



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de Plátano Hartón (*Musa AAB*)

Municipio de Natagaima
Resguardo Indígena de Pueblo Nuevo
Departamento del Tolima



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria

Fondo Adaptación

Septiembre de 2016

Este documento presenta información obtenida durante el desarrollo del proyecto MAPA. Se exponen resultados correspondientes al componente 1, Reducción de la vulnerabilidad de los sistemas de producción agropecuarios a los eventos climáticos extremos, mediante herramientas que permitan tomar decisiones adecuadas para el manejo del riesgo agroclimático, y al componente 2, Desarrollo de sistemas de producción resilientes a los impactos de eventos climáticos extremos (inundaciones, sequías y heladas).

Los contenidos del texto se distribuyen mediante los términos de la licencia Creative Commons Atribución – No comercial – Sin Derivar



La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria no se hace responsable de la interpretación y uso de estos resultados.



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
David Felipe Gómez Rodríguez	Profesional de apoyo a la investigación
Julián David Gómez Castillo	Profesional de apoyo a la investigación
Juan José Rivera Varón	Investigador máster
William Felipe Melo Zipacón	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Orlando Acosta Buitrago	Investigador máster
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigadora Ph. D.
Juan Carlos Rojas Bustos	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Fondo Adaptación por contribuir a la financiación del proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-MAPA.

Al productor, no solo por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, sino también por su disposición, compromiso y dedicación en pro del desarrollo de la parcela de integración. Sus aportes contribuyeron a obtener los resultados que se ven plasmados en este documento.

A los asistentes técnicos, que aportaron al proyecto a partir de sus conocimientos locales.

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Nataima, Tolima, que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

A los integrantes de los distintos productos del proyecto MAPA, quienes realizaron aportes conceptuales para la construcción del Plan de Manejo Agroclimático Integrado.

Finalmente, a todas aquellas personas que participaron en las diferentes actividades del proyecto MAPA.



CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima (Tolima)	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Natagaima (Tolima)...	4
Exposición del sistema productivo de plátano hartón a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Natagaima, Tolima	10
Zonas del municipio de Natagaima con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano hartón	15
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	18
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón frente a condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Natagaima (Tolima)	19
1. Manejo integrado de Sigatoka negra.....	22



2. Sistema de riego por microaspersión.....	30
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Natagaima (Tolima)	35
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de plátano hartón en Natagaima (Tolima)	41
Dominio de recomendación	42
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos.....	42
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de plátano en Natagaima	43
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	44
Referencias	52



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Natagaima durante los eventos La Niña en el período 1980-2011.	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Natagaima durante los eventos El Niño en el período 1980-2011.....	8
Tabla 3. Anomalía mensual de precipitación en la parcela de integración con respecto al promedio multianual.....	20
Tabla 4. Prácticas culturales para el manejo preventivo de Sigatoka Negra en condiciones de déficit hídrico.....	22
Tabla 5. Formato para el seguimiento de Sigatoka negra	26
Tabla 6. Prácticas y frecuencia de labores para controlar sigatoka negra en plantaciones de plátano hartón con PPI superior a dos	29
Tabla 7. Índice de Productividad de Agua en la parcela tradicional y en la parcela de integración en la vereda Pueblo Nuevo de Natagaima.....	34
Tabla 8. Rendimiento en la parcela tradicional y en la parcela de integración en la vereda Pueblo Nuevo municipio de Natagaima	35
Tabla 9. Relación entre la altura de la barrera, distancia y efecto en la protección contra el viento.....	40
Tabla 10. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de plátano en el municipio de Natagaima (Tolima).	44



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático en el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima (Tolima), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.....	3
Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Natagaima, Tolima.	5
Figura 3. Precipitación promedio multianual en años con eventos climáticos extremos en el municipio de Natagaima, Tolima (1992 y 2011).....	6
Figura 4. Aptitud de suelos para el cultivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima (Tolima).....	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico.....	14
Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de Natagaima para el cultivo de plátano hartón bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico.....	17
Figura 7. (a) Balance hídrico atmosférico. (b) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de plátano Natagaima (Tolima) en los meses de julio 2015 a junio de 2016.	21
Figura 8. Seguimiento de sigatoka negra con la escala de Gauhl y Stover.	25
Figura 9. Escala de Gauhl y Stover utilizada en las mediciones de severidad de Sigatoka negra. Adaptado de Almodóvar (2005).....	27
Figura 10. Comportamiento del promedio ponderado de infección en los meses de marzo 2015 a junio de 2016 en el sistema productivo de plátano hartón del resguardo indígena de Pueblo Nuevo, Natagaima (Tolima).....	33
Figura 11. Flujo de aire en una barrera rompe viento.	38
Figura 12. Diseño de la barrera rompe viento para el sistema productivo de plátano.	38



Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	45
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	46
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3.	48
Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 4.	49
Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 5.	50



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido por el proyecto *Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático*, como concepto novedoso, contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos, reduciendo la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo. Esto constituye una propuesta para la gestión de técnicas y tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo provocan sobre los sistemas productivos.

Bajo este enfoque, el proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) ha realizado un acercamiento espacial y temporal de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios de 18 departamentos del país. En ese sentido, se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con agricultores e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Tolima, el Fondo Adaptación priorizó el sistema productivo de plátano Hartón (*Mussa sp.*) en el municipio de Natagaima.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para mejorar o generar mayor capacidad adaptativa del sistema productivo de plátano hartón bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Natagaima.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la prevención del sistema productivo de plátano hartón reduciendo su vulnerabilidad frente al riesgo agroclimático asociado al déficit hídrico en el suelo en Natagaima (Tolima), por medio de la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de Natagaima para tomar decisiones en el sistema productivo de plátano hartón en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo en Natagaima.
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima (Tolima)

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y de la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su exposición, la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y la capacidad adaptativa del sistema productivo al riesgo agroclimático. Existen diversos elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón (figura 1). Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de plátano hartón frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas para la prevención y adaptación que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo, de acuerdo con las características socioeconómicas de los productores locales.

