

PRÁCTICAS EFECTIVAS PARA LA REDUCCIÓN DE IMPACTOS POR EVENTOS CLIMÁTICOS EN EL CULTIVO DE BANANO EN COSTA RICA

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

FICHA TÉCNICA

CULTIVO DE BANANO

Realizado con el aporte del Fondo de Adaptación

Elaborado por:

Armando Vargas Céspedes, Bsc¹
William Watler, MSc²
Mariela Morales, MSc³.
Raffaele Vignola, PhD⁴

Diciembre, 2017

Para la realización de este estudio se reconoce el apoyo de funcionarios de Corporación Bananera Nacional-CORBANA, del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), quienes aportaron significativamente al desarrollo de la investigación.

¹ Consultor CLADA, CATIE

² Miembro del Programa de Cambio Climático y Cuencas, CATIE

³ Investigadora/Project Manager CATIE.

⁴ Líder del Programa de Cambio Climático y Cuencas CATIE, Director de la Cátedra Latinoamericana en Decisiones Ambientales para el Cambio Global (CLADA), CATIE

Tabla de contenido

INTRODUCCIÓN	5
METODOLOGÍA	6
TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE BANANO	8
1. Especificaciones técnicas	8
2. Fases fenológicas del cultivo de banano	9
2.1 Descripción general de las fases fenológicas:	9
2.2 Especificaciones de las fases del ciclo fenológico por región productiva	10
3. Prácticas recomendadas para el manejo de la plantación	11
3.1 Preparación de suelo	11
3.2 Siembra	12
3.3 Material de propagación	12
3.4 Apuntalamiento	12
3.5 Deshija	12
3.6 Deshoja	13
3.7 Otras prácticas de campo	13
3.8 Fertilización	13
3.9 Manejo de malezas	14
3.10 Control de enfermedades	14
3.11 Control de plagas	16
ANÁLISIS DE EXPOSICIÓN DEL CULTIVO DE BANANO DE ACUERDO CON LAS CONDICIONES DE SITIO Y LAS AMENAZAS CLIMÁTICAS OBSERVADAS	18
1. Ubicación espacial de la principal región bananera en Costa Rica	18
2. Sistematización de información sobre la sensibilidad del cultivo a eventos climáticos	19
3. Identificación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos extremos que afectan la productividad en las regiones productoras de banano en Costa Rica	21
4.1 Base de datos DesInventar	24
IDENTIFICACIÓN DE PRÁCTICAS QUE PERMITAN PREVENIR Y/O REDUCIR EL IMPACTO DE LOS EVENTOS CLIMÁTICOS EN ES SISTEMA PRODUCTIVO DE BANANO	26
1. Prácticas para la reducción de impactos de eventos climáticos	26
2. Prácticas identificadas para la reducción de impacto de eventos climáticos por fase de cultivo de acuerdo con la consulta a expertos	28
3. Evaluación de las prácticas identificadas y su impacto sobre el agroecosistema	37
4. Cuantificación de costos de las prácticas identificadas	39



ANEXOS.....46

ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS DURANTE LA CONSULTA A EXPERTOS 46

ANEXO 2. LISTA DE EXPERTOS CONSULTADOS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO 56

LISTA DE ACRÓNIMOS

CATIE	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CLADA	Cátedra Latinoamericana en Decisiones Ambientales para el Cambio Global
CORBANA	Corporación Bananera Nacional
DDC	Dirección de Cambio Climático
IMN	Instituto Meteorológico Nacional
INEC	Instituto Nacional de Estadística y Censos
INS	Instituto Nacional de Seguros
MAG	Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	Ministerio de Ambiente y Energía
PBAE	Programa Bandera Azul Ecológica Categoría agropecuaria
SEPSA	Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria

INTRODUCCIÓN

A nivel mundial el cultivo de banano se posiciona como el cuarto cultivo alimenticio más importante después del maíz, arroz y trigo; alcanzando en promedio un 15% del volumen total de la producción de frutas en el mundo. Por lo que ha contribuido con el desarrollo económico y social en muchos países tropicales e intertropicales por la creación de empleos y divisas (Lara, 2009).

Costa Rica se ha catalogado como uno de los principales productores de banano comercial del mundo, ya que ostenta una productividad promedio de 2.325 cajas por hectárea, alrededor de 42 toneladas métricas que corresponde a una de las más altas del mundo; otro de los parámetros que posiciona al país en los primeros lugares productivos es la relación de área sembrada de 43.000 hectáreas y la producción de aproximadamente 100 millones de cajas; la cual hace que se perciban entre 650-700 millones de dólares anuales (CORBANA, 2011).

A nivel nacional, la actividad bananera ha reportado alrededor de un 29% de participación en las exportaciones del sector agrícola, representando un 2,2% del Producto Interno Bruto y un 5,2% de las exportaciones de bienes y servicios en Costa Rica; demostrando que el sector bananero es una de las principales fuentes de empleo y divisas. El principal mercado meta que tiene el país para la exportación de banano es la Unión Europea con un 54,7%, seguido del mercado estadounidense con 36,5% y el 8,8% restante es transportado a países como Iraq, Arabia Saudita, Rusia y países europeos que no están dentro de la Unión Europea (Bolaños, 2011; CORBANA, 2016).

Debido a la relevancia del cultivo en el país y considerando la variabilidad esperada en los patrones climáticos actuales y futuros como efecto del cambio climático, se requiere en primera instancia identificar y desarrollar las estrategias que permitan disminuir la vulnerabilidad del sector y así poder facilitar su adaptación para reducir los impactos negativos que estos cambios puedan traer al sector.

El presente documento resume los principales resultados del estudio realizado para el Instituto Costarricense de Seguros y por la Cátedra Latinoamericana de Decisiones Ambientales para el Cambio Global (CLADA) del CATIE. Estudio 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 banano en Costa Rica.

Como objetivo del estudio se pretende construir el conocimiento sobre buenas prácticas existente que pueden ayudar a los cultivos a mitigar los impactos de los eventos extremos en el país, y al mismo tiempo proveer al Instituto Nacional de Seguros (INS) 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 y considerando las áreas más representativas de producción, las buenas prácticas para la reducción de impactos de los eventos climáticos extremos sobre los sistemas agroproductivos (sistema productivo de banano).

Para alcanzar el objetivo propuesto, el estudio se dividió en tres 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 banano 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 la región productiva 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.

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. Asimismo, 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-MAG.

El marco metodológico se enfoca en responder a los siguientes objetivos:

- I. Tipificar el sistema productivo de interés.
- II. Determinar el grado de exposición de los cultivos, basado en sus condiciones de sitio y de las amenazas climáticas observadas.
- III. Identificar prácticas que permitan prevenir o bien reducir el impacto de los eventos climáticos en los sistemas productivos de interés.

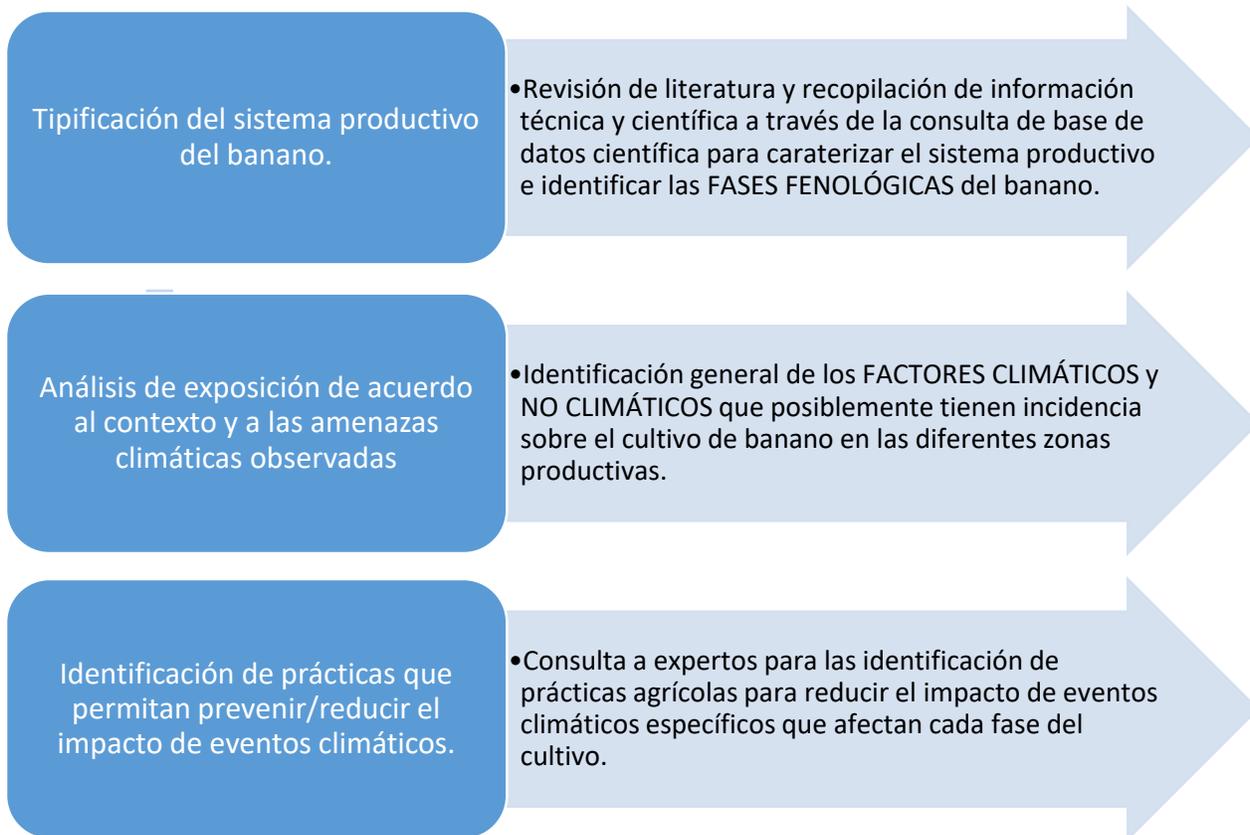


Figura 1. Proceso metodológico seguido para la identificación de prácticas agrícolas para reducir el impacto de eventos climáticos en el cultivo de banano.

TIPIFICACIÓN DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE BANANO

1. Especificaciones técnicas

El cultivo de banano es uno de los cultivos más importantes y de mayor interés económico para el país por su gran contribución a la generación de empleo y su aporte al Producto Interno Bruto. Como se puede observar en el cuadro 1, el cultivo de banano es originario del suroeste asiático y las regiones occidentales del Pacífico; en Costa Rica ingresó alrededor del año 1872 proveniente de Panamá (Rojas, 2011).

Cuadro 1. Generalidades taxonómicas del cultivo de banano

Nombre Común	Banano
Nombre Científico	<i>Musa sp</i>
Familia	Musáceas
Centro de Origen	Suroeste de Asia

Fuente: Azofeifa (2007); Alvarez (2013).

Cultivares

A nivel nacional los productores tienen a su disposición variedades que se adaptan a las diferentes condiciones edáficas-climáticas según las zonas de mayor producción de banano. Las variedades están distribuidas en diferentes zonas del territorio nacional, principalmente en la región Caribe; están adaptadas a las condiciones edáficas, climáticas y de relieve de cada zona productiva. En Costa Rica los cultivares más utilizada es el Cavendish, la cual es utilizada en mayor proporción por transnacionales para la exportación; los otros cultivares como banano criollo (Gross Michel), dátil o guineo cuadrado son utilizadas y mejoradas por productores pequeños (Escobedo, 2013). A continuación, se describen los principales cultivares utilizados en el país.

1. **Cavendish:** es un subgrupo de variedades que pertenecen al grupo de musaceas denominadas AAA, es la variedad de mayor importancia a nivel nacional y de mayor capital en el comercio mundial; dentro de los cultivares cavendish existen un gran diversidad de variedades y la más utilizada en el país es la Grand Naine o Gran enano. Esta se caracteriza por ser una planta con pseudotallo alto, hojas anchas, frutos medianos de excelente calidad, es resistente a la raza 1 de *Fusarium oxisporum*, tolerante al viento y a la sequía (Robinson & Galán, 2012).
2. **Gross Michel:** este material es conocido en el país como banano criollo, al igual que cavendish pertenece al grupo AAA, proviene de la mutación de Highgate-cocos, es susceptible al mal de panamá y fue la variedad más utilizada hasta los años de 1950 cuando las plantaciones a nivel nacional e internacional fueron arrasadas por *Fusarium oxisporum* raza 1. Se caracteriza por ser de porte alto (alrededor de 6m de longitud de pseudotallo), las hojas miden alrededor de un metro de ancho por cuatro metros de largo y el racimo es

de forma cilíndrica con capacidad de almacenar entre 10-14 manos. (Robinson & Galán, 2012; Escobedo, 2013).

3. **Datil:** es una variedad que pertenece al grupo AA, se caracteriza por ser de porte bajo, el pseudotallo es de coloración rojiza, hojas lanceoladas en posición erectófila y los frutos son pequeños y ovalados (Pérez, 2012).

2. Fases fenológicas del cultivo de banano

El ciclo fenológico del cultivo de banano se puede dividir en tres grandes etapas, iniciando desde la fase infantil (fase 1), hasta la fase reproductiva de la planta (fase 3). La duración del ciclo fenológico en promedio oscila en 404 días y está determinada por la variedad, la altitud, latitud y las condiciones edafoclimáticas de cada una de las regiones productivas.

2.1 Descripción general de las fases fenológicas:

A continuación, se describen las fases fenológicas del cultivo de banano. Estas fases fueron adaptadas con base en la revisión de literatura (Soto, 2014).

1. **Fase infantil:** se considera fase infantil desde el momento que germina el cormo recién sembrado o la aparición de los retoños o los llamados hijos. El desarrollo de las yemas laterales está influenciado por la planta madre, aproximadamente a los tres meses de edad el hijo alcanza una altura promedio de 50 cm, las hojas se presentan escuamiformes y pardas; el hijo comienza a independizarse cuando desarrolla entre 7,5-12,5 hojas muy reducidas y aparece la primera hoja con lamina foliar de 10 cm de ancho. La aparición de dicha hoja concluye la etapa infantil, es considerada como F10 y tiene una duración alrededor de 104 días.
2. **Fase juvenil:** la segunda fase comienza después de la hoja F 10, la cual es considerada como índice para calcular el crecimiento de la planta; seguidamente comienzan aparecer nuevas hojas (el número es variable según el desarrollo de la planta) hasta la aparición de la hoja Fm. La hoja Fm determina el inicio de la fase autónoma de la planta y se considera como la primera hoja normal; la cual presenta dimensiones muy parecidas al clon o planta madre, puede aparecer entre la hoja 13 y la 20 según el estado de desarrollo y no va depender directamente del crecimiento vegetativo de la planta. Además, se ha determinado que la hoja Fm se presenta entre los 10-50 días antes de la cosecha de la planta madre, mientras que la duración de la etapa es de aproximadamente 91 días.
3. **Fase reproductiva:** la última fase fenológica de banano comprende desde que aparece la hoja Fm que es considerada también como el inicio de la diferenciación floral hasta la cosecha del fruto. Al principio de esta etapa la planta ha emitido todas las hojas, pero solo alrededor de la mitad han podido emerger; esta etapa se puede subdividir en dos: hoja Fm

a F que dura alrededor de 125 días (comprende la floración) y de F a C que tiene una duración aproximada de 84 días hasta la cosecha.

El cultivo de banano tiene un ciclo de transición, esto consiste en que presenta diferentes estadios en una misma planta; donde se puede tener una planta madre en producción, un hijo desarrollado y un nieto o nueva brotación. Como se puede observar en la figura 2, la distribución en tiempo de una planta de banano según sus etapas fenológicas; donde el hijo sucesor se comienza a desarrollar a los 168 días del inicio de la planta madre.

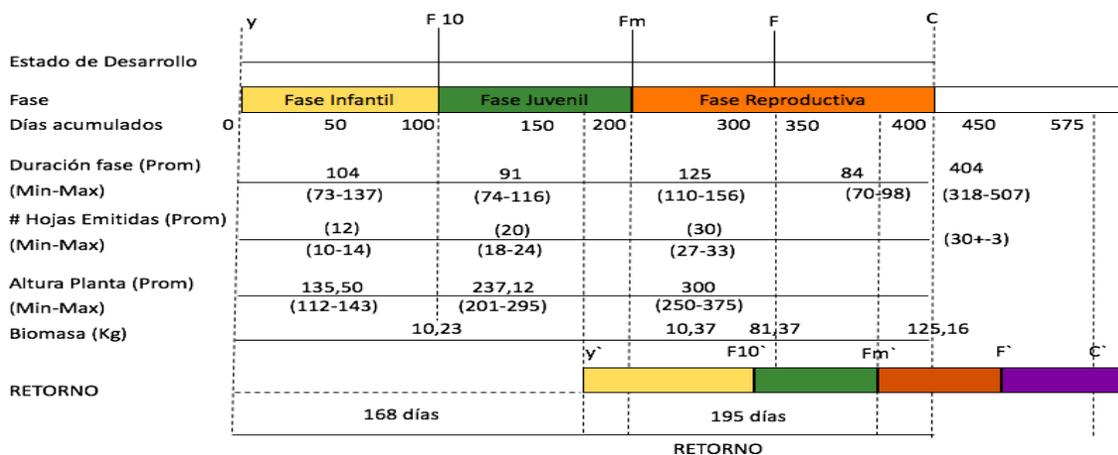


Figura 2. Representación del desarrollo fenológico por fase de una planta y su retoño

Fuente: Soto, 2014.

2.2 Especificaciones de las fases del ciclo fenológico por región productiva

- Región productiva Huetar Caribe

De acuerdo con expertos de la región productiva Huetar Caribe, el ciclo del cultivo de banano tiene una duración aproximada entre treinta y cinco a treinta y siete semanas después de la siembra. Las variedades que se utilizan en la región del Caribe para el banano comercial son la Valery y Gran enano; esta última es la más utilizada en la región por ser una variedad de porte bajo, buena adaptación, resistencia a *Fusarium*, precocidad y alta productividad. El diseño de siembra ha venido en transición de tresbolillo a hexágono para aumentar las unidades productivas por hectárea.

La fase infantil en esta región tiene una duración aproximada de catorce coma cuatro semanas (la etapa más larga del ciclo), la etapa juvenil dura alrededor de diez coma tres semanas, seguidamente se da la fase reproductiva que comienza con la aparición de la inflorescencia hasta la cosecha y dura alrededor de doce coma tres semanas. En el cuadro 2 se ilustra el ajuste realizado en los meses e intervalos de duración de cada fase en la región productiva de Huetar Caribe.

Cuadro 2. Ciclo fenológico del cultivo de banano en la región Huetar Caribe

0 -----14,4 SDS-----24,7 SDS-----35-37 SDS		
Fase infantil	Fase juvenil	Fase reproductiva
		
SDS: Semanas después de la siembra/deshija		

Fuente: Elaborado con expertos

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 banano en Costa Rica.

3.1 Preparación de suelo

La preparación adecuada del terreno según Bolaños *et ál* (2011) es una de las principales prácticas en el cultivo de banano para alcanzar mayores rendimientos; a nivel nacional se han utilizado la preparación tradicional y la mecanizada. La primera tiene la ventaja que no deforma el suelo y aumenta la cantidad de materia orgánica por la descomposición de los restos de cosecha; no obstante, el costo de mano de obra para picar y distribuir los vástagos es muy alta. El sistema mecanizado se realiza con maquinaria agrícola; antes de la siembra se efectúa la nivelación del terreno con dragas, se realizan varias pasadas con tractores subsolando y arando el suelo para reducir la compactación y mejorar la infiltración.

Posteriormente se realiza el marcado o seccionamiento donde se va llevar a cabo la siembra; ya teniendo medido el área se procede a la construcción de domos, este consiste en preparar los canales terciarios y distribuir el suelo para eliminar encharcamientos y mantener el nivel freático a una profundidad mayor a 120 cm. En suelos de textura franco arenosas y de poca profundidad se recomienda realizar camellones para mejorar el desarrollo radicular.

3.2 Siembra

Como se mencionaba anteriormente, antes de realizar la siembra se debe seleccionar un cultivar vigoroso, libre de enfermedades y que se adapte a las condiciones edafoclimáticas del sitio seleccionado para la siembra. La densidad de siembra y el arreglo espacial están muy correlacionados con el tipo de cultivar a utilizar; en el país se utilizan diferentes arreglos espaciales, algunos se mantienen, otros se han dejado de utilizar y muchos han comenzado a incursionar en el sistema productivo. Algunos ejemplos de arreglos espaciales utilizados en Costa Rica son: cuadro, rectángulo, triángulo equilátero, doble hilera, calle ancha o tres por dos y arreglo de hexágonos Bolaños *et ál* (2011).

3.3 Material de propagación

El material utilizado para la siembra de banano es el cormo; puede provenir de plantas paridas (mayor cantidad de reservas), cormos de 3-5 Kg de plantas no paridas (método más utilizado en la expansión bananera), hijos de espada o rebrotes (estos son llevados primero al vivero antes de campo) y por medio de cultivo de tejidos; este es el método más utilizado en la actualidad por ser libres enfermedades, presentan mayor vigor y homogeneidad. Las semillas de banano en forma general que se seleccionen deben estar libres de nematodos, que provengan de terrenos libres de patógenos (hongos y bacterias) y se recomienda tratarlos con agua caliente (52 - 55 °C) durante 15 - 20 minutos; aplicar productos químicos preventivos y curativos para evitar la propagación de algún problema fitosanitario (Godoy, 2003).

3.4 Apuntalamiento

El principal objetivo de esta práctica según Araya *et ál* (2011) es impedir o bien evitar que las plantas de banano sufran caídas durante el desarrollo y el llenado de racimo que comprende desde la parición hasta la cosecha. Existen tres tipos de apuntalamiento:

- *Apuntalamiento rígido*: se basa en la utilización de materiales como bambú, caña brava o madera para soportar el peso de la planta; se colocan al sentido contrario de la caída de la planta cerca del raquis.
- *Apuntalamiento con cuerda*: a nivel nacional es el sistema más utilizado por productores bananeros y consiste en amarrar un extremo de la planta entre la tercera y cuarta hoja; mientras el otro extremo es amarrado al sentido contrario de la caída en la parte basal de plantas vecinas. El material utilizado para el amarre es la piola o cuerda polipropileno.
- *Apuntalamiento aéreo*: consiste en amarrar con una cuerda de polipropileno la tercera y cuarta hoja contrario a la caída; el otro extremo es amarrado a un cable aéreo utilizando un plomo. Este sistema tiene como desventaja la parte económica (alto costo de implementación y mantenimiento), además que debe de contemplar el arreglo espacial y si la siembras son nuevas o de renovación.

3.5 Deshija

La deshija se basa en la selección de un hijo lateral promisorio (los hijos primarios) que va a

generar la próxima generación y la eliminación de los otros hijos conocidos como hijos de agua (plantas improductivas); otro de los objetivos de la deshoja, es conservar la secuencia de madre, hijo y nieto; así como también mantener el ordenamiento lineal de las plantas dentro de las hileras (Saritama & Padilla, 2009).

3.6 Deshoja

Esta práctica consiste en realizar la limpieza y eliminación de las hojas secas, con daños mecánicos o con presencia de enfermedades que funcionen como inóculo de algún patógeno. El corte de la hoja se debe realizar lo más cercano a la base en caso de eliminar totalmente la hoja afectada y cuando las lesiones son menores, se recomienda utilizar una poda quirúrgica exclusivamente en la parte afectada. Cuando la planta se encuentra con el racimo; se eliminan las hojas que interfieran con el desarrollo del racimo con el afán de alcanzar mayor exposición de luz, calor y el regular el paso de aire (Rivera, 2012).

3.7 Otras prácticas de campo

La producción del banano se puede ver afectada por el tamaño y grosor de los dedos que se cosechen; según Azofeifa (2006) se recomienda realizar las siguientes prácticas:

- *Desflore*: consiste en eliminar de forma temprana las estructuras florales que están adheridas al dedo del banano; el momento de desflore ocurre cuando los dedos se encuentran en posición horizontal al suelo, lo que provoca que el látex se cristalice sin manchar el producto perecedero.
- *Desmane*: consiste en la eliminación de las manos apicales (últimas manos) a partir de la última mano falsa (primera mano incompleta de arriba hacia abajo), a esta se le deja un dedo llamado espuela y se eliminan desde ese punto hacia abajo. En plantaciones renovadas se utiliza el desmane de falsa +3; lo que quiere decir es que se elimina la mano falsa y tres manos apicales.
- *Desdede*: la práctica se basa en eliminar los dedos laterales en cada mano del racimo y se realiza después de que la bráctea se haya desprendido; lo que ayuda a mejorar la formación de la fruta.
- *Embolse*: esta labor consiste en colocar bolsas especiales de polietileno para proteger la fruta de daños físicos, las cuales son impregnadas con insecticidas registrados para el cultivo; además crean un microclima óptimo para la formación y llenado del fruto. Cuando se coloca la bolsa, también se fija una cinta plástica de diferente color (cada color señala la edad del racimo).

3.8 Fertilización

La planta de banano morfológicamente tiene un sistema radical extraente y presenta rápido crecimiento vegetativo; lo que provoca una gran capacidad de extracción de nutrientes del suelo. La fertilización se puede realizar de forma granular, orgánica y foliar dependiendo de las necesidades del cultivo en relación con los análisis foliares y de suelo. La dosis por planta varía

entre 60-120 gramos por planta dependiendo del estado fenológico del cultivo; no obstante, se recomienda utilizar mayor frecuencia en las fertilizaciones con una menor dosis, por ejemplo: aplicar 3 sacos de 45 kg/ha cada 3 semanas o 2 sacos de 45 kg/ha cada 2 semanas dependiendo de la formulación requerida por el cultivo (Araya *et ál*, 2011).

3.9 Manejo de malezas

El control de malezas en la plantación de banano es de suma importancia ya que estas plantas compiten con el cultivo por la absorción de nutrientes, la disponibilidad de agua y la cantidad de horas luz necesarias para la fotosíntesis; además de ser hospederas de plagas y enfermedades como sigatoka negra. El punto crítico de las malezas (principalmente gramíneas) en la competencia con el cultivo se presenta en la primera fase de desarrollo de banano (hijos nuevos, siembras nuevas o renovación); ya que provoca atrasos en el crecimiento y desarrollo de la planta (Rodas & Godoy, 2003).

Las malezas que más afectan en banano son las gramíneas (*Paspalum paniculatum*, *Eleusine indica*, *Digitaria horizontalis*) dicotiledóneas (*Borreria sp*, *Acalipha sp*, *Galinsoga sp*, *Phyllanthus niruri* y *Drymaria cordata*) ciperáceas (*Cyperus diffusus*, *C. flavus* y *C. luzulae*) y plantas trepadoras como *Ipomoea sp*. El control de malezas se realiza mediante el uso de aplicaciones químicas; estas han venido en transición por su alta fitotoxidad al utilizar productos herbicidas no residuales sistémicos, después se comenzó a utilizar productos pre-emergentes como ureas sustituidas o triazinas, posteriormente se incorporaron herbicidas post-emergentes con fitotóxicidad para las plantas y personas. Por lo que en la actualidad se buscan alternativas con bajo impacto para la salud humana y al medio ambiente como chapias, uso de coberturas y la aplicación productos orgánicos (Rodas & Godoy, 2003; Alvarado, 2006).

3.10 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 banano son:

- Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*): en la actualidad es la enfermedad de follaje más importante que ataca el cultivo de banano; el patógeno es un hongo ascomicete llamado *Mycosphaerella fijiensis*; se reproduce de forma asexual por medio de lesiones juvenes, donde los conidios emergen por los estomas en la parte abaxial de la hoja y son dispersados por las gotas de lluvia. Mientras que la reproducción sexual es la de mayor importancia, ya que en lesiones maduras produce peritecios o pseudotecios (estructuras de reproducción) que almacenan las ascosporas que pueden ser liberadas en condiciones de alta humedad y dispersadas a largas distancias (Araya *et ál*, 2011; Carr, 2009).

El combate se ha realizado principalmente con productos químicos de forma aérea por medio de avionetas o helicópteros; debido las condiciones tropicales y a la zonificación donde se encuentran la mayoría de fincas bananeras en el país, se dificultad mantener baja la presencia de la enfermedad y aumenta la cantidad de aplicaciones por ciclo de cultivo

(17-35 año 90-94 y en la actualidad 28-52 ciclos de fungicidas). Otra de las alternativas de control para reducir los problemas de la enfermedad es realizar prácticas culturales como la deshoja o la eliminación de plantas afectadas severamente, densidades de siembra adecuadas, control de malezas y un plan de fertilización adecuado a las necesidades del cultivo; así como también el uso de agentes controladores biológicos como hongos quitinolíticos y bacterias antagónicas como *bacillus subtilis* (Azofeifa, 2007; CORBANA, 2009).

- Marchitez (*Fusarium oxisporum* f. cubense): es considerada la enfermedad más destructiva de las musaceas a través de la historia; el patógeno al ingresar a la planta afecta la absorción y translocación de agua y nutriente, ya que bloquea el sistema vascular de la planta. Al no realizarse los procesos fisiológicos, la planta presenta marchitez gradual hasta morir, este proceso puede durar semanas o meses dependiendo del grado de infección de la enfermedad. Internamente las raíces y los cormos se observan color café oscuro; en grados de afectación alta esta coloración se puede observar en el pseudopeciolo y vena central de la hoja (Carr *et ál*, 2017).

Fusarium se disemina principalmente por el movimiento de meristemas infectados, el salpique de agua, la escorrentía superficial, llenas o inundaciones, herramientas infectadas y por la diseminación de insectos como el picudo negro que pasa de una planta enferma a una sana. Los métodos de control de la enfermedad son básicamente preventivos y culturales como la utilización de variedades con resistencia genética, la eliminación de plantas enfermas, la compra de materiales libres de la enfermedad y el control biológico con *Trichoderma harziarum*, *Bacillus* y *Pseudomonas* (Lara, 2009).

El patógeno a través de los años se ha presentado en razas diferentes y ha provocado que las medidas preventivas sean más estrictas para su control; en el país se encuentra la raza 1, la cual provocó que las variedades Gross Michel vayan desapareciendo. En Costa Rica se realizan las medidas fitosanitarias para evitar la entrada de *Fusarium* raza 4, la cual afecta a los sub-grupos de Cavendish y provocaría pérdidas estrepitosas para el mercado nacional (Guzmán & Sandoval, 2015). Según los mismos autores mencionan las siguientes recomendaciones:

- o Llevar un registro de personas que ingresan a la finca.
- o Disponer de calzado (botas de hule) para las personas que quieren ingresar a la plantación.
- o Restringir el ingreso a la plantación y empacadora a personas que no lo requieran.
- o No permitir el ingreso a personas que hayan estado en plantaciones de países con presencia de este patógeno.
- o Establecer puestos de desinfección del calzado en las entradas y salidas de las plantaciones.

- Desinfectar la herramienta cada vez que se vaya a utilizar.
 - Lavar y desinfectar la maquinaria o equipo agrícola que vaya ingresar a las fincas bananeras.
 - Utilizar productos desinfectantes a base de amonio cuaternario.
- Pobredumbre bacteriana (*Erwinia sp*): esta enfermedad es causada por la bacteria *Erwinia* que afecta a todas las musáceas y atacan principalmente al pseudotallo y rizomas; es favorecida por condiciones de sequía y la deficiencia nutricional de la planta. La diseminación de la enfermedad se realiza por el paso de maquinaria y por los residuos de plantas infectadas que persisten en el suelo; al sembrar los meristemos, las raíces pueden sufrir lesiones que sirven de entrada al patógeno (Manzano, 2013).

Las plantas infectadas presentan doblamiento en la parte media del pseudotallo y manchas acuosas en las vainas foliares; el manejo de la enfermedad se debe de realizar preventivo y evitar que el patógeno ingresa a la planta. La desinfección de herramientas, eliminación de plantas enfermas, desinfección con calcio en el punto de siembra y utilizar meristemos libres de la enfermedad (Manzano, 2013).

3.11 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 banano son:

- Picudo negro (*Cosmopolites sordidus*): es una de las principales plagas del cultivo de banano y en el país es la de mayor importancia económica; pertenece al orden coleóptero, es originario del sudeste de Asia y se ha propagado por todas las regiones tropicales y subtropicales donde haya presencia de musáceas. El picudo ataca principalmente el corno de la planta, al ingresar forma galerías que dificulta el transporte de agua y nutrientes necesarios para el desarrollo de la planta; además baja la productividad, provoca debilitamiento y volcamiento de la planta (Amador *et al*, 2015).
El control de *C. sordidus* se realiza con aplicación de insecticidas en cultivos comerciales, aunque su uso indiscriminado ha provocado resistencia algunas moléculas, proliferación de plagas secundarias y disminución de insectos benéficos dentro del sistema. Otra de las alternativas de combate es el uso de controladores biológicos como *Beauveria bassiana*; el objetivo de este combate es reducir las poblaciones de picudo negro disminuyendo el uso de agroquímicos y realizar un manejo apropiado con el medio ambiente (Amador *et al*, 2015; Rodríguez *et ál*, 2010).
- Cochinilla (*Pseudococcus elisae*): la cochinilla es un hemiptero chupador que se alimenta de los fluidos que extraen de los tejidos vegetales, se presentan en la mayoría de órganos de la planta como la hoja, pseudotallo, el pinzote o en la fruta; además, facilita el

crecimiento de fumagina gracias a las sustancias melosas que excretan y su población aumenta en periodos de floración. El muestreo poblacional de la plaga se realiza de forma aleatoria por cable (10 Ha), se toman 10 racimos y 20 pseudotallos para analizar; el control de la plaga se realiza utilizando cintas impregnadas con clorpirifos, aplicación de sales potásicas y el control biológico con *Crytolaemus montrouzieri* y *Chrysoperla* (Guillén *et ál*, 2010).

- Escama (*Diaspis boisduvallii*): al igual que las cochinillas, la escama es un hemiptero chupador que se alimenta de fluidos y provoca la aparición de fumagina; la plaga se establece principalmente en la corona, el pinzote y los dedos donde provocan lesiones concavas y cloróticas. El manejo se realiza con la utilización de bolsas con bupofrezina, aplicación de detergente industrial y el control biológico; la escama tiene un amplio grupo de enemigos naturales como avispas parasitadoras de la familia *Aphytis*, depredadores (*Pentilia sp*, *Delphatus sp.*) y crisopas (*Ceraeochrysa sp.*) (Guillén *et ál*, 2010).
- Nematodos (*Radopholus similis*): A nivel mundial los nematodos pueden tener presencia en la mayoría de cultivos, de los cuales un 90% son benéficos y el otro 10% son dañinos; en plantaciones de banano se han encontrado una serie de nematodos dañinos como *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne incognita*, *Radopholus similis*, *Pratylenchus coffeae* y *Helicotylenchus multicinctus*. Sin embargo, *R. similis* es la principal especie en el cultivo de banano, constituye poblaciones entre 82-97% que se encuentran en el cormo y raíces (Morales, 2014).

Este nematodo se considera un endoparásito migratorio, ya que puede terminar su ciclo de vida dentro del tejido radicular y los cormos en periodos de 20-25 días a temperaturas de 24-32 °C (la temperatura óptima para su desarrollo es de 25-30°C); además de ser un parásito obligado (necesita tejidos vivos para sobrevivir). El nematodo ingresa por medio de perforaciones que realiza en la pared celular de las raíces, están se desplazan desde las raíces hasta el cormo provocando necrosis y muerte de raíces; así como disminuyen la absorción de agua y nutrientes hacia el cormo (Morales, 2014).

El control se realiza principalmente con la aplicación de nematicidas cuando la población sobrepasa el umbral económico (8000 nematodos por cada 100 gramos de raíz) por medio de productos granulados o inyectados dentro del cormo o vástago para que se transporte hasta el cormo. Además, se puede utilizar el control biológico con hongos entomopatógenos como *Paecilomyces lilacinus*, *Trichoderma*, *Arthrobotrys cladode*, *Aspergillus niger* y bacterias como *Burkholderia cepacia*, *Bacillus thuringiensis* y *Pasteuria penetrans* (CORBANA, 2009; Uva *et ál*, 2009).

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

En el presente apartado se describen los resultados del análisis de exposición del sector bananero considerando las condiciones de sitio/región versus sus potenciales amenazas climáticas y no climáticas que lo impactan. En ese proceso, se elaboró inicialmente el mapa de ubicación geoespacial de la región con mayores coberturas (superficies) bananeras en el territorio nacional según el Censo Agropecuario (2017) y las entrevistas realizadas a los especialistas del MAG-Región Huetar Caribe, consecutivamente se procedió a la identificación y al análisis de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos a la que está expuesto el sistema productivo del cultivo de banano comercial, esto para la región Huetar Caribe considerada la de mayor producción bananera en el país. Los resultados obtenidos del proceso descrito fueron consultados y validados con los expertos locales, regionales y nacionales.

1. Ubicación espacial de la principal región bananera en Costa Rica

La región Huetar Caribe que se ilustra en la figura 3, muestra las mayores coberturas (superficies) de plantaciones de banano de la variedad comercial y criolla en el territorio nacional (según especialistas del MAG, 2018).

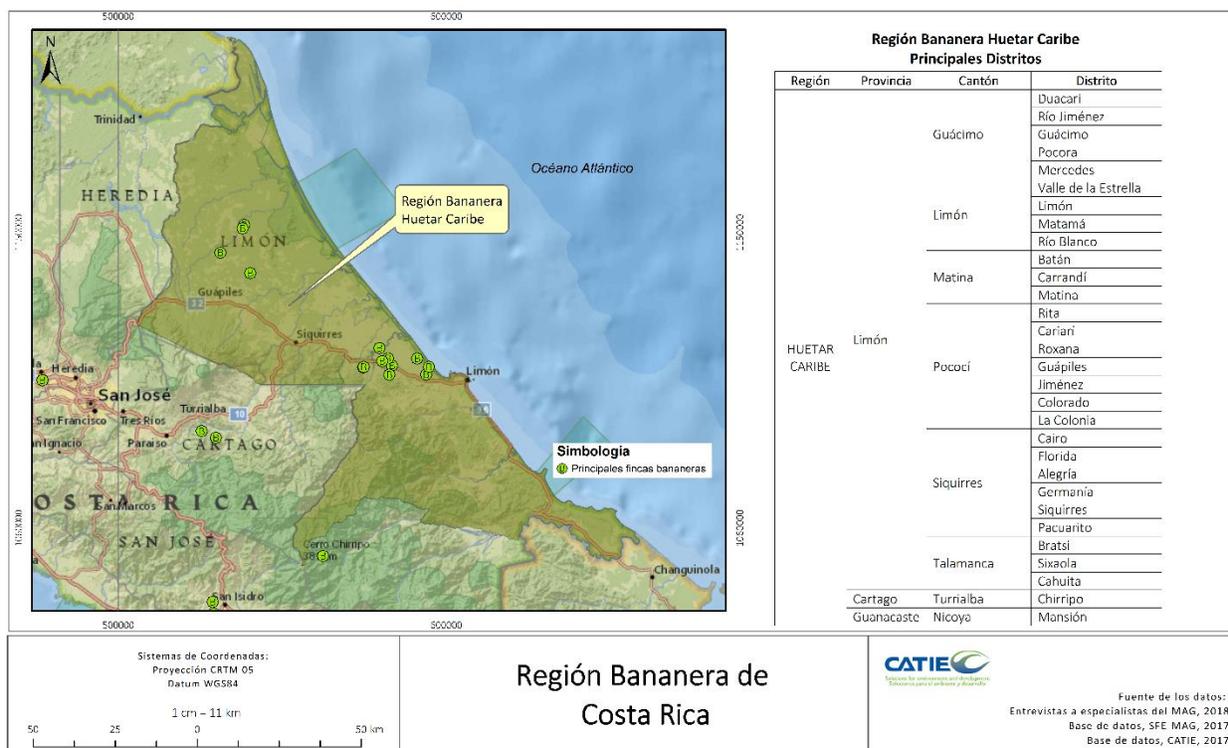


Figura 3. Región Huetar caribe productora de banano de la variedad comercial y criolla, en Costa Rica
Fuentes: Especialistas del MAG, 2018; Censo Agropecuario, 2017; CATIE, 2017

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

De acuerdo con la información recabada en la literatura (cuadro 3), los efectos de los eventos climáticos en el cultivo de banano están relacionados con la disponibilidad de agua en las diferentes fases y del 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 3. Aspectos climáticos que pueden ser críticos para el desarrollo del cultivo de banano por fase del ciclo fenológico

Criterio	Fases del ciclo de banano		
	Fase infantil	Fase juvenil	Fase reproductiva
Puntos críticos relacionados al clima	Las raíces del banano son muy sensibles a condiciones prolongadas de exceso de humedad. La textura y estructura del suelo deben de brindar buena aireación; así como llevar o mantener el pH óptimo para un bien desarrollo de la plantación ¹ Las raíces son de crecimiento rápido y muy sensibles al déficit o exceso hídrico, ya que el 65 por ciento de ellas se encuentra en los primeros 30 centímetros del suelo ¹	Las raíces del banano son muy sensibles a condiciones prolongadas de exceso de humedad. La textura y estructura del suelo deben de brindar buena aireación; así como llevar o mantener el pH óptimo para un bien desarrollo de la plantación ¹ Las raíces son de crecimiento rápido y muy sensibles al déficit o exceso hídrico, ya que el 65 por ciento de ellas se encuentra en los primeros 30 centímetros del suelo ¹	Las raíces del banano son muy sensibles a condiciones prolongadas de exceso de humedad. La textura y estructura del suelo deben de brindar buena aireación; así como llevar o mantener el pH óptimo para un bien desarrollo de la plantación ¹ Las raíces son de crecimiento rápido y muy sensibles al déficit o exceso hídrico, ya que el 65 por ciento de ellas se encuentra en los primeros 30 centímetros del suelo ¹
	El déficit hídrico provoca arrechamiento de las plantas (restricción en la tasa de emisión foliar), las hojas presentan clorosis, disminuye turgencia y provoca el doblamiento de la misma a nivel de la inserción de la vaina con el pseudotallo; en casos más severos el sistema radicular se compromete y muere ²	El déficit hídrico provoca arrechamiento de las plantas (restricción en la tasa de emisión foliar), las hojas presentan clorosis, disminuye turgencia y provoca el doblamiento de la misma a nivel de la inserción de la vaina con el pseudotallo; en casos más severos el sistema radicular se compromete y muere ²	El déficit hídrico provoca arrechamiento de las plantas (restricción en la tasa de emisión foliar), las hojas presentan clorosis, disminuye turgencia y provoca el doblamiento de la misma a nivel de la inserción de la vaina con el pseudotallo; en casos más severos el sistema radicular se compromete y muere ²

	<p>Los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, precipitación y ráfagas de viento pueden afectar la inserción de nutrimentos a través de la hoja.³ Temperaturas alrededor de 47,5°C ocasionan quemaduras en ciertas zonas de la hoja o secarlas por completo.⁴ El cultivo al estar a temperaturas de 38°C provoca estrés hídrico, detiene el crecimiento por el cierre estomático y provoca marchitamiento.⁴ Es importante mencionar que la temperatura óptima para iniciar la floración se encuentra cerca de los 22°C. Además que el límite inferior para el desarrollo de la planta se ubica en los 16°C y su crecimiento y acumulación de materia seca se detiene a los 14°C²</p>	<p>Los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, precipitación y ráfagas de viento pueden afectar la inserción de nutrimentos a través de la hoja.³ Temperaturas alrededor de 47,5°C ocasionan quemaduras en ciertas zonas de la hoja o secarlas por completo.⁴ El cultivo al estar a temperaturas de 38°C provoca estrés hídrico, detiene el crecimiento por el cierre estomático y provoca marchitamiento.⁴ Es importante mencionar que la temperatura óptima para iniciar la floración se encuentra cerca de los 22°C. Además que el límite inferior para el desarrollo de la planta se ubica en los 16°C y su crecimiento y acumulación de materia seca se detiene a los 14°C²</p>	<p>Los factores ambientales como la temperatura, humedad relativa, precipitación y ráfagas de viento pueden afectar la inserción de nutrimentos a través de la hoja.³ Temperaturas alrededor de 47,5°C ocasionan quemaduras en ciertas zonas de la hoja o secarlas por completo.⁴ El cultivo al estar a temperaturas de 38°C provoca estrés hídrico, detiene el crecimiento por el cierre estomático y provoca marchitamiento.⁴ Es importante mencionar que la temperatura óptima para iniciar la floración se encuentra cerca de los 22°C. Además que el límite inferior para el desarrollo de la planta se ubica en los 16°C y su crecimiento y acumulación de materia seca se detiene a los 14°C²</p>
<p>Fitosanitarios relacionados al clima (Sigatoka Negra)</p>	<p>La incidencia y severidad de la enfermedad se ven condicionados por las interacciones que existan entre patógeno y los factores climáticos como humedad relativa, temperatura y precipitación y la susceptibilidad del cultivo variedad ⁵ El elevado régimen de lluvias y el clima cálido, favorecen notablemente el desarrollo de esta enfermedad³</p>	<p>La incidencia y severidad de la enfermedad se ven condicionados por las interacciones que existan entre patógeno y los factores climáticos como humedad relativa, temperatura y precipitación y la susceptibilidad del cultivo variedad ⁵ El elevado régimen de lluvias y el clima cálido, favorecen notablemente el desarrollo de esta enfermedad³</p>	<p>La incidencia y severidad de la enfermedad se ven condicionados por las interacciones que existan entre patógeno y los factores climáticos como humedad relativa, temperatura y precipitación y la susceptibilidad del cultivo variedad ⁵ El elevado régimen de lluvias y el clima cálido, favorecen notablemente el desarrollo de esta enfermedad³</p>
<p>Picudo negro (<i>Cosmopolites sordidus</i>)</p>	<p>Los ataques más severos se producen en plantaciones viejas y en plantas debilitadas por la sequía, deficiencias nutricionales u otras plagas⁶</p>	<p>Los ataques más severos se producen en plantaciones viejas y en plantas debilitadas por la sequía, deficiencias nutricionales u otras plagas</p>	<p>Los ataques más severos se producen en plantaciones viejas y en plantas debilitadas por la sequía, deficiencias nutricionales u otras plagas</p>

¹ Soto Ballesterero, M. (2014). *Bananos, conceptos básicos*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.

² Alvarez Cubillo, W. (2013). *Efecto del raquis floral de banano procesado sobre el vigor de la planta y la incidencia del desorden fisiológico conocido como "BALASTRO" en banano (Musa sp. AAA Gran Nain) en Río Frío, Sarapiquí, Heredia*. Instituto Tecnológico de Costa Rica – Sede Regional San Carlos, San Carlos.

³ Azofeifa Alvarado, D. (2007). *Efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B en la severidad de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet), en el crecimiento y la producción del banano (Musa AAA, cv. Grande Naine)*. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos, San Carlos.

⁴ Soto, E., & Guzman, M. (2011). *Unidades de calor (UC): Su interpretación y utilidad en la producción de banano*. CORBANA, Dirección de investigaciones, sección de fitopatología, San José.

⁵ Carr R, C. (2009). *Aislamiento y selección de hongos antagonistas en plantaciones de banano (Musa AAA) para el combate biológico de la Sigatoka negra*. Instituto Tecnológico de Costa Rica- Sede Regional San Carlos, Escuela de Agronomía, San Carlos.

⁶ Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., & Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *COSMOPOLITES SORDIDUS* en condiciones in vitro. *Agronomía Costarricense*, 39 (3), 47-60.

⁷ Brenes Prendas, S. (2010). *Alternativas para el manejo de Sainillo (DIEFFENBACHIA OERSTEDII SCHOTT; ARACEAE) en el cultivo de banano (Musa AAA)*. San Pedro, San Jose, Costa Rica.

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

Para realizar el análisis de exposición se procedió a la identificación y valoración del grado de impacto de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos extremos que repercuten o bien afectan la productividad del banano de la variedad comercial y criolla, consecutivamente se procedió con la valoración del grado de su impacto para cada etapa fenológica de su desarrollo productivo. Ambas actividades fueron realizadas para la región productiva bananera Huetar Caribe.

Los resultados de la identificación de los factores de exposición tienen como fuente de información primaria, las consultas realizada a especialistas del MAG para la región productiva Huetar Caribe; información que fue complementada y comparada con otras fuentes de información existente, como, por ejemplo, la información de la plataforma DesInventar, la información de la base de datos del Instituto Meteorológico Nacional (IMN) e información del Censo agropecuario del año 2017.

A continuación, se describe los resultados obtenidos de la región Huetar Caribe, sobre la base de su grado de afectación (de muy alta a alta afectación) y resaltando los eventos climáticos y no climáticos que la impactan.

- **Región productiva Huetar Caribe (variedad comercial)**

En lo que corresponde a las variedades comerciales, el resultado de la valoración global de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 60 puntos caracterizada de media afectación climática y no climática a la exposición. Información que se representa con mayor detalle en la figura 4.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en la producción bananera para la variedad comercial, sobresalen:

Muy alta afectación:

- Inundaciones / anegamiento del cultivo por fuertes lluvias

Alta afectación:

- Lluvias extremas en intensidad y tiempo
- Bajas temperaturas

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en cada etapa fenológica del desarrollo productivo para la variedad comercial, se resaltan:

- Preparación de terreno: esta etapa tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, humedad relativa (%), déficit hídrico, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus*, *Radophulus similis* y *Metamasius hemipterus*, enfermedades como la *Ralstonia solanacearum* y *Erwinia sp.*, por tipos y textura de suelos, así como por manejo de

- plantación y mano de obra, y alta afectación por altitud (msnm) y viento.
- Fase infantil; tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, humedad relativa (%), déficit hídrico, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus* y *Radophulus similis*, enfermedades como la *Mycosphaerella fijiensis*, *Ralstonia solanacearum* y *Erwinia sp.*, por tipos y textura de suelos, así como por manejo de plantación y mano de obra, y alta afectación por altitud (msnm), viento, y por la plaga como la *Metamasius hemipterus*.
- Fase juvenil; tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, humedad relativa (%), déficit hídrico, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus* y *Radophulus similis*, enfermedades como la *Mycosphaerella fijiensis*, *Ralstonia solanacearum* y *Erwinia sp.*, por tipos y textura de suelos, así como por manejo de plantación y mano de obra, y alta afectación por altitud (msnm), viento, y por la plaga como la *Metamasius hemipterus*.
- Fase reproductiva; tiene muy alta afectación por temperaturas, lluvias en exceso, humedad relativa (%), viento, déficit hídrico, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus* y *Radophulus similis*, enfermedades como la *Mycosphaerella fijiensis*, *Ralstonia solanacearum* y *Erwinia sp.*, por tipos y textura de suelos, así como por manejo de plantación y mano de obra, y alta afectación por altitud (msnm) y por la plaga como la *Metamasius hemipterus*, Escama y Cochinilla Harinosa.
- Cosecha; tiene una alta afectación por plagas como la Escama y Cochinilla Harinosa.

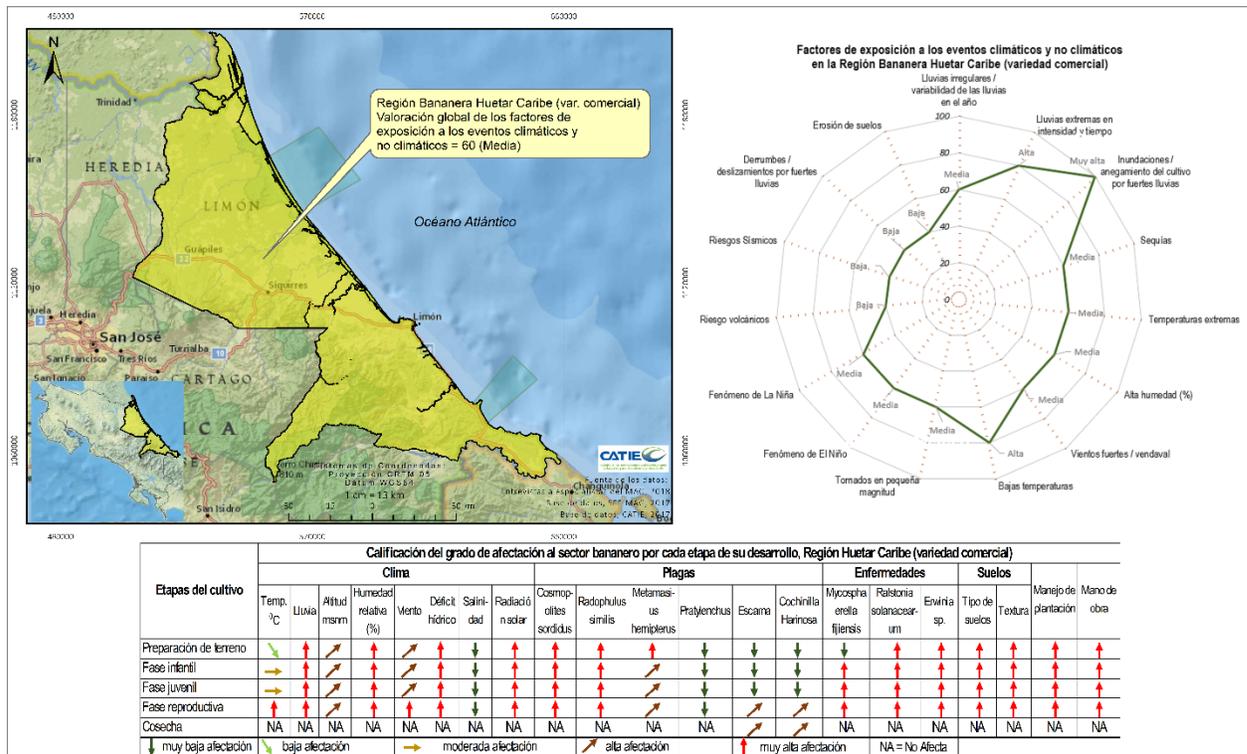


Figura 4. Mapa de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en la Región bananera Huetar Caribe (variedad comercial)

- **Región productiva Huetar Caribe (variedad criolla)**

En la región Huetar Caribe correspondiente a las variedades criollas, el resultado de la valoración global de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos, de acuerdo con el análisis de expertos, es de 76,2 puntos caracterizada de alta afectación climática y no climática a la exposición. Información que se representa con mayor detalle en la figura 5.

En relación al grado de afectación de los factores de exposición a los eventos climáticos y no climáticos en la producción bananero de la variedad criolla, sobresalen:

Muy alta afectación:

- Lluvias irregulares /variabilidad de las lluvias en el año
- Tormentas tropicales, huracanes, ciclones
- Inundaciones / anegamiento del cultivo por fuertes lluvias

Alta afectación:

- Lluvias extremas en intensidad y tiempo
- Sequías
- Temperaturas extremas
- Olas de calor
- Variabilidad de la temperatura
- Alta humedad (%)
- Vientos fuertes / vendaval
- Tornados en pequeña magnitud
- Fenómeno de El Niño
- Fenómeno de La Niña

En relación al grado de muy alta a alta afectación agroclimática en cada etapa fenológica del desarrollo productivo para la variedad criolla, se resaltan:

- Preparación de terreno; esta etapa tiene muy alta afectación por enfermedades como la *Mycosphaerella musicola*, *Mycosphaerella fijiensis*, *Fusarium oxysporum* y *Ralstonia solanacearum*, por tipo de textura de suelos, así como por manejo de plantación y mano de obra, y alta afectación por altitud (msnm) y por tipos de suelos.
- Fase infantil; tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, déficit hídrico, por enfermedades como la *Mycosphaerella fijiensis* y *Ralstonia solanacearum* y por manejo de la plantación, y alta afectación por temperatura, altitud (msnm), humedad relativa (%), viento, salinidad, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus*, *Radophulus similis*, *Metamasius hemipterus* y *Pratylenchus*, enfermedades como la *Fusarium oxysporum* y *Erwinia sp.*, por tipos y textura de suelos y por mano de obra.
- Fase juvenil; tiene muy alta afectación por lluvias en exceso, déficit hídrico, por enfermedades como la *Mycosphaerella fijiensis* y *Ralstonia solanacearum* y por manejo de la plantación, y alta afectación por temperatura, altitud (msnm), humedad relativa (%), viento, salinidad, radiación solar, por plagas como la *Cosmopolites sordidus*, *Radophulus*

eventos de desastres de impactos (base de datos DesInventar) para la variable *afectación agropecuaria* a nivel de los distritos con mayor cantidad de fincas bananeras (región bananera Huetar Caribe). Nota de aclaración: en la base de datos DesInventar, no existe la variable que especifique al sector bananero para la variedad comercial y criolla.

- **Región productiva Huetar Caribe (variedad comercial)**

El gráfico que se muestra a continuación contiene los valores porcentuales por tipos de eventos con afectación a cultivos y bosques (Ha) en la región bananera Huetar Caribe para la variedad comercial y criolla. La región comprende los siguientes distritos Duacari, Río Jiménez, Guácimo, Pocora, Mercedes, Valle de la Estrella, Matama, Limón, Río Blanco, Batán, Carrandi, Matina, Rita, Cariari, Roxana, Guápiles, Jiménez, Colorado, La Colonia, Cairo, Florida, Alegría, Germanía, Siquirres, Pacuarito, Bratsi, Sixaola y Cahuita de la provincia de Limón, y el distrito Mansión y Chirripo de la provincia de Guanacaste y Cartago.

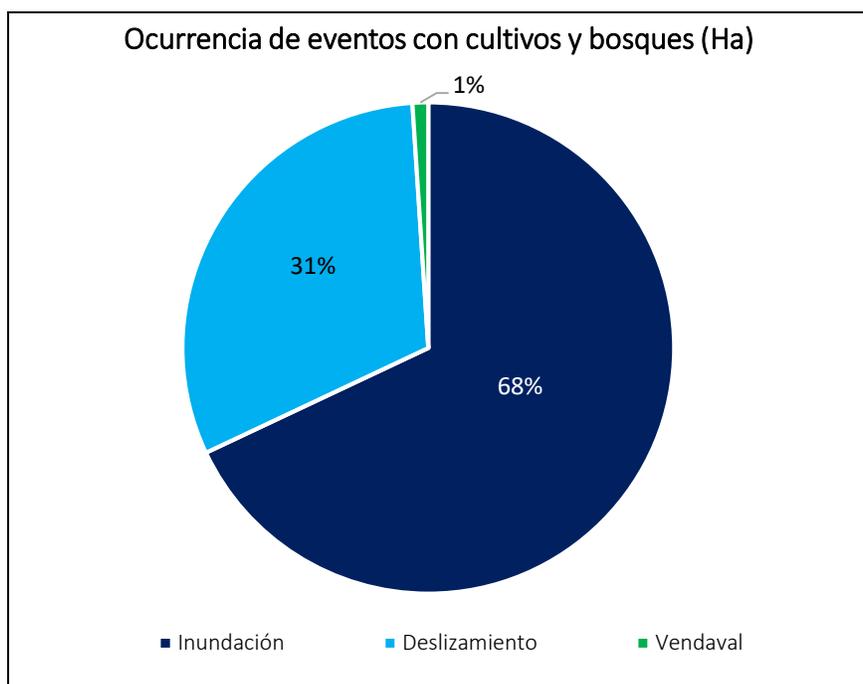


Gráfico 1. Valor porcentual por tipos de eventos que han afectado al sector agropecuario y a los cultivos y bosques por hectáreas en la región Huetar Caribe

¹ 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>

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

Para la identificación de prácticas que permitan reducir o prevenir el impacto de los eventos climáticos en el cultivo de banano, se realizaron consultas a expertos en los principales cantones productivos 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 para la reducción de impactos de eventos climáticos

En el cuadro 4, se muestran las prácticas que se llevan a cabo por fases del cultivo de banano, las cuales son necesarias para un buen desarrollo de la planta y se llegue a una buena cosecha principalmente para exportación.

Cuadro 4. Prácticas para la reducción del impacto de eventos climáticos en el cultivo de banano según la revisión de literatura.

Prácticas agrícolas	Fases del ciclo de banano		
	Fase infantil	Fase juvenil	Fase reproductiva
Prácticas agrícolas comunes en el manejo del cultivo de banano			La práctica de apuntalamiento se realiza con el objetivo de evitar la caída de la plantas durante la etapa de desarrollo, la formación del racimo hasta llegar a la cosecha ¹
			La desfloración y el desdado del racimo en campo consiste en la eliminación temprana y manual de las estructuras florales y dedos para aumentar el desarrollo de la fruta ²
		La deshoja es una práctica que se basa en mantener la sanidad del cultivo por medio de la eliminación de hojas dañadas o no útiles para la planta ³	La deshoja es una práctica que se basa en mantener la sanidad del cultivo por medio de la eliminación de hojas dañadas o no útiles para la planta ³
Prácticas agrícolas en el manejo de malezas	El uso de coberturas vivas con especies de leguminosas en los cultivos presenta ventajas como; manejo de malezas, mayor humedad del suelo, aumento del contenido de materia orgánica, y la protección del suelo para prevenir la erosión ⁴	El uso de coberturas vivas con especies de leguminosas en los cultivos presenta ventajas como; manejo de malezas, mayor humedad del suelo, aumento del contenido de materia orgánica, y la protección del suelo para prevenir la erosión ⁴	El uso de coberturas vivas con especies de leguminosas en los cultivos presenta ventajas como; manejo de malezas, mayor humedad del suelo, aumento del contenido de materia orgánica, y la protección del suelo para prevenir la erosión ⁴

	La chapea mecánica puede disminuir el uso de herbicidas y por ende la contaminación; además favorece el establecimiento de coberturas vivas de porte bajo ⁵	La chapea mecánica puede disminuir el uso de herbicidas y por ende la contaminación; además favorece el establecimiento de coberturas vivas de porte bajo ⁵	La chapea mecánica puede disminuir el uso de herbicidas y por ende la contaminación; además favorece el establecimiento de coberturas vivas de porte bajo ⁵
Práctica agrícola en control de Sigatoka Negra		El control de esta enfermedad se basa en la aplicación de fungicidas sistémicos ⁶ , para el control biológico se utilizan antagonistas microbianos ⁷ y la reducción de las fuentes de inóculo (tejido en esporulación) se realiza con la remoción de hojas afectadas o porciones de éstas ⁸	El control de esta enfermedad se basa en la aplicación de fungicidas sistémicos ⁶ , para el control biológico se utilizan antagonistas microbianos ⁷ y la reducción de las fuentes de inóculo (tejido en esporulación) se realiza con la remoción de hojas afectadas o porciones de éstas ⁸
Práctica agrícola en control de Picudo negro		Aplicación de insecticidas ⁹	Aplicación de insecticidas
<p>^{1,2,3} CORBANA. (2011). <i>Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano</i>.</p> <p>⁴ Godoy Mendez, N. (2003). <i>Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano (MUSA AAA) de la universidad EARTH</i>. Universidad EARTH, Guácimo.</p> <p>⁵ Uva, V., Rodríguez, A., & Sandoval, J. (2009). <i>LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN EL CULTIVO DEL BANANO</i>. CORBANA.</p> <p>^{6,7} Azofeifa Alvarado, D. (2007). <i>Efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B en la severidad de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet), en el crecimiento y la producción del banano (Musa AAA, cv. Grande Naine)</i>. Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos, San Carlos.</p> <p>⁸ CORBANA. (2009). <i>Protocolo para el manejo fitosanitario y nutricional del banano sometido a un sistema de buenas prácticas agrícolas (BPA)</i>.</p> <p>⁹ Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., & Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno <i>Heterorhabditis atacamensis</i> CIA-NE07 en el control del picudo del banano COSMOPOLITES SORDIDUS en condiciones in vitro. <i>Agronomía Costarricense</i>, 39 (3), 47-60.</p>			

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

Para un entendimiento de los términos de eventos climáticos y prácticas mencionadas, se elaboró un glosario que enmarca los conceptos utilizados durante las consultas y profundiza en las prácticas identificadas a través del estudio (ver Anexo 1).

- REGIÓN PRODUCTIVA HUETAR CARIBE

1) FASE INFANTIL:

- Impacto por alta temperaturas

Las altas temperaturas provocan pérdidas de fertilizante granulado por volatilización; además pueden disminuir la cantidad de agua en el suelo y baja la disponibilidad de agua para la planta, lo que genera estrés y atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta por el cierre estomático y la disminución del transporte de nutrientes y foto-asimilados necesarios para el crecimiento vegetativo. El estrés hídrico que sufre la planta por el aumento de la temperatura provoca la pérdida en la filotaxia; es decir, la distribución espiral de las hojas no se realiza de forma normal y puede ocasionar problemas en la aparición de la inflorescencia.

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

1. Aplicación de enmiendas
2. Aplicación de giberelinas
3. Fertilización adecuada
4. Inyección de fertilizante
5. Protector solar
6. Coberturas vivas

- Impacto por lluvias fuertes

La fuerte intensidad de las lluvias en esta fase pueden provocar pérdidas de suelo por erosión y dejar el sistema radical de la planta expuesta; lo que provoca pérdida de plantas por pudrición radical y la diseminación de enfermedades de suelo que ingresan principalmente por las lesiones en las raíces; así como por salpique de gotas en hojas enfermas con presencia de esporas de sigatoka.

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

1. Drenajes
2. Coberturas vivas
3. Siembra en domos

- Impacto por fuertes vientos

Las plantas de banano se pueden ver afectadas en los primeros meses después de la renovación por el paso de vientos fuertes, ya que pueden provocar desecación en el suelo y daños físicos en la planta principalmente en la parte foliar; esto ocasiona que la plantación sea desuniforme y los tiempos de cosecha se atrasen. En plantaciones ya establecidas, el hijo de banano seleccionado está ligado directamente a la madre y cuando se da el volcamiento de la plantas por vientos fuertes; el hijo seleccionado pierde las fuentes nutricionales para su desarrollo, el crecimiento vegetativo y en casos extremos la pérdida de la planta.

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

1. Apuntalamiento
2. Barreras rompevientos
3. Coberturas vivas
4. Fertilización adecuada
5. Resiembra
6. Variedades mejoradas (porte bajo)

- Impacto por lluvias prolongadas

Las lluvias prolongadas en esta fase pueden provocar sobresaturación de agua en el suelo e incrementos en el nivel freático; lo que ocasiona baja disponibilidad de oxígeno en el suelo (anoxia) que dificulta el desarrollo radical, se detienen actividades metabólicas y el crecimiento vegetativo necesario para la planta. Además, pueden ocasionar pérdidas de suelo por erosión, exposición del sistema radical, pérdida de anclaje, pudrición de raíces y en casos extremos la pérdida de unidades productivas. La caída de lluvias por periodos largos pueden provocar el desbordamientos de ríos hacia las plantaciones y en fases infantiles el riesgo de ocasionar daños irreversibles es mayor; otro problema de las lluvias prolongadas es el atraso que ocasiona para realizar prácticas, principalmente las aplicaciones aéreas que están ligadas directamente a la protección del cultivo y evitar la diseminación de enfermedades como Sigatoka.

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

1. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos
2. Análisis de suelos
3. Fertilización adecuada
4. Aplicación de enmiendas
5. Aplicación de giberelinas
6. Aplicación de nematicidas
7. Coberturas vivas
8. Construcción de diques
9. Drenajes
10. Forqueo
11. Gavetas
12. Inyección de fertilizante (no realizar en periodos de anoxia)

13. Siembra en domos
14. Uso de datos climáticos

- **Impacto por sequías prolongadas**

La sequía prolongada puede disminuir la disponibilidad de recurso hídrico necesario para la planta, lo que genera estrés hídrico dentro de la planta por la baja cantidad de agua en el suelo, provocando disminución en la absorción de nutrientes, atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta y bajos rendimientos al final del ciclo, ya que existe una correlación muy estrecha entre el desarrollo vegetativo, la calidad y tamaño de la fruta. La desecación del suelo ocasiona compactación, el grado de volatilización del fertilizante aumenta y en áreas de renovación se dan pérdidas de plantas.

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

1. Aplicación de giberelinas
2. Aplicación foliar
3. Coberturas vivas
4. Fertilización adecuada
5. Forqueo.
6. Incorporación de materia orgánica
7. Inyección de fertilizante

2) FASE JUVENIL:

- **Impacto por alta temperaturas**

El estrés hídrico ocasionado por las altas temperaturas provoca problemas de arrechamiento (comúnmente llamado en el sector) o la pérdida en la distribución de las hojas (la filotaxia de la planta) que aumenta el porcentaje de problemas en la parición de la inflorescencia; además, puede provocar la desecación del suelo, incrementar las pérdidas de fertilizante granulado por volatilización, causar estrés hídrico por la falta de recurso hídrico y en temperaturas extremas puede provocar el aborto de la inflorescencia y problemas en la parición. El déficit hídrico provoca atrasos fisiológicos en el desarrollo de la planta por el cierre estomático y la disminución del transporte de nutrientes y foto-asimilados necesarios para el crecimiento vegetativo y la parición de la inflorescencia.

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

1. Aplicación de giberelinas
2. Protector solar
3. Coberturas vivas
4. Fertilización adecuada
5. Inyección de fertilizante

- **Impacto por lluvias fuertes**

Las lluvias fuertes pueden generar pérdidas de suelo por el impacto directo de las gotas en el suelo y por el arrastre de sedimentos que pueden ocasionar la pérdida de áreas efectivas y de la capa superficial del suelo. Además, provoca el aumento de enfermedades de suelo como *Erwinia* y enfermedades foliares principalmente Sigatoka.

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

1. Aplicaciones de aceites minerales
2. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos
3. Coberturas vivas
4. Poda de hojas
5. Siembra en domos
6. Drenajes

- **Impacto por fuertes vientos**

Los vientos con fuerte intensidad pueden provocar el volcamiento de las plantas, ocasionando problemas de anclaje, absorción de nutrientes, pérdida de plantas, disminuye la productividad y afecta el crecimiento y desarrollo del hijo; ya que la madre es el reservorio de nutrientes para el hijo seleccionado. Los daños físicos ocasionados principalmente en las hojas provocan la disminución del índice foliar y reduce la capacidad fotosintética necesaria para la translocación de nutrientes.

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

1. Apuntalamiento
2. Barreras rompevientos
3. Coberturas vivas
4. Fertilización adecuada
5. Resiembra
6. Variedades mejoradas (porte bajo)

- **Impacto por lluvias prolongadas**

Las lluvias prolongadas en todas las fases del cultivo pueden provocar desbordamientos de ríos hacia las plantaciones y causar inundaciones que ponen en riesgo la plantación, la productividad y la salud humana. Al incrementar el nivel freático y la sobresaturación de agua por más de 48 horas de anoxia, la planta sufre daños irreversibles por la baja disponibilidad de oxígeno en el suelo que dificulta el desarrollo radical, se detienen actividades metabólicas, el crecimiento vegetativo se paraliza y la emisión de la inflorescencia se compromete o emerge con deficiencias nutritivas y productivas que disminuyen el rendimiento de la planta. Además, pueden ocasionar pérdidas de suelo por erosión, exposición del sistema radical después de la llena (inundación), pérdida de raíces necesarias para el anclaje y absorción de nutrientes, pudrición de raíces y en casos extremos la pérdida de unidades productivas. Los focos de infección o diseminación de enfermedades

incrementan al no realizar prácticas, principalmente las aplicaciones aéreas con fungicidas protectantes que están ligadas directamente a la protección del cultivo; así como también elevan los costos operativos al utilizar productos fungicidas sistémicos de alto valor económico.

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

1. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos
2. Aplicación de aceites minerales
3. Análisis de suelos
4. Fertilización adecuada
5. Aplicación de enmiendas
6. Aplicación de giberelinas
7. Aplicación de nematicidas
8. Coberturas vivas
9. Construcción de diques
10. Drenajes
11. Forqueo
12. Gavetas
13. Inyección de fertilizante (no realizar en periodos de anoxia)
14. Poda de hojas
15. Siembra en domos
16. Uso de datos climáticos

- Impacto por sequías prolongadas

La época seca del año o la ocurrencia de sequías prolongadas, se cataloga como los periodos de mayor aumento en plagas insectiles como picudo y por nematodos principalmente *Radophulus similis* que ocasionan grandes problemas en el sistema radical y la absorción de nutrientes. La desecación del suelo por déficit hídrico ocasiona compactación y el agrietamiento del suelo; lo que provoca atraso en prácticas de fertilización (volatilización del fertilizante), disminución de la disponibilidad de recurso hídrico necesario para la planta, estrés hídrico dentro de la planta por la baja cantidad de agua en el suelo, disminución en la absorción de nutrientes, atraso fisiológico en el desarrollo de la planta y pérdida de filotaxia (arrepollamiento) que afecta la parición de la inflorescencia y el racimo.

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

1. Aplicación de giberelinas
2. Aplicación de nematicidas
3. Aplicación foliar
4. Coberturas vivas
5. Control biológico
6. Fertilización adecuada
7. Forqueo

8. Incorporación de materia orgánica
9. Inyección de fertilizante
10. Protector solar

- Impacto por bajas temperaturas

Las bajas temperaturas en esta fase pueden reducir los rendimientos por hectárea de banano programado para la cosecha; al paralizar el proceso fisiológico antes de la parición, la planta puede presentar síntomas de arrepollamiento y la inflorescencia emerge por lados contrarios a los normales, presenta deficiencia en el crecimiento y el racimo no comienza a desarrollarse normalmente. Los problemas se ven reflejados al final del ciclo, ya que se presentan en dedos de menor calibre, disminuye el peso del racimo y la eliminación de fruta que no cumple los requisitos.

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

1. Análisis de suelo
2. Aplicación de enmiendas
3. Aplicación foliar
4. Fertilización adecuada
5. Aplicación de giberelinas
6. Protector solar (no permite que el frío penetre dentro de la planta)

FASE REPRODUCTIVA

- Impacto por alta temperaturas

Las altas temperaturas en esta fase reproductiva provoca el aumento de plagas que atacan al racimo como la cochinilla y la escama; las cuales no causan daños a la fruta, pero son consideradas plagas cuarentenadas en otros países donde se exporta la fruta. El aumento de temperatura ocasiona que haya déficit hídrico y estrés en la planta; disminuyendo los pesos en los racimos, en la producción y en el rendimiento por hectárea. Además, la fruta que está expuesta al sol, puede presentar síntomas de quemadura por sol en la cascara.

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

1. Aplicación de foliar
2. Protector solar
3. Bolsas con insecticida
4. Fertilización adecuada
5. Control biológico (en prueba)

- Impacto por fuertes vientos

La intensidad de los fuertes vientos en esta fase en correlación con los pesos del racimo puede provocar el aumento de plantas volcadas, ocasionando pérdida de plantas, daños físicos en el racimo y pérdidas de rendimiento; la productividad se reduce, ya que los pesos del racimo no cumplen con los requerimientos de mercado y se tienen que desechar.

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

1. Apuntalamiento
2. Barreras rompevientos
3. Bolsas con insecticida (también funcionan como protección por rozamiento)
4. Fertilización adecuada
5. Variedades mejoradas (porte bajo)

- Impacto por lluvias prolongadas

La lluvia prolongada en la fase productiva provoca el aumento de enfermedades foliares como la Sigatoka, principalmente en las hojas viejas o bajas que ya cumplieron con las funciones metabólicas y están más susceptibles a la diseminación de enfermedades ya que las aplicaciones de fungicidas no las cubren en su totalidad. Además, las lluvias ocasionan sobresaturación de la tabla de agua en el suelo, promoviendo a la proliferación de hongos, predisposición de la planta por anoxia, disminución del traslado de fotoasimilados al racimo y pérdida de rendimiento por el bajo calibre que presenta la fruta. Como también, puede ocasionar la caída o volcamiento de las plantas al perder firmeza, el peso del racimo y peso del agua en el racimo.

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

1. Aplicación de fungicidas preventivos y curativos
2. Análisis de suelos
3. Fertilización adecuada
4. Aplicación de enmiendas
5. Bolsas con insecticida
6. Drenajes
7. Forqueo
8. Poda de hojas
9. Siembra en domos

- Impacto por sequías prolongadas

La sequía prolongada al principio de esta fase puede provocar el aborto de la inflorescencia y la pérdida de filotaxia (arrepollamiento) que afecta la parición de la inflorescencia y el desarrollo del racimo. Los periodos secos es donde se registra los picos más altos de problemas de plagas como la cochinilla y la escama; estas plagas son importantes en la fase productiva, ya que se establecen dentro de los racimos, se dificulta el manejo de lavado y existe posibilidades altas de presentarse en contenedores o en los mercados meta; provocando la devolución o quema del embarque. El déficit hídrico en esta etapa provoca malformaciones del racimo, reduce el calibre de los dedos, disminuye el paso de los racimos y puede ocasionar problemas de maduración temprana en el campo.

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

1. Aplicación de suelo

2. Bolsas con insecticida
3. Aplicación foliar
4. Coberturas vivas
5. Control biológico
6. Fertilización adecuada

- Impacto por bajas temperaturas

Las bajas temperaturas ocasionan que el proceso fotosintético y fisiológico se paralice; provocando pérdidas en el rendimiento por baja producción, disminución en el calibre de los dedos y pérdida de la fruta. Otro de los problemas con el descenso de la temperatura es el enconchamiento o encorvamiento de los dedos; esto provoca pérdida de estética y problemas de empaque.

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

1. Análisis de suelo
2. Aplicación de enmiendas
3. Aplicación foliar
4. Fertilización adecuada
5. Aplicación de giberelinas
6. Protector solar (no permite que el frío penetre dentro de la planta)
7. Desmane

Nota: Las prácticas recomendadas para reducir/prevenir el impacto de bajas temperaturas, están catalogadas como prácticas que pueden mantener una planta más fértil y menos propensa a problemas por frío; ya que en condiciones de baja temperatura no existe práctica para manejar este tipo de condición.

BARRERAS IDENTIFICADAS POR EXPERTOS DE LA REGIÓN HUETAR CARIBE 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 Caribe, sobre las barreras existentes para la implementación de buenas prácticas para reducir el impacto de eventos climáticos en los sistemas productivos de banano. En el cuadro 5, se resumen las barreras de tipo económica, institucional o sociocultural, identificadas para cada una de las prácticas.

Cuadro 5. Barreras identificadas por expertos de la región Huetar Caribe para la implementación de prácticas de adaptación.

Práctica	Barrera	Motivo
Análisis de suelo	Económica	Al realizarlo por sector o cable, el precio es demasiado alto
Aplicación de aceites	Cultural	Desconocimiento de los beneficios de la práctica

minerales		
Aplicación de enmiendas	Económica	Aumenta los costos y no hay presupuesto para aplicar
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos	Económica	No existe financiamiento para pequeños y medianos productores
Aplicación de giberelinas	Cultural	Desconocimiento de los beneficios de la práctica
Aplicación de nematicidas	Económica	Aumenta los costos
Aplicación foliar	Económica	No existe financiamiento para pequeños y medianos productores
Apuntalamiento	Económica	Los productores son de escasos recursos y falta de financiamiento
	Cultural	La práctica no se realiza correctamente
Barreras rompevientos	Económica	El mantenimiento es caro
	cultural	Los productores no quieren realizar y formalizar las prácticas
Bolsas con insecticida	Económica	El precio de la fruta no paga realizar la práctica
Coberturas vivas	cultural	Los productores utilizan los herbicidas por facilidad, además no quieren realizar y formalizar las prácticas
Construcción de diques	Económica	No hay accesos a créditos para realizar prácticas, compra de equipos e infraestructuras necesarias.
Control biológico	Cultural	Desconocimiento de los beneficios de la práctica
Desmane	cultural	No se da seguimiento y no se sabe utilizar bien la práctica
Drenajes	Económica	Alto costo
	Cultural	se cree que no se ocupan por el tipo de suelos arenosos que tiene la región
Fertilización adecuada	Económica	Aumenta los costos y no hay accesos a créditos para realizar prácticas, compra de equipos e infraestructuras necesarias.
Forqueo	Cultural	La práctica tiene muchos beneficios y no se acostumbra a utilizarlo
Gavetas	Económica	Los productores son de escasos recursos.
Inyección de fertilizante	cultural	Desconocimiento de la práctica
Incorporación de materia orgánica	Económica	Alto costo implementarlo
Poda de hojas	Cultural	La práctica no se realiza correctamente
Protector solar	Económica	Alto costo
Siembra en domos	Económica	Alto costo y no existe financiamiento para pequeños y medianos productores
Uso de datos climáticos	Económica	Alto costo y no existe financiamiento para pequeños y medianos productores
Variedades mejoradas	Institucional	No se tienen conocimiento de nuevas variedades

Nota: Las prácticas mencionadas en el cuadro anterior básicamente son las recomendadas dentro de los paquetes tecnológicos de banano comercial; estas deben realizarse independientemente de las barreras (económicas, culturales o institucionales) para mantener la sostenibilidad y productividad del cultivo. Los productores comerciales requieren altos recursos económicos propios o de financiamientos por medio de CORBANA y bancas estatales para cumplir con los paquetes tecnológicos.

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 banano se resume en el siguiente cuadro:

Cuadro 6. Valoración de las prácticas agrícolas identificadas basada en criterio experto, considerando los indicadores seleccionados

PRÁCTICAS	Recurso hídrico	Manejo y conservación de suelos
Análisis de suelo	*	**
Aplicación de aceites minerales	NA	NA
Aplicación de enmiendas	*	*
Aplicación de fungicidas preventivos y curativos	*	*
Aplicación de giberelinas	NA	NA
Aplicación de nematicidas	*	*
Aplicación foliar	*	*
Apuntalamiento	NA	NA
Bolsas con insecticida	NA	NA
Barreras rompevientos	**	***
CoBERTuras vivas	***	***
Construcción de diques	**	***
Control biológico	NA	NA
Desmane	NA	NA
Drenajes	**	***
Fertilización adecuada	*	*
Forqueo	**	**
Gavetas	**	***
Inyección de fertilizante	NA	NA
Incorporación de materia orgánica	**	***
Poda de hojas	NA	NA
Protector solar	NA	NA
Siembra en domos	*	***
Uso de datos climáticos	**	**
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).		

4. Cuantificación de costos de las prácticas identificadas

Se realizó la cuantificación de los costos de implementación, tanto de las prácticas identificadas como de producción normal, así como las prácticas identificadas como adicionales, las cuales se implementan para reducir los impactos de los eventos climáticos. Esta valoración, muestra el monto aproximado que se requiere invertir para llevar a cabo las prácticas mencionadas. La tabla de costos de prácticas se basa en fuentes primarias (productores, almacenes), y en fuentes secundarias.

Cuadro 7. 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 banano

Práctica	Costo/ha	Unidad	Descripción	Documentabilidad
Análisis de suelo	5.750.00	Colones/unidad	Costo del análisis de suelo brindado por CORBANA, la cual implica la toma de la muestra en 10 Ha, el análisis de la muestra y las recomendaciones para cada finca.	Facturas y registro
Aplicación de enmiendas (opción 1)	34.80	Colones/aplicación	Costo por hectárea de la enmienda dolomita, aplicada a la rodaja del punto de siembra en dosis de 300 gramos por planta, sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de enmiendas (opción 2)	31.00	Colones/aplicación	Costo por hectárea de la enmienda carbonato de calcio, aplicada a la rodaja del punto de siembra en dosis de 500 gramos por planta, sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación aérea	12.807.30	Colones/aplicación	Costo de la aplicación aérea por hectárea, para aplicar 22L de agua en mezcla en 1.65 minutos; sin agregar el costo de los productos.	Facturas y registro
Aplicación de fungicidas protectores y curativos (opción 1)	11.900.00	Colones/aplicación	Costo por hectárea del producto fungicida (i.a fempropimorph), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de fungicidas protectores y curativos (opción 2)	21.000.00	Colones/aplicación	Costo por hectárea del producto fungicida (i.a Mancozeb), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro

Aplicación de fungicidas protectores y curativos (opción 3)	6.175.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto fungicida (i.a Mancozeb), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de fungicidas protectores y curativos (opción 4)	9.250.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto fungicida (i.a Spiroxamine), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de nematocidas (opción 1)	56.049.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto nematocida (i.a Ethotrophos), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de nematocidas (opción 2)	14.666.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto nematocida (i.a Oxamil), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de nematocidas (opción 3)	42.12	Colones/a plicación	Costo por planta (20 g/planta) del producto nematocida (i.a Terbufos), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de nematocidas (opción 4)	2.106.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto nematocida (i.a Fluoripiram), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación foliar (opción 1)	3.074.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar (Calcio), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Aplicación foliar (opción 2)	3.198.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar Magnesio, sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Aplicación foliar (opción 3)	3.400.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar (Zinc), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Aplicación foliar (opción 4)	9.720.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar (Aminoácidos), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Aplicación foliar (opción 5)	8.950.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar (nitrógeno, fosforo, potasio), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas

Aplicación foliar (opción 6)	3.657.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto foliar Potasio, sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Bolsa con insecticida	199.00	Colones/ labor	Costo por unidad para embolsar los racimos de banano, agregando el costo de mano de obra y la bolsa con ibuprofezina (se realizan 2 por semana)	Registros y facturas
Desmane	24.000.00	Colones/ labor	Costo de realizar el desmane en los racimos para aumentar el calibre de las manos que quedan en el racimo.	Registros
Drenajes	205.000.00	Colones/ labor	Costo de realizar el sistema de drenajes primarios de 50 metros lineales, secundarios 50mmetros lineales (recomienda realizar cada 100 metros entre secundarios) y terciarios 50 metros lineales (20 metros entre drenajes)	Registros
Gavetas	24.000.00	Colones/ labor	Costo de realizar las gavetas entre los drenajes terciarios con una profundidad de 60 cm (2 piques)	Registros
Poda de hojas	3.000.00	Colones/ labor	Costo por contrato para realizar la labor de poda de hojas para una hectárea.	Registros
Resiembra	4.317.00	Colones/ labor	Costo para resembrar un meristemo de banano, incorporando materia orgánica y calcio en el punto de siembra; sin agregar el costo de mano de obra.	Registros
Uso de datos climáticos	1.387.500.00	Colones/ labor	Costo de la compra de una estación meteorológica para utilizar datos del clima.	Registros

Cuadro 8. Costo colones/ hectárea de la implementación de las prácticas adicionales que se identificaron para la reducción de impacto de eventos climáticos en banano

Práctica	Costo/ha	Unidad	Descripción	Documentabilidad
Aplicación de aceite mineral	9.180.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto mineral ECOFRUT (aceite mineral), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Aplicación de giberelinas (opción 1)	336.13	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto ácido giberilico, sin agregar el costo	Facturas y registro

			de mano de obra y equipo de aplicación.	
Aplicación de giberelinas (opción 2)	281.25	Colones/aplicación	Costo por hectárea del producto ácido giberilico, sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Facturas y registro
Apuntalamiento	18.500.00	Colones/labor	Costo por hectárea para realizar la labor de apuntalamiento, agregando el costo de mano de obra y la cantidad de piola para apuntalar 50 plantas (se realizan 2 por semana)	Registros y facturas
Barrera rompevientos (opción 1)	10.080.00	Colones/labor	Costo de 8 horas de mano de obra y establecimiento de abacá (musácea resistente a Sigatoka) para la barrera rompevientos, el cual se refiere al costo de sacar meristemas vigorosos y la siembra en los linderos en 100 metros lineales.	Registros
Barrera rompevientos (opción 2)	20.160.00	Colones/labor	Costo de 16 horas de mano de obra y establecimiento de poró para la barrera rompevientos, el cual se refiere al costo de sacar hijos vigorosos y la siembra en los linderos en 100 metros lineales.	Registros
Barrera rompevientos (opción 3)	25.200.00	Colones/labor	Costo de 20 horas de mano de obra y establecimiento de sotacaballo para la barrera rompevientos, el cual se refiere al costo de sacar hijos vigorosos y la siembra en los linderos en 100 metros lineales.	Registros
Cobertura viva (opción 1)	3.000.00	Colones/labor	Costo de la implementación de cobertura viva vetiver (10 plantas/5 metros), sin agregar el costo de mano de obra.	Registros y facturas
Cobertura viva (opción 2)	22.000.00	Colones/labor	Costo de la implementación de cobertura viva con arvenses endémicas y manteniéndolas con moto guadaña, agregando el costo de mano de obra por hectárea.	Registros y facturas
Cobertura viva (opción 3)	20.000.00	Colones/labor	Costo de la implementación de cobertura viva con arvenses endémicas y manteniéndolas con chapia, agregando el costo de mano de obra por hectárea.	Registros y facturas

Cobertura viva (opción 4)	13.000.00	Colones/ labor	Costo de la implementación de cobertura viva con arvenses como Alocasia y manteniéndolas principalmente en los drenajes primarios y secundarios.	Registros y facturas
Formación de diques	80.000.000 .00	Colones/ labor	Costo para realizar un dique de 150 metros lineales y 2 metros de altura; incluyendo mano de obra, equipos y el material de armoflex.	Registros
Formación de diques	360.000.00	Colones/ labor	Costo para realizar un dique de 50 metros lineales, de 2 metros de altura y a la par un canal de 3 metros de profundidad para evitar el paso de los ríos hacia al cultivo.	Registros
Inyección de fertilizante	22.20	Colones/ labor	Costo de mano de obra y fertilizante para realizar la labor de inyección de fertilizante (60g) por planta, utilizando 60% nitrato de calcio y 40% de KMAG	Registros
Incorporación de Materia orgánica (opción 1)	143.000.00	Colones/ labor	Costo de mano de obra y gallinaza para realizar la labor de incorporación de materia orgánica por hectárea.	Registros
Incorporación de Materia orgánica (opción 2)	75.000.00	Colones/ labor	Costo de mano de obra (5 personas) para realizar la labor de incorporación de materia orgánica por hectárea del pinzote o residuos del racimo.	Registros
Protector solar	1.148.00	Colones/a plicación	Costo por hectárea del producto (Caolin), sin agregar el costo de mano de obra y equipo de aplicación.	Registros y facturas
Siembra en domos	8.050.000. 00	Colones/ labor	Costo por hectárea para realizar la siembra en domos, incluye la preparación de suelo (drenajes, subsolada, rastreada, nivelada), cada domo tiene 20 metros de ancho y pendiente alrededor de 3%	Registros

Bibliografía

- Alfaro M. (2011). *Experiencias exitosas para reducir el impacto de la agricultura sobre los ecosistemas costeros-Resumen de resultados y logros.*
- Amador, M., Molina, D., Guillen, C., Parajeles, E., Jiménez, K., & Uribe, L. (2015). Utilización del nematodo entomopatógeno *Heterorhabditis atacamensis* CIA-NE07 en el control del picudo del banano *COSMOPOLITES SORDIDUS* en condiciones in vitro. *Agronomía Costarricense*, 39 (3), 47-60.
- Alvarado B. (2006). *Determinación de la eficiencia del carfentrazone etil y el glifosato en el control de las malezas Eleusine indica y Syngonium sp. en el cultivo del banano, Matina, Limón.* Instituto Tecnológico de Costa Rica - Sede Regional San Carlos, San Carlos.
- Alvarez W. (2013). *Efecto del raquis floral de banano procesado sobre el vigor de la planta y la incidencia del desorden fisiológico conocido como "BALASTRO" en banano (Musa sp. AAA Gran Nain) en Río Frío, Sarapiquí, Heredia.* Instituto Tecnológico de Costa Rica - Sede Regional San Carlos, San Carlos.
- Araya H., Bolaños D., Gamboa F., Sojo J., Bolaños E. (2011) Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Capítulo 2, precosecha. Corbana. San José, Costa Rica. Pag 13-36.
- Araya H., Bolaños D., Gamboa F., Sojo J., Guzmán. (2011) Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Capítulo 2, precosecha. Corbana. San José, Costa Rica. Pag 37-68.
- Azofeifa G. (2006) Programación y costos de renovación de una plantación de banano (*Musa spp*) en finca triple tres de compañía bananera Caribe, Limón, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 77p.
- Azofeifa D. (2007). *Efecto de la fertilización foliar con Ca, Mg, Zn y B en la severidad de la Sigatoka Negra (Mycosphaerella fijiensis Morelet), en el crecimiento y la producción del banano (Musa AAA, cv. Grande Naine).* Instituto Tecnológico de Costa Rica Sede Regional San Carlos, San Carlos.
- Bolaños E., Collado m., Segura R. (2011) Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Capítulo 1, siembra. Corbana. San José, Costa Rica. Pag 2-12.
- Brenes S. (2010). *Alternativas para el manejo de Sainillo (DIEFFENBACHIA OERSTEDII SCHOTT; ARACEAE) en el cultivo de banano (Musa AAA).* San Pedro, San Jose, Costa Rica.
- Carr C. (2009). *Aislamiento y selección de hongos antagonistas en plantaciones de banano (Musa AAA) para el combate biológico de la Sigatoka negra.* Instituto Tecnológico de Costa Rica- Sede Regional San Carlos, Escuela de Agronomía, San Carlos.
- Carr C., Sánchez M., Alfaro F., Villalta R., Sandoval., Guzmán M. (2017) Marchitez de fusarium o mal de Panamá del banano y otras musáceas. CORBANA. Hoja divulgativa N°11. 2p.
- CORBANA. (2011). *Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas para Reducir el Escurrimiento de Plaguicidas en el Cultivo del Banano de la Región Caribe Costarricense.*
- CORBANA. (2009). *Protocolo para el manejo fitosanitario y nutricional del banano sometido a un sistema de buenas prácticas agrícolas (BPA).* Costa Rica. 31p.
- Escobedo A. (2013) Cadena productiva de banano criollo (Gross Michel) de Costa Rica. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 28p.

- Godoy N. (2003). *Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano (MUSA AAA) de la universidad EARTH*. Universidad EARTH, Guácimo.
- Guzmán M., Sandoval J. (2015) Recomendaciones para prevenir el ingreso de Foc RT4 en fincas bananeras de Costa Rica. CORBANA. Hoja divulgativa N°6. 2p.
- INEC. (2014). *VI Censo Nacional Agropecuario, resultados generales*. Instituto Nacional de Estadística y Censos, San José.
- Manzano A. (2013) Identificación de los causales de enfermedades bacterianas en banano (Musa AAA) en zonas productoras seleccionadas del Ecuador. Guayaquil, Ecuador. 97p.
- Morales D. (2014). *Bioprospección de hongos endófitos para el control biológico del nematodo barrenador Radopholus similis (Cobb) Thorn en el cultivo del banano*. Instituto Tecnológico de Costa Rica, Programa de maestría en gestión de recursos naturales y tecnologías de producción, Cartago.
- Pérez E. (2012). *Respuesta de nueve cultivares de musáceas en la etapa vegetativa a cuatro niveles de sombra agroforestal*. Centro Agrónomo Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba. 83p.
- Ramírez C., Tapia A., Calvo P. (2010). Evaluación de la calidad de fruta de banano de altura que se produce en el cantón de Turrialba, Costa Rica. *InterSedes*, 11 (20), 114-136.
- Rivera V. (2012) Manejo integrado del cultivo de plátano. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica. 2p.
- Robinson J., Galán V. (2012) Platanos y bananas. Editorial Paraninfo. España. 321p.
- Rodas L., Godoy N. (2003) Efecto de las prácticas culturales sostenibles en el manejo de malezas del cultivo de banano (Musa AAA) de la Universidad EARTH. Guacimo, Costa Rica. 68p.
- Rodríguez A., Guilén C., Valle H., Uva V., Segura R., Laprade S., Sandoval J. (2010) Aspectos a considerar sobre el control biológico. Hoja divulgativa. CORBANA, Costa Rica. 2p.
- Rojas C. (2011). *Prospección de la entomofauna beneficiosa asociada al cultivo de banano (Musa AAA), subgrupo "CAVENDISH," en la Región Caribe de Costa Rica*. Instituto Tecnológico de Costa Rica - Sede Regional San Carlos, Escuela de Agronomía, San Carlos.
- Saritama A., Padilla W. (2009) Estudio de casos exitosos de exportación en Costa Rica. Proyecto UE-Perú. 110p.
- Soto M. (2014). *Bananos, conceptos básicos*. Cartago, Costa Rica: Tecnológica de Costa Rica.
- Soto E., Guzman M. (2011). *Unidades de calor (UC): Su interpretación y utilidad en la producción de banano*. CORBANA, Dirección de investigaciones, sección de fitopatología, San José.
- Uva V., Rodríguez A., & Sandoval J. (2009). *LAS BUENAS PRÁCTICAS AGRÍCOLAS (BPA) EN EL CULTIVO DEL BANANO*. CORBANA.

ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO DE TÉRMINOS UTILIZADOS DURANTE LA CONSULTA A EXPERTOS

Glosario de términos agronómicos

Eventos climáticos

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 (Rodas & Godoy, 2003).

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 (IMN, 2009).

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 (Segeer & 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)

Radiación: es el proceso o transferencia de energía mediante ondas electromagnéticas que no necesitan un medio material para propagarse. Es de suma importancia para la realización de fotosíntesis; pero en periodos de altas intensidades afectan procesos en los organismos (Carrasco, 2009).

Prácticas para reducir el impacto de los eventos climáticos

Análisis de suelo: es una herramienta fundamental para la detección de problemas de fertilidad en los suelos cultivados, así como también demuestra los problemas de acidez y la estimación de la cantidad de nutrimentos que están disponibles para el desarrollo de la planta. Las muestras tomadas en campo son llevadas al laboratorio donde se utilizan soluciones o compuestos químicos que simulan la extracción de nutrientes por parte de las raíces (Bertch, S.f)

Análisis foliar: es una herramienta vital para la toma de decisiones principalmente para la fertilización granular y las aplicaciones foliares; ya que demuestra en términos muy generales el contenido de elementos dentro de la planta y si existen algunos desbalances o deficiencias que disminuyan el rendimiento del cultivo (Bertsch, 2007).

Aplicación de enmiendas: consiste en incorporar al suelo materiales cálcicos o sales básicas que promuevan la neutralización de la acidez que provoca la fertilización nitrogenada o por las condiciones de suelo en el área cultivada; Los materiales más utilizados para corregir estos problemas son los carbonatos, óxidos, hidróxidos, silicatos de calcio y silicatos de magnesio (Espinosa & Molina, 1999). La cantidad de enmienda requerida por hectárea, va depender de los resultados del análisis de suelos.

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) (Araya *et ál*, 2011). Según Consulta a expertos 2017, se alternan las moléculas para evitar resistencia de la enfermedad y se aplica durante todas las fases del cultivo. Los productos más utilizados son:

- Fempropimorph (0,7L/Ha)
- Mancozeb (3L/Ha)
- Spiroxamine (0,5L/Ha)
- Boscalid (0,4L/Ha)

Aplicación de giberelinas: las giberelinas son fitohormonas del grupo de diterpenoides que aceleran el metabolismo de las plantas; la aplicación de giberelinas biológicamente activas son utilizadas para regular el desarrollo de las plantas en cualquiera de las fases que se encuentren. La planta al absorber las hormonas, envía mensajes para acelerar procesos como la elongación del sistema radical, el crecimiento del pseudotallo, la expansión foliar, la floración y la liberación de enzimas hidrolíticas (Cruz *et ál*, 2010). Los productos más utilizados son:

- Progib (0.0125L/Ha)
- N-large (0.0125/Ha)

Aplicación de nematicidas: se refiere a la utilización de productos químicos organofosforados y carbamatos que se encuentren registrados debidamente para su uso agrícola en el cultivo; para el control de nematodos que afectan el sistema radicular, disminuyen la productividad y el volcamiento de las plantas. Antes de la aplicación nematicida se debe considerar los registros de aplicación, la precipitación, la solubilidad, movilidad y características físico-químicas del producto (Vargas & Araya, 2010). Los productos más utilizados son:

- Ethotrophos (2L/Ha)
- Oxamil (1L/Ha)
- Terbufos (20g/Ha)
- Fluoripiram (1L/Ha)

Aplicación foliar: Es una práctica para suministrar nutrientes que corrigen deficiencias en forma rápida, oportuna, económica y eficiente. Se aprovecha la capacidad que poseen las plantas de nutrirse a través de las hojas por medio de la aplicación de sales solubles en agua. Las aplicaciones foliares son utilizadas por lo general para corregir deficiencias de elementos menores. Para el caso de macronutrientes como potasio, nitrógeno y fósforo solo se puede completar pero no sustituir la aplicación al suelo. Esto se debe a las bajas dosis empleadas en la aplicación foliar comparadas con las dosis aplicadas al suelo para la obtención de buenos rendimientos (Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA), 2002). Los productos más utilizados son:

- Calcio (1L/Ha)
- Magnesio (1L/Ha)
- Zinc (1L/Ha)
- Bayfolan (3L/Ha)
- Citokin NPK (0,5L/Ha)
- Potasio (1L/Ha)

Apuntalamiento: el principal objetivo del apuntalamiento es impedir o evitar que las plantas de banano sufran caídas durante el desarrollo y el llenado de racimo que comprende desde la parición hasta la cosecha (Araya *et ál*, 2011). Existen tres tipos de apuntalamiento:

- Apuntalamiento rígido
- Apuntalamiento con cuerda
- Apuntalamiento aéreo

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 *et al*, 2000). Las especies utilizadas en el cultivo de banano son:

- Abacá
- Poró
- Sota Caballo

- Limoncillo

Bolsas con insecticida: esta labor consiste en colocar bolsas especiales de polietileno para proteger la fruta de daños físicos, las cuales son impregnadas con insecticidas registrados para el cultivo; además crean un microclima óptimo para la formación y llenado del fruto (Azofeifa, 2006).

Gavetas: son obras de conservación de suelos que consiste en realizar una excavación dentro de los drenajes para la recolección de las partículas de suelo que son transportadas por escorrentía; la gaveta se recomienda que presente entre 10-20 cm de profundidad, 50 cm de ancho y 60 cm de largo para facilitar la recolección del sedimento colectado (Raudes & Sagastume, 2009; FAO, 2000).

Cobertura vivas: 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, la estructura del suelo y 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 (Sanchol & Cervantes, 1997).

Construcción de diques: esta práctica consiste en la formación de una barrera para controlar el paso de sedimentos y corrección de flujos de agua, con el objetivo de evitar inundaciones de campos espacios cercanos a ríos o mares, ayudando también a disminuir la erosión (Romero et al. 2007). Estas estructuras son conformadas con tierra para evitar la entrada de agua de río, generado por la crecida de la marea. (Consulta a expertos, 2017). Los daños van a depender del estado fenológico en el que se encuentre el cultivo, pero todos los daños se verán reflejados en una disminución de los rendimientos del cultivo incluso hasta la pérdida total del mismo. Con elevados contenidos salinos del suelo, diferentes iones pueden causar efectos fitotóxicos a la planta (Aguilar, 2014).

Control biológico: se refiere al uso de organismos o productos de origen biológico que aumentan el control en las poblaciones de plagas e incidencias de 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; aplicándola como herramienta de manejo integrado de plagas, donde se tienen básicamente uso de productos biológicos e insectos benéficos; además que representan bajo riesgo para las personas o el medio ambiente (Serrano & Galindo, 2007; Nicholls, 2008; Nava, et al., 2012). El control biológico se tiene el uso de organismos como:

- *Bacillus thuringiensis*
- *Beauveria bassiana*
- Trichoderma

- *Crytolaemus montrouzieri*

Deshoja: esta practica consiste en realizar la limpieza y eliminación de las hojas secas, con daños mecanicos o con presencia de enfermedades que funcionen como inculo de algun patogeno. El corte de la hoja se debe realizar lo mas cercano a la base en caso de eliminar totalmente la hoja afectada y cuando las lesiones son menores, se recomienda utilizar una poda quirúrgica exclusivamente en la parte afectada. Cuando la planta se encuentra con el racimo; se eliminan las hojas que interfieran con el desarrollo del racimo con el afan de alcanzar mayor exposición de luz, calor y el regular el paso de aire (Rivera, 2012).

Desmane: consiste en la eliminación de las manos apicales (últimas manos) a partir de la última mano falsa (primera mano incompleta de arriba hacia abajo), a esta se le deja un dedo llamado espuela y se eliminan desde ese punto hacia abajo. En plantaciones renovadas se utiliza el desmane de falsa +3; lo que quiere decir es que se elimina la mano falsa y tres manos apicales.

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).

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 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 (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 (Araya *et ál*, 2011).

Forqueo: consiste en descompactar el suelo mediante la utilización de herramientas con tres picos de 30 centímetros de largo llamado comúnmente como Hércules, se realiza en frente del hijo seleccionado para mejorar la infiltración de agua, aumentar la penetración de raíces y disminuir la erosión de suelo; así como también se realiza antes de la aplicación de cales y la fertilización granular (Araya *et ál*, 2011).

Inyección de fertilizante: consiste en sacar un trozo pequeño y circular del pseudotallo para inyectar el fertilizante (aproximadamente 70 gramos) y luego se coloca el trozo de pseudotallo para evitar que salga el fertilizante por el orificio (Consulta personal, 2018). La incorporación de fertilizante según Alfonso et al. (2011) incrementa la eficiencia de los fertilizantes y disminuye las 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.

Protector solar: se refiere a la aplicación de productos comerciales para proteger el fruto principalmente de la radiación solar; uno de los productos más utilizados es el protecsol® que es mineral activado que contiene óxido de sílice y materiales inertes que forman una película alrededor de la fruta evitando el daño por la radiación ultravioleta. Otro producto utilizado es el Surround® que contiene un 95% de caolín que forma una barrera física que protege el fruto por radiación y estrés térmico (Ramírez, 2007).

Subsolar el suelo: se basa en el uso de maquinaria agrícola con un implemento de picos para descompactar el suelo a una mayor profundidad para mejorar las condiciones de infiltración y drenajes del 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).

Uso de datos climáticos: consiste en hacer uso de datos y predicciones climáticas para planificar la atenuación de los desastres 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, 2017). Según el Instituto Meteorológico Nacional (IMN) 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.

Literatura citada

- Alfonso, O., Castiblanco, J., & Romero, H. (2011). Incorporación de fertilizantes con abonadoras para siembra directa. *PALMAS*, 32(1).
- Aguilar, M. (2014). Efectos de la salinidad del agua de riego sobre los componentes del rendimiento en arroz. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera., Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, España: JUNTA DE ANDALUCÍA.
- Araya H., Bolaños D., Gamboa F., Sojo J., Guzmán. (2011) Manual de buenas prácticas agrícolas en el cultivo de banano. Capítulo 2, precosecha. Corbana. San José, Costa Rica. Pág. 37-68.
- Azofeifa G. (2006) Programación y costos de renovación de una plantación de banano (*Musa spp*) en finca triple tres de compañía bananera Caribe, Limón, Costa Rica. Instituto Tecnológico de Costa Rica. San Carlos, Costa Rica. 77p.
- Bertsch F. (2007) Muestreo foliar. Centro de Investigaciones Agronómicas. San José, Costa Rica. 6p.
- Bertsch F. (S.f) El análisis de suelos. Centro de Investigaciones Agronómicas. San José, Costa Rica. 6p.
- Carballo M., Guaharay F. (2004). *Control biológico de plagas agrícolas* (primera ed.). Managua, Nicaragua: CATIE.
- Carrasco L. (2009) Efecto de la radiación ultravioleta-B en plantas. IDESIA. Chile. 18p.
- CENAPRED (2007) Ciclones tropicales. Centro Nacional de Prevención de Desastres. México D.F, México. 35p.
- CENEPRED (2014) Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales. Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres. Lima, Perú. 256p.
- Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA). (2002). *Fertilización foliar; Principios y aplicaciones*. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica: UCR.
- Cruz M., Marina L., Romero M. (2010) Fitohormonas. Experimentos en fisiología vegetal. Universidad Nacional de Colombia. 24p.
- Espinosa J., Molina E. (1999) Acidez y encalado de los suelos. Primera edición. International Plant Nutrition Institute. 46p.
- FAO (2000). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO. Roma, Italia. 234p.
- 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/repdoc/A2120e/A2120e.pdf>
- Gutiérrez D., Riesco J., Díez E., Martín F., Núñez J., Sánchez J., Ferri M. (2013) Breve guía descriptiva de los fenómenos meteorológicos recogidos en el Sistema de Notificación de Observaciones Atmosféricas Singulares (SINOBAS). España. 37p.
- Instituto Meteorológico Nacional (IMN). (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%C3%A1logo+B%C3%A1sico+de+Ins>

- Santos L., Valero J., Picornell M., Tarjuelo J. (2010). *El riego y sus tecnologías* (primera ed.). Albacete, España: CREA-UCLM.
- Segerer C., Villodas R. (2006) Hidrología I, Unidad 5: Las precipitaciones. Universidad Nacional de cuyo. Mendoza, Argentina. 26p.
- Vargas R., Araya M. (2010) Medidas de seguridad en aplicaciones de nematocidas. Hoja divulgativa N°4. CORBANA. 2p.

ANEXO 2. LISTA DE EXPERTOS CONSULTADOS PARA EL DESARROLLO DEL ESTUDIO

Nombre	Perfil	Provincia	Cantón	Región	Teléfono
Tobías Moraga	Técnico	Limón	Pococí	Caribe	2710-6086
Juan Carlos Mora	Productor	Limón	Pococí	Caribe	8394-0707
Rocío Rodríguez	Productor	Limón	Pococí	Caribe	8802-2638
Franklin Castillo	Productor	Limón	Pococí	Caribe	8827-4208
Yendri Delgado	Técnico	Limón	Pococí	Caribe	2710-6086
Roy Arce	Investigador	Limón	Pococí	Caribe	8710-5123
Delfín Rojas	Productor	Limón	Matina	Caribe	
Edgar McLaren	Técnico	Limón	Matina	Caribe	
Luis Brizuela	Productor	Limón	Matina	Caribe	8683-8840
Alexander Piedra	Productor	Limón	Matina	Caribe	
Víctor Solano	Técnico	Nacional		Caribe	8825-6756
Erick Bolaños	Investigador	Nacional		Caribe	8995-9968
Alberto Rojas	Técnico	Limón	Siquirres	Caribe	8660-9840
José Antonio Guzmán	Investigador	Limón	Siquirres	Caribe	2713-1655
Gerardo Mora	Productor	Limón	Siquirres	Caribe	8828-5327
Georjany Arias	Técnico	Limón	Siquirres	Caribe	8310-9710