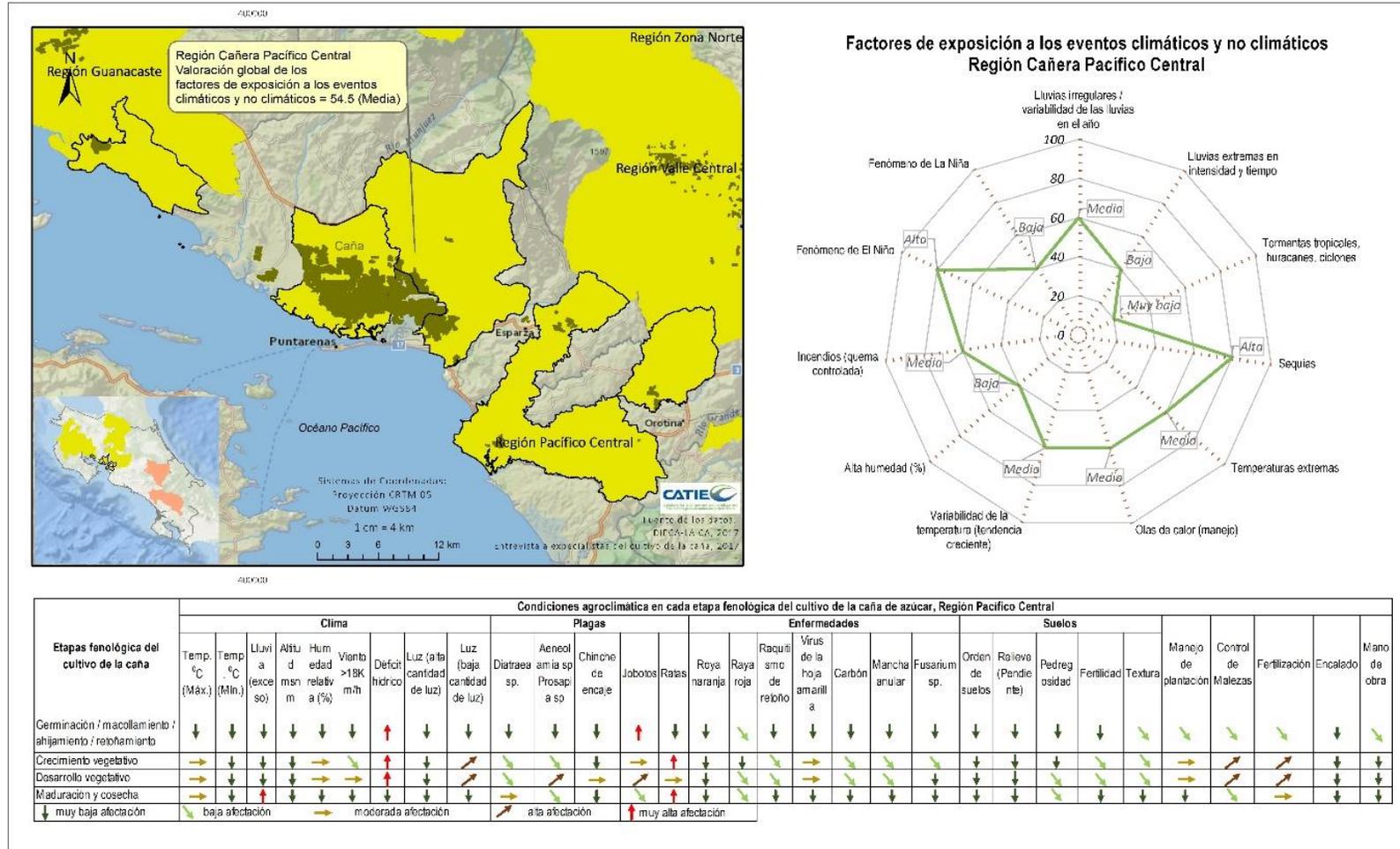


Figura 10. Mapa de exposición de los eventos climáticos y no climáticos en la región cañera Pacifico Central

4. Información complementaria a los eventos climáticos y no climáticos extremos que afectan la producción en las zonas cañeras del país

Como complemento a los resultados presentados producto del análisis de la información existente y consultas a los expertos nacionales y regionales sobre la recurrencia e impacto de eventos climáticos en las regiones productivas del cultivo de la caña de azúcar, se despliega a continuación un resumen de la base de datos del Sistema de Inventario de Efectos de Desastres (DesInventar).

4.1 Base de datos DesInventar ⁸

La base de datos disponible del sistema de inventario de efectos de desastres (DesInventar), para Costa Rica corresponde del periodo 1968 al 2016, y contiene el inventario histórico sobre la ocurrencia de desastres cotidianos de pequeños, medianos y grandes impactos, con base en datos preexistentes, fuentes hemerográficas y reportes de instituciones en nueve países de América Latina. A continuación, se grafican los eventos de desastres de pequeños, medianos y grandes impactos (base de datos DesInventar) para las variables afectación agropecuaria y afectación a cultivos y bosque por hectáreas a nivel de cantones y distritos con cobertura de la caña de azúcar según la región definida.

Aclaración: en la base de datos DesInventar, no existe la variable con afectación específica para el cultivo de la caña de azúcar.

- **Región productiva Brunca**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañera Brunca. Distritos: San Isidro del General, General, San Pedro, Cajón, Daniel Flores, Platanares, Potrero Grande, Buenos Aires, Volcán y Brunca de las provincias de Pérez Zeledón y Puntarenas.

⁸ DesInventar es una herramienta conceptual y metodológica para la construcción de bases de datos de pérdidas, daños o efectos ocasionados por emergencias o desastres. <http://www.desinventar.org/es/database>

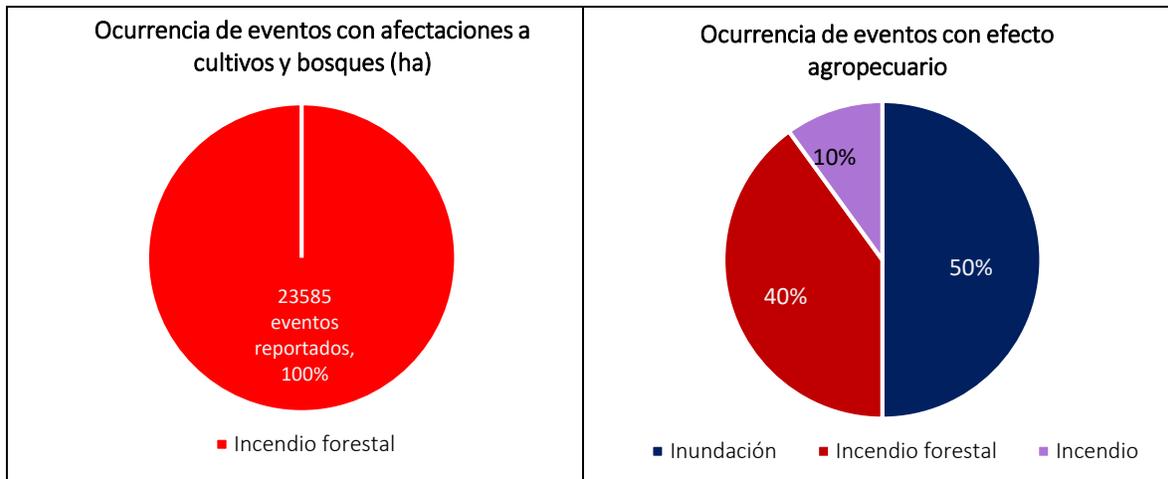


Gráfico 1. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Brunca

- **Región productiva Huetar Norte**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañera Huetar Norte. Distritos: El Amparo, Monterrey, Aguas Zarcas, Fortuna, Palmera, Florencia, Quesada, Ángeles, Los Chiles, Cutris y Pocosol de la provincia de Alajuela.

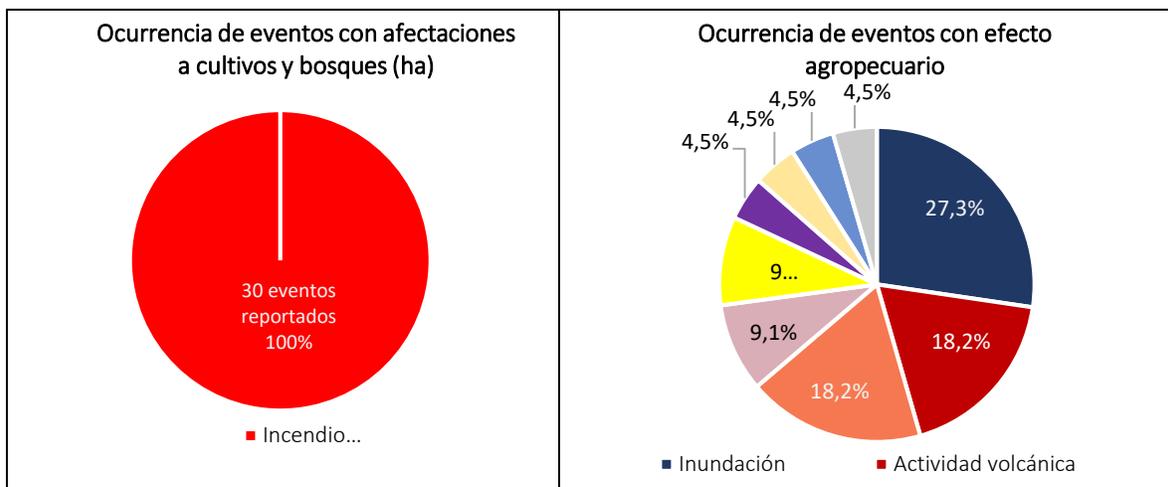


Gráfico 2. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Huetar Norte

- **Región productiva Chorotega**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañera Guanacaste. Distritos: Juntas, Colorado, Bagaces, Cañas, San Miguel, Porozal, Bebedero, Palmira, Belén, Filadelfia, Sardinal, Mayorga, Curubande, Liberia, Nacascolo, San Antonio, Cartagena, Santa Cruz, Diría y Bolsón de la provincia de Guanacaste.

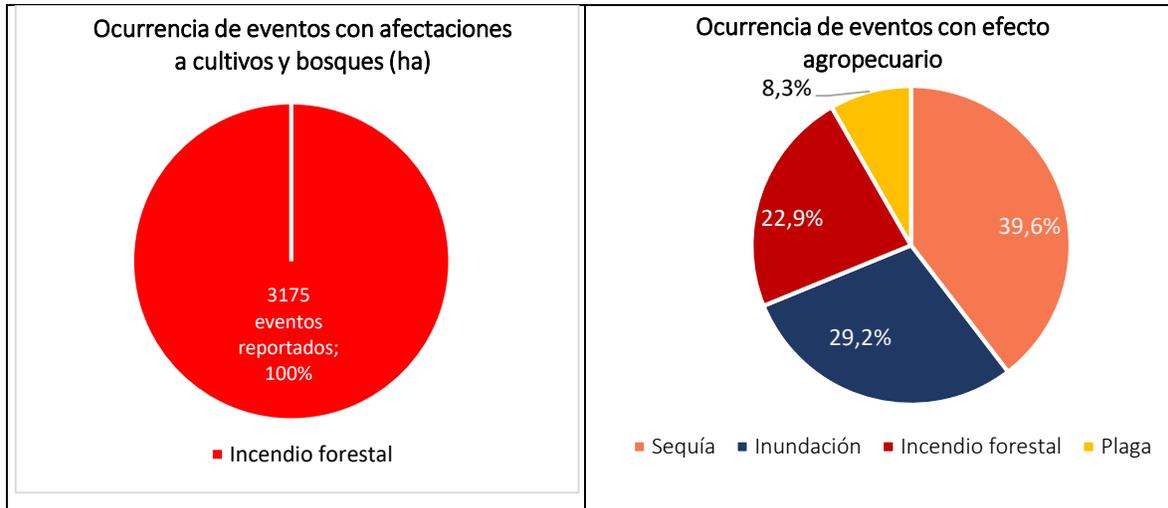


Gráfico 3. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Chorotega

- **Región productiva Valle Central Oriental**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañera Turrialba. Distritos: Santa Cruz, Santa Teresita, Capellades, Pavones, Juan Viñas, Cervantes, Santiago, Tuis, Tucurrique, Cachi, Pejibaye, Turrialba, La Isabel, Tayutic, Tres Equis, La Suiza, Llanos de Santa Lucia y Chirripó de la provincia de Cartago.

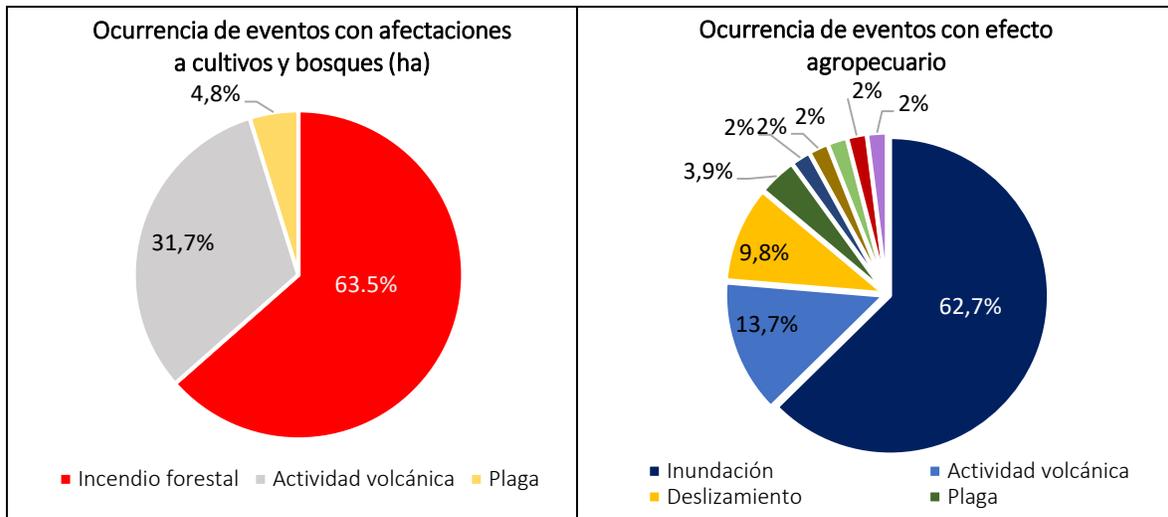


Gráfico 4. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Valle Central Oriental

- **Región productiva Valle Central Occidental**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañeras Valle Central Occidental. Distritos: Ángeles, San Juan, Sabana Redonda, Sabanilla, Cirri Sur, Volio, San Pedro, Bolívar, Piedades Norte, San Isidro, Sarchí Norte, San Roque, San José, San Isidro, Piedades Sur, Rodríguez, Concepción, Naranjo, Alfaro, Sarchí Sur, San Miguel, San Rafael, Santiago, Grecia, Rosario, Tacaes, Puente de Piedra, Carrillos, Tambor, Santa Bárbara, Santa Eulalia, Garita, Guácima, Mercedes, Atenas, Escobal y Jesús de las provincias de Alajuela y Heredia.

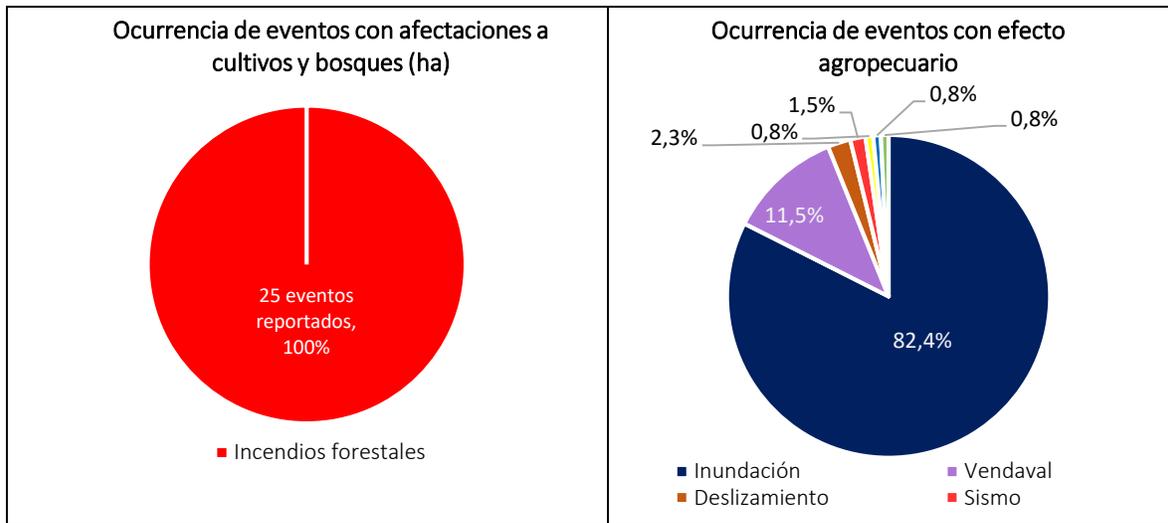


Gráfico 5. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Valle Central Occidental

- **Región productiva Pacífico Central**

Los gráficos muestran el valor porcentual por los tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas, en los distritos que comprende la región cañera Pacífico Central. Distritos: Miramar, San Isidro, Macacona, San Mateo, Coyolar, Ceiba, Barranca, El Roble, Espíritu Santo, San Juan Grande, Puntarenas, Pitahaya, Chomes y Manzanillo de las provincias de Puntarenas y Alajuela.

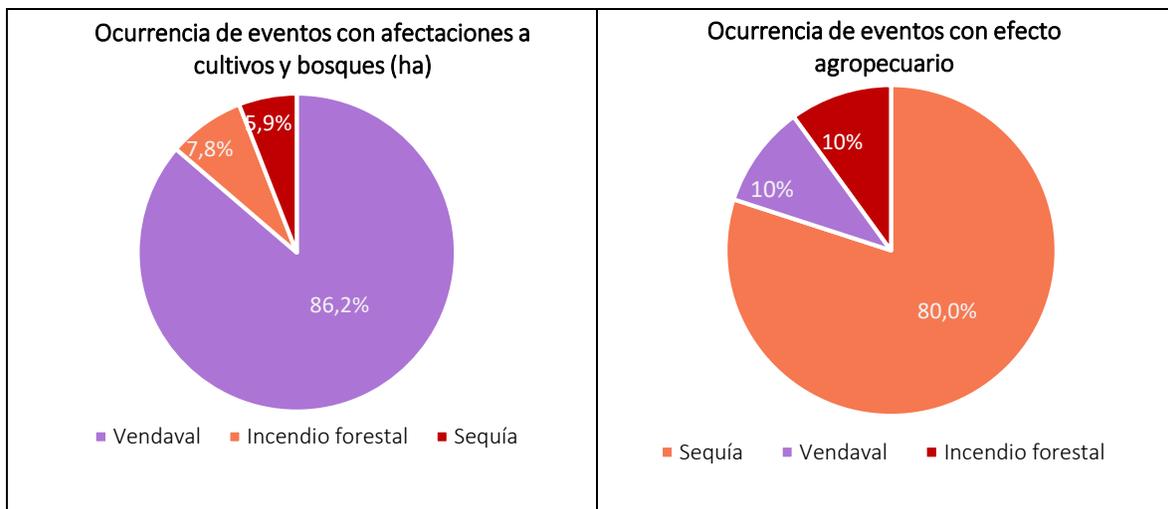


Gráfico 6. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Pacífico Central

IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS QUE PERMITAN PREVENIR Y/O REDUCIR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CAÑA

Para la identificación de prácticas que permitan reducir o prevenir el impacto de los eventos climáticos en el cultivo de caña inicialmente se realizó una sistematización de información bibliográfica sobre prácticas recomendadas para el cultivo que reducen los efectos de evento climáticos en su desarrollo. Posteriormente se realizaron consultas a expertos en las principales regiones productivas con el fin de validar las amenazas climáticas identificadas en el análisis de exposición, determinar el impacto de los eventos climáticos en cada fase del cultivo, y finalmente identificar las prácticas que se realizan para reducir este impacto en cada fase.

1. Prácticas con valor para la reducción del impacto de eventos climáticos según la revisión de literatura

En el cuadro 9 se muestran las prácticas agrícolas que, de acuerdo con la revisión de literatura, reducen los efectos directos o indirectos de eventos climáticos en el desarrollo del cultivo de caña. Cabe destacar que se encontraron vacíos de información técnica durante la revisión de literatura, por lo que para algunas de las fases no se presenta información relacionada con prácticas para la reducción del impacto de eventos climáticos.

Cuadro 9. Prácticas para la reducción del impacto de eventos climáticos en el cultivo de caña según la revisión de literatura

Criterio	Fases			
	Germinación/macollamiento/ ahijamiento/retoñamiento	Crecimiento vegetativo	Desarrollo vegetativo	Maduración
Prácticas de reducción del impacto climático sobre Roya naranja (<i>Puccinia kuehnii</i>)	Uso de variedades tolerantes para disminuir el impacto de la enfermedad, las variedades más susceptibles a esta enfermedad son SP 71-5574 y SP 79-2233; algunas variedades tolerantes ver anexo 1. ¹	Uso de variedades tolerantes para disminuir el impacto de la enfermedad. ¹	Uso de variedades tolerantes para disminuir el impacto de la enfermedad. ¹	
Prácticas de reducción del impacto climático sobre el Virus de la hoja amarilla	Utilización de variedades más tolerantes para disminuir el impacto de la enfermedad, ya que el virus ataca a todas las variedades del país pero algunas son más susceptibles como la H 65-7052, H 60-8521 y CP 72-12-10. ²	Los áfidos (transmisores del virus) se ven afectados por altas precipitaciones y alta humedad relativa ya que provocan una disminución del hacinamiento; por lo que en zonas cálidas es recomendable el sistema de riego. Además se pueden utilizar productos químicos y biológicos. ⁷	Los áfidos (transmisores del virus) se ven afectados por altas precipitaciones y alta humedad relativa ya que provocan una disminución del hacinamiento; por lo que en zonas cálidas es recomendable el sistema de riego. ⁷	
Prácticas de reducción del impacto climático sobre <i>Diatraea sp.</i>	Se puede utilizar controladores biológicos como <i>Paratheresia claripalpis</i> , <i>Metagonistylum minense</i> y <i>Cotesia flavipes</i> para parasitar las larvas y huevos de <i>Diatraea sp.</i> ³	Se puede utilizar controladores biológicos como <i>Paratheresia claripalpis</i> , <i>Metagonistylum minense</i> y <i>Cotesia flavipes</i> para parasitar las larvas y huevos de <i>Diatraea sp.</i> ³	Se puede utilizar controladores biológicos como <i>Paratheresia claripalpis</i> , <i>Metagonistylum minense</i> y <i>Cotesia flavipes</i> para parasitar las larvas y huevos de <i>Diatraea sp.</i> ³	En esta fase no se realiza ningún control y se recomienda muestrear las zonas afectadas para cuantificar los daños.
Prácticas de reducción del impacto climático sobre <i>Aeneolamia sp.</i> y <i>Prosapia sp.</i>	Prácticas culturales antes de las lluvias como el desaporque y aporque antes, ya que se exponen los huevos al sol, reduciendo así la población al inicio de las lluvias. ⁴	Renovación de plantaciones afectadas, la aporca para eliminar los huevos antes de las lluvias para evitar el aumento en la población, colocación de trampas adhesivas y la utilización de <i>Metarhizium anisopliae</i> para reducir el impacto climático de la	Colocación de trampas adhesivas y la utilización de <i>Metarhizium anisopliae</i> para reducir el impacto de la plaga. ⁴	

		plaga. ⁴		
Prácticas de reducción del impacto climático sobre el déficit hídrico	La utilización de variedades más tolerantes a la deficiencia de agua como la variedad NCO 310, CP 72 1210, RB 86 7515, B 8233, CP 72 2086, SP 81 3250 y MEX 79 431; así como también el uso de sistema de riego. ⁵	La fertilización se ve favorecida en condiciones de alta humedad; se beneficia con la caída de leves lluvias o por el uso de sistemas de riego en gravedad, aspersión o goteo; además en zonas de alta precipitación el fertilizante se aplica incorporado para evitar pérdidas por lavado. ⁶		
<p>¹ Chavarría <i>et al.</i>, 2009. ² Chavarría <i>et al.</i>, 2003. ³ Badilla, 2002. ⁴ Sáenz <i>et al.</i>, 1999. ⁵ Angulo, 2015. ⁶ Chaves, 2003. ⁷ Salazar, 2012.</p>				

2. Prácticas identificadas para la reducción de impacto de eventos climáticos por fase de cultivo de acuerdo con la consulta a expertos

En esta sección se reportan los resultados de las consultas realizadas para la identificación de prácticas en las regiones identificadas como prioritarias por el Instituto Nacional de Seguros. La información presentada resume los principales eventos climáticos que afectan las diferentes fases del cultivo de caña, así como las prácticas que los expertos recomiendan realizar para reducir o prevenir los impactos que generan los eventos sobre el cultivo en cada región productiva⁹. Para un entendimiento de los términos de eventos climáticos y prácticas, se elaboró un glosario que enmarca los conceptos utilizados durante las consultas y profundiza en las prácticas identificadas a través del estudio (ver Anexo 2).

2.1 REGIÓN PRODUCTIVA BRUNCA

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por altas temperaturas

La presencia de altas temperaturas durante esta fase provoca estrés hídrico por déficit de agua. Como consecuencia de este fenómeno, se puede perder la humedad del suelo la cual es necesaria para promover el brote de las yemas, ocasionando una baja germinación así como un crecimiento poco uniforme. Las altas temperaturas también generan pérdidas por volatilización de fertilizante principalmente.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Época de siembra.
2. Riego.
3. Coberturas vegetales.
4. Incorporación de fertilizante.

Para el caso específico del uso de coberturas vegetales en el cultivo de caña en la Región Brunca, se emplean principalmente en áreas de renovación del cultivo de caña, utilizando especies leguminosas como frijol (*Phaseolus vulgaris*) y maní (*Arachis hypogaea*), pero únicamente para el primer año. La idea principal de implementar esta práctica es darle protección al suelo y mantener la humedad adecuada durante el periodo de siembra, germinación y rebrote de caña. Es necesario aclarar que son pocos los productores que realizan esta práctica en la región.

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes provocan baja germinación por pérdida de semillas, las cuales son lavadas y arrastradas fuera de los surcos donde fueron depositadas durante la siembra. Las lluvias fuertes que provocan escorrentía, arrastran consigo la capa fértil generando la erosión del suelo, lo cual puede agravarse considerando la topografía y la preparación previa del terreno. Es posible que también se dé el lavado de fertilizante aplicado al suelo para la nutrición del cultivo.

⁹ Aplicación foliar fue propuesta como práctica reducir el impacto de eventos climáticos; mediante la consulta con Marco Chaves y Roberto Alfaro se determinó no utilizarla en el estudio, ya que no es recomendada y no es utilizada en el cultivo de caña de azúcar.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno.
2. Mínima labranza.
3. Resiembra.

- **Impacto por erosión y deslizamientos de tierra**

La erosión y deslizamientos de tierra pueden provocar erosión del suelo, generando pérdida de fertilidad y propiedades del mismo. Esto afecta directa e indirectamente los rendimientos del cultivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Labranza mínima.
2. Siembras a contorno.
3. Coberturas vegetales.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar anoxia en el cultivo, lo que trae como efecto la baja germinación por pérdida de semilla, ya que esta se pudre debido al exceso de humedad y la poca cantidad de oxígeno disponible para las yemas. También es posible que se ocasione la pérdida de plantas una vez germinada la semilla o el rebrote en caña soca, así como pérdidas por lavado de fertilizante aplicado al suelo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras a contorno.
2. Drenajes.
3. Resiembra.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada provoca un estrés hídrico por déficit de agua con un consecuente atraso fisiológico en el desarrollo de la planta dado que no cuenta con la disponibilidad de agua suficiente para llevar a cabo adecuadamente sus funciones metabólicas. Esto trae consigo un crecimiento poco uniforme del cultivo además de una baja germinación. Además, se presentan problemas en la eficiencia de la fertilización, ya que se da la volatilización de fertilizante.

También es posible tener un aumento de enfermedades, malezas y de plagas como el barrenador menor o barrenador coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*), el picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*) y el barrenador común de tallo (*Diatraea* sp.).

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Incorporación de fertilizante.
4. Aporque.
5. Riego.
6. Uso de datos climáticos.

7. Control biológico (uso de la avispa *Cotesia flavipes* para control de la *Diatraea* sp.).
8. Trampas (uso de feromonas atrayentes para el control del barrenador menor y el picudo; así como la captura de abejones de mayo).
9. Aplicación de herbicidas.

La época de siembra se ajusta al periodo donde se tenga la apropiada humedad y temperatura del terreno, para propiciar una adecuada germinación. Se considera una época adecuada la entrada de la estación lluviosa (invierno), aproximadamente en el mes de mayo para la zona. En algunos casos la época de siembra se puede adelantar haciendo uso del riego asistido. Para el caso de caña soca lo recomendable es emplear variedades resistentes a la sequía, ya que la cosecha se realiza en verano y el rebrote se inicia pocos días después por lo que la disponibilidad de agua puede ser limitada.

Para el caso de las enfermedades, la incidencia es poca o casi nula ya que las variedades utilizadas son resistentes ante las principales que podrían estar afectando el cultivo.

La práctica de aporque se realiza para dar protección al fertilizante que ha sido aplicado al suelo para la nutrición del cultivo. Cabe destacar que algunos productores no les gusta realizar la práctica ya que aseguran que la cepa de la caña queda más expuesta y propensa al volcamiento.

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales, huracanes y tornados provocan baja germinación por pérdida de semillas que son lavadas o arrastradas fuera de los surcos donde fueron depositadas en la siembra.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de tormentas tropicales, huracanes y tornados:

1. Resiembra.

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar una pérdida de humedad del suelo generando estrés hídrico por déficit de agua y un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta al no contar con la cantidad de recurso necesario para llevar a cabo sus funciones vitales. Esto finalmente puede generar la pérdida de plantas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Riego.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes provocan pérdidas por lavado de fertilizante. Este impacto se presenta principalmente en terrenos con pendientes pronunciadas, a los cuales no se les realizó una adecuada preparación para contrarrestar las escorrentías.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos provocan el aumento de enfermedades; ya que el viento es un agente diseminador de enfermedades y para el caso de la caña causa serias afectaciones en la propagación de enfermedades principalmente de la roya naranja ocasionada por el hongo *Puccinia kuehnii*. Además puede provocar pérdida de humedad del suelo por desecación.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por erosión y deslizamientos de tierra**

La erosión y deslizamientos de tierra provocan pérdida de fertilidad y de propiedades del suelo, lo que se resume en problemas de erosión de suelo por arrastre de materiales.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Siembras a contorno.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación ocasionan el lavado de fertilizante, sin embargo la gravedad del impacto dependerá de la fuerza con la que se den estas lluvias.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Siembras a contorno.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar inundaciones en las áreas productivas, esto genera una baja o casi nula disponibilidad de oxígeno para la planta (efecto conocido como anoxia). Es posible que haya mortalidad de plantas debido a las condiciones anaeróbicas. Además, si el suelo no ha sido preparado adecuadamente, se presentan pérdidas de fertilizante por lavado o arrastre.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras a contorno.
2. Drenajes.
3. Uso de datos climáticos.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona un estrés hídrico en la planta por déficit de agua, lo que ocasiona un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta e incluso puede causar la pérdida de plantas. Es posible que se presenten problemas de nutrición dada la pérdida de fertilizantes por volatilización. Adicionalmente se puede presentar un aumento de

plagas como los jobotos, barrenador común de tallo (*Diatraea* sp.) y el picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*), así como aumento de enfermedades.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Aporque.
2. Riego.
3. Variedades mejoradas.
4. Uso de fertilizantes de lenta liberación.
5. Control biológico.
6. Trampas.
7. Aplicación de insecticidas.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La luminosidad (baja intensidad) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de planta. La planta de caña es un organismo altamente demandante de brillo solar, insumo necesario para llevar a cabo su proceso de fotosíntesis, que en conjunto con los minerales que las raíces logran absorber del suelo, es posible la formación de sacarosa que se almacena en el tallo. Esta sacarosa constituye la reserva alimenticia de la planta, y es a partir del cual se elaboran los azúcares, almidones y fibra de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Variedades mejoradas.
2. Fertilización adecuada.

- **Impacto por tormentas eléctricas**

Las tormentas eléctricas pueden provocar la pérdida de plantas, eso en el área específica donde cayó la descarga eléctrica.

No se identificó prácticas que puedan ayudar a reducir o evitar el impacto por tormentas eléctricas.

- **Impacto por otros (tormentas de arena)**

Las tormentas de arena provocan aumento en la propagación de enfermedades de tipo bacteriano y fúngico principalmente. Para el caso de Costa Rica se presentó afectación por la propagación de la roya naranja. Dicha enfermedad es controlada haciendo uso de variedades resistentes.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de tormentas de arena:

1. Variedades mejoradas.
2. Uso de datos climáticos.

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar estrés hídrico por déficit de agua y un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. La nutrición se ve afectada ya que no

hay suficiente agua disponible para la adecuada absorción, transporte y asimilación de nutrientes.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes provocan volcamiento del cultivo, ya que en esta etapa el cultivo muestra un tamaño considerable, y en caso de que se genere escorrentía y arrastre de raíces o cepas de caña expuestas, los daños se maximizan ya que se pierde el soporte que mantiene a la planta.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los vientos fuertes también pueden provocar volcamiento del cultivo en esta fase. Sin embargo para el caso del cantón de Pérez Zeledón, la afectación por esta amenaza es casi nula. Mientras que para cultivos ubicados más al sur como en el cantón de Buenos Aires, los impactos por esta amenaza son más perceptibles.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar estrés hídrico por exceso de agua y un posible volcamiento del cultivo. La cantidad de oxígeno disponible para la planta se reduce por lo que se puede presentar un atraso en la actividad fisiológica del cultivo. También se presenta un aumento de enfermedades principalmente de origen fúngico por el aumento de humedad.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Drenajes.
2. Variedades mejoradas.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona estrés hídrico por déficit de agua y un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. Se provoca un aumento de plagas como el barrenador menor o barrenador coralillo (*Elasmopalpus lignosellus*), el picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*) y el barrenador común de tallo (*Diatraea* sp.).

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Variedades mejoradas.
2. Control biológico.
3. Trampas.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La luminosidad (baja intensidad) provoca un atraso fisiológico en el desarrollo de planta, ya que ésta no cuenta con la suficiente energía solar que es el combustible necesario para para la formación de azúcares.

Es posible que estas condiciones climáticas favorezcan la floración de la planta. Este fenómeno no resulta beneficioso para la productividad del cultivo, ya que la planta utiliza su energía para realizar este proceso metabólico, en vez de utilizarla para la concentración de azúcares. El crecimiento, así como el desarrollo vegetativo de la caña se reduce o se detiene y por lo tanto el tallo utilizable para la sacarosa se convierte en un limitante. Esto ocasiona una baja del rendimiento productivo que se verá reflejado en el pago del producto entregado al ingenio.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Variedades mejoradas.
2. Fertilización adecuada.

Existen variedades mejoradas que presentan la característica de no tender a la floración o por lo menos no están predispuestas para realizarlo como por ejemplo las variedades: SP 78-4764 (pero es muy susceptible a enfermedad de la roya naranja) y la RB 99-381, entre otras. Al disminuir este efecto de la floración en la caña, se reducen las pérdidas por bajo tonelaje así como por baja concentración de azúcares en la planta.

- **Impacto por tormentas eléctricas**

Las tormentas eléctricas la pérdida de plantas en las áreas específicas donde se recibió la descarga eléctrica.

No se identificaron prácticas que puedan ayudar a reducir o evitar el impacto por tormentas eléctricas.

4) FASE DE MADURACIÓN

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar pérdida de humedad del suelo, lo que se traduce en un estrés hídrico por déficit de agua, afectando el desarrollo metabólico de la planta y su rendimiento.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden provocar volcamiento del cultivo. Las plantas tienen un tamaño y peso considerable, por lo cual es necesario contar con un buen anclaje al suelo. En caso de no tener ese soporte y que se presenten escorrentías, las plantas pueden volcarse. Esto dificulta la recolección de las mismas y ocasiona una baja en el rendimiento. Además el exceso de humedad incide en la baja calidad de los jugos de la planta y en una disminución de la concentración de azúcares.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden generar el volcamiento del cultivo. En las plantaciones del cantón de Pérez Zeledón la incidencia es casi nula comparada con las plantaciones que se desarrollan más hacia el sur del país, como en el cantón de Buenos Aires.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas ocasionan anoxia, estrés hídrico por exceso de agua, pérdida de plantas e incluso el volcamiento del cultivo, lo que incide directamente en el rendimiento. Otro impacto que se puede generar es el ahijamiento, cuando además del exceso de humedad se da el volcamiento de la planta. Al presentarse la caída del cultivo, el tallo queda en contacto con el suelo y al haber exceso de humedad, este tallo empieza con un proceso de ahijamiento ya que se presenta las propiedades ideales para que las yemas broten (como si hubiese sido sembrado nuevamente). Este fenómeno reduce los rendimientos ya que, al igual que sucede con la floración de la caña, la planta gasta energía realizando otras actividades metabólicas, dejando de lado la producción de azúcar que es el producto principal.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras a contorno.
2. Drenajes.
3. Variedades mejoradas.
4. Cosecha oportuna.
5. Uso de datos climáticos
6. Aplicación de madurantes.

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas generan un déficit de recurso hídrico necesario para la absorción, traslado y transformación de nutrientes en la planta. El estrés térmico propicia un gasto de energía por el aumento de la tasa de respiración y la apertura de estomas para controlar la temperatura de la planta; además de una degradación o transformación de sacarosa en glucosa y fructuosa que no es beneficioso para la actividad. El impacto se observa en la reducción de los rendimientos del cultivo.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Variedades mejoradas

- **Impacto por tormentas eléctricas**

Las tormentas eléctricas pueden provocar pérdida de plantas en puntos determinados de la descarga, incluso ocurre pocas veces pero es posible que se presente un incendio en la plantación. La incidencia de incendios ocasionados por tormentas eléctricas es poca,

ya que por lo general la rayería llega con la caída de lluvia entonces hace difícil la propagación del fuego.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de tormentas eléctricas:

1. Uso de datos climáticos.

Los productores mencionan que la ocurrencia de incendios por causas artificiales o provocadas si es más constante y principalmente en las etapas finales del ciclo del cultivo. Este problema es difícil de controlar ya que la única forma que visualizan es la contratación de seguridad para resguardar los cañales, lo cual implica un costo elevado que no se cubre con los ingresos generados a partir de la actividad.

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales, huracanes y tornados provocan volcamiento del cultivo así como pérdida de plantas. Cuando se presenta este fenómeno, ocurren eventos como vientos fuertes, escorrentías de gran intensidad e incluso inundaciones en los terrenos cultivados.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de tormentas tropicales, huracanes y tornados:

1. Variedades mejoradas.
2. Uso de datos climáticos.
3. Cosecha oportuna.
4. Aplicación de madurantes.

BARRERAS IDENTIFICADAS POR EXPERTOS DE LA BRUNCA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE ADAPTACIÓN

A continuación, se presenta la información obtenida a través de las consultas realizadas a los expertos de la región Brunca sobre barreras existentes para la implementación de buenas prácticas para reducir el impacto de eventos climáticos en los sistemas productivos de caña. En el cuadro 10 se resumen las barreras de tipo económica, institucional o sociocultural, identificadas para cada una de las prácticas.

Cuadro 10. Barreras identificadas por expertos de la región Brunca para la implementación de prácticas de adaptación

Práctica	Barrera	Motivo
Aplicación de herbicidas	Económica	Se valora la afectación de las malezas sobre el cultivo, de manera que no se incurra en gastos extras o innecesarios.
Aplicación de insecticidas	Económica	Se valora la afectación de las plagas sobre el cultivo, de manera que no se incurra en gastos extras o innecesarios.
Aplicación de madurantes	Económica	Existe una limitación relacionada con la disponibilidad de equipos para realizar la aplicación, ya que se requiere de equipo especializado y posiblemente de alto costo.
	Institucional	El uso de esta práctica está en proceso de estudio por parte de las instituciones para la zona, por lo que aún no es una práctica que se recomiende para productores.
Aporque	Económica	Es un costo adicional a las prácticas del cultivo, además se necesita maquinaria para realizarla o contar con suficiente mano obra, lo que elevaría aún más el costo de producción.
	Institucional	Necesidad de capacitación y acompañamiento por parte de las instituciones para la implementación adecuada de esta práctica.
	Sociocultural	Los productores no están acostumbrados a realizar esta práctica dentro del cultivo de caña, además algunos indican que no les gusta aplicarla, ya que dicen que la cepa de la caña queda más expuesta, por lo que se puede producir volcamiento.
Coberturas vegetales	Económica	Poca disponibilidad de mano de obra para estas labores, además de aumentar el costo de producción.
	Sociocultural	Esta práctica solo se realiza para el primer año en plantaciones viejas o de renovación, por lo cual solo algunos productores lo realizan, y no están acostumbrados a realizarla.
Control biológico	Institucional	Necesidad de capacitación y acompañamiento en estos temas, así como disponibilidad insumos.
	Sociocultural	Se realiza apoyo por parte de instituciones, por medio de días de campo y otras actividades, pero muchos

		productores no asisten a las capacitaciones.
Cosecha oportuna	Sociocultural	No se le presta atención a la opción de cosechar oportunamente para evitar pérdidas por amenazas climáticas.
Drenajes	Económica	Es un costo adicional a las prácticas del cultivo si no se contempla o no se practica la siembra a contorno.
	Institucional	Necesidad de más acompañamiento y capacitación en este tipo de prácticas.
	Sociocultural	Los productores no están acostumbrados a realizar esta práctica.
Época de siembra	Sociocultural	Se sigue el comportamiento de siembra para la zona.
Fertilización adecuada	Institucional	Necesidad de más acompañamiento y capacitación en temas de fertilización.
	Sociocultural	Costumbre de realizar la fertilización de la misma forma siempre.
Incorporación de fertilizante	Sociocultural	Práctica acostumbrada.
Labranza mínima	Sociocultural	Existe una costumbre de tener el suelo libre de malezas para iniciar con las actividades de siembra y demás actividades del cultivo.
Resiembra	Económica	Se debe hacer para no perder la inversión previa realizada en preparaciones de terreno y demás.
Riego	Económica	Altos costos de inversión para compra de equipos, disponibilidad de equipos además de las limitantes de faltante del recurso hídrico para la zona.
	Institucional	Falta de apoyo por parte del gobierno e instituciones.
Siembras a contorno	Económica	Alto costo de maquinaria o alquiler de la misma.
	Institucional	Necesidad de más acompañamiento y capacitación en este tipo de prácticas.
	Sociocultural	Algunos productores no están acostumbrados a realizar esta práctica.
Trampas	Económica	Es un costo adicional a las prácticas del cultivo.
	Institucional	Necesidad de capacitación y acompañamiento en estos temas.
	Sociocultural	Los productores ven estos controles poco eficientes. Se realiza apoyo por parte de instituciones, por medio de días de campo pero productores no asisten a capacitaciones.
Uso de datos climáticos	Sociocultural	Los productores expresan poca confiabilidad a la información que reporta el IMN.
Uso de fertilizantes de lenta liberación	Sociocultural	Costumbre de uso de los mismos fertilizantes.
Variedades mejoradas	Institucional	En ocasiones existe poca disponibilidad de semilla de las entidades que las distribuyen por lo que los productores se ven en la necesidad de buscar o intercambiar semillas entre ellos, sin seguridad de la

		procedencia de las mismas.
	Sociocultural	Costumbre de los productores en usar semilla de las mismas plantaciones. Pequeños productores tienen actividades alternas, y no prestan mayor interés en estos detalles, ya que no es su principal ingreso.

2.2 REGIÓN PRODUCTIVA DE HUERTAR NORTE

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por altas temperaturas

Las altas temperaturas provocan estrés hídrico por déficit de agua, es decir se puede perder la humedad del suelo que es necesaria para promover el brote de las yemas, por lo que se obtiene una baja germinación así como un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. Estas altas temperaturas también generan pérdidas por volatilización de fertilizante y un aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Época de siembra.
2. Aporque.
3. Riego.
4. Variedades mejoradas.
5. Trampas.
6. Incorporación de fertilizante.

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes provocan estrés hídrico por exceso de agua, que incide directamente disminuyendo la cantidad de oxígeno disponible para la planta, generando un deterioro secuencial de la semilla principalmente en esta fase, que se refleja en una baja germinación. Incluso se presenta la pérdida de semilla por lavado y arrastre fuera de los surcos donde fueron depositadas en la siembra. Los rebrotes y plantas en estas fases pueden perderse de igual forma por exceso de agua que desequilibra las funciones de planta. Es posible tener lavado de fertilizante que ha sido aplicado al suelo para la nutrición del cultivo. Las lluvias fuertes que provocan escorrentías que arrastran consigo la capa fértil generando la erosión del suelo dependiendo de la magnitud de las lluvias así como de la topografía y preparación previa del terreno.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno.
2. Drenajes.
3. Subsolar el suelo.
4. Incorporación del fertilizante.

- Impacto por erosión y deslizamientos de tierra

La erosión y deslizamientos de tierra pueden provocar erosión del suelo, generando pérdida de fertilidad, propiedades del mismo, incluso se da pérdida del cultivo en las

secciones donde se genere esta pérdida de área efectiva. Incidiendo directa o indirectamente los rendimientos del cultivo, provocando una baja del mismo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Siembras a contorno.
2. Drenajes.
3. Resiembra.
4. Barreras muertas.

Para el caso de las barreras muertas, generalmente se utiliza el rastrojo de la caña de azúcar o porciones de tallo (desechos), que son colocados en los surcos del cultivo. El objetivo es reducir la velocidad del agua que genera arrastre de material, por ende erosión del suelo.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar baja germinación por pérdida de semilla que se pudre dado el exceso de humedad y la poca cantidad de oxígeno disponible para las yemas, el caso de la primer siembra (caña planta). Esto se traduce a estrés hídrico por exceso de agua, lo que provoca una baja en el rendimiento. También es posible tener erosión de suelo, que dependerá de las prácticas de preparación de terreno realizadas así como la topografía y demás características del mismo.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Siembras a contorno.
3. Drenajes.
4. Resiembra.
5. Subsolar el suelo.

- **Impacto por sequías prolongadas**

Con la sequía prolongada se pueden presentar las pérdidas de humedad del suelo provocando un desequilibrio y atraso fisiológico en el desarrollo de la planta dado que no cuenta con la disponibilidad de agua suficiente para llevar a cabo sus funciones metabólicas y absorción de nutrientes. Además es posible que se presenten los problemas de estrés térmico e hídrico también conocidos como golpes de sol. Al final los resultados se evidencian en una baja de germinación.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Incorporación de fertilizante.
4. Riego.
5. Resiembra.

La siembra se ajusta al periodo donde se presente la apropiada humedad y temperatura del terreno, para propiciar una adecuada germinación. Siendo ideales las épocas de entrada del invierno en los meses de mayo aproximadamente para la zona, destacando que esto se realiza para cultivos caña planta. En algunos casos la época de siembra se

puede adelantar haciendo uso del riego asistido. Para el caso de caña soca lo recomendable es emplear variedades resistentes a la sequía. Ya que la cosecha se realiza en verano y el rebrote se inicia pocos días después por lo que la disponibilidad de agua puede ser limitada.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad de la luz)**

La luminosidad (baja intensidad de la luz) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. La planta de caña es un cultivo altamente demandante de radiación solar, no contar con este factor la tasa fotosintética se reduce. Esto se puede ver reflejado en el crecimiento del cultivo y posteriores resultados de rendimientos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad de la luz):

1. Época de siembra.

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales, huracanes y tornados provocan baja germinación, que se debe a múltiples factores como la pérdida de semilla que es lavada o arrastrada fuera de los surcos donde fueron depositadas en el punto de siembra; además por causa de escorrentías se puede presentar un exceso de humedad que disminuya la respiración radicular propiciando la pérdida de plantas.

Para este caso los expertos consultados para la región, no indicaron prácticas que se podrían estar implementando para reducir o prevenir estos impactos.

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar los impactos por estrés térmico y lumínico. Se presenta una pérdida de humedad del suelo generando estrés hídrico por déficit de agua con un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta al no contar con la cantidad de recurso necesario para llevar a cabo sus funciones vitales. Además es posible tener un aumento de las plagas en el cultivo, ya que estas condiciones favorecen la incidencia de las mismas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Época de siembra.
2. Riego.
3. Fertilización adecuada.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden provocar escorrentías que propician lavado y arrastre de materiales que resultan en el impacto de erosión del suelo, con la pérdida de sus propiedades y fertilidad, incluso el lavado del fertilizante que ha sido aplicado para suplir las necesidades del cultivo. Situación que se presenta principalmente en terrenos con pendientes pronunciadas, a los cuales no se les lleva a cabo una adecuada preparación, para contrarrestar las escorrentías. Un exceso de humedad por lluvias fuertes puede generar un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta e incluso llevar hasta la pérdida

de plantas. Sumado a estos impactos se genera un aumento de plagas y aumento de enfermedades.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Drenajes.
2. Incorporación de fertilizante.
3. Trampas.
4. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos.

- **Impacto por erosión y deslizamientos de tierra**

La erosión y deslizamientos de tierra pueden provocar pérdida de plantas, dependiendo de la severidad de la afectación. En este impacto se da pérdida de áreas o secciones que han sido sembradas previamente.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Aporque.
2. Drenajes.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación generan un aumento de plagas así como un aumento de malezas. Se propician las condiciones ambientales favorables para que se dé la aparición de este tipo de impactos.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Drenajes.
2. Control biológico.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar inundaciones en los terrenos del cultivo, generando una baja o casi nula disponibilidad de oxígeno para la planta efecto conocido como anoxia. Bajo estas condiciones es posible que se presente un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta incluso hasta pérdida de plantas. Además si el suelo no se ha preparado adecuadamente se presentan problemas de erosión del suelo y pérdida por lavado de fertilizante. Sumado a lo anterior, las demás prácticas del cultivo (fertilizaciones, control de enfermedades entre otros) se pueden ver atrasadas. Es posible al aumento de enfermedades en el cultivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Drenajes.
2. Fertilización adecuada.
3. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona poca disponibilidad de recurso hídrico en la planta

generando estrés hídrico por déficit de agua viéndose reflejado en un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. Es posible que se presente atraso en prácticas de cultivo como el caso de la fertilización y que a su vez interviene en la nutrición de las plantas. Adicionalmente se puede tener un aumento de plagas como los jobotos, barrenador común de tallo (*Diatraea* sp.) y el picudo de la caña (*Metamasius hemipterus*).

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Riego.
3. Variedades mejoradas.
4. Fertilización adecuada.

- Impacto por luminosidad (baja intensidad)

La luminosidad (baja intensidad) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de planta. La planta de caña es un organismo altamente demandante de brillo solar, insumo necesario para llevar a cabo su proceso de fotosíntesis que en conjunto con los minerales que las raíces logran absorber del suelo, es posible la formación de sacarosa que se almacena en el tallo. Esta sacarosa constituye la reserva alimenticia de la planta, y es a partir del cual se elaboran los azúcares, almidones y fibra de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Fertilización adecuada.
4. No sembrar en áreas sombreadas.

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- Impacto por altas temperaturas

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar una deficiencia de humedad del suelo, problemas por estrés hídrico que propician en general atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta. La nutrición se ve afectada ya que no hay suficiente agua disponible para la adecuada absorción, transporte y asimilación de nutrientes.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Fertilización adecuada.

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes pueden generar escorrentías que propician lavado y arrastre de materiales incluyendo la capa fértil del suelo que se traduce en problemas de erosión del suelo. Todos estos efectos se reflejan en atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta llegando hasta tener pérdida de plantas. Es posible tener un aumento de plagas y un aumento de enfermedades.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Variedades mejoradas.

2. Drenajes.
3. Trampas.
4. Control biológico.
5. Monitoreo.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los vientos fuertes pueden provocar volcamiento del cultivo en esta fase. Además según sea la intensidad de los vientos pueden provocar daños físicos en hojas, tallos y demás partes de la planta que incidirán directa o indirectamente en la baja de rendimientos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas.
2. Aporque.
3. Barreras rompevientos.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación pueden provocar aumento de plagas, por la inestabilidad de las condiciones ambientales que se generan con la presencia de esta amenaza.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Trampas.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar atraso fisiológico en el desarrollo de la planta incluso hasta pérdida de las mismas por exceso de agua en el cultivo, generando un daño principalmente a nivel radicular por la deficiencia en la respiración de la planta al aumentar la humedad del suelo. Además se puede presentar debilitamiento de la planta, incluso lavado y descubrimiento de las cepas dejando propensa al volcamiento sumado a los posibles efectos de erosión de suelo. Al incrementar la humedad dentro del cultivo se puede presentar un aumento de enfermedades principalmente de origen fúngico así como el aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de impacto de lluvias prolongadas:

1. Drenajes.
2. Aporque.
3. Variedades mejoradas.
4. Barreras rompevientos.
5. Monitoreo.
6. Control biológico.
7. Trampas.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona pérdida de humedad disponible para las plantas

generando un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta que incide directamente en la baja del rendimiento.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Riego.
3. Fertilización adecuada.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La luminosidad (baja intensidad) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de planta, ya que no cuenta con la suficiente energía solar que es el combustible necesario para generar la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua junto con otros minerales extraídos del suelo para la formación de sacarosa.

Es posible que se presente el efecto de tendencia a floración por parte de la planta. Esta tendencia no es beneficiosa para el fin con el que se realizó el cultivo, ya que la planta utiliza su energía para realizar otros procesos metabólicos. El crecimiento así como el desarrollo vegetativo de la caña se reduce o se detiene y por lo tanto el tallo utilizable para la sacarosa se convierte en un limitante. Esto ocasiona una baja del rendimiento productivo que se verá reflejado en el pago del producto entregado al ingenio.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.

Existen variedades mejoradas que presentan la característica de no tender a la floración o están predispuestas en menor proporción para. Al disminuir este efecto de la floración en la caña, se reducen las pérdidas por bajo tonelaje así como por baja concentración de azúcares en la planta.

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales, huracanes y tornados pueden generar daños físicos en planta y volcamiento del cultivo por diversos factores que incluyen fuertes vientos, exceso de humedad del suelo que resulta en un debilitamiento de la planta e incluso la incidencia de escorrentías que generen lavado y descubrimiento de las cepas. Aspectos que terminan provocando en general una baja del rendimiento.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados.

1. Variedades mejoradas.
2. Drenajes.

4) FASE DE MADURACIÓN

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar la degradación de sacarosa en fructuosa y glucosa, teniendo en cuenta que el producto objetivo a obtener es la

sacarosa. Por esta razón los rendimientos bajarían, además de estimularse la fotorespiración que a su vez produce una menor acumulación de azúcares en la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden provocar un exceso de humedad que se verá reflejado en la baja calidad del jugo, además de verse favorecido el crecimiento vegetativo que ya en esta etapa no es necesario. Con exceso de humedad es posible tener una incidencia en las cepas propiciando pérdida de plantas efectivas que no lograran crecer para la siguiente zafra. Es posible tener daños físicos en planta. Además al contar alto contenido de agua principalmente a nivel de suelo, hace que prácticas del cultivo se vean atrasadas, tal como es el caso de inicio de cosecha por la inestabilidad del suelo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Época de siembra.
2. Drenajes.
3. Aplicación de madurantes.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden generar el volcamiento del cultivo, además de daños físicos por el mismo rozamiento entre hojas y tallos de las plantas. Estos aspectos influirán en la obtención de bajos rendimientos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas.
2. Barreras rompevientos.
3. Aporque.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera pueden generar algún tipo de estrés en la planta al desequilibrar las condiciones ambientales. Al aparecer en esta etapa atrasan las prácticas del cultivo y también se obtienen bajos rendimientos, por la humedad que se genera que incide en la baja calidad de los jugos de la caña.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Drenajes.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas ocasionan un exceso de humedad poco beneficioso para el cultivo ya que se incentiva el crecimiento vegetativo que ya no es necesario en esta etapa, lo cual provoca una baja concentración de azúcares así como baja calidad de los jugos de la planta. Pero de igual forma un exceso de agua disponible puede verse reflejado en las

sepas con una pérdida de yemas y plantas de rebrote por la poca capacidad de respiración al no contar con suficiente oxígeno disponible. Los rendimientos se ven perturbados teniendo un efecto similar al de tendencia a la floración. La planta inicia con un gasto de energía realizando otras actividades metabólicas dejando de lado la producción de azúcar que es el producto principal. Incluso es posible tener un atraso en prácticas del cultivo y daños físicos en planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Siembras a contorno.
3. Drenajes.
4. Aplicación de madurantes.

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas generan un déficit de recurso hídrico disponible para la absorción, traslado y transformación de nutrientes. Los resultados se verán reflejados en la baja del rendimiento. Además de los efectos mencionados por estrés térmico y lumínico (golpes de sol). Evidenciando daños físicos a nivel de follaje, pero principalmente efectos negativos a lo interno de la planta donde se da una menor concentración de azúcares, por la transformación de sacarosa en glucosa y fructuosa o por el mismo aumento en la respiración para tratar de regular la temperatura de la planta que induce a un gasto de energía para la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Épocas de siembra.
2. Drenajes.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad de la luz)**

La luminosidad (baja intensidad de la luz) reduce la tasa fotosintética al no contar con la cantidad suficiente de luz para la absorción y fijación de CO₂, lo que propicia una caída en los rendimientos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad de la luz):

1. Variedades mejoradas.

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales, huracanes y tornados provocan volcamiento del cultivo que se verá reflejado en la baja del rendimiento. Máxime si estas amenazas se presentan con lluvias y vientos fuertes, así como escorrentías que expongan el sistema radical perdiendo el apoyo o sostén de las plantas al suelo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de tormentas tropicales, huracanes y tornados:

1. Variedades mejoradas.
2. Drenajes.

BARRERAS IDENTIFICADAS POR EXPERTOS DE LA REGIÓN HUETAR NORTE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE ADAPTACIÓN

A continuación, se presenta la información obtenida a través de las consultas realizadas a los expertos de la región Huetar Norte sobre barreras existentes para la implementación de buenas prácticas para reducir el impacto de eventos climáticos en los sistemas productivos de caña. En el cuadro 11 se resumen las barreras de tipo económica, institucional o sociocultural, identificadas para cada una de las prácticas.

Cuadro 11. Barreras identificadas por expertos de la región Huetar Norte para la implementación de prácticas de adaptación

Práctica	Barrera	Motivo
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos	Económica	El cultivo de caña no cubre el costo de las aplicaciones.
Aplicación de madurantes	Económica	Alto costo de la práctica, principalmente en áreas pequeñas.
Aporque	Sociocultural	Los productores muestran una indisposición de realizar la práctica por falta de interés. Indican que es de un difícil manejo, además algunos aducen no conocer la práctica.
Barreras muertas	ND	ND
Barreras rompevientos	Económica	ND
Barreras rompevientos Control biológico	Sociocultural	No se acostumbra a realizar la práctica, además de falta de convicción en adoptar la misma.
	Sociocultural	Se indica que esta práctica es gratuita para los productores, pero no se realiza por poco interés y no querer implementar la misma.
Drenajes	Económica	Se aumentan los costos de la actividad ya sea por mano de obra o por el mismo uso de maquinaria, siendo negativo ya que el margen de ganancia en el cultivo es muy limitado.
Drenajes Época de siembra	Sociocultural	Los productores aducen que no hacen falta realizarlos, y no creen que pueda tener efecto positivo en el cultivo.
	Sociocultural	Se indica que los productores no son organizados, y se han acostumbrado a utilizar las mismas fechas.
Fertilización adecuada	Económica	Se aumentan los costos, y aunque sea necesario se indica que el cultivo no cubre los costos.
Incorporación de fertilizante	Económica	Se aumentan los costos.
Monitoreo	Sociocultural	No se realiza por falta de tiempo.

No sembrar en áreas sombreadas	ND	ND
Resiembra	Económica	Alto costo de la semilla
Riego	Económica	Altos costos de inversión para traslado que no lo hacen rentable.
Riego Siembras a contorno	Sociocultural	Se asume que para la región el riego no es necesario ya que existe mayor incidencia de precipitaciones. Algunos aducen que no hay disponibilidad de agua sin embargo no se hacen reservorios.
	Sociocultural	Los productores indican que no es necesario realizarlas, además que afectan las labores de cosecha y transporte haciéndolas más lenta.
Subsolar el suelo	Económica	No se cuenta con la disponibilidad de dinero para realizar la práctica además que es de un elevado costo.
Trampas	Sociocultural	Se indican que las prácticas no tienen costo para los productores pero lo mismos no muestran interés por adoptar la práctica.
Variedades mejoradas	Sociocultural	Se debe a costumbre, gustos y preferencias de los productores por el uso de semillas. Además de que siempre se emplean las mismas y no les gusta arriesgar experimentando con otras.

2.3 REGIÓN PRODUCTIVA CHOROTEGA

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por altas temperaturas

Las altas temperaturas muestran incidencia provocando estrés hídrico por déficit de agua, es decir se puede perder la humedad del suelo que es necesaria para promover el brote de las yemas por lo que se obtiene una baja germinación así como un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. Estas altas temperaturas en general pueden provocar bajos rendimientos y un aumento de plagas.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Riego.

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes provocan anoxia por exceso de agua, lo cual incide directamente sobre el desarrollo de la planta, disminuyendo la cantidad de oxígeno disponible para la planta, generando un deterioro secuencial de la semilla principalmente en esta fase, que se refleja en una baja germinación. Incluso se presenta la pérdida de semilla por lavado y arrastre fuera de los surcos donde fueron depositadas en la siembra. Los rebrotes y plantas en estas fases pueden perderse de igual forma por exceso de agua que desequilibra las funciones de planta. Las lluvias fuertes que provocan escorrentías

arrastran consigo la capa fértil generando la erosión del suelo dependiendo de la magnitud de las lluvias así como de la topografía y preparación previa del terreno.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Época de siembra.
2. Siembras a doble surco.
3. Nivelación.
4. Drenajes.
5. Subsolar el suelo.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden provocar una desecación o pérdida de humedad del suelo generando en la planta un estrés hídrico por déficit de agua. Siendo necesario recordar que se necesita la humedad apropiada y temperatura para estimular la germinación de las yemas y crecimiento de los rebrotes.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Riego.
2. Coberturas vegetales.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar baja germinación por pérdida de semilla que se pudre por anoxia dado el exceso de humedad y la poca cantidad de oxígeno disponible para las yemas, el caso de la primer siembra (caña planta). Esto se traduce a estrés hídrico por exceso de agua, lo que incluso puede provocar pérdida de plantas.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Nivelación.
3. Drenajes.
4. Utilizar bajas densidades de siembra.

- **Impacto por sequías prolongadas**

Con la sequía prolongada se pueden presentar las pérdidas de humedad del suelo provocando un estrés hídrico por déficit de agua y atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta dado que no cuenta con la disponibilidad de agua suficiente para llevar a cabo sus funciones metabólicas y absorción de nutrientes, que incluso podría llevar a tener pérdida de plantas. Además es posible que se presenten los problemas de estrés térmico e hídrico. Al final los resultados se evidencian en una baja de germinación y aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Nivelación.
2. Época de siembra.
3. Tapar semillas con suelo.
4. Riego.
5. Coberturas vegetales.

6. Uso de datos climáticos.
7. Aplicación de insecticidas.

La siembra se ajusta al periodo donde se presente la apropiada humedad y temperatura del terreno, para propiciar una adecuada germinación. Siendo ideales las épocas de entrada del invierno en los meses de mayo aproximadamente para la zona, destacando que esto se realiza para cultivos caña planta. En algunos casos la época de siembra se puede adelantar haciendo uso del riego asistido. Para el caso de caña soca lo recomendable es emplear variedades resistentes a la sequía. Ya que la cosecha se realiza en verano y el rebrote se inicia pocos días después por lo que la disponibilidad de agua puede ser limitada.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad de la luz)**

La luminosidad (baja intensidad de la luz) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. La planta de caña es un cultivo altamente demandante de radiación solar, no contar con este factor la tasa fotosintética se reduce, sumado al efecto de tener una baja germinación.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad de la luz):

1. Época de siembra.
2. Riego.

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar los impactos por estrés térmico y lumínico. Se presenta una pérdida de humedad del suelo generando estrés hídrico por déficit de agua y se retrasa el desarrollo de la planta al no contar con la cantidad de recurso necesario para llevar a cabo sus funciones vitales. Además es posible tener un aumento de las plagas en el cultivo, ya que estas condiciones favorecen la incidencia de las mismas, que en general va a resultar en una baja de rendimiento.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Riego.
2. Fertilización adecuada.
3. Variedades mejoradas.
4. Control biológico.
5. Aplicación de insecticidas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden provocar escorrentías con el impacto de erosión del suelo, y pérdida de sus propiedades, incluso atrasa el desarrollo de la planta, teniendo incluso pérdida de plantas y volcamiento del cultivo. Situación que se presenta principalmente en terrenos con pendientes pronunciadas, a los cuales no se les lleva a cabo una adecuada preparación, para contrarrestar las escorrentías. Es posible tener un aumento en plagas, malezas y enfermedades por el desequilibrio que se presenta a nivel de cultivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Drenajes.
2. Aporque.
3. Nivelación.
4. Siembras a doble surco.
5. Coberturas verdes.
6. Control biológico.
7. Aplicación herbicidas.
8. Variedades mejoradas.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden provocar una pérdida de humedad del suelo así como daños físicos en planta dependiendo de la intensidad de los mismos. Estas condiciones generan un atraso en las prácticas del cultivo, principalmente cuando se deben realizar aplicaciones foliares incluso la aplicación de herbicidas. La presencia de fuertes vientos puede generar propagación del producto químico como los herbicidas causando daños por quema en las plantas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Época de siembra.
2. Riego.
3. Barreras rompevientos.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación generan un aumento de plagas así como un aumento de enfermedades. Se propician las condiciones ambientales favorables y estrés a nivel de planta, para que se dé la aparición de este tipo de impactos.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Monitoreo de plagas.
2. Control biológico.
3. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos.
4. Aplicación de insecticidas.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar inundaciones en los terrenos del cultivo, generando una baja o casi nula disponibilidad de oxígeno para la planta efecto conocido como anoxia. Bajo estas condiciones es posible que se presente un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta incluso hasta pérdida de plantas. Además si el suelo no se ha preparado adecuadamente se presentan problemas de erosión del suelo y pérdida por lavado de fertilizante. Sumado a lo anterior, las demás prácticas del cultivo (fertilizaciones, control de enfermedades entre otros) se pueden ver atrasadas y no se realicen a tiempo. Es posible al aumento de enfermedades y plagas en el cultivo. Todas estas condiciones generaran una baja en el rendimiento.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Época de siembra.

2. Drenajes.
3. Nivelación.
4. Control biológico.
5. Uso de datos climáticos.
6. Variedades mejoradas.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona poca disponibilidad de recurso hídrico en la planta generando estrés hídrico por déficit de agua viéndose reflejado en un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. Es posible que se presente pérdida de plantas. Adicionalmente se puede tener un aumento de plagas y baja de rendimiento.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego.
2. Variedades mejoradas.
3. Nivelación.
4. Monitoreo.
5. Control biológico.
6. Trampas.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La luminosidad (baja intensidad) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de planta. Como bien se sabe la planta de caña es un organismo altamente demandante de brillo solar, insumo necesario para llevar a cabo su proceso de fotosíntesis que en conjunto con los minerales que las raíces logran absorber del suelo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Fertilización adecuada.

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- **Impacto por alta temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar pérdida de humedad de humedad del suelo, propiciando en general estrés hídrico por déficit de agua y atraso fisiológico en el desarrollo de la planta. La nutrición se ve afectada ya que no hay suficiente agua disponible para la adecuada absorción, transporte y asimilación de nutrientes. Se da un aumento en la aparición de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de alta temperaturas:

2. Riego.
3. Control biológico.
4. Trampas.
5. Variedades mejoradas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden generar escorrentías que propician lavado y arrastre de materiales así como exposición de raíces y sostén de las cepas provocando volcamiento. Es posible que se presente anoxia en secciones del cultivo con estrés hídrico por exceso de agua concluyendo con una baja del rendimiento, referenciado al déficit de oxígeno disponible para la planta a nivel de suelo. Es posible tener un aumento de plagas y un aumento de enfermedades.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Nivelación.
2. Drenajes.
3. Aporque.
4. Siembras a doble surco.
5. Control biológico.
6. Fertilización adecuada.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los vientos fuertes pueden provocar una desecación del suelo además de volcamiento del cultivo en esta fase. Según sea la intensidad de los vientos pueden provocar daños físicos en hojas, tallos y demás partes de la planta que incidirán directa o indirectamente en la baja de rendimientos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Riego.
2. Aporque.
3. Barreras rompevientos.
4. Variedades mejoradas
5. Fertilización adecuada.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación pueden provocar aumento de plagas y enfermedades, por la inestabilidad de las condiciones ambientales que se generan con la presencia de esta amenaza, adicionalmente se genera un estrés a nivel de planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Monitoreo.
2. Control biológico.
3. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos.
4. Aplicación de insecticidas.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas generan un exceso de acumulación de agua presentando problemas por anoxia y estrés hídrico por el exceso de agua. La inestabilidad del terreno puede generar volcamiento del cultivo máxime si se presentan lluvias prolongadas con fuertes vientos, llegando al punto de tener pérdidas de plantas y una baja del

rendimiento. Al incrementar la humedad dentro del cultivo se puede presentar un aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Nivelación.
2. Drenajes
3. Control biológico.

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada ocasiona pérdida de humedad disponible para las plantas generando un estrés hídrico por déficit de agua que se verá reflejado en atraso fisiológico en el desarrollo de la planta hasta el punto de tener pérdida de plantas, incidiendo directamente en la baja del rendimiento. Es posible tener un aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego.
2. Fertilización adecuada.
3. Variedades mejoradas.
4. Trampas.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La luminosidad (baja intensidad) provoca atraso fisiológico en el desarrollo de planta, ya que no cuenta con la suficiente energía solar que es el combustible necesario para generar la reacción entre el dióxido de carbono que las hojas toman del aire y el agua junto con otros minerales extraídos del suelo para la formación de sacarosa. Esto ocasiona una baja del rendimiento productivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Variedades mejoradas.
2. Fertilización adecuada.

4) FASE DE MADURACIÓN

- **Impacto por altas temperaturas**

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar una maduración temprano por el desequilibrio que se forma a nivel interno de planta.

Para este caso los expertos consultados no indicaron prácticas que se recomienden para reducir o prevenir el impacto por altas temperaturas.

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden provocar un exceso de humedad que se verá reflejado en la baja calidad del jugo y rendimientos. Con exceso de humedad se puede generar un estrés hídrico por exceso de agua. Además al tener alto contenido de agua principalmente a nivel de suelo, hace que prácticas del cultivo se vean atrasadas, tal como es el caso de inicio de cosecha por la inestabilidad del suelo así como aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Época de siembra.
2. Drenajes.
3. Aplicación de madurantes.
4. Control biológico.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden generar el volcamiento del cultivo, además de daños físicos por el mismo rozamiento entre hojas y tallos de las plantas, incluso hasta tener pérdida de plantas. Estos aspectos influirán en la obtención de bajos rendimientos. Para el caso de algunas prácticas del cultivo se podrían estar atrasando. Al tener volcamiento del cultivo, las labores de cosecha se ven afectadas por la dificultad de recolección ya que se realice por métodos manuales o mecánicos.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.
3. Barreras rompevientos.
4. Aporque.
5. Siembra a doble surco.

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes y fuera de estación pueden generar algún tipo de estrés en la planta al desequilibrar las condiciones ambientales, que pueden generar una maduración temprana y por ende baja en los rendimientos. Es posible propiciar un ahijamiento en cepas por el desequilibrio que se forma a nivel de planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Época de siembra.
2. Drenajes.

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas ocasionan un exceso de humedad poco beneficioso ya que genera un atraso fisiológico en el desarrollo de la planta que induce a bajos rendimientos, hasta un ahijamiento en cepas que no es propio de esta etapa, por lo que la planta destina energía para otras funciones dejando de lado la producción de azúcares que sería el producto principal. Se pueden presentar atraso en prácticas del cultivo y un aumento de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Época de siembra.
2. Nivelación.
3. Drenajes
4. Control biológico.
5. Aplicación de madurantes.

6. Variedades mejoradas.

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas generan un faltante de recurso hídrico disponible para la absorción, traslado y transformación de nutrientes. Con el atraso fisiológico en el desarrollo de la planta se verán reflejados los resultados en una baja del rendimiento. Además de los efectos mencionados por estrés térmico y lumínico (golpes de sol). Evidenciando daños físicos a nivel de follaje, pero principalmente efectos negativos a lo interno de la planta donde se da una menor concentración de azúcares, por la transformación de sacarosa en glucosa y fructuosa o por el mismo aumento en la respiración para tratar de regular la temperatura de planta que se verá como un gasto de energía para la planta. Se pueden presentar aumentos de plagas.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Épocas de siembra.
2. Riego (recomendado únicamente en etapas iniciales de la fase, que luego puede inducir negativamente en los rendimientos por la calidad de los jugos de la caña).
3. Control biológico.

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad de la luz)**

La luminosidad (baja intensidad de la luz) reduce la tasa fotosintética al no contar con la cantidad suficiente de luz para para la absorción y fijación de CO₂, lo que propicia una baja en los rendimientos.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad de la luz):

1. Época de siembra.
2. Variedades mejoradas.

BARRERAS IDENTIFICADAS POR EXPERTOS DE LA REGIÓN CHOROTEGA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE PRÁCTICAS DE ADAPTACIÓN

A continuación, se presenta la información obtenida a través de las consultas realizadas a los expertos de la región Chorotega sobre barreras existentes para la implementación de buenas prácticas para reducir el impacto de eventos climáticos en los sistemas productivos de caña. En el cuadro 12 se resumen las barreras de tipo económica, institucional o sociocultural, identificadas para cada una de las prácticas.

Cuadro 12. Barreras identificadas por expertos de la región Chorotega para la implementación de prácticas de adaptación

Práctica	Barrera	Motivo
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos	Sociocultural	No se tiene como una práctica para el cultivo.
Aplicación de herbicidas	Sociocultural	No se acostumbra realizar la práctica, aunque es fundamental realizarla.
Aplicación de insecticidas	Económica	Alto costo.
	Sociocultural	No se tiene como práctica para el cultivo.
Aplicación de madurantes	Económica	Alto costo ya que actualmente solo es posible la aplicación aérea.
	Sociocultural	Los productores no creen en los beneficios de la práctica.
Aporque	Económica	Alto costo de la práctica.
	Sociocultural	Algunos productores indican que la práctica si se realiza. Y en caso de no hacerse es por falta de interés de los productores.
Barreras rompevientos Coberturas vegetales	Sociocultural	Es una práctica que los productores por costumbre no realizan.
	Institucional	No se llevan a cabo asesorías para uso de estas prácticas. Existe mucha asesoría pero para utilización que químicos.
Control biológico	Económica	Alto precio de las aplicaciones.
Coberturas vegetales	Institucional	No hay disponibilidad por parte de las instituciones.
Drenajes	Sociocultural	Los productores no ven necesario implementar esta práctica. Muestran desconocimiento sobre la misma.
	Económica	Alto costo de inversión y el tema de nivelación es un factor limitante.
	Sociocultural	Es una práctica que no se ha acogido con el suficiente interés, además algunos indican que no es necesario hacerlos.
Época de siembra Fertilización adecuada	Sociocultural	Falta planificación e interés de los productos. Por esta razón siempre se realiza la siembra en las mismas fechas.
	Sociocultural	No se realizan las aplicaciones en los momentos

		adecuados.
Monitoreo	Sociocultural	Faltante de disciplina por parte de los productores.
Nivelación	Sociocultural	Es una práctica que no se ha acogido con el suficiente interés además de no adquirirse la tecnología.
Riego	Sociocultural	Existe poco acceso y permisos de uso de fuentes de agua para riego.
Siembras a doble surco	Sociocultural	Desconocimiento de la práctica así como falta de interés del productor.
Subsolar el suelo	Sociocultural	Es una costumbre no realizar la práctica.
Tapar semilla con suelo	Sociocultural	Nunca se ha acostumbrado realizar la práctica.
Trampas	Sociocultural	Se tiene desconocimiento por la práctica y nunca se ha realizado.
Utilizar bajas densidades de siembra	Sociocultural	Siempre se utiliza la misma o se hace igual.
Variedades mejoradas	Sociocultural	Desconocimiento por parte de los productores, pero por lo general se trata de usar las variedades que presentan mayores rendimientos aduciendo que no les gusta estar cambiando las variedades.

2.4 REGIÓN PRODUCTIVA DE VALLE CENTRAL ORIENTAL

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes aumentan el exceso del recurso hídrico del suelo; el cual disminuye el porcentaje de oxígeno en el suelo, afectando la germinación por pérdidas de tallos o esquejes que constituyen la semilla vegetativa, arrastre de sedimentos con semilla y pudrición de la misma.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras en lomillo
2. Drenaje

- Impacto por erosión y deslizamientos de tierra

La pérdida de suelo y áreas efectivas de cultivo generan pérdida de fertilidad, afecta las propiedades físicas o químicas del suelo e incluso pérdidas de áreas de cultivo por arrastre de materiales causados por lluvias fuertes y favorecidas por condiciones de alta pendiente, así como sitios con alto de riesgo climático.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Siembras a contorno
2. Uso de gavetas
3. Barreras rompevientos

- **Impacto por lluvias prolongadas**

El exceso de agua en el suelo por lluvias prolongadas afecta la germinación por anoxia; ya que disminuye el porcentaje de oxígeno en el suelo, baja el porcentaje de germinación y puede llegar a pudrir la semilla.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras en lomillo
2. Subsolar el suelo

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las pérdidas de humedad en el suelo por sequías prolongadas, provocan un desequilibrio en la cantidad de agua en el suelo disponible para las plantas, es decir el sistema pasa de estar en capacidad de campo al punto de marchitez permanente. Esto provoca que se presente bajos porcentaje de germinación y que se realicen las funciones metabólicas para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra (iniciar siembras a finales de abril o principios de mayo).

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales afectan la germinación, provocan pérdidas de semillas por lavado o pérdida de áreas efectivas, que por el arrastre de suelo o sedimento tapan totalmente la semilla de los surcos, imposibilitando la germinación de la misma.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados:

1. Drenajes
2. Subsolar el suelo
3. Barreras vivas (vetiver)

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- **Impacto por lluvias fuertes**

La erosión causada por lluvias fuertes provocan pérdidas en la capa fértil del suelo, ya que genera arrastre de sedimentos de la parte más alta del terreno hacia la parte baja; el volumen de sedimentación va depender de la topografía y preparación previa del terreno. Además afecta el crecimiento y desarrollo fisiológico de la planta, ya que no realiza los procesos metabólicos adecuadamente.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Drenajes
3. Siembras en lomillo

4. Uso de gavetas

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden provocar daños físicos en planta mediante lesiones en las hojas y tallos; dependiendo de la intensidad del viento se puede quebrar los tallos. Al perder agua por desecación en las hojas, la planta emite el cierre de estomas y detiene el proceso fotosintético que a su vez generan atrasos fisiológicos en el desarrollo del cultivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Barreras rompevientos.

- **Impacto por erosión y deslizamientos de tierra**

La pérdida de suelo y áreas efectivas generan pérdida de fertilidad, afecta las propiedades físicas o químicas del suelo e incluso pérdidas de áreas de cultivo por arrastre de materiales causados por lluvias fuertes, alta pendiente o donde hay porcentajes altos de riesgo climático.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Siembras a contorno
2. Uso de gavetas
3. Barreras vivas (vetiver)

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas aumentan el porcentaje de humedad del suelo y causan anoxia en el sistema radical disminuyendo el porcentaje de oxígeno en el suelo y baja germinación. La baja cantidad de oxígeno en el suelo dificulta el crecimiento radical y la absorción de nutrientes necesarios para los procesos fisiológicos de la planta.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras en lomillo
2. Subsolar el suelo
3. Mantenimiento de drenajes

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas provocan baja disponibilidad de agua para la planta y afecta directamente el crecimiento de la planta, ocasionando un atraso fisiológico. La planta al tener déficit hídrico baja su rendimiento en tonelaje de azúcar, ya que deja de realizar sus funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La baja intensidad de luz en el cultivo por alta nubosidad o por competencia de luz con malezas puede provocar atrasos fisiológicos en el desarrollo de las plantas; ya que la planta de caña de azúcar necesita alta intensidad lumínica para realizar la fotosíntesis y realizar correctamente las funciones metabólicas para la formación de sacarosa, azúcares, almidones, entre otros.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Control de malezas

- **Impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados**

Las tormentas tropicales afectan el crecimiento y desarrollo del cultivo por la baja disponibilidad de luz para realizar la fotosíntesis y el exceso de humedad que no permite la absorción de nutrientes; además provoca pérdida de áreas efectivas por el arrastre de suelo o sedimento en zonas vulnerables a erosión.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto por tormentas tropicales, huracanes y tornados:

1. Drenajes
2. Subsolar el suelo
3. Barreras vivas (vetiver)

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden afectar el crecimiento y desarrollo fisiológico de la planta, ya que no realiza los procesos metabólicos adecuadamente por excesos de agua en el suelo; como también provocan pérdidas en la capa fértil del suelo por erosión, ya que genera arrastre de sedimentos de la parte más alta del terreno hacia la parte baja; el volumen de sedimentación va depender de la topografía y preparación previa del terreno.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Drenajes
3. Siembras en lomillo
4. Uso de gavetas
5. Barreras vivas (vetiver)

- **Impacto por Fuertes vientos**

Los fuertes vientos pueden provocar daños físicos en planta mediante lesiones en las hojas y tallos; dependiendo de la intensidad del viento se puede quebrar los tallos. Al perder agua por desecación en las hojas, la planta emite el cierre de estomas y detiene el proceso fotosintético que a su vez generan atrasos fisiológicos en el desarrollo del cultivo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de los fuertes vientos:

1. Barreras rompevientos.

- Impacto por erosión y deslizamientos de tierra

La pérdida de suelo y áreas efectivas generan pérdida de fertilidad, afecta las propiedades físicas o químicas del suelo, provocan pérdidas de fertilizantes por lixiviación y arrastre de materiales causados por lluvias fuertes, alta pendiente o donde hay porcentajes altos de riesgo climático.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de la erosión y deslizamientos de tierra:

1. Siembras a contorno
2. Uso de gavetas
3. Barreras vivas (vetiver)

- Impacto por lluvias prolongadas

Las lluvias prolongadas aumentan el porcentaje de humedad del suelo y causan anoxia en el sistema radical disminuyendo el porcentaje de oxígeno en el suelo y baja germinación. La baja cantidad de oxígeno en el suelo dificulta el crecimiento radical y la absorción de nutrientes necesarios para los procesos fisiológicos de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Siembras en lomillo
2. Subsolar el suelo
3. Barreras vivas (vetiver)

- Impacto por sequías prolongadas

Las sequías prolongadas pueden ocasionar atrasos fisiológicos en la planta, provocados por la baja disponibilidad de agua. La planta al tener déficit hídrico baja su rendimiento en tonelaje de azúcar, ya que deja de realizar sus funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego

- Impacto por luminosidad (baja intensidad)

La baja intensidad de luz en el cultivo por alta nubosidad o por competencia de luz con malezas pueden provocar atrasos fisiológicos en el desarrollo de las plantas; ya que la planta de caña de azúcar necesita alta intensidad lumínica para realizar la fotosíntesis y realizar correctamente las funciones metabólicas para la formación de sacarosa, azúcares, almidones, entre otros.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Control de malezas

4) FASE DE MADURACIÓN

- Impacto por altas temperaturas

En esta fase las altas temperaturas pueden provocar bajos rendimientos en tonelaje de azúcar, ya que genera el proceso de degradación de la sacarosa en monosacáridos como fructuosa y glucosa. Además de que atrasa el desarrollo fisiológico, ya que la planta detiene la fabricación de azúcares para realizar la foto respiración.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Muestreo de maduración

- Impacto por fuertes vientos

Los fuertes vientos en esta fase pueden provocar el volcamiento de las plantas de caña; al caer al suelo la planta deja de producir azúcares y comienza a brotar raíces en cada nudo, como si se estuviera sembrando; provocando disminución en el rendimiento productivo (toneladas de caña y azúcar).

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de fuertes vientos:

1. Barreras rompevientos

- Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación

Las lluvias intermitentes provocan cambios bruscos de temperatura y humedad que afectan el desarrollo de la planta y el rendimiento en la producción de azúcares. En esta fase la planta ocupa un periodo seco para la formación de azúcar y la caída de agua detiene o altera el proceso.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Cosecha temprana
2. Drenajes
3. Muestreos de madurez

- Impacto por luminosidad (baja intensidad)

La baja intensidad de luz en el cultivo por alta nubosidad, por competencia de luz con malezas o árboles en linderos de finca pueden provocar atrasos fisiológicos en el desarrollo de las plantas; ya que la planta de caña de azúcar necesita alta intensidad lumínica para realizar la fotosíntesis; así como las funciones metabólicas para la formación de sacarosa, azúcares, almidones, entre otros.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

1. Control de malezas
2. Poda de árboles

2.5 REGIÓN PRODUCTIVA DE VALLE CENTRAL OCCIDENTAL

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes pueden provocar baja germinación por pérdida de semillas que son lavadas y arrastradas fuera del punto de siembra; así como aumentar el porcentaje de semillas perdidas por pudrición.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Curvas a nivel

- Impacto por sequías prolongadas

Las pérdidas de humedad del suelo provocado por sequías prolongadas afectan la germinación de las semillas; ya que la planta no puede realizar sus funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Siembras a contorno
2. Época de siembra

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- Impacto por altas temperaturas

Las altas temperaturas pueden provocar estrés hídrico en las plantas por la desecación del suelo y el déficit de agua. La baja disponibilidad de agua provoca que la planta cierre sus estomas para evitar la salida de agua, lo que disminuye la absorción de nutrientes del suelo y se paraliza la mayoría de actividades fisiológicas de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Riego

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes provocan pérdidas en el momento de aplicación de fertilizantes por lixiviación; así como influye en el aumento de malezas que compiten con el cultivo por agua, luz y nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Curvas a nivel

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- Impacto por altas temperaturas

Las altas temperaturas pueden provocar un aumento de plagas que atacan el tallo de la planta, impidiendo el paso de nutrientes de las células fuente a los sumideros; además aumenta el estrés hídrico en las plantas por la desecación del suelo y el déficit de agua.

La baja disponibilidad de agua provoca que la planta cierre sus estomas para evitar la salida de agua, lo que disminuye la absorción de nutrientes del suelo y se paraliza la mayoría de actividades fisiológicas de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Riego
2. Control biológico

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden causar retrasos en las prácticas del cultivo; evitan el paso de la maquinaria para fertilizar, aplicar foliares o productos orgánicos por lavado de productos y la destrucción de las cepas por el hundimiento de la maquinaria.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Drenajes

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar erosión del suelo y pérdida de plantas por el arrastre de sedimentos. El impacto de lluvias en conjunto con ligeros vientos provoca volcamientos y pérdidas de rendimiento de azúcar.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Aporque
2. Siembras a contorno
3. Curvas a nivel

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas pueden provocar atrasos fisiológicos por la baja disponibilidad de agua que tienen las plantas y afectan la realización de funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego

- **Impacto por luminosidad (baja intensidad)**

La baja intensidad de luz en el cultivo puede provocar atrasos fisiológicos en el desarrollo de las plantas; ya que la planta de caña de azúcar necesita alta intensidad lumínica para realizar la fotosíntesis y efectúe correctamente las funciones metabólicas para la formación de sacarosa, azúcares, almidones, entre otros.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de luminosidad (baja intensidad):

Para este caso los expertos consultados para la región, no indicaron prácticas que se podrían estar implementando para reducir o prevenir estos impactos.

4) FASE DE MADURACIÓN

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes en la fase de maduración causan retrasos en las prácticas del cultivo principalmente con el paso de la maquinaria para cosechar; ya que puede dañar las cepas y el rebrote para la siguiente cosecha. Además pueden provocar bajas en rendimiento de tonelaje de azúcar por hectárea, ya que en esta fase el cultivo necesita sequía para madurar y aumentar rendimiento industrial.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Subsolar el suelo

- Impacto por fuertes vientos

Los fuertes vientos en esta fase pueden provocar el volcamiento de las plantas de caña; ocasionando que las raíces adventicias broten al exponerse el tallo al contacto con el suelo; la planta inmediatamente cambia a estado vegetativo (como si la estuviera sembrando) provocando disminución en el rendimiento y producción de azúcar.

- Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las fuertes vientos:

Para este caso los expertos consultados para la región, no indicaron prácticas que se podrían estar implementando para reducir o prevenir estos impactos.

- Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación

Las lluvias intermitentes provocan cambios bruscos de temperatura y humedad que afectan el desarrollo de la planta y el rendimiento en la producción de azúcares. En esta fase la planta ocupa un periodo seco para la formación de azúcar y la caída de agua detiene o altera el proceso.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

Para este caso los expertos consultados para la región, no indicaron prácticas que se podrían estar implementando para reducir o prevenir estos impactos.

2.6 REGIÓN PRODUCTIVA DE PACÍFICO CENTRAL

1) FASE DE GERMINACIÓN:

- Impacto por lluvias fuertes

Las lluvias fuertes pueden provocar baja germinación por pérdida de semillas que son lavadas y arrastradas fuera del punto de siembra; así como aumentar el porcentaje de semillas perdidas por pudrición.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Curvas a nivel

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las pérdidas de humedad del suelo provocado por sequías prolongadas afectan la germinación de las semillas; ya que la planta no puede realizar sus funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Época de siembra

2) FASE DE CRECIMIENTO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

Las altas temperaturas pueden provocar estrés hídrico en las plantas por la desecación del suelo y el déficit de agua. La baja disponibilidad de agua provoca que la planta cierre sus estomas para evitar la salida de agua, lo que disminuye la absorción de nutrientes del suelo y se paraliza la mayoría de actividades fisiológicas de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Preparación de suelo

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes provocan pérdidas en el momento de aplicación de fertilizantes por lixiviación; así como influye en el aumento de malezas que compiten con el cultivo por agua, luz y nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Siembras a contorno
2. Curvas a nivel

3) FASE DE DESARROLLO VEGETATIVO:

- **Impacto por altas temperaturas**

Las altas temperaturas pueden provocar un aumento de plagas que atacan el tallo de la planta, impidiendo el paso de nutrientes de las células fuente a los sumideros; además aumenta el estrés hídrico en las plantas por la desecación del suelo y el déficit de agua. La baja disponibilidad de agua provoca que la planta cierre sus estomas para evitar la salida de agua, lo que disminuye la absorción de nutrientes del suelo y se paraliza la mayoría de actividades fisiológicas de la planta.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de altas temperaturas:

1. Riego
2. Control biológico

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden causar retrasos en las prácticas del cultivo; evitan el paso de la maquinaria para la aplicación de herbicidas y la destrucción de las cepas por el hundimiento de la maquinaria.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

1. Preparación de suelos

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas pueden provocar erosión del suelo y pérdida de plantas por el arrastre de sedimentos. El impacto de lluvias en conjunto con ligeros vientos provoca volcamientos y pérdidas de rendimiento de azúcar.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias prolongadas:

1. Aporque
2. Nivelación

- **Impacto por sequías prolongadas**

Las sequías prolongadas pueden provocar atrasos fisiológicos por la baja disponibilidad de agua que tienen las plantas y afectan la realización de funciones metabólicas de absorción y síntesis de nutrientes necesarios para su desarrollo.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de sequías prolongadas:

1. Riego

- 4) FASE DE MADURACIÓN
- 5)

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes en la fase de maduración causan retrasos en las prácticas del cultivo principalmente con el paso de la maquinaria para cosechar; ya que puede dañar las cepas y el rebrote para la siguiente cosecha. Además pueden provocar bajas en rendimiento de tonelaje de azúcar por hectárea, ya que en esta fase el cultivo necesita sequía para madurar y aumentar el tonelaje.

Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las lluvias fuertes:

Para este caso los expertos consultados para la región, no indicaron prácticas que se podrían estar implementando para reducir o prevenir estos impactos.

- **Impacto por fuertes vientos**

Los fuertes vientos en esta fase pueden provocar el volcamiento de las plantas de caña; al caer al suelo la planta deja de producir azúcares y comienza a brotar raíces en cada nudo, como si se estuviera sembrando; provocando disminución en el rendimiento y producción de azúcar.

- Prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de las fuertes vientos:

1. Variedades mejoradas

- **Impacto por lluvias intermitentes y fuera de estación**

Las lluvias intermitentes provocan cambios bruscos de temperatura y humedad que afectan el desarrollo de la planta y el rendimiento en la producción de azúcares. En esta fase la planta ocupa un periodo seco para la formación de azúcar y la caída de agua detiene o altera el proceso.

Práctica recomendada para reducir/prevenir el impacto de lluvias intermitentes y fuera de estación:

1. Variedades mejoradas

3. Evaluación de las prácticas identificadas y su impacto sobre el agroecosistema

En esta sección se realizó una valoración de las prácticas identificadas en el estudio bajo los criterios del programa de Bandera Azul Ecológica categoría Agropecuaria y el Programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería. Para cada uno de los programas se realizó una revisión de los parámetros y criterios de análisis utilizados y se ajustaron de acuerdo con la información y el alcance del estudio. A continuación, se resume el procedimiento y los resultados obtenidos de la valoración de las prácticas con base en cada uno de los programas:

3.1 Valoración de las prácticas agrícolas identificadas en el estudio bajo los criterios del programa de bandera azul ecológica categoría agropecuaria

Para la valoración de las prácticas agrícolas identificadas en el estudio bajo los criterios del programa de Bandera Azul Ecológica categoría Agropecuaria, se realizó una revisión de los parámetros y basado en el criterio de experto, se seleccionaron aquellos parámetros que se encuentran alineados a los intereses y objetivos del estudio, haciendo especial énfasis en aquellos criterios que evalúan la práctica/intervención como tal. Se excluyeron los parámetros que consideran o evalúan un proceso, ya que el estudio no profundiza en cómo se realizan las prácticas. Una vez seleccionados los indicadores, se utilizó una escala de ponderación para definir el aporte de cada una de las prácticas a las categorías seleccionadas del Programa de Bandera Azul Ecológica. También se hizo una revisión de literatura para respaldar la valoración realizada.

Los indicadores del Programa Bandera Azul ecológica considerados para la valoración de las prácticas en este estudio, son los siguientes:

1. **Recurso hídrico:** se evalúa el impacto directo de la práctica sobre la protección, mejoramiento y uso eficiente del recurso hídrico en los procesos de producción agropecuaria y forestal.
2. **Manejo y conservación de suelos:** se evalúa el impacto directo de la práctica sobre el uso, manejo y conservación de suelos en los procesos de producción agropecuaria y forestal.

La evaluación de cada una de las prácticas identificadas en el cultivo de caña se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 13. Valoración de las prácticas agrícolas identificadas basada en criterio experto, considerando los indicadores seleccionados

PRÁCTICAS	Recurso hídrico	Manejo y conservación de suelos
Aplicación de madurantes	*	*
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos	*	*
Aplicación de herbicidas ¹⁰	*	*
Aplicación de insecticidas	*	*
Barreras muertas	***	***
Barreras rompevientos ¹¹	***	***
Cobertura vegetal ^{7,12}	*	***
Control biológico ⁹	***	***
Cosecha oportuna	NA	NA
Drenajes	**	***
Época de siembra	NA	NA
Fertilización adecuada	**	**
Incorporación de fertilizante	**	**
Monitoreo para control de plagas	***	***
No sembrar en áreas sombreadas	NA	NA
Labranza mínima ¹³	***	***
Nivelación	*	**
Resiembra	NA	NA
Riego	***	***
Selección de áreas sin riesgo para el cultivo	*	***
Siembras a contorno	*	***
Siembra a doble surco	**	***
Subsolar suelo	**	***
Tapar semilla con suelo	NA	*
Trampas	***	***
Uso de datos climáticos	***	***
Uso de fertilizantes de lenta liberación	*	*
Utilizar bajas densidades de siembra	*	*
Variedades mejoradas	**	**
Escala utilizada: * la práctica implica poco impacto/aporte positivo sobre el indicador ** la práctica implica moderado impacto/aporte positivo sobre el indicador *** la práctica implica mucho impacto/aporte positivo sobre el indicador NA no aplica/no se tiene información suficiente		

Fuente: elaboración a partir de revisión de literatura y la normativa para programa Bandera Azul Ecológica Categoría agropecuaria (PBAE,2016).

¹⁰ (Salazar L. & Hincapié, 2007).

¹¹ (Zaccagnini et al., 2014).

¹² (Gliessman, 2002)

¹³(Rojas, 2001)

3.2 Clasificación de las prácticas agrícolas identificadas en el estudio de acuerdo con los criterios de inversiones establecidos por el programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible

El Programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible, desarrollado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, lista una serie de prácticas consideradas como “inversiones” que el productor puede realizar para promover la producción agropecuaria sostenible y para las cuales el programa hace un reconocimiento económico al productor.

En esta sección se realizó el análisis para indicar en qué categoría de inversión, de acuerdo con los criterios establecido por el programa de reconocimiento de beneficios ambientales, se encuentran las prácticas identificadas en el estudio. Las categorías de inversión mencionadas son las que se encuentran en el documento: “Normativa para la aplicación y asignación de reconocimiento de los beneficios ambientales, Programa de Reconocimiento de Beneficios Ambientales para la Producción Agropecuaria Sostenible”¹⁴.

Las categorías de inversión se definen a continuación:

- Inversiones tipo 1.

Son de interés del agricultor individualmente; benefician directa y claramente la productividad de las actividades productivas de la finca; y su retorno económico es de corto plazo.

- Inversiones tipo 2.

Son de interés del agricultor individualmente; no benefician directa o claramente la productividad de las actividades productivas; y su retorno económico es de mediano o largo plazo.

- Inversiones tipo 3.

Son de interés de un grupo de agricultores; benefician directa y claramente la productividad de las actividades o los ingresos de las fincas; y el retorno económico es de corto o mediano plazo.

- Inversiones tipo 4.

Son de interés colectivo. Su ejecución beneficia a un grupo de productores, la comunidad, o la sociedad y son opciones importantes cuando se tiene un problema que sobrepasa los límites de la finca y su solución requiere compartir acciones con los vecinos o con la comunidad. Su retorno es en largo plazo y muchas veces no es claramente visible o fácilmente cuantificable.

Este tipo de inversiones generan beneficios ambientales como: reducción de la contaminación; aumento de la infiltración del agua en el perfil del suelo; reducción de la erosión; conservación de la biodiversidad; y fijación de carbono.

En el siguiente cuadro se resume la evaluación de las prácticas identificadas en el estudio utilizando los criterios de “tipo de inversión” definidos por el programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible.

¹⁴ Consultado en: http://www.mag.go.cr/acerca_del_mag/programas/dsorea-incentivos-ambientales.html

Cabe destacar que las prácticas de: *cosecha oportuna, época de siembra, tapar semilla con suelo, uso de datos climáticos, uso de fertilizantes de lenta liberación, utilizar bajas densidades de siembra, selección de áreas sin sombra, aplicación de madurantes, aporque, incorporación de fertilizante, monitoreo para control de plagas, resiembra, subsolado* no se incluyen en la evaluación ya que estas son prácticas requeridas para el desarrollo adecuado de la plantación y por su naturaleza no clasifican como inversión.

Cuadro 14. Clasificación de prácticas por el tipo de inversión de acuerdo con los parámetros establecidos por el programa de reconocimiento de beneficios ambientales para la producción agropecuaria sostenible del Ministerio de Agricultura y Ganadería

PRÁCTICAS	Inversiones tipo 1	Inversiones tipo 2	Inversiones tipo 3	Inversiones tipo 4
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos ^a		X		
Aplicación de herbicidas ^a		X		
Aplicación de insecticidas ^a		X		
Aplicación de madurantes				
Barreras muertas		X		
Barreras rompevientos			X	
Cobertura vegetal		X		
Control biológico ^c				X
Drenajes				X
Fertilización adecuada ^b				
Labranza mínima ^e				X
Nivelación				X
Riego	X			
Siembras a contorno	X			
Siembras a doble surco		X		
Trampas ^f		X		
Variedades mejoradas	X			

a. la aplicación de bactericidas, insecticidas, herbicidas, fungicidas y protectantes se considera como una inversión tipo 2 si el productor para realizar la aplicación, invierte en equipo para la aplicación uniforme y calibrada de agroquímicos.
b. Se considera una inversión si la aplicación de realiza como una “enmienda” (orgánica o química) para corregir problemas de productividad o contaminación de las fincas.
c. los costos de los fertilizantes, biofertilizantes y biocontroladores que se utilicen en la producción bajo un modelo de producción más sostenible, no son inversiones y por lo tanto no son sujeto de reconocimiento ambiental. Para el caso de uso de controladores y microorganismos, se consideraría una inversión si el productor o productora desarrolla infraestructura y adquiere equipo de uso individual para la fabricación de bio-controladores y bioabonos (inversión tipo 2). Si esto ocurre de forma colectiva, es decir la infraestructura y equipo es de uso grupal se convierte en inversión tipo 4.
d. Se considera como inversión si el productor instala una abonera orgánica para producir el abono que aplica en su finca.
e. Se considera una inversión si se adquieren equipos e implementos para uso grupal en labranza conservacionista.
f. Se considera inversión si el productor accede a infraestructura o equipo para la fabricación de biocontroladores.

4. Cuantificación de costos de las prácticas identificadas

Se realizó la cuantificación de los costos de implementación de las prácticas identificadas a través de las consultas con expertos, con el fin de tener el monto aproximado que se requeriría invertir para llevar a cabo las prácticas mencionadas. La tabla de costos de prácticas basada en fuentes primarias (productores, almacenes), y en fuentes secundarias (información facilitada por LAICA-DIECA).

Cuadro 15. Costo colones/ hectárea de la implementación de las prácticas normales dentro del cultivo que se identificaron para la reducción de impacto de eventos climáticos en caña.

Práctica	Costo/ha	Unidad	Descripción	Documentabilidad
Aplicación de herbicidas	42650	Colones/ aplicación	Costo por hectárea del producto herbicida i.a Pendimetalina, agregando el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registro
Aplicación de madurantes	51455	Colones/ aplicación	Costo por hectárea de la aplicación de madurante 1,5 L/Ha y el costo de aplicación por avioneta (47000/Ha)	Registro
Drenajes	49110	Colones/ labor	Costo de mano de obra para realizar drenajes en aproximadamente 400 metros lineales para eliminar pozos o saturación de agua. Se estima aproximadamente 30 horas/ha	Registro
Época de siembra	ND	ND	ND	Registro
Fertilización adecuada (opción 1)	38870	Colones/ aplicación	Costo de aplicación de 3 fertilizaciones en el cultivo de caña; la primera fertilización se realiza en la siembra con 10-30-10 (alta en fósforo), la segunda con fórmula completa (17-5-23,5-4,5-5,5) y la última con formula completa (17-5-23,5-4,5-5,5)	Registro
Fertilización adecuada (opción 2)	50562	Colones/ aplicación	Costo de aplicación de 4 fertilizaciones en el cultivo de caña; la primera fertilización se realiza en la siembra con 12-24-12 (alta en fósforo), la segunda con fórmula completa (17-5-23,5-4,5-5,5), la tercera con formula completa (17-5-23,5-4,5-5,5) y la última con fórmula completa (17-5-23,5-4,5-5,5)	Registro
Nivelación	126000	Colones/ labor	Costo de la nivelación del terreno utilizando el alquiler de una rastra y una niveladora.	Registro

Selección de áreas sin riesgo para el cultivo	ND	ND	ND	ND
Tapar semilla con suelo	66.000,00	Colones/ labor	Costo por hectárea del alquiler de una rastra afinadora que cubra la semilla con suelo.	Registro
Variedades mejoradas	25000	Colones/ labor	Costo de la semilla/tonelada, incluyendo la corta y el acarreo hasta la finca.	Registro
Siembras a doble surco	ND	ND	ND	ND
Resiembra	108045	Colones/ labor	Costo de resiembra en un 50% de pérdida y media tonelada de semilla; se considera aproximadamente 60 horas/ha de mano de obra (regar, picar y tapar la semilla)	Registro
Aporque	46364	Colones/ labor	Costo por hectárea del alquiler de un surqueadora que se utiliza para aporcar las hileras de caña de azúcar. La duración aproximada es de 3 horas/Ha.	Registro
Cosecha oportuna	ND	ND	ND	ND
Monitoreo de plagas	6135	Colones/ labor	Costo de 5 horas de mano de obra liviana para monitorear una hectárea de caña	
hacer presas con caña	60000	Colones/ labor	Costo de mano de obra para colocar las presas con caña para evitar la escorrentía. Aproximadamente 6 jornales/ha.	Registro
Subsolar el suelo	55152	Colones/ labor	Costo por hectárea del alquiler de un subsolador para descompactar el suelo. La duración aproximada es de 4 horas/ha.	Registro
muestreo de maduración	2454	Colones/ labor	Costo de 2 horas de mano de obra liviana para muestrear el grado de madurez para una hectárea de caña.	

Cuadro 16. Costo colones/ hectárea de la implementación de las prácticas adicionales que se identificaron para la reducción de impacto de eventos climáticos en caña.

Práctica	Costo/ha	Unidad	Descripción	Documentabilidad
Barreras rompevientos	50000	Colones/ labor	Costo de la implementación de una barrera con árboles de poró o madero negro en 100 metros lineales.	Registro
Cobertura vegetal (opción 1)	62200	Colones/ labor	Costo de la implementación de una cobertura viva (frijol) antes de la siembra y el costo de la semilla de frijol a razón de 40 kilos por hectárea. Sin el costo de mano de obra.	Registro
Control biológico (Opción 1)	Gratis	ND	DIECA regala avispas parasitadoras para el control de plagas	Registro
Control biológico (Opción 2)	13000	Colones/ aplicación	Costo de un jornal para la aplicación de metarhizium, el producto es donado por DIECA a los productores.	Registro
Incorporación de fertilizante	148.965,0 0	Colones/ aplicación	Costo por hectárea del alquiler de la sembradora de labranza mínima con el implemento para incorporar el fertilizante; así como el costo del fertilizante granulado 10-30-10. El costo de la semilla no está agregado y se pueden utilizar otros tipos de fertilizantes como 18-46-0 o 12-24-12.	Registro
Labranza mínima (Opción 1)	130000	Colones/ labor	Costo del alquiler de 10 horas de bueyes para la siembra como labranza mínima. Incluyendo la mano de obra.	Registro
Riego	871.000,0 0	Colones/ labor	Costo de la preparación de terreno por hectárea para utilizar riego por gravedad; realizando nivelación de suelos, rastreada y drenajes	Registros
Siembras a contorno	72000	Colones/ labor	El costo del alquiler de la maquinaria para la siembra a contorno y el costo de 12 horas/ha de mano de obra para limpiar los surcos.	Registro
uso de datos climáticos	1.387.500	Colones/ labor	Costo de la compra de una estación meteorológica para utilizar datos del clima.	Registros
Trampas	18000	Colones/ labor	El costo de 5 trampas/ha, sin agregar el costo de mano de obra para la colocación de las mismas.	Registro
uso de gavetas	52500	Colones/ labor	Costo de mano de obra para realizar gavetas por hectárea. Aproximadamente se puede durar 5 jornales /ha.	Registro

ANÁLISIS DE APTITUD AGRÍCOLA ACTUAL DEL CULTIVO DE CAÑA BASADO EN UN MODELO EXPERTO

1. Sistematización de las condiciones agroclimáticas óptimas para el desarrollo productivo de caña

El cultivo de la caña de azúcar requiere de una serie de condiciones edafo-climáticas para su debido desarrollo. Entre estas condiciones se resaltan: tipos de suelos, pH, pendiente, altitud (msnm), precipitación (mm), sequía (meses), y temperatura. Factores que son descritos a continuación, en condiciones de aptitud óptima, media y deficitaria. Esta descripción obedece a una revisión exhaustiva de la información existente y a las consultas realizadas a los expertos nacionales e internaciones del cultivo de la caña.

Caña de azúcar:

- *Tipos de suelos*: óptima de tipo mollisol, mollisol/alfisol y los mollisol/inceptisol; media de tipo inceptisol, inceptisol/andisol y los andisol; y deficitaria de tipo alfisol, alfisol/entisol, alfisol/inceptisol, andisol/ultisol, entisol, entisol/andisol, entisol/histosol, entisol/inceptisol, espodosol, histosol, ultisol, ultisol/inceptisol, vertisol.
- *pH*: óptima entre los rangos de 6,5-7; media >4,5-<6,5 y >7-7,5; y deficitaria entre los rangos de <4,5->7,5.
- *Pendiente*: óptima entre 0-5%; media >5-15%; y deficitaria >15%.
- *Altitud*: óptima 0-400 msnm; media >400-1000; y deficitaria >1000.
- *Precipitación*: óptima 1500-2000; media con rango >1000-<1500 y >2000-<2500; y deficitaria con rango <1000->2500.
- *Sequía*: óptima 4; media 3; y deficitaria 2 o mayor de 5 meses.
- *Temperatura*: óptima con rango 26-33 °C; media entre los rangos 20-<26 y >33-35; y deficitaria <20->35.

2. Análisis de aptitud para el cultivo de la caña de azúcar basado en metodología multicriterio

Para el análisis de aptitud se validaron, a través de consulta con expertos, las variables edafo-climáticas que son determinantes para el desarrollo del cultivo de la caña de azúcar. Estas variables son: tipo de suelos (orden), pH, pendiente en %, altitud (msnm), precipitación media anual, meses secos y temperatura media anual. Se asignó a cada variable utilizada para determinar la aptitud, diferentes pesos de acuerdo con su importancia relativa en la producción usando una escala común. Para mejorar la distribución de la condición bajo la cual se establece el sistema productivo de la caña en el país, se determinaron tres escenarios, los cuales se desarrollarían el cultivo de la caña de azúcar (óptimo, medio y deficitario) (cuadro 16).

Cuadro 17. Variables de aptitud agrícola actual del cultivo de la caña de azúcar de secano, Costa Rica

Condición	Óptimo							Medio							Deficitario						
	Tipo suelos, orden	pH	Pend. (%)	Altitud (msnm)	Precip. (mm)	Sequía (mes)	Temp. °C	Tipo suelos, orden	pH	Pend. %	Altitud (msnm)	Precip. (mm)	Sequía (mes)	Temp. °C	Tipo suelos, orden	pH	Pend. %	Altitud (msnm)	Precip. (mm)	Sequía (mes)	Temp. °C
VALOR NACIONAL DE LA CAÑA DE AZÚCAR	Mollisol, Mollisol/Alfisol, Mollisol/Inceptisol,	6,5-7	0-5%	0-400	1500-2000	4	26-33	Inceptisol, Inceptisol/Andisol, Andisol,	>4,5- <6,5 y >7-7,5	>5-15%	>400-1000	>1000 - <1500 y >2000 - <2500	3	20-<26 y >33-35	Alfisol, Alfisol/Entisol, Alfisol/Inceptisol, Andisol/Ultisol, Entisol, Entisol/Andisol, Entisol/Histosol, Entisol/Inceptisol, Espodosol, Histosol, Ultisol ¹ , Ultisol/Inceptisol, Vertisol,	<4,5 - >7,5	>15%	>1000	<1000 - >2500	2	<20- >35
Peso ponderado	15	10	15	10	25	10	15	*las variables son las más relevantes para el desarrollo de la caña de azúcar de acuerdo a expertos nacionales, no obstante, es posible incluir / excluir variables de acuerdo a su criterio de experto y según escala de trabajo													

Se elaboró un mapa de aptitud actual de la caña de azúcar bajo un análisis multicriterio con siete variables ponderadas. Todas las variables corresponden a capas de mapas en raster, manteniendo un marco de trabajo similar en todas las capas. La resolución espacial de trabajo es de 30 metros. Posterior a la rasterización espacial y a la aplicación del modelo multicriterio, se obtuvo el mapa de aptitud del cultivo de la caña de azúcar, con una clasificación por aptitud, en muy baja / deficitaria, baja, media, muy buena y óptima, ver figuras a continuación.

Es importante considerar que la información utilizada se encuentra en una escala de resolución de 1:200 000, esta puede generar incertidumbre al momento de su análisis e interpretación. Se recomienda tener presente que, al usar esta información de aptitud con escalas muy pequeñas, se pueden producir ciertos errores de definición.

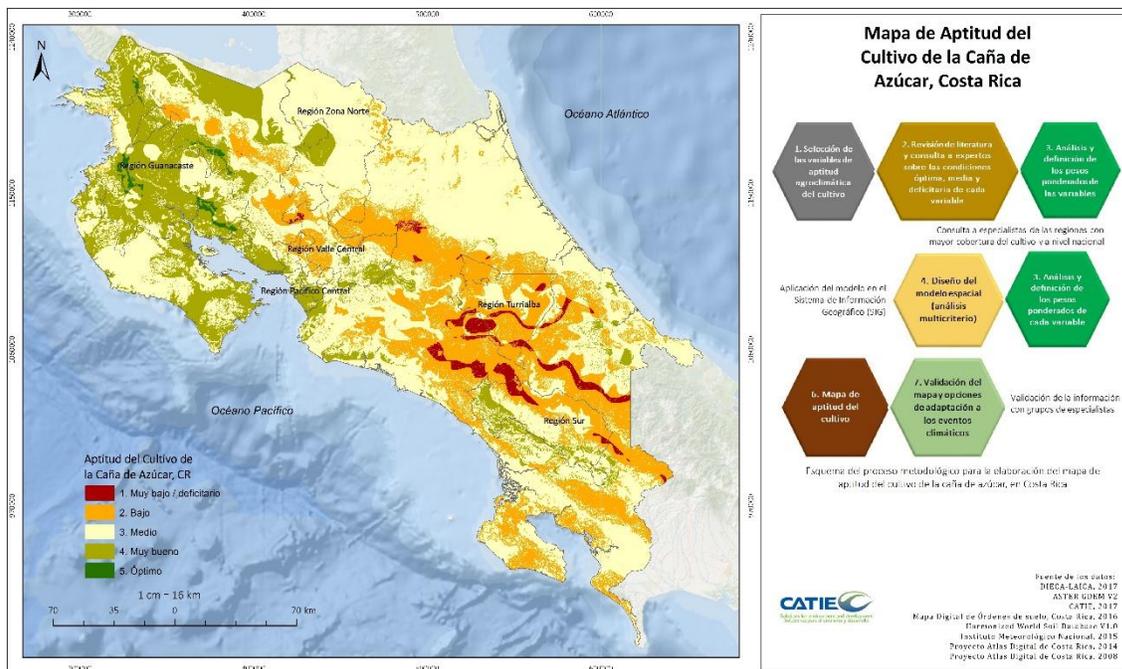


Figura 11. Mapa de aptitud del cultivo de la caña de azúcar, Costa Rica

BIBLIOGRAFÍA

- Angulo, A. (2017). *Características principales de las variedades comerciales de caña de azúcar cultivadas en la región de Guanacaste y Puntarenas*.
- Angulo A. (2015) *Impacto de la sequía y su efecto sobre los rendimientos agrícola e industrial de caña de azúcar, en la zona este de Guanacaste durante la zafra 2014/2015*. DIECA. Alajuela, Costa Rica. 12p.
- Angulo A., Salazar J. (2012) Manejo integrado de plagas. LAICA-DIECA.
- Badilla F. (2002) *Un programa exitoso de control biológico de insectos plaga de la caña de azúcar en Costa Rica*. Manejo Integrado de Plagas, Nº 64. San José, Costa Rica. 11p.
- Bolaños J. & Alfaro R. (2015) *Situación actual del control de malezas en el cultivo de la caña de azúcar en Costa Rica*. Congreso tecnológico DIECA 2015, 6, Coopevictoria, Grecia, Alajuela, Costa Rica. 18 p.
- Bolaños, J., & Alfaro, J. (2013) Monitoreo virus del mosaico en las plantaciones comerciales de la caña de azúcar del valle Central Occidental, Costa Rica. LAICA-DIECA.
- Castillo D., Morales F. (2015) *Producción y productividad de los cultivos de arroz y caña de azúcar en Costa Rica de 1980 al 2010*. Vol. 1. CIEDA, UCR. San José, Costa Rica. 13p.
- Chavarría E. (2013) *Actualidad del comportamiento de la roya naranja (Puccinia kuehnii) en Costa Rica*. ATACORI. Heredia, Costa Rica. 17p.
- Chavarría E., Barrantes J., Corrales M., Chaves L., Fonseca C., Murillo J., Naranjo P., Solís V., Valverde W. (2009). *Combate químico de la roya naranja*. ATACORI. San José, Costa Rica. 30p.
- Chavarría E., Barrantes J., Villalobos C., Valverde W. (2016) *Actualización de la reacción a la roya naranja (Puccinia kuehnii) de las principales variedades comerciales y promisorias de caña de azúcar (Saccharum sp.) en ciclo de caña planta en Costa Rica*. Revista entre cañeros, LAICA. San José, Costa Rica. 18p.
- Chavarría E., Lockhart B., Moreira L., Rivera C., Villalobos W. (2003). *Resultados preliminares del estudio de la distribución del virus de la hoja amarilla en plantaciones comerciales de caña en Costa Rica*. LAICA. Guanacaste, Costa Rica. 9p.
- Chaves, M., Barrantes J., Bolaños J., Angulo A., Rodríguez M., Villalobos C., Calderón G., Araya A. (2011) *Censo de variedades de caña de azúcar sembradas en Costa Rica, año 2010*. DIECA. San José, Costa Rica. 156p.
- Chaves, M. & Bermúdez, L. (2015). *Agroindustria azucarera costarricense: un modelo organizacional y productivo efectivo con 75 años de vigencia*. Presentado en “X Congreso de la Caña de Azúcar – Tecnicaña 2015”, Cali, Colombia. Memoria: Responsabilidad social empresarial, administración y gerencia, medio ambiente y sostenibilidad. Asociación Colombiana de Técnicos de la Caña de Azúcar. 14 al 18 de setiembre 2015. p: 159-171.
- Chaves M. (2016). *Estudio de nueve fuentes de nitrógeno realizados en seis regiones productoras de caña de azúcar de Costa Rica*. DIECA. San José, Costa Rica. 16p.

- Chaves, M. (2010) Resistencia y susceptibilidad de las variedades al carbón de la caña de azúcar. Costa Rica: DIECA
- Chaves, M. (2003) *Fertilización de la caña de azúcar en Costa Rica: Experiencias de los últimos 20 años (periodo 1980-2000)*. Memorias del XV Congreso de la ATACORI. San José, Costa Rica. 12p.
- Chaves, M. & Chavarría, E. 2013. *¿Cómo se distribuye y dónde se cultiva territorialmente la caña destinada a la fabricación de azúcar en Costa Rica?*. Presentado en Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Centroamérica (ATACA), 19, Congreso de la Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 20. Centro de Conferencias del Hotel Wyndham Herradura, Heredia, Costa Rica, 2013. Memoria. San José, Asociación de Técnicos Azucareros de Costa Rica (ATACORI), 11-13 de setiembre. Tomo I. p: 179-203.
- Comparini S. (2006) Evaluación de variedades de caña de azúcar (*Saccharum spp*) en el ingenio la Unión, Santa Lucía Cotzumalguapa. Universidad de San Carlos, Guatemala. 150p.
- Daros, E., Oliveira, R. A., Zambon, J. L. C., & Bepalhok Filho, J. C. (2010). *Catálogo nacional de variedades "RB" de caña-de-azúcar. Curitiba: Ridesa.*
- Durán, J., Oviedo, M. & Barrantes, J. 2009. *Variedades de caña de azúcar región sur*. LAICA-DIECA. San José: Costa Rica.
- Gliessman S. (2002) *Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible*. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 359p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censo). 2014. *Resultados Generales del Censo Agropecuario*.
- MAG (2007) *Agrocadena de la caña de azúcar para la producción de dulce*. Dirección regional Sur. Puriscal, Costa Rica. 80p.
- Mesen M., Duran J. (2011) *La caña de azúcar (Saccharum officinarum) y su uso en ganadería*. INTA/LAICA/MAG. San José, Costa Rica. 25p.
- PBAE (Programa Bandera Azul Ecológica). (2016). *Manual de Procedimientos Categoría Agropecuaria*.
- Rojas, L. A. (2001). *La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos*. *Agronomía mesoamericana*, 12(2), 209-212.
- Sáenz C., Salazar D., Rodríguez A., Alfaro D., Oviedo R. (1999). *Manejo Integrado del salivazo, Aeneolomia sp. y Prosapia sp. (HOM: Cercopidae) en las regiones cañeras de Costa Rica*. DIECA-LAICA. San José, Costa Rica. 4p.
- Salazar J. (2012) *Áfidos en el cultivo de la caña de azúcar*. DIECA. San José, Costa Rica. 15p.
- Salazar L., Hincapié E. (2007). *Las arvenses y su manejo en los cafetales. Sistemas de producción de café en Colombia*. Cenicafé. Chinchiná, Colombia. 30p.
- Salazar J., Salazar M. (2005) *Principales enemigos naturales del barrenador común del tallo de la caña de azúcar (Diatraea spp.) en Costa Rica*. LAICA. San José, Costa Rica. 5p.
- Salazar, J. (2014) Importancia de la captura de abejones. Programa Manejo de plagas. LAICA-DIECA
- Salazar J., Oviedo R., Cadet E. (2017) Manejo y control de plagas en el cultivo de la caña de

- azúcar. LAICA-DIECA. 6p.
- Salazar J., Oviedo R., Alfaro D., Barrantes J., Angulo A. (2015) Evaluación en invernadero de productos químicos para el combate de diferentes especies de jobotos en ingenio Taboga e ingenio COOPEAGRI. LAICA-DIECA. 17p.
- Subirós F. (2000) *El cultivo de la caña de azúcar*. EUNED. San José, Costa Rica. 448p.
- Thompson V., León R. (2005) *La identificación y distribución de los salivazos de la caña de azúcar y los pastos (Homóptera: Cercopidae) en Costa Rica*. Manejo Integrado de plagas y agroecología (Costa Rica). San José, Costa Rica. 9p
- Villalobos C. (2015) *Taltuza (Orthogeomys sp.); roedor fosorial plaga en caña de azúcar, en Costa Rica*. DIECA-LAICA. San José, Costa Rica.
- Zaccagnini, M. E., Wilson, M. G., & Oszust, J. D. (2014). *Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Área piloto Aldea Santa María*. 1ª. Edición. Buenos Aires. In *Handbook of Good Practices for Soil Conservation, Biodiversity and Its Ecosystem Services. Pilot area, Santa María village, Entre Ríos, Argentina*. PNUD.

ANEXOS

ANEXO 1. VARIEDADES TOLERANTES A LA ROYA NARANJA

Variedad	Origen	Región de Cultivo	Variedad	Origen	Región de Cultivo
B80-689*	Barbados	Guanacaste	LAICA 10-804	Costa Rica	Sur
B82-333	Barbados	Guanacaste	LAICA 01-604	Costa Rica	Sur, Norte
B89-138	Barbados	Guanacaste	LAICA 03-805	Costa Rica	Sur, Norte
CG97-100	Guatemala	Guanacaste	LAICA 04-809	Costa Rica	Sur, Norte, Valle Central
LAICA 00-301	Costa Rica	Guanacaste	SP71-5574 (testigo)	Brasil	Sur, Valle Central
LAICA 03-367	Costa Rica	Guanacaste	Q96	Australia	Todo el país
LAICA 04-303	Costa Rica	Guanacaste	RB86-7515	Brasil	Todo el país
LAICA 06-311	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 01-213	Costa Rica	Turrialba
LAICA 06-321	Costa Rica	Guanacaste	LAICA 04-261	Costa Rica	Turrialba (zona alta)
NA56-42	Argentina	Guanacaste	LAICA 04-250	Costa Rica	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona alta)
NA85-1602	Argentina	Guanacaste	H61-1721	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
LAICA 07-309	Costa Rica	Guanacaste, Norte	H65-7052	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP00-2150	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H68-1158	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP01-2060	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H74-1715	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP02-1651	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H75-6208	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-1210	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-2545	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP72-2086	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H77-4643	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP80-1743	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	H78-2313	USA (Hawái)	Turrialba (zona alta), Valle Central (zona Occidental)
CP89-2143	USA (Florida)	Guanacaste, Puntarenas	B76-259	Barbados	Turrialba, Norte
SP81-3250	Brasil	Guanacaste, Puntarenas	B76-385	Barbados	Turrialba, Norte
MEX79-431	México	Guanacaste, Valle Central	B77-95	Barbados	Turrialba, Norte
PR79-3009	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-26	Costa Rica	Valle Central
PR80-2038	Puerto Rico	Norte	LAICA 07-27	Costa Rica	Valle Central
LAICA 05-805	Costa Rica	Sur	LAICA 08-22	Costa Rica	Valle Central
LAICA 07-801	Costa Rica	Sur	SP78-4764	Brasil	Valle Central
LAICA 08-808	Costa Rica	Sur			

Fuente: Chavarría et al, 2016.

ANEXO 2. GLOSARIO DE TÉRMINOS RELEVANTES Y UTILIZADOS DURANTE LA CONSULTA A EXPERTOS

Déficit Hídrico: se refiere a la falta de agua para las plantas, ya que la cantidad de precipitaciones es inferior a la normal. Si la disponibilidad de agua es menor al 80% del promedio se refiere a sequía (Muñoz & Navarro, 2011).

Deslizamientos de tierra: es el movimiento en masa sobre terrenos con alta pendiente, que involucran la movilización de suelo, rocas o la mezcla de ambos; provocados por el exceso de agua o por efecto de la fuerza de gravedad (CENEPRED, 2014).

El Niño: es un fenómeno climático que provoca alteraciones en la circulación océano-atmosférico que afecta el régimen de lluvias y origina sequías prolongadas, principalmente en el litoral pacífico de Centroamérica (Angulo, 2015).

Erosión: es un fenómeno natural que consiste en el desprendimiento y pérdida de las partículas del suelo, producto de las corrientes de agua; así mismo, la erosión disminuye la capacidad del suelo de almacenar agua y provoca la pérdida de nutrientes y materia orgánica (Peña, 2013).

Fuertes vientos: según el CENEPRED (2014), viento se refiere al desplazamiento del aire en la atmósfera con relación paralela a la superficie terrestre que varía su velocidad constantemente. Fuertes vientos según De Melo (consulta personal, 8 de febrero de 2017), es cuando la velocidad del viento alcanza velocidades alrededor de 50 Km/h; provocando daños físicos a la planta y caída de árboles en la plantación.

Granizos: se refiere a una precipitación sólida en forma de bolas o grumos irregulares de hielo; las cuales se forman por fuertes corrientes ascendentes en las nubes convectivas que elevan las gotas a áreas muy frías, donde se forman las partículas de hielo (Gutiérrez et al, 2013).

Huracanes: se refiere a una tormenta tropical que alcanza vientos de mayor de 74 mph (118 Km/h); es de forma giratoria y circulan alrededor de un vórtice de baja presión barométrica (CENAPRED, 2007).

Inundación: fenómeno producido por el exceso de lluvias intensas o continuas que sobrepasan la capacidad de campo del suelo, supera el volumen máximo de transporte de los ríos; los cuales se desbordan e inundan los campos (CENEPRED, 2014).

La Niña: es un fenómeno océano-atmosférico que produce la alteración de las condiciones climáticas, esta consiste en un enfriamiento anormal de la temperatura superficial de las aguas del océano pacífico, provocando el aumento de precipitaciones y vientos ecuatoriales de este a oeste (Retana & Solano, S.f)

Lluvias fuertes: son precipitaciones de alta intensidad de agua líquida o sólida (granizos), que comienzan y acaban bruscamente; su duración puede ser relativamente corta y varían violentamente su intensidad (Segeber & Villodas, 2006).

Lluvias intermitentes: se refiere a la caída de lluvias esporádicas de un lapso muy corto de tiempo en meses de sequía; son muy recurrentes en la época de verano y provoca estrés en

la planta (E. De Melo, consulta personal, 8 de febrero de 2017).

Lluvias prolongadas: se refiere a la caída de lluvias por al menos 3 o 4 días consecutivos sin detenerse y en forma continua (E. De Melo, consulta personal, 8 de febrero de 2017).

Neblina: es la manifestación visible de gotas suspendidas en la atmósfera o cerca de la superficie de la tierra, reduciendo la visibilidad y la entrada de luz; se origina cuando la temperatura y el punto de rocío del aire presentan valores similares (IMN, S.f).

Nubosidad: se refiere a una fracción del cielo cubierto por un cierto grupo de nubes o combinación de las mismas (IMN, S.f).

Sequías prolongadas: fenómeno complejo que contempla un periodo de tiempo con condiciones meteorológicas anormalmente secas, suficientemente prolongado como para que la falta de precipitación cause un grave desequilibrio hidrológico (CENEPRED, 2014).

Tormentas eléctricas: perturbación violenta de la atmósfera ligada a los movimientos verticales del aire y acompañada de fenómenos mecánicos (viento y precipitaciones) y eléctricos (relámpagos y truenos) (IMN, S.f).

Tormentas tropicales: es una masa de aire cálida y húmeda con vientos fuertes que giran en forma de espiral y al sentido contrario de las manecillas del reloj; la velocidad de los vientos comprenden entre 63 a 118 Km/h. Si los vientos aumentan a 118 Km/h pasa a formar un huracán y si bajan de 63 Km/h es una depresión natural (CENAPRED, 2007).

Tornados: es una violenta columna de aire en rotación que se extiende desde una nube inestable hasta alcanzar la superficie. La velocidad del viento puede alcanzar entre 20 a 45 Km/h (IMN, S.f)

PRÁCTICAS PARA REDUCIR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS

Aplicación de fungicidas preventivos y curativos: se basa en la utilización de productos químicos para el control de enfermedades; su mecanismo de acción puede ser preventivo (se aplica en ausencia de la enfermedad) o curativo (paraliza o detiene el crecimiento del patógeno) (Carmona, 2005).

Aplicación de herbicidas: se refiere al uso de productos de origen químico, físico o biológico para el control de malezas que alteran la fisiología de la planta e impide su desarrollo normal (Salazar & Hincapié, 2007). Es importante tener en cuenta que según la variedad existe un período crítico de presencia de malezas para la caña, que puede variar desde los 30 a 90 días después de siembra o de cosecha anterior (Díaz & Portocarrero, 2002).

Aplicación de insecticidas: es el uso de productos o mezclas de productos fitosanitarios que se utilizan para controlar plagas de insectos. Los más utilizados principalmente son de origen químico. Estos productos tienen diferentes modos de acción y pueden actuar sobre uno o diferentes estados del desarrollo del insecto. Los insecticidas pueden ser de ingestión, de contacto, combinados (ingestión y contacto) o sistémicos (Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA), 2008).

Aplicación de madurantes: La aplicación de madurantes consiste en el uso de productos químicos a bajas dosis que actúan como bioestimulantes, optimizando los procesos fisiológicos, contribuyendo a mejorar la producción y la calidad de las cosechas. Los madurantes tienen la función de hacer que la planta madure en menor tiempo y permite a la vez prolongar el almacenaje de energía en los tejidos vasculares del tallo para luego ser transformada en azúcar durante el proceso industrialización (Vargas, 2002). Los productos utilizados como madurantes en caña son herbicidas postemergentes, sistémicos y de acción graminicida. El glifosato es uno de los más empleados y se realiza la aplicación de 5 a 6 semanas antes de cosecha por razones de seguridad al tratarse de un herbicida sistémico, dicha aplicación se realiza de forma foliar, actuando directamente en los meristemos apicales de las plantas, catalizando las enzimas responsables de la acumulación de sacarosa inhibiendo parcialmente el crecimiento (Vargas, 2002).

Aporque: esta práctica consiste en retirar tierra de la calle o entresurco para colocarla en el surco de siembra al pie de las plantas. Dicha actividad tiene múltiples propósitos según sea el tipo de cultivo. Acercar el suelo enriquecido con nutrientes al pie de las plantas, eliminar malezas, facilitar el drenaje, mejorar la aireación alrededor de las plantas así como servir de apoyo a ciertos cultivos cuyo sistema radical no es suficientemente fuerte (León, Díaz, & Cea, 2004). Para el caso del cultivo de caña, la práctica de aporque se realiza principalmente para cubrir los fertilizantes aplicados al suelo. Con el objetivo que evitar o reducir la pérdida de fertilizantes ya sea por lavado o por volatilización (Consulta expertos, 2017).

Barreras muertas: se refiere al uso de piedras, troncos, rastrojo u otros materiales colocados conforme a las curvas a nivel. Esta práctica tiene como objetivo disminuir la velocidad del agua de escorrentías evitando o reduciendo los efectos de la erosión de los suelos. La densidad de las barreras muertas dependerá principalmente de la pendiente del terreno (Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), 2015).

Barreras rompevientos: generalmente son hileras de especies arbóreas, arbustivas o ambas de distintas alturas que se siembran en sentido perpendicular a la dirección dominante del viento. El objetivo es reducir la velocidad de este, evitar pérdida de la fertilidad del suelo causado por la erosión eólica, reducir la acción mecánica del viento sobre cultivos o animales. También es posible contribuir con la regulación del microclima a nivel de finca y el transporte de sólidos o propagación de enfermedades. Las barreras rompevientos por lo general son empleadas para áreas pequeñas o fragmentadas. La protección del área se puede extender sobre una distancia de 7 veces la altura de la barrera al lado del viento y de 15 a 20 veces al lado de sotavento (dirección hacia dónde va el viento). Cuando las zonas a proteger son muy extensas, es necesario formar un sistema de barreras debidamente distanciadas para que en ningún punto entre ellas, el viento recupere velocidad. Las especies a considerar deben ser resistentes y adaptadas ecológicamente a la zona. El mantenimiento de las barreras es fundamental, para maximizar el aprovechamiento de las mismas. La poda y raleo se deben implementar para controlar la sombra, beneficiando al cultivo principal y sin afectar el objetivo principal de las barreras (Méndez, Beer, Faustino, & Otárola, 2000).

Cobertura vegetal: esta práctica consiste en dejar crecer de forma temporal o permanente una cobertura vegetal viva en el suelo dispuesto para la siembra de algún cultivo. Las coberturas por lo general se dejan crecer o se cultivan para llenar vacíos de tiempo o espacio del cultivo principal en el cual permanece el suelo descubierto y expuesto a la erosión. El propósito es proteger y mejorar la fertilidad así como la estructura del suelo, controlar plagas (malezas, insectos, patógenos). Ayuda a solventar los problemas de infiltración y escorrentías, con la ventaja de proveer una cubierta de residuos que ayudan a regular temperaturas y conservar humedad. Estos beneficios se verán directa o indirectamente evidenciados en los resultados del cultivo principal. Un aspecto clave a considerar es la debida selección, manejo y control de las especies utilizadas como coberturas para no generar competencia al cultivo principal. Las leguminosas son una excelente opción para utilizar en esta práctica, ya que ayudan también con la fijación de nitrógeno al suelo (Sanchol & Cervantes, 1997).

Control biológico: se refiere al uso de enemigos naturales y microorganismos (microorganismos benéficos) para el control de las poblaciones de plagas o patógenos. Es una estrategia alternativa que se basa en el uso de los principios ecológicos para aprovechar al máximo los beneficios de la biodiversidad en la agricultura. La práctica no trata de eliminar plaga ya que esto puede generar desequilibrios ecológicos poco beneficiosos (Nicholls, 2008). El control biológico es una herramienta del manejo integrado de plagas, donde se tienen básicamente uso de bioplaguicidas e insectos benéficos (Serrano & Galindo, 2007). Los Bioplaguicidas son productos derivados de materiales naturales como animales, plantas, microorganismo y minerales. Son altamente específicos contra plagas objetivo y generalmente representan poco o ningún riesgo para las personas o el medio ambiente (Nava, García, Camacho, & Vázquez, 2012). Dentro de los bioplaguicidas se tienen el uso de organismos como:

- Bacterias entomopatógenas: son microorganismos unicelulares que pueden causar infecciones leves en los insectos para realizar el control de los mismos (Carballo &

Guaharay, 2004). La de mayor uso es la *Bacillus thuringiensis*, que controla gusanos de suelo, barrenadores y langostas (Suquilanda, 2003).

- Hongos entomopatógenos: son un grupo de microorganismos que ayudan al control de poblaciones de insectos. Estos hongos han sido ampliamente estudiados y presentan dentro de sus características un micelio septado y ramificado (Carballo & Guaharay, 2004). De los más destacados se encuentran: *Beauveria bassiana* usado en el cultivo para el control del chinche de encaje y picudo; *Metharrizium anisopliae* se utiliza para el control de salivazo, cigarrita, langosta voladora y picudo; *Verticillium lecanii* (principalmente para control de áfidos) (Suquilanda, 2003).
- Hongos antagónicos: son microorganismos que presentan efectos antagónicos con hongos patógenos que causan enfermedades a los cultivos. Los más destacados son los del género de *Gliocladium* y *Trichoderma*. Este último es el más utilizado para el control de un grupo importante de patógenos del suelo. Su efecto es hiperparasitismo, aunque algunas especies y cepas pueden producir metabolitos bioactivos que incrementan su acción. Alta capacidad de colonización en la planta, que le permite proteger a la misma ante hongos que atacan a la misma (Fernández, 2001).

El uso de insectos benéficos o enemigos naturales es otra opción para el control biológico. Estos agentes se clasifican como parasitoides (principalmente pertenecientes al orden Hymenoptera y Díptera) y depredadores (principalmente en un gran número de géneros y familias de las clases Insecta y Arácnida). Dentro de las características claves que deben tener estos enemigos naturales es tener la capacidad de búsqueda (localizar el huésped o la presa) y congregarse en áreas con alta densidad de la plaga. Deben ser específicos y sincrónicos con el ciclo de vida de la plaga, con el objetivo de mantener un efecto de supresión eficaz. En una etapa inicial destruir gran volumen de plaga y después responder rápidamente ante posibles aumentos de la población de la plaga bajo condiciones de estrés climático. Mantenerse en el área aun después de haber controlado la plaga. Además debe ser accesible económicamente al productor (Nicholls, 2008). Para el caso específico del cultivo de caña, se hace uso de la avispa parasitoide *Cotesia flavipes*, para el control del barrenador común de tallo o *Diatraea* sp. (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 2017).

Cosecha oportuna: esta práctica consiste en realizar la cosecha en el momento en que la planta muestre el estado de madurez óptimo. Para el caso de la caña el estado de madurez depende fundamentalmente de la concentración de sacarosa de sus jugos. Para determinar estos factores se debe realizar un análisis con muestras representativas de la plantación comercial, tomadas periódicamente. La medición de grados Brix (sólidos totales) es la metodología más simple y rápida. Dicha práctica consiste en tomar jugo de la parte superior, media e inferior del tallo, colocando gotas del mismo en el refractómetro para medir el contenido de sólidos totales aproximado e indirectamente el de sacarosa en los tallos. Es recomendable realizar muestreos al menos 2 meses antes de la fecha estimada para la cosecha. La prioridad de corta se establece para los lotes donde la lectura del grado Brix fue mayor (Chaves, Es tiempo de iniciar el control de madurez de sus cañales, 1986).

Drenajes: se refiere a obras o canales que se construyen sobre la superficie del terreno para

eliminar los excesos de agua en la plantación, disminuyendo los niveles freáticos, mejorando la aireación y aumenta el acceso nutricional del suelo (Liotta, 2015).

Época de siembra: hace referencia a la programación adecuada de las labores del cultivo de tal forma que se ajuste a las condiciones climáticas favorables. La temperatura junto con la humedad son dos de los factores de mayor relevancia para tener una adecuada germinación y desarrollo. Por esta razón las labores deben programarse en relación con las condiciones favorables de humedad y temperatura del suelo, que sean beneficiosas para la germinación de las yemas. Temperaturas que deben rondar en los 27 °C y 33 °C, a temperaturas menores de 20 °C el crecimiento disminuye notoriamente. Por estas razones se deben coordinar con las épocas donde estas condiciones se ajustan a los requerimientos del cultivo en cada una de sus fases fenológicas. Considerando también que en etapas previas a la cosecha lo ideal es que la humedad se disminuya, para facilitar las labores de cosecha así como para ayudar a la concentración de azúcares en el jugos de la caña (Subirós, 1995).

Fertilización adecuada: para esta práctica se vuelve necesario contar con un análisis de suelo, que permita conocer el funcionamiento de la dinámica físico-química del mismo, con la finalidad de preparar las formulaciones de fertilizantes necesarios para una aplicación eficiente y uso racional de los recursos. De esta forma se realiza una incorporación de productos orgánicos e inorgánicos que proporcionen las cantidades adecuadas de nutrientes que requieren las plantas para llevar a cabo sus funciones metabólicas y producir (Santos, 2014). La práctica se fundamenta en establecer un adecuado plan de fertilización donde se consideran componentes como: la dosis de aplicación, fuentes o tipo de fertilizante, época y forma de aplicación. Los planes de fertilización serán exclusivos para cada finca o lote basado en los resultados de los análisis previos (Tinoco & Acuña, 2009).

Según Consulta a expertos 2017, en las aplicaciones de fertilizantes, se emplean productos como:

- DAP (fosfato diamónico)
- Formulas completas como (17,2-5,2-23,5-4,5-5,5) y otras.
- Úrea

Para el caso de los fertilizantes, las fórmulas empleadas varían según sean las necesidades que se tengan que cubrir en cada una de las regiones (Consulta a expertos 2017).

Incorporación de fertilizante: esta práctica consiste en incorporar los fertilizantes directamente al suelo, generalmente se realizada durante las labores mecánicas de preparación de terreno y siembra del cultivo (Alfonso, Castiblanco, & Romero, 2011).

Según Alfonso et al. (2011), la incorporación incrementa la eficiencia de algunos fertilizantes y ayuda con la disminución de pérdidas por razones como:

- Lixiviación (pérdida de nutrientes en forma de sales disueltas arrastradas por el agua de drenaje que penetra el suelo).
- Escorrentía (pérdida de nutrientes por drenaje superficial del agua de precipitaciones, riegos, entre otros).

- Fijación (pérdida por conversión de las formas iónicas disponibles a estados de baja solubilidad no disponibles para la planta).
- Desnitrificación (pérdida de nutrientes por el cual se convierte nitrato en nitrito y luego a N_2 y ciertos gases nitrogenados N_2O o NO).
- Volatilización (pérdida de nutrientes por gasificación), además incrementa la eficiencia de algunos fertilizantes.

Teniendo en cuenta la fisiología del cultivo y el funcionamiento de la dinámica físico-química del suelo, se prepara la aplicación de fertilizantes necesarios. Macronutrientes como el fósforo para el cultivo de caña es recomendado incorporarlos en la siembra al fondo del surco para suplir las necesidades y ayudar con el sistema radical. Implementar esta práctica con una balanceada dosificación basados en los análisis previos al suelo, permite evitar o reducir en el cultivo enfermedades origen abiótico (fisiológicas), por deficiencia o toxicidad (Subirós, 1995).

Monitoreo para control de plagas: es una práctica que consiste en darle un seguimiento constante al cultivo que permita la identificación de plagas que puedan incidir directa o indirectamente en el cultivo con el objetivo de llevar a cabo un control preventivo y disminuir sus impactos. Es una estrategia básica y efectiva para atender el problema provocado por las plagas más importantes, de mayor cobertura y recurrencia en el país. La práctica permite determinar con buenos criterios y alta representatividad los niveles de control óptimos (Chaves & Salazar, 2012).

No sembrar en áreas sombreadas: consiste en seleccionar adecuadamente las áreas de siembra y mantener la distancia sobre zonas que presenten sombra por diversos factores dentro de los cuales se tiene la incidencia de sombra generada por árboles. La planta de caña es altamente demandante de energía solar para llevar a cabo los procesos fotosintéticos. La energía lumínica estimula la absorción de CO_2 por los procesos fotosintéticos, teniendo una velocidad de dos a tres veces superior a la de las gramíneas. La planta de caña posee una eficiencia que va de 5% a 6% en la conversión de energía solar, por lo cual es necesario contar con excelente disponibilidad de este factor para alcanzar los mejores rendimientos (Aguilar, 2015). A mayor radiación solar habrá mayor actividad fotosintética y mayor translocación de carbohidratos de las hojas al tallo, produciendo mayores tonelajes de azúcar en fábrica (Díaz & Portocarrero, 2002).

Labranza mínima: esta práctica consiste en realizar la menor cantidad de labranza que se requiere para crear las condiciones adecuadas de suelos, para la germinación de la semilla y desarrollo de las planta. Se reduce la labor de remoción con la idea de mantener una capa orgánica que favorezca las propiedades del suelo. La mínima labranza por lo general se combina con la siembra a contorno. De esta forma es posible disminuir la susceptibilidad del suelo al ser afectado por los efectos de la erosión. Esta práctica se puede combinar con tecnologías que mejoren la estructura del suelo como hacer uso de especies de plantas con raíces pivotantes (Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA), 2005).

Según PESA 2005, con el uso de esta práctica es posible obtener otra serie de ventajas como:

- Contribuye con el control de la erosión.

- Aumenta la infiltración y la capacidad de retención de humedad en el suelo.
- Ayuda con la protección de la microfauna y mantiene la estructura del suelo.
- Contribuye a disminuir la proliferación de enfermedades.
- Aumento en la intensidad del uso de la tierra.
- Menor consumo energético.
- Puede disminuir la incidencia de malezas anuales

Nivelación: esta práctica consiste en la eliminación o disminución del microrrelieve, con la finalidad de lograr una distribución uniforme del recurso hídrico a lo largo de toda la superficie del terreno dispuesto para los cultivos. Esta nivelación considera obtener una pendiente constante, no erosiva y que al mismo tiempo permita el movimiento del agua a través de los surcos o de la misma superficie. La práctica de nivelación del terreno se hace indispensable para los sistemas de riego gravitacional. Generalmente se da en áreas de pendientes poco pronunciadas, propiciando que las curvas de nivel presenten un mayor distanciamiento entre ellas (Franquet & Querol, 2010).

Resiembra: es práctica regenerativa del cultivo que consiste en rehabilitar espacios perdidos de terreno donde por múltiples factores la semilla, cepas y los retoños han desaparecido por muerte deterioro o no alcanzaron a desarrollarse. El resultado es una baja en la producción y la rentabilidad del producto. Es una práctica que se recomienda corte tras corte de ser necesario para mantener la densidad de tallos por hectárea (Manrique et al. 2008). Esta práctica se realiza principalmente en la siembra de caña planta en caso de ser necesaria (Consulta a expertos, 2017).

Riego: está práctica consiste en suministrar agua a un cultivo por medios artificiales cuando la demanda el recurso hídrico es de suma importancia para el desarrollo del mismo. Práctica que se realiza principalmente en períodos lluvia deficiente o nula (Instituto Nacional de Seguros (INS), 2015). Según Santos, et al. 2010, los métodos de riego pueden clasificarse de la siguiente forma:

- Riego de superficie o por gravedad: este comprende al riego por inundación, en lotes y surcos cortos o en lotes nivelados. También se incluye el riego por infiltración en surcos o en fajas y el riego por escorrentías.
- Riego por aspersión: sistemas estáticos, fijos o móviles, con sistemas de cañón o ala sobre carro tirada por enrollador o por cable así como sistemas de lateral móvil, pivotante o desplazamiento lineal.
- Riego localizado o microriego: donde se tiene al riego por goteo, por difusores, por tubos perforados o poros, la micro-aspersión y el riego sub-superficial por tubos perforados y tubos porosos.
- Riego subterráneo: realizado por control de la profundidad de la capa freática.

Para el caso del cultivo de caña en Costa Rica, el riego utilizado es el de superficie o gravedad haciendo uso de los surcos en la plantación, así como también se realiza el uso de riego por aspersión y goteo en pequeñas parcelas. Es necesario resaltar que la utilización del riego se hace principalmente para la reproducción de semilla (Consulta a expertos, 2017).

Siembras a contorno: consiste en hacer surcos o hileras del cultivo en contra de la pendiente

siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5%. Al realizar la siembra y marcado a contorno las demás labores como limpieza aporques entre otros se deben realizar de la misma manera o en la misma dirección. Esta práctica tiene como objetivo oponerse al paso del agua principalmente agua de lluvia que no logra filtrarse en el suelo, disminuyendo su velocidad, de esta forma se reduce el arrastre y lavado del mismo suelo y de sus nutrientes. Una de las formas más sencillas es trazar una curva a nivel guía en el área de siembra y realizar las demás siguiendo esta (Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA), 2011).

Siembras a doble surco: este sistema consiste en plantar en dos surcos estrechos distanciados a 0,75 metros entre si y dejando una calle amplia de 1,5 metros. Se espera un incremento de la población de plantas. Esta práctica adecuadamente implementada no generará los problemas que se mencionan cuando se trabajan con altas densidades de siembra. Se espera una mayor producción (Barrantes, Alfaro, & Ocampo, 2015). Esta práctica se emplea en Costa Rica para contrarrestar algunos efectos por exceso de humedad. Es posible mejorar la evacuación y distribución de aguas en el cultivo, para evitar o reducir los impactos negativos. Sin embargo no hay mucha experiencia de implementación de dicha práctica en Costa Rica para el cultivo de caña (Consulta a expertos, 2017).

Subsolar el suelo: consiste en implementación de maquinaria agrícola para realizar una descompactación del suelo, a una profundidad mayor y que a su vez ayude a mejorar las condiciones de drenajes del mismo suelo (Pérez, Santana , & Rodríguez, 2015). Adicionalmente permite la mejor penetración de las raíces, ya que por lo general el trabajo de descompactación se realiza a profundidades considerables, donde las puntas de los subsoladores pueden alcanzar de 25 hasta 60 centímetros de inserción en el suelo. Esta práctica no debería ser considerada una actividad periódica sino como excepción por las condiciones que muestre el terreno (Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), 1996).

Tapar semillas con suelo: se refiere a cubrir la semilla con suelo una vez colocada en el fondo de los surcos, con el fin de obtener un alto número de yemas germinadas y alcanzar los rendimientos en población deseados en la planificación. La semilla al entrar en contacto adecuado con el suelo sumado a las condiciones de temperatura y humedad del suelo se estimula una apropiada germinación. Se trata de eliminar espacios de aire para que la superficie de contacto de semillas y suelo sea mayor. Es una práctica que reduce los impactos negativos por radiación excesiva como el estrés térmico y lumínico, conocidos como golpes de sol, principalmente a nivel de yemas en la fase inicial del cultivo (Díaz & Portocarrero, 2002).

Trampas: es una práctica para el control del comportamiento de las plagas, éstas expresan señales, estímulos visuales, físicos y químicos que funcionan como atrayente (Estrada & López, 2011). El uso de trampas se realiza principalmente para el control del picudo (*Metamasuis hemipterus*), y para capturar abejones de mayo (estadio adulto del joboto), haciendo uso de difusores (feromonas atrayentes) o trampas lumínicas. Trampas para picudo deben ser colocadas a nivel del suelo y protegidas con material vegetal para evitar la deshidratación del contenido por efecto de radiación directa del sol, colocando de 3 a 4 trampas/Ha; para el caso de los abejones, las trampas son colocadas en las plantaciones y en

lugares aledaños después de las primeras lluvias de la época lluviosa, colocando de 1 a 4 trampas/Ha (Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA), 2017).

Uso de datos climáticos: consiste en hacer uso de datos y predicciones climáticas para planificar la atenuación de los desastres y el desarrollo sostenible. El objetivo es hacerle frente a todas las consecuencias del cambio climático (Organización Meteorológica Mundial (OMM), 2011). En la agricultura se vuelve importante para planificar las labores a realizar de tal forma que se aprovechen las condiciones climáticas favorables para los cultivos y a la vez se evite o reduzca los impactos negativos (Consulta a expertos a expertos, 2017). Según el Instituto Meteorológico Nacional (INN) 2017, se cuenta con herramientas como las estaciones meteorológicas, que registran determinados elementos meteorológicos y llevan a cabo observaciones de fenómenos naturales y existen de 2 tipos:

- Estación Meteorológica Automática (EMA): equipo mide y registra datos meteorológicos, que son almacenados y transmitidos de forma automática, sin la necesidad de la presencia de personal. Utiliza sensores conectados a una unidad central para almacenar y procesar la información. Puede tener componentes de comunicación para transmisión de datos. Este equipo se instala en una torre de 2 m o 10 m, dependiendo de los parámetros a medir.
- Estación Meteorológica Mecánica. También conocida como tradicional, puede realizar en forma continua y mecánica registros de diferentes variables. Necesitan de personal u observador meteorológico, quien se encarga de realizar las lecturas de algunos de los aparatos de medición a determinadas horas del día, además debe de cambiar las bandas de registro de algunos instrumentos.

Utilizar bajas densidades de siembra: consiste en mantener una población de tallos oportuna por unidades de área, de tal forma que el crecimiento, desarrollo y productividad del cultivo no se vea afectado. Esta densidad para el cultivo de caña está directamente relacionada por el espaciamiento entre los surcos de las plantas. La siembra de densidades elevadas ocasiona un aumento teórico de rendimiento, dado que la población de plantas aumenta (biomasa aumenta). Pero en general la calidad del jugo de la caña se ve disminuida, así como el peso, diámetro de los tallos y número de brotes. Al aumentar la biomasa es posible tener una menor circulación de aire y sumado humedades altas es posible tener un aumento en plagas y enfermedades. Adicionalmente la competencia entre las mismas plantas para el aprovechamiento de nutrientes es un factor que interviene directamente en la calidad de los productos a obtener. Sin dejar de lado el factor luminosidad que es indispensable para el cultivo, ya que al haber mayor densidad es posible tener plantas que no cuenten con la radicación necesaria para llevar a cabo sus procesos (Subirós, 1995).

Uso de fertilizantes de lenta liberación: es el uso de fertilizantes recubiertos, de baja solubilidad o con inhibidores de la nitrificación. Práctica utilizada para mejorar suministro lento y gradual de nitrógeno, permitiendo mayor aprovechamiento por la planta, disminución de la lixiviación, reducción del efecto salino, reducción de la dosis, aumento de la eficiencia de la fertilización, mayor acumulación de nitrógeno en los tejidos vegetales, mayor retención de humedad, aumento del contenido de nitrógeno en el suelo entre otros,

(Constanza, Días, Aguirre, & Urrutia, 2015).

Variedades mejoradas: consiste en la utilización de material selecto de propagación de la caña de azúcar que ha sido sometido a un proceso sistemático de producción y control de la calidad. Variedades con cualidades genéticas mejoradas, que destacan por presentar mejores rendimientos, mejor calidad del producto, resistencia enfermedades así como tolerancia a factores ambientales adversos (Chavarría, 2012). Según consulta a expertos 2017, para el caso de Costa Rica las principales variedades empleadas son las siguientes:

- **Región Brunca:** LAICA 03-805, LAICA 04-825, LAICA 04-809, LAICA 05-805, RB 86-7515, RB 98-710, RB 99-381, CP-871248, SP 78 y Q 96.
- **Región Huetar Norte:** B 77-95, CP 87-1248, PR 80-2038, LAICA 01-604, Saboriana, Q 96 y Mex 79-431.
- **Región Chorotega:** RB 86-7515, CP 72-2086, B 82-333, SP 81-3250, NA 56-42, B 74-132 y NA 56-42.
- **Región Central Occidental:** RB 86-7515.
- **Región Central Oriental:** B 76-259, H 77- 4643, B 77-95.
- **Región Pacífico Central:** CP 72-2086.

Literatura citada

- ACEBIÑO. (2011). *Biocidas*. Recuperado el 02 | de mayo de 2017, de ACEBIÑO:
http://www.acebinyo.com/archivos_pdf/boletin_tomo18.pdf
- Aguilar, N. (2015). *Ficha Técnica del cultivo de Caña de Azúcar*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de Gob.mx:
http://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/141823/Ficha_Tcnica_Ca_a_de_Az_ca_r.pdf
- Alfonso, O., Castiblanco, J., & Romero, H. (2011). Incorporación de fertilizantes con abonadoras para siembra directa. *PALMAS*, 32(1).
- Asociación Correntina de Plantadores de Arroz (ACPA). (2008). *Guía de buenas prácticas agrícolas para el cultivo de arroz en corrientes*. Instituto Nacional de Tecnologías Agropecuarias (INTA). Argentina: INTA. Recuperado el 25 de abril de 2017, de
http://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-inta-_guia_bpa_arroz.pdf
- Barrantes, J., Alfaro, R., & Ocampo, R. (2015). *Evaluación de cuatro distancias de siembra en la modalidad de surco gemelo en tres variedades comerciales de caña de azúcar (Saccharum officinarum L.) en la Región Sur*. Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar. Alajuela, Costa Rica: DIECA.
- Carballo, M., & Guaharay, F. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas* (primera ed.). Managua, Nicaragua: CATIE.
- Ceballos, A., & López, J. (2010). Delimitación de áreas adecuadas para cultivos de alternativa: una evaluación multicriterio-SIG. *Terra Latinoamericana*, 28(2), 109-118. Obtenido de Terra Latinoam.
- Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). (2002). *Fertilización foliar; Principios y aplicaciones*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: UCR.
- Chavarría, E. (2012). *Avances del programa de semilla mejorada*. Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Alajuela, Costa Rica: DIECA.
- Chaves, M. (1986). *Es tiempo de iniciar el control de madurez de sus cañales*. Dirección de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar. Costa Rica: DIECA.
- Chaves, M., & Salazar, J. (2012). *Estrategias modernas de manejo y control de plagas en el cultivo de caña de azúcar en Costa Rica*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de LAICA: Liga Agrícola Industrial de la Caña de Azúcar :
<file:///D:/Usuario/Downloads/ESTRATEGIAS%20DE%20MANEJO%20DE%20PLAGAS%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%C3%91A%20DE%20AZUCAR4.pdf>
- Constanza, M., Días, J., Aguirre, E., & Urrutia, N. (2015). Efecto de abonos de liberación lenta en la lixiviación de nitratos y nutrición nitrogenada en estevia. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 9(1), 112-123. Recuperado el abril de 2017, de
<http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v9n1/v9n1a10.pdf>

- Departamento de Investigación y Extensión de la Caña de Azúcar (DIECA). (2017). *Manejo de control de plagas en el cultivo de la caña de azúcar*. Recuperado el 21 de abril de 2017, de LAICA:
file:///C:/Users/Luis%20Molina/Downloads/MANEJO%20Y%20CONTROL%20DE%20PLAGAS%20EN%20EL%20CULTIVO%20DE%20LA%20CA%3%91A%20DE%20AZUCAR_2802073825.pdf
- Díaz, L., & Portocarrero, E. (2002). *Manual de Producción de Caña de Azúcar*. Universidad ZAMORANO. Honduras: ZAMORANO.
- EM Producción y Tecnología S,A (EMPROTEC). (2011). *Guía de la Tecnología de EM*. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de InfoAgro Costa Rica:
<http://www.infoagro.go.cr/Info regiones/RegionCentralOriental/Documents/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fInfo regiones%2fRegionCentralOriental%2fDocuments%2fproduccion%20sostenible&FolderCTID=&View=%7b96543504-D19A-4E31-9BA0-C60B1C14DDE6%7d>
- Fernández, O. (2001). Avances en el Fomento de Productos Fitosanitarios No-Sintéticos: microorganismos antagonistas para el control. *Manejo Integrado de Plagas* (62), 96-100. Recuperado el 28 de abril de 2017, de <http://orton.catie.ac.cr/reprodoc/A2120e/A2120e.pdf>
- Franquet, J., & Querol, A. (2010). *Nivelación de terrenos por regresión tridimensional* (primera ed.). España, España: UNED-Tortosa.
- Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA). (2011). *Guía sobre prácticas de conservación de suelos*. La Lima, Honduras: FHIA.
- Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). (2015). *Uso de barreras muertas en terrenos de laderas para control de erosión*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de TECA: <http://teca.fao.org/es/technology/uso-de-barreras-muertas-en-terrenos-de-laderas-para-control-de-erosion%3%B3n>
- Instituto Meteorológico Nacional (INN). (2017). *Estaciones meteorológicas e instrumentos de más uso en Costa Rica*. Recuperado el 28 de abril de 2017, de Instituto Meteorológico Nacional: <https://www.imn.ac.cr/documents/10179/28035/Cat%3%A1logo+B%3%A1sico+de+Instrumentos+Meteorol%3%B3gicos/3701f150-452d-44d3-9c58-19d94a01f28d?version=1.1>
- Instituto Nacional de Seguros (INS). (2015). *Seguro de cosechas; Código de producto G12-39-A01-004*. Instituto Nacional de Seguros, San José, Costa Rica. Recuperado el 25 de abril de 2017, de http://www.sugese.fi.cr/polizas_servicios/generales/versiones_anteriores/G12-39-A01-004_V9_SEGURO_COSECHAS.pdf
- León, P., Díaz, L., & Cea, M. (2004). Efecto del aporque en el rendimiento del cultivo del maíz. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 13(2).
- Mamani, P., Chávez, E., & Ortuño, N. (2007). *El Biol. Biofertilizante casero para la producción ecológica de cultivo*. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de PROINPA:
<http://www.iniap.gob.ec/nsite/images/documentos/EL%20BIOL.pdf>

- Manrique, R., Ramirez, J., Rangel, M., & Bayona, A. (2008). *Buenas prácticas agrícolas para el manejo agronómico de la caña de azúcar (Sacharum spp) con destino a la producción de panela y otros usos alternativos como el alcohol carburante*. Bogotá, Colombia: Corpoica.
- Méndez, E., Beer, J., Faustino, J., & Otárola, A. (2000). *Plantación de árboles en línea* (segunda ed.). Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1991). *Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica*. San José, Costa Rica: MAG. Recuperado el 25 de abril de 2017, de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_arroz.pdf
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1996). *Uso del arado cincel para la producción agrícola y la conservación de suelos y agua*. Recuperado el 18 de mayo de 2017, de FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: http://www.fao.org/ag/ca/training_materials/cd27-spanish/tme/tools.pdf
- Nava, E., García, C., Camacho, J., & Vázquez, E. (2012). Bioplaguicidas: una opción para el control biológico de plagas. *Ra Ximbai*, 8(3b), 17-29. Recuperado el 28 de abril de 2017, de <http://www.redalyc.org/pdf/461/46125177003.pdf>
- Nicholls, C. (2008). *Control biológico de insectos: un enfoque agroecológico*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: OMM.
- Pacheco, F. (2006). *Lactofermentos: una alternativa en la producción de abonos orgánicos líquidos fermentados*. Centro Nacional en Agricultura Orgánica. Costa Rica: INA. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de <http://www.rapaluruquay.org/organicos/articulos/Lactofermentos.pdf>
- Pérez, H., Santana, I., & Rodríguez, I. (2015). *Manejo sostenible de tierras en la producción de caña de azúcar* (segunda ed.). Ecuador: UTMACH.
- Programa Especial para la Seguridad Alimentaria (PESA). (2005). *Técnicas y metodologías validadas para mejorarla seguridad alimentaria en las zonas secas de Honduras; Manejo de suelos y agua*. Honduras: PASOLAC.
- Rojas, L. (2001). La labranza mínima como práctica de producción sostenible en granos básicos. *Agronomía Mesoamericana*, 12(2), 209-212. Obtenido de <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=43712213>
- Romero, A., Martínez, M., Alonso, F., Belmonte, F., Marín, P., Ortiz, R., . . . Sánchez, I. (2007). *Los diques de corrección hidrológica: cuenca del río Quípar*. Murcia, España: F.G. GRAF, S.L.:
- Salinas, A. (2010). *Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia (SCALL) en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización*. Universidad Nacional de Costa Rica. Nicoya: CEMEDE.
- Sanchol, F., & Cervantes, C. (1997). El uso de plantas de cobertura en sistemas de producción de cultivos perennes y anuales en Costa Rica. *Agonomía Costarricense*, 21(1), 111-120.

- Santos, L., Valero, J., Picornell, M., & Tarjuelo, J. (2010). *El riego y sus tecnologías* (primera ed.). Albacete, España: CREA-UCLM.
- Serrano, L., & Galindo, E. (2007). Control biológico de organismos fotopatógenos: un reto multidisciplinario. *Ciencia*, 58(1), 77-88.
- Subirós, F. (1995). *El cultivo de la caña de azúcar*. San José, Costa Rica: EUNED.
- Suquilanda, M. (2003). *Manejo integrado de plagas en el cultivo de arroz*. Organización Mundial de la Salud. OMS. Recuperado el 28 de abril de 2017, de <http://roa.ult.edu.cu/bitstream/123456789/2307/1/MIPARROZ.pdf>
- Tencio, R. (2014). *Uso de microorganismos benéficos en la agricultura orgánica o ecológica en Costa Rica*. Coordinador Regional de Producción Sostenible. San Jose, Costa Rica: MAG. Recuperado el 2 de mayo de 2017, de <http://drco-mag.yolasite.com/resources/Aplicacion%20de%20Microorganismos%20de%20Monta%C3%B1a%20en%20agricultura%20CR%202014%20por%20RTencio.pdf>
- Tinoco, R., & Acuña, A. (2009). *Manual de recomendaciones técnicas: Cultivo de arroz (Oryza sativa)*. San José, Costa Rica: INTA.
- Vargas, J. (2002). *Programa de Madurante: Comportamiento y análisis de 8 zafras en Central Azucarera Tempisque, S.A. CATSA. Guanacaste. Costa Rica*. CATSA, Central Azucarera Tempisque, S.A. Depto. Investigación, Guanacaste. Costa Rica. Recuperado el 21 de abril de 2017, de <http://www.catsa.net/wordpress/wp-content/uploads/2014/07/Agricola-Programa-de-Madurante-Comportamiento-y-analisis-8-zafras-CATSA-Costa-Rica.pdf>

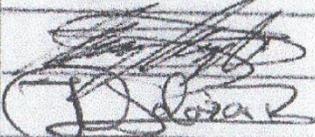
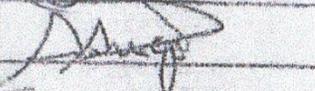
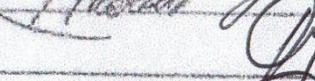
ANEXO 3. LISTA DE EXPERTOS CONSULTADOS

Nombre	Perfil	Provincia	Región arrocera	Teléfono	E-mail	Organización
Mikeksin Quesada Gonzáles	Técnico	San José	Brunca	6120-7603	mgarcia@coopeagri.co.cr	CoopeAgri R.L.
José Juan Cervantes	Productor	San José	Brunca	6221-8333 - 2772-0121	cermodelvalle@gmail.com	ND
Moisés Mora Esquivel	Productor	San José	Brunca	83262630	ND	ND
José Manuel Bonilla Solís	Productor	San José	Brunca	83111228	jbonillasolis@gmail.com	ND
Alfonso Granados Gamboa	Productor	San José	Brunca	83390479 - 27381094	8granado@hotmail.com	ND
Julio César Barrantes	Técnico	San José	Brunca	8822-5385	jbarrantes@laica.co.cr	LAICA
William Bermudez	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8351-3608		ND
Fernando Arce Campos	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8433-5980		ND
Oscar Alfaro	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8860-9332	omav87@hotmail.com	ND
Erminio Arila Alpizar	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8834-6224		ND
Alvaro Araya Vindas	Técnico	Alajuela	Huetar Norte	8811-1712	aaraya@laica.co.cr	LAICA
Alcides Salazar	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8712-5935		ND
Anibal Quesada Salazar	Productor	Alajuela	Huetar Norte	6253-1919		ND
Andrés Jjimenez Angulo	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8356-7894		ND
Gilberto Castro Quesada	Productor	Alajuela	Huetar Norte	8434-7097		ND
Carmen Arrea Brenes	Productor	Guanacaste	Chorotega	8722-3373		ND
Edwin Monje	Productor	Guanacaste	Chorotega	8409-8859		ND
Melvin Clachar	Técnico	Guanacaste	Chorotega	8337-9545		CATSA
Tomás Fernández	Productor	Guanacaste	Chorotega	8327-7661		ND
Antonio Obando	Productor	Guanacaste	Chorotega	8316-9849		ND
Marcelino Arguedas	Productor	Guanacaste	Chorotega	8856-3376		ND
Hernán Rodríguez	Productor	Guanacaste	Chorotega		hrodriar23@gmail.com	MOJICA

Andrés Vasquez	Productor	Guanacaste	Chorotega	8855-3493		ND
Fernando Villalobos	Productor	Guanacaste	Chorotega		fvillalobos@elcantaro.net	ND
Alvaro Angulo, Rodríguez	Productor	Guanacaste	Chorotega	8361-6090, 8812-5531	aangulo@laica.co.cr, mrodriguez@laica.co.cr	LAICA
Javier Bolaños	Técnico	Alajuela	Central occidental	8827-3247		LAICA
Gilberto Calderón	Técnico	Cartago	Central oriental	8992-5625	gcalderon@laica.co.cr	LAICA

PARTICIPANTES DE LA VALIDACIÓN FINAL DE RESULTADOS CON LOS EXPERTOS DE LAICA-DIECA

Validación de resultados finales del estudio de prácticas agrícolas con capacidad para prevenir o reducir el impacto de eventos climáticos en el cultivo de caña

Fecha	Nombre	Cargo	Institución	Firma
08-09-2017	Marco Chaves			
08-09-2017	Álvaro Araya	Coordinador Región San Carlos	LAICA-DIECA	
08-09-2017	José Daniel Salazar	Jefe Programa Fitosanidad		
08-09-2017	Álvaro Angulo	Coordinador Región Cañas	LAICA/DIECA	
08-09-2017	Javier Bolaños	Coordinador Región Valle Central		
08-09-2017	Gilberto Calderón	Coordinador Región Turrialba	LAICA-DIECA	
08-09-2017	Roberto Alfaro	Jefe Programa Agronomía		
08-09-2017	Manuel Rodríguez	Coordinador Región Filadelfia	LAICA/DIECA	
27/9/2017	Julio César Barrantes Mora	Coordinador Región Sur	LAICA-DIECA	