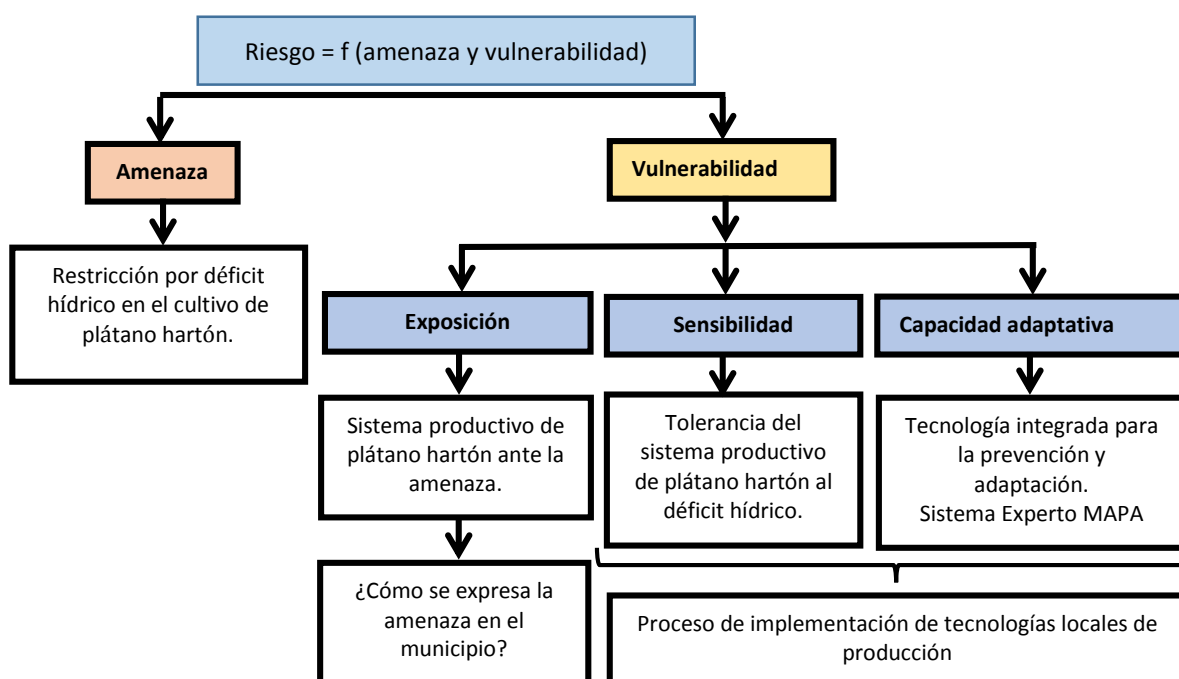


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático en el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima (Tolima), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.



Sección 1: factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio

A escala departamental es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y climáticas (precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa y evapotranspiración).

A escala municipal el riesgo se analizó mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altitud y paisaje) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración (ET_0), distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

Para mayor información sobre el riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE) - MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Natagaima (Tolima)

Lo primero que se debe hacer es identificar o reconocer aquellos aspectos biofísicos que determinan la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas. La altitud y el paisaje, entre otras variables, contribuyen al análisis de la susceptibilidad del territorio ante eventos de inundación, sequía extrema y temperaturas altas y bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

Natagaima presenta tres tipos de paisaje: montañoso en 52.621 ha, piedemonte en 23707 ha, valle 7.127 ha, y un cuerpo de agua que abarca 2424 ha (río Magdalena). Las altitudes en metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.) que se pueden encontrar son: 0-500 (42403

ha), 500-1000 (28053 ha), 1000-1500 (15192 ha) y 1500-2000 (347 ha). Las subzonas hidrográficas que tienen influencia en el municipio son: río Aipe y río Chanche.

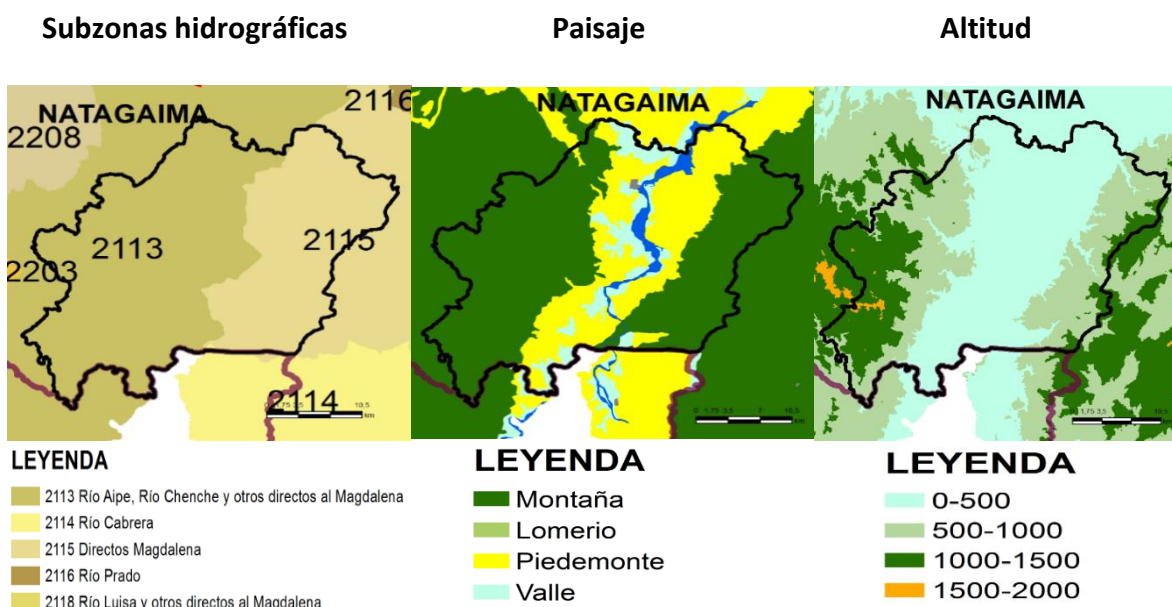


Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Natagaima, Tolima.

El análisis de las series históricas del clima (1980-2011) sirve como referencia para conocer el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presentan nuevamente estos fenómenos. A partir de la información empleada para el análisis climático del municipio de Natagaima (Tolima), se destaca:

Precipitación. En la figura 3, se muestra el comportamiento de la precipitación del municipio de Natagaima (Tolima). La línea verde representa la precipitación promedio, las barras rojas la precipitación durante el evento El Niño de 1992 y las barras azules la precipitación en el evento La Niña de 2011. La precipitación promedio anual de Natagaima es de 1339 mm (3,67 mm/día), tiene distribución bimodal y los valores máximos mensuales se encuentran entre marzo y abril y entre octubre y noviembre, y los mínimos entre junio y septiembre.

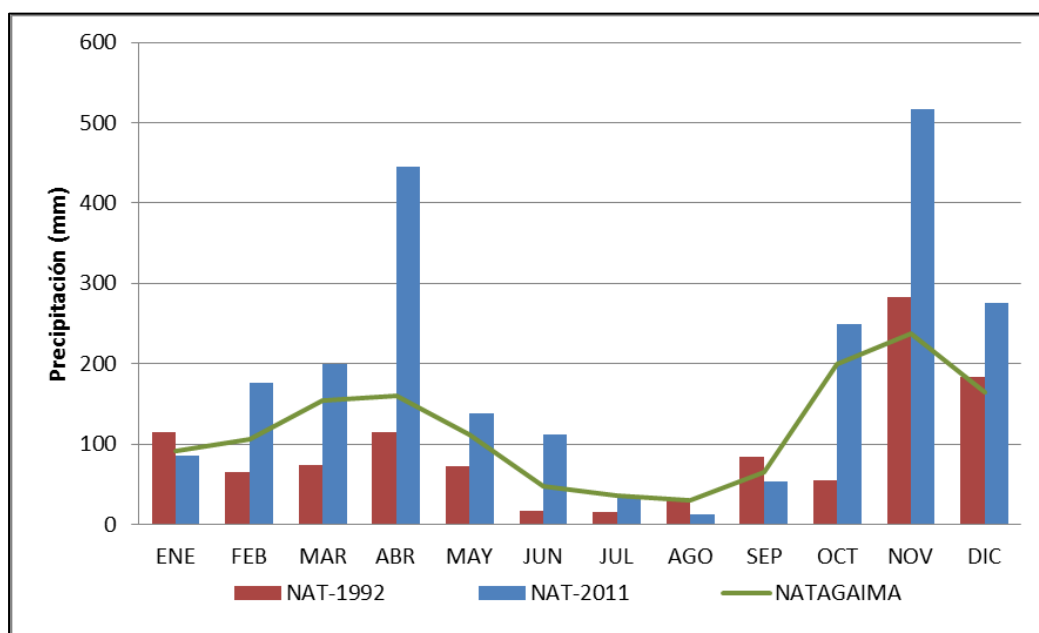


Figura 3. Precipitación promedio multianual en años con eventos climáticos extremos en el municipio de Natagaima, Tolima (1992 y 2011).

Fuente: (Corpoica, 2015a)

El efecto de reducción de las lluvias en el fenómeno de El Niño de 1992 fue una generalidad en todos los meses del año; a excepción de enero, septiembre y noviembre, en los cuales se presentaron leves incrementos en la precipitación. Los meses más críticos en términos de riesgo agroclimático por reducción de las precipitaciones son los meses comprendidos entre mayo a octubre, considerada una época típicamente seca en el municipio. En contraste, durante el evento La Niña de 2011 se presentaron incrementos en las precipitaciones en ocho meses, dos presentaron reducciones y dos se mantuvieron igual, con respecto al promedio multianual. El aumento más drástico se presentó en abril y noviembre (300 mm aproximadamente).

El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permiten determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:



- El valor de la anomalía, el cual indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- El valor del ONI¹, el cual indica qué tan fuerte fue El Niño o La Niña.

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Estos son calculados con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura, en °C, del océano Pacífico (5 °N - 5 °S, 120-170 °O). **Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se habla de un evento *El Niño*** y cuando los valores son menores a -0,5°C es un evento *La Niña*, **durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos.**

Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos El Niño - Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años (1980-2011) y constituyen información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio. Se observa que cuando han ocurrido eventos El Niño en Natagaima (tabla 1) se han presentado reducciones en la precipitación entre -4 % y -52 %. El evento El Niño que ocurrió entre mayo de 1997 y mayo de 1998 tuvo el máximo valor ONI (2,5) y la mayor anomalía negativa (-52 %).

¹El ONI expresa la magnitud de aumento o disminución de la temperatura promedio de la superficie océano Pacífico Ecuatorial. Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5°C es un evento La Niña, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.sht ml y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Natagaima durante los eventos La Niña en el período 1980-2011

Inicio	May. 1982	Ago. 1986	May. 1991	May. 1994	May. 1997	May. 2002	Jun. 2004	Ago. 2006	Jul. 2009
Fin	Jun. 1983	Feb. 1988	Jun. 1992	Mar. 1993	May. 1998	Mar. 2003	Feb. 2005	Ene. 2007	Abr. 2010
Duración	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máx. ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-18 %	-3 %	-22 %	14 %	-52 %	-13 %	2 %	-4 %	-13 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Por otra parte, cinco de los siete eventos La Niña presentaron anomalías en la precipitación por encima del valor promedio multianual. En el periodo 2010-2011, última ola invernal que tuvo graves afectaciones en el territorio nacional, se presentó un incremento de 49 % (tabla 2). Sin embargo, en los eventos La Niña de octubre de 1984 a septiembre de 1985 y octubre de 2000 a septiembre de 2001, se presentó disminución en la precipitación de -21 % y -29 %, respectivamente.

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Natagaima durante los eventos El Niño en el período 1980-2011

Inicio	Oct. 1984	May. 1988	Sep. 1995	Jul. 1998	Oct. 2000	Sep. 2007	Jul. 2010
Fin	Sep. 1985	May. 1989	Mar. 1996	Jun. 2000	Feb. 2001	May. 2008	Abr. 2011
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mín. ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-21 %	16 %	16 %	23 %	-29 %	29 %	49 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Se debe considerar que el debilitamiento de los vientos alisios y el calentamiento/enfriamiento de la temperatura de la superficie del océano Pacífico no es el único factor que modula el clima, por lo cual es importante tener en cuenta otros factores como la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) y las distintas corrientes oceánicas.

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: Con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, a déficit hídrico durante en eventos El Niño, a inundación durante el periodo 2010 – 2011; susceptibilidad biofísica a inundación, afectación de la capacidad fotosintética analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) y áreas que se anegan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de los cuerpos de agua) o presentan déficit hídrico en condiciones de sequía (contracción de los cuerpos de agua).

Para mayor información sobre susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas consultar el SE - MAPA

Velocidad del viento. Una de las particularidades climáticas del municipio son los vientos, los cuales se encuentran en un rango promedio anual de 14,4 a 18,0 Km.h⁻¹, considerados dentro del rango de moderados a fuertes según el documento FAO (2006), alcanzando velocidades máximas de hasta 108 Km.h⁻¹, con probabilidad máxima de ocurrencia de 0,14 % (IDEAM, 2015). La anomalía de velocidad del viento en eventos El Niño es de aproximadamente 0,72 Km.h⁻¹; mientras que, en eventos La Niña, la anomalía sería hasta de -0,72 Km.h⁻¹ (IDEAM, 2015).

Con respecto a la velocidad del viento, es importante considerar que este sistema se afecta mecánicamente por velocidades de vientos superiores a 20 Km.h⁻¹, lo que genera reducción en las tasas fotosintéticas y afectación en el crecimiento y desarrollo de las plantas (Herrera y Colonia, 2011).



Para mayor información sobre el riesgo agroclimático relacionado con vientos, puede consultar el *Atlas de Vientos del IDEAM*.
<http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>

Exposición del sistema productivo de plátano hartón a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Natagaima, Tolima

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por características de suelo y por la variabilidad climática. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo con su ubicación en el municipio. Para el caso del sistema productivo de plátano hartón en Natagaima, la exposición se analizó con base en la aptitud de suelos para el sistema productivo y la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo. Para evaluar la exposición, se debe identificar:

- a. **Las limitaciones de los suelos del municipio en el mapa de aptitud de suelos** (figura 4). Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones se pueden manejar (propiedades químicas del suelo), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas). Cabe mencionar que la escala de análisis espacial utilizada fue 1:100.000.

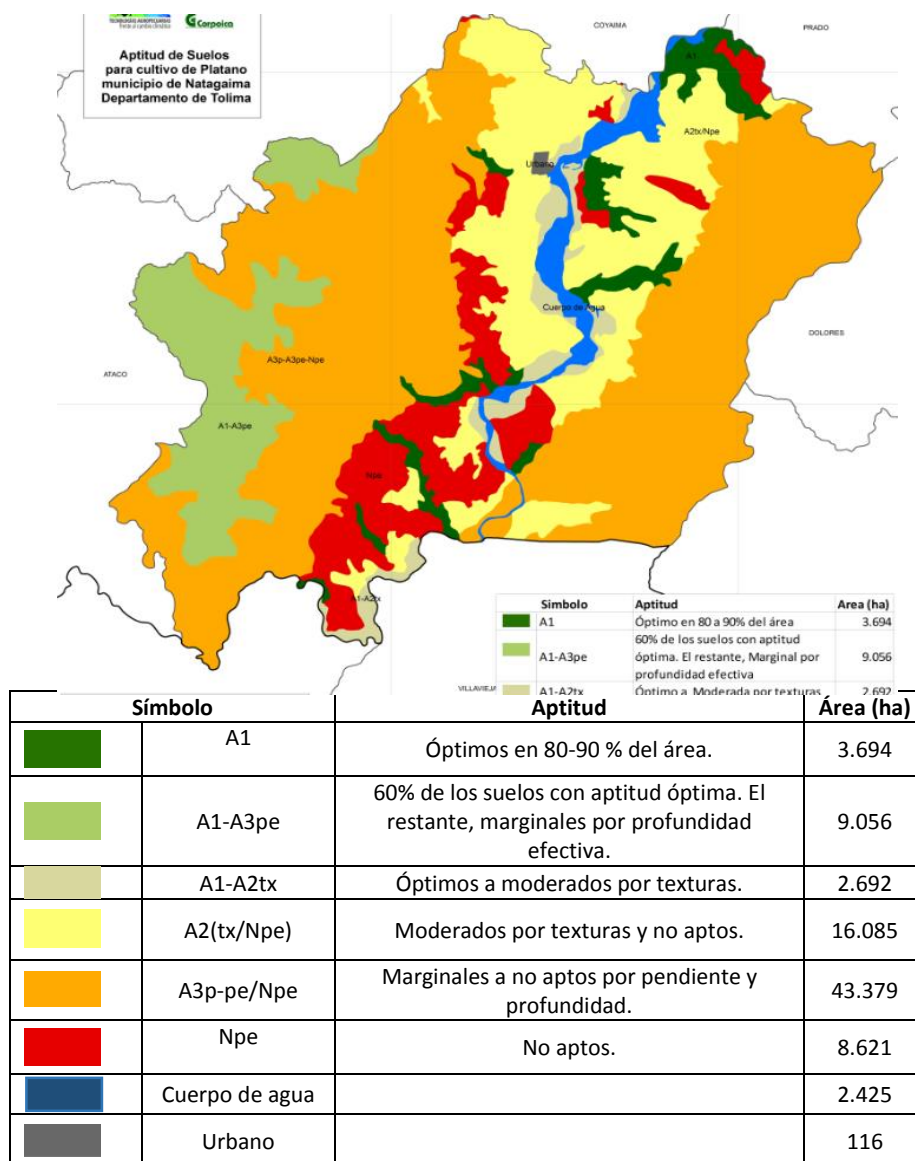


Figura 4. Aptitud de suelos para el cultivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima (Tolima).

De acuerdo con el nivel de aptitud de suelos para el sistema productivo de plátano, el municipio de Natagaima presenta: el 4,29 % de suelos óptimos (A1), el 10,52 % óptimos a marginales por profundidad efectiva (A1-A3pe), el 3,12 % óptimos a moderados por

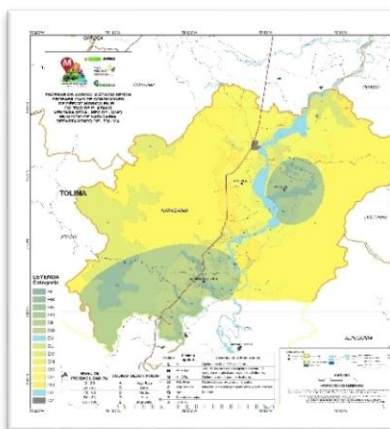


texturas (A1-A2tx), el 18,68 % moderados por texturas y no aptos (A2 tx/Npe), el 50,42 % marginal a no apto por pendientes y profundidades (A3p-pe/Npe), el 10,01 % no apto (Npe), el 2,81 % con cuerpos de agua y el 0,13 % es zona urbana.

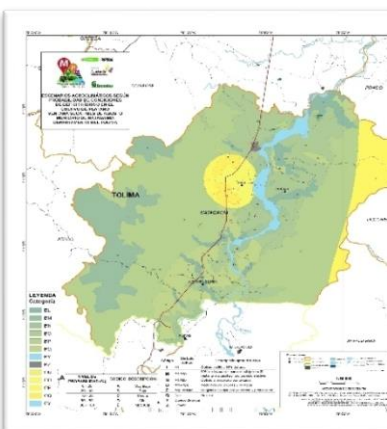
Las áreas con limitantes por textura, pendiente y suelos superficiales deben ser manejadas técnicamente para mejorar la producción. Específicamente los suelos superficiales presentan limitaciones para el desarrollo de las raíces, disponibilidad de agua y nutrientes, afectando, además, la infiltración y la labranza. Los suelos superficiales tienen menor volumen disponible para la retención de agua y nutrientes, y también pueden impedir o dificultar la labranza; del mismo modo, pueden ser susceptibles a la erosión porque la infiltración del agua está restringida por el substrato rocoso.

- b. En los mapas de *escenarios agroclimáticos*:** de acuerdo con el cálculo del índice de Palmer (Palmer, 1965), se registraron probabilidades de ocurrencia de un déficit hídrico en el suelo para el sistema productivo de plátano: muy bajas (0 – 20 %, tonos azules); bajas (tonos verdes, 20 – 40 %) y medias (tonos amarillos 40 - 60%). Aunque predominan probabilidades bajas, en el mes de junio y enero se presenta probabilidad media de déficit hídrico en todo el municipio.

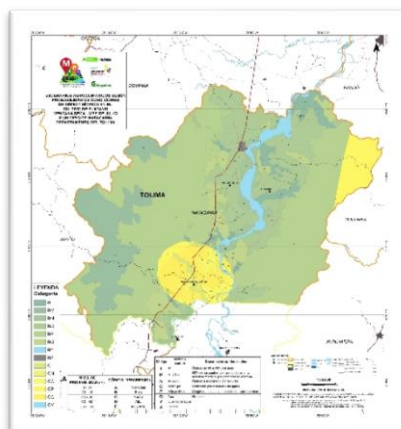
Junio



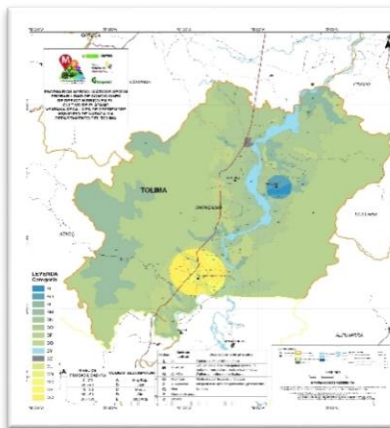
Julio



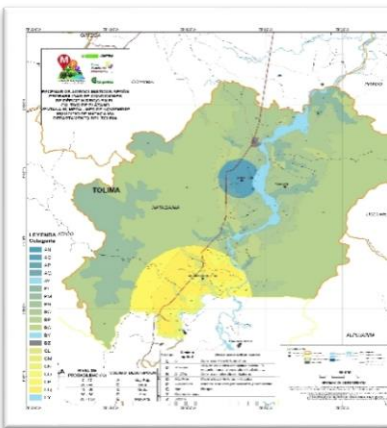
Agosto



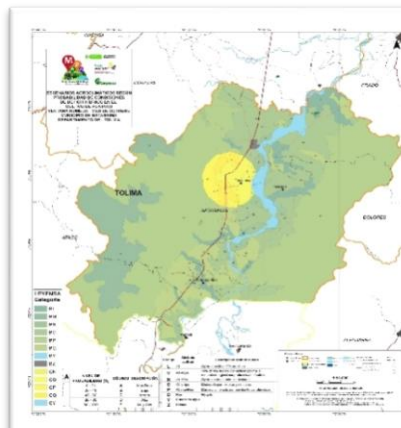
Septiembre



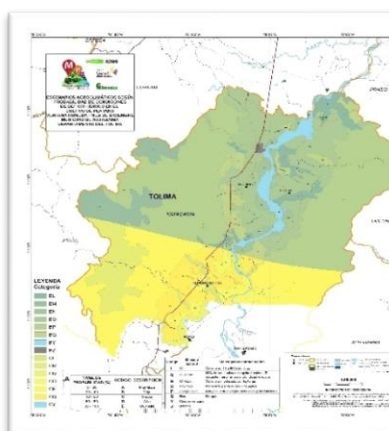
Octubre



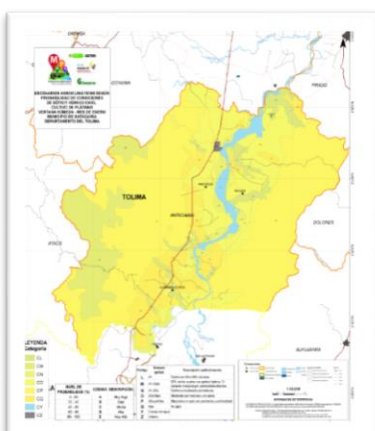
Noviembre



Diciembre



Enero



LEYENDA
Categoría

AN	BQ
AO	BY
AP	BZ
AQ	CL
AY	CM
BL	CN
BM	CO
BN	CP
BO	CQ
BP	CY

Probabilidad de déficit hídrico en suelo	Código	Descripción	Código	Símbolo de la aptitud	Descripción de la aptitud de los suelos
			L	A1	Óptima, sin restricciones a esta escala
0-20	A	Muy baja	M	A1-N	Óptima en un 90%
20-40	B	Baja	N	A1-A2-tx	Óptima en 80%, 20% moderada por textura
40-60	C	Media	O	A1/A3f-A3m	Óptima 20%, 60% marginal por pendiente, 20% marginal por acidez
60-80	D	Alta	P	A2f-A3m	Moderada por acidez (50%) y marginal por pendiente (50%)
80-100	E	Muy alta	Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico

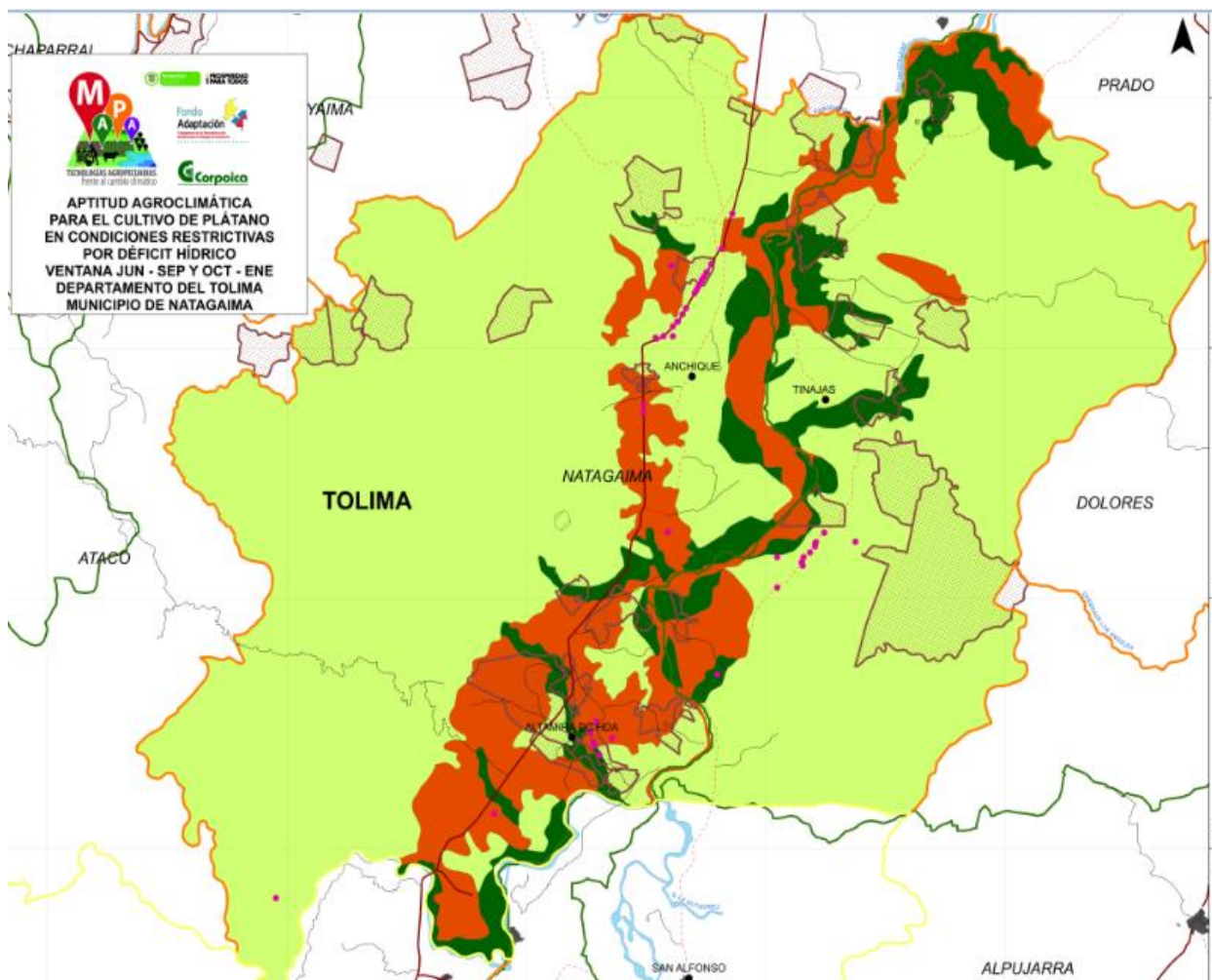
Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de déficit de agua en el suelo para el sistema productivo en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una o varias etapas fenológicas específicas de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia




Los estados fenológicos (vegetativo, floración, fructificación y cosecha) no se encuentran marcados por fechas debido a que en la mayoría de cultivos se implementa sistema de riego, por lo cual se establecen cultivos constantemente. La decisión de siembra depende de fases lunares y se acostumbra a sembrar en menguante. El ciclo productivo predominante de la zona es de 9 meses. En consecuencia, durante todas las etapas fenológicas del cultivo se presentarán afectaciones en los meses de media probabilidad de déficit hídrico (julio y diciembre).

Debido a que es una planta umbrófila y su área foliar permanece expuesta directamente a la radiación, la transpiración es alta. Por lo cual, el plátano hartón es sensible al déficit hídrico durante todo su ciclo productivo, particularmente, durante la primera parte del período vegetativo, así como durante la floración y la formación del racimo (Doorenbos y Kassam, 1980).

Zonas del municipio de Natagaima con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano hartón

El mapa de aptitud agroclimática del municipio de Natagaima para el sistema productivo de plátano hartón integra la exposición mensual a déficit hídrico para el sistema productivo de plátano hartón y la aptitud de los suelos (figura 6).



Categoría	
	Nicho productivo óptimo o con leves restricciones
	Nicho productivo óptimo condicionado a prácticas de manejo o conservación de suelos
	Área con suelos no aptos

Escenario	Categoría	Área (ha)	%
Déficit hídrico ventana jun - ene.	Nicho productivo óptimo o con leves restricciones	6.385,45	7,4
	Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo o conservación de suelos	68.520,63	79,6
	Áreas con suelos no aptos	11.161,58	13
Total		86.067,66	100

Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de Natagaima para el cultivo de plátano hartón bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b)

Las categorías de aptitud agroclimática identificadas por Corpoica (2015b) para el sistema productivo de plátano en el municipio de Natagaima fueron:

- **Áreas con nicho productivo óptimo o con leves restricciones** (verde oscuro), que ocupan el 7,4% del área total del municipio (6385,45 ha).
- **Áreas con nicho productivo condicionado a prácticas de manejo o conservación de suelos** (verde claro), que ocupan el 79,6 % del área del municipio (68520,63 ha).
- **Áreas con suelos no aptos** (rojo), que ocupan el 13 % del área del municipio (11161,58 ha).

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima, Tolima, consultar el sistema experto SE-MAPA



Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca

Información agroclimática. La información climática puede emplearse para tomar decisiones en la planificación agropecuaria, identificar riesgos asociados, relacionar diferentes sistemas productivos a la climatología de cualquier área y mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica. Esta información ayuda a mejorar la toma de decisiones operativas en el manejo de sistemas productivos. *La guía de prácticas agrometeorológicas de la Organización Meteorológica Mundial* (OMM, 2011), indica que la información que debe ser proporcionada a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referentes al estado de la atmósfera (clima): obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referentes al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas en laboratorio.
- Fenología: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades, malezas, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al sistema productivo tales como excesos y déficit de agua, heladas o deslizamientos.
- Distribución temporal: periodos de crecimiento, épocas de siembra y cosecha.
- Observaciones técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima o media, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del cultivo (principalmente en etapas fenológicas críticas) y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos.



Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón frente a condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Natagaima (Tolima)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para reducir los efectos del déficit hídrico en el suelo sobre el sistema productivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima (Tolima). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre marzo de 2015 y junio de 2016. El plátano requiere 1800 mm anuales (Garnica, 1998) y durante el periodo de validación la precipitación fue de 446 mm.

En la Tabla 3 se compara la precipitación registrada en la parcela de integración durante el periodo de la validación y el promedio multianual de precipitación. Se observa que el valor ONI durante todos los meses fue superior a 0,5 (evento El Niño) y se redujeron las precipitaciones, a excepción del mes de septiembre de 2015 en el que hubo una anomalía positiva de 29,2 %. La anomalía total para el período julio de 2015 a junio de 2016 fue -66,71 %, lo que evidencia los efectos del evento de El Niño sobre la precipitación del municipio.

Tabla 3. Anomalía mensual de precipitación en la parcela de integración con respecto al promedio multianual

	2015						2016						ANUAL
	Jun.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	
Promedio multianual (mm)	22,9	27,8	61,9	195	230	155,9	86,0	97,6	151,7	166,9	109,1	35,0	1339,7
Parcela (mm)	3,6	1	80	61,4	59	0	74	16	24	98	29	0	446
Anomalía porcentual (%)	-84,3	-96,4	29,2	-68,5	-74,3	-100	-13,9	-83,6	-84,2	-41,3	-73,4	-100	-66,71
Valores ONI	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	
	1,1	1,3	1,6	1,9	2,3	2,5	2,5	2,3	2,0	1,6	1	0,4	

Así mismo, la evapotranspiración de referencia (ET_o) fue superior a la precipitación durante la mayor parte del ciclo productivo evaluado (figura 7a), lo que muestra la ocurrencia de déficit hídrico. Adicionalmente, se puede observar que la distribución de las lluvias fue irregular, con periodos de hasta dos meses sin presencia de lluvias y días en los que se precipitaron aproximadamente 80 mm.

Por su parte, se observa que dentro del comportamiento de las láminas de agua disponible, agua fácilmente aprovechable y el agotamiento en el suelo de la parcela de integración durante el periodo de evaluación (figura 7b); si bien el contenido de agua en el suelo o agua disponible corresponde a la fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, la planta solo puede hacer uso efectivo del agua fácilmente aprovechable, la cual hace referencia al agua capilar retenida en los poros del suelo.

En ese sentido, cuando el agotamiento de agua supera a la fácilmente aprovechable, se presentan condiciones limitantes para la absorción de agua por parte de la planta. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que en la mayor parte del periodo evaluado, la parcela de integración presentó déficit hídrico en el suelo.

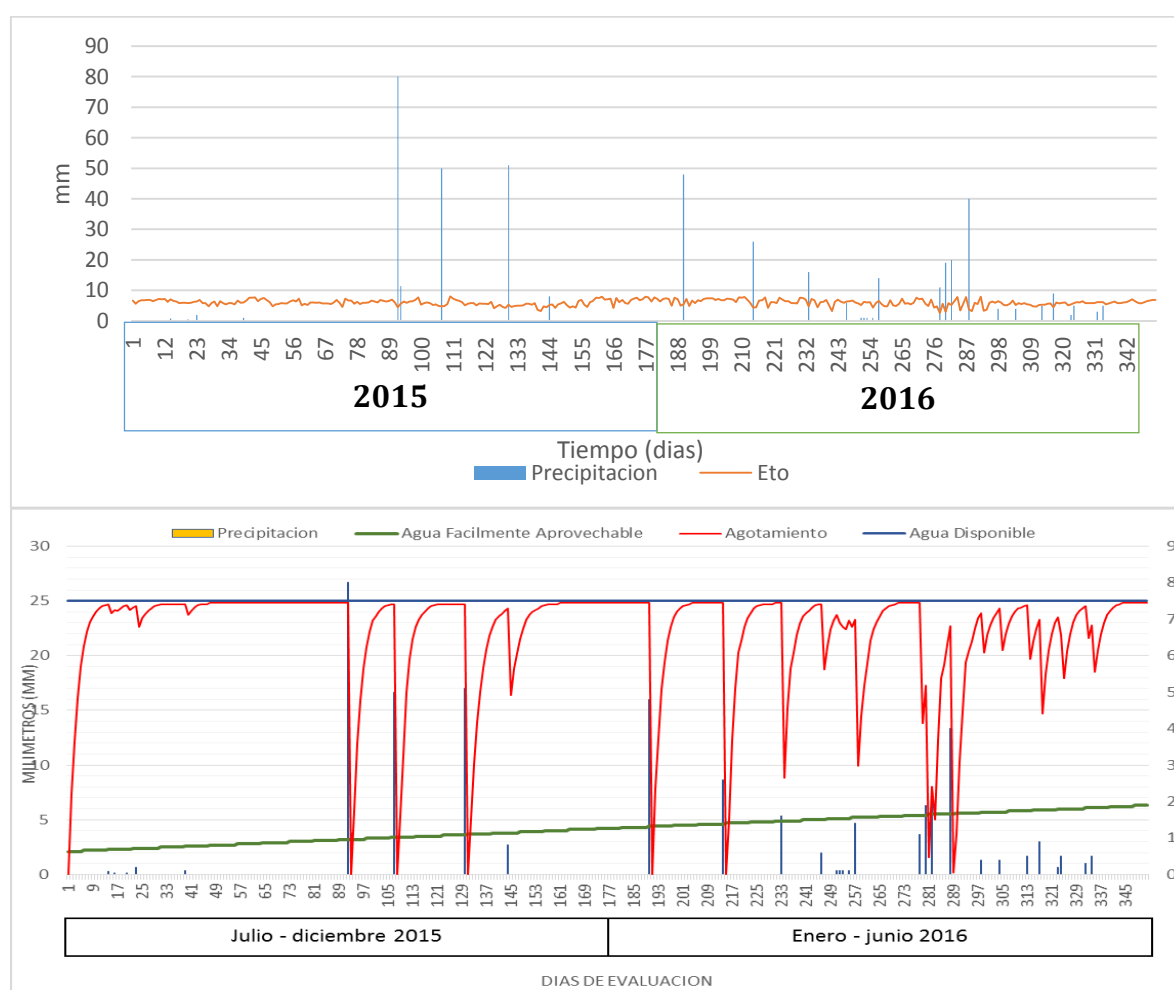


Figura 7. (a) Balance hídrico atmosférico. (b) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de plátano Natagaima (Tolima) en los meses de julio 2015 a junio de 2016.


Dado que la condición de déficit hídrico es recurrente en esta zona y es un factor restrictivo para el sistema productivo de plátano hartón, se hizo necesario implementar sistema de riego para disminuir la vulnerabilidad a condiciones restrictivas de humedad por déficit hídrico. A continuación, se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de plátano Hartón en Natagaima (Tolima):




1. Manejo integrado de Sigatoka negra

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijensis* Morelet) ataca las hojas produciendo un rápido deterioro del área foliar, afectando el crecimiento de la planta y su productividad al disminuir la capacidad fotosintética e induciendo la maduración prematura de los racimos (Restrepo y Jiménez, 2012). Además, esta enfermedad es la más frecuente y limitante según lo consultado en la encuesta a los productores del municipio de Natagaima (Corpoica, 2015a).

La opción de manejo integrado de Sigatoka negra agrupa prácticas de prevención, seguimiento y control. Algunas prácticas de prevención son:

Tabla 4. Prácticas culturales para el manejo preventivo de Sigatoka negra en condiciones de déficit hídrico.

Práctica	Frecuencia	Ilustración
Deshoje	Cada 45 días dependiendo del grado de severidad y el número de hojas fotosintéticamente activas (HFA).	

Destronque	Planta cosechada o con afectación mecánica que impida su desarrollo.	
Descalcete	Una vez cada tres meses.	
Desbellote	Una vez cada dos meses dependiendo de la emisión de racimos en parcela.	

Deshije	Una vez cada dos meses.	
---------	-------------------------	--

- a. **Deshoje:** Es una práctica que se realiza con el fin de mantener un área mínima sin presencia de Sigatoka (*Mycosphaerella fijensis*) o con un nivel de severidad bajo (grado 2), se busca que la planta pueda desarrollar la actividad fotosintética que requiere el proceso de llenado del racimo. La ejecución de esta actividad se reduce en el ciclo del cultivo dependiendo de las condiciones climáticas de déficit hídrico, la incidencia y severidad de Sigatoka negra y la etapa fenológica de la planta.
- b. **Destronque:** Después de la cosecha del racimo, se retira el pseudotallo (vástago) seco con el fin de extraer ese sitio de anclaje de la planta. A su vez, con esta práctica se puede evitar o disminuir la postura de huevos del picudo (*Cosmopolites sordidus* o *Metamasius hemipteros*) y reducir la presencia de *bacteriosis* en la plantación. Estos vástagos se pueden utilizar para elaborar compost o como fuente de alimento de los sistemas pecuarios de la finca.
- c. **Descalcete:** Esta práctica busca retirar la calceta seca del vástago de la planta para evitar la ovoposición del picudo y del adulto de gusano tornillo (*Castiomeria humboldti*), así mismo, pretende disminuir la acumulación de agua en la yagua para evitar la pudrición del vástago.
- d. **Desbellote:** Consiste en la eliminación o corte de la terminación floral del racimo de plátano que se denomina bellota, su objetivo es disminuir tejido demandante de nutrientes en el proceso de llenado de los dedos del racimo (frutos). Adicionalmente, esta práctica contribuye en la reducción de la presencia de insectos vectores de la enfermedad del moko

(*Ralstonia solanacearum*). Esta actividad se debe realizar aproximadamente a los 2 meses de formado el racimo.

Seguimiento de la enfermedad: se deben hacer muestreos en busca de estados iniciales de Sigatoka negra durante todo el ciclo productivo, así en caso de encontrar algún indicio de la enfermedad, se podrá realizar un control eficiente y racional. Los muestreos permitirán determinar el promedio ponderado de infección (PPI) de la enfermedad, para determinar la “línea crítica” y reforzar su control, dejando como última opción el uso de fungicidas de síntesis química.



Figura 8. Seguimiento de sigatoka negra con la escala de Gauhl y Stover.

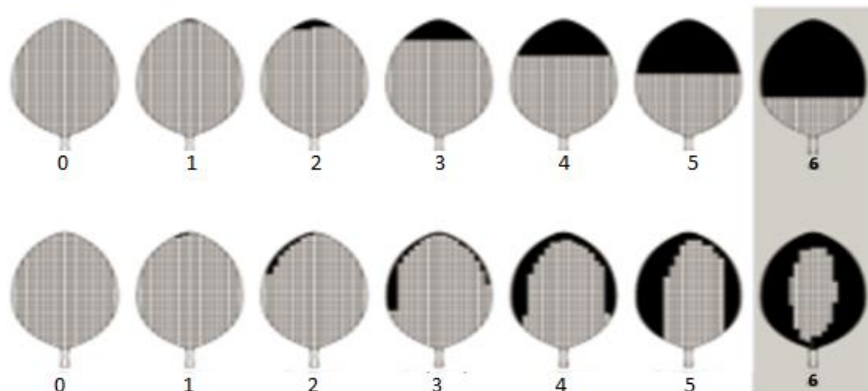
Con fines de control y seguimiento, es necesario elaborar formatos para registrar las variables asociadas a la enfermedad. Para el registro de esta variable se puede utilizar la siguiente tabla basada de Almodóvar (2005):

Tabla 5. Formato para el seguimiento de Sigatoka negra

Fecha de medición:											Grado								
	Número o posición de la hoja en la planta										H/P*	HMJE**	0	1	2	3	4	5	6
Planta	1	2	3	4	5	6	7	8	n										
1																			
2																			
3																			
4																			
5																			
6																			
7																			
8																			
9																			
n																			
En la casilla se escribe la el grado de infección de cada hoja.											TOTAL								
											Promedio								

* Hojas planta ** Hoja manchada más joven enferma

Se puede usar el método de Stover modificado por Gauhl (Almodóvar, 2005) para estimar visualmente el área total cubierta por todos los síntomas de la enfermedad en cada hoja, utilizando un rango en porcentaje de área foliar enferma para encontrar el grado de severidad.



Grado	
0	Sin enfermedad
1	Hasta 10 manchas
2	< 5 % AF* enferma
3	6 – 15 % AF enferma
4	16 – 30 % AF enferma
5	31 – 50 % AF enferma
6	>50 % AF enferma

* AF: Área foliar

Figura 9. Escala de Gauhl y Stover utilizada en las mediciones de severidad de Sigatoka negra.
Adaptado de Almodóvar (2005)

Una vez realizado el registro de las plantas evaluadas se procede al cálculo del promedio ponderado de infección con la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Hojas infectadas por grado: } \frac{\text{Número total de hojas en cada grado}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 0: } \frac{\text{Número de hojas grado 0}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 1: } \frac{\text{Número de hojas grado 1}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 2: } \frac{\text{Número de hojas grado 2}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 3: } \frac{\text{Número de hojas grado 3}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 4: } \frac{\text{Número de hojas grado 4}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\% \text{ Hojas en grado 5: } \frac{\text{Número de hojas grado 5}}{\text{Número total de hojas}} * 100$$



$$\% \text{ Hojas en grado } 6: \frac{\text{Número de hojas grado } 6}{\text{Número total de hojas}} * 100$$

$$\text{Promedio ponderado de infección (PPI):} \\ \frac{\text{suma de } (\% \text{ hojas en cada grado} * \text{grado respectivo})}{100}$$

Ejemplo:

$$\% \text{ Hojas grado } 0: \frac{22}{66} * 100 = 33,33$$

$$\% \text{ Hojas grado } 1: \frac{22}{66} * 100 = 33,33$$

$$\% \text{ Hojas grado } 2: \frac{7}{66} * 100 = 10,6$$

$$\% \text{ Hojas grado } 3: \frac{6}{66} * 100 = 9,09$$

$$\% \text{ Hojas grado } 4: \frac{7}{66} * 100 = 10,6$$

$$\% \text{ Hojas grado } 5: \frac{2}{66} * 100 = 3,03$$

$$\% \text{ Hojas grado } 6: \frac{0}{66} * 100 = 0$$



$$\text{PPI:} \\ \frac{(33,33 * 0) + (33,33 * 1) + (10,60 * 2) + (9,09 * 3) + (10,6 * 4) + (3,03 * 5) + (0 * 6)}{100} = 1,$$

El índice ponderado de infección sirve para determinar el nivel de daño causado por la Sigatoka negra en el sistema productivo de plátano hartón. Cuando alcanza valores iguales o superiores a 2, el nivel de daño es significativo y se deben establecer medidas de choque para bajar la severidad de la enfermedad y garantizar el desarrollo de mínimo seis hojas sanas.

¿Qué hacer si el PPI supera el valor crítico de dos? – control

Cuando se presente PPI de infección mayor a dos, se pueden intensificar las prácticas culturales o recurrir a fungicidas de síntesis química para su rápido control:

Tabla 6. Prácticas y frecuencia de labores para controlar la Sigatoka negra en plantaciones de plátano hartón con PPI superior a dos

Practica	Frecuencia	Ilustración
Macoqueada	Una vez ciclo	
Deshoje y destronque		
Aplicación de fungicida	Cuando el PPI supere el valor de dos.	

Macoqueo: Es el conjunto de labores que desarrolla el agricultor en el sitio donde está establecida la planta con sus yemas (colinos); entre ellas están: el control de malezas, el deshoje de hojas enfermas secas por Sigatoka negra, el destronque de tallos, el descoline y el descalcete. Este conjunto de prácticas se realiza simultáneamente en cada planta “retorno”, cuando las condiciones climáticas son extremas y afectan negativamente el sistema productivo, y la disponibilidad de mano de obra es limitada.



Aplique fungicidas cuando el PPI sea mayor a dos (alta presión de inóculo) y antes de la aplicación realice un deshoje. Para la elección del ingrediente activo, coadyuvantes y frecuencia de aplicación consulte a un ingeniero agrónomo.

2. Sistema de riego por microaspersión

Se fundamenta en hacer un uso eficiente del agua de acuerdo al requerimiento del cultivo, para utilizarlo se debe aplicar el volumen de agua en los momentos y frecuencias apropiadas y mejorar la adaptación del cultivo a condiciones de déficit de humedad en el suelo.

Es importante considerar dos elementos para un adecuado manejo del riego. Por un lado, la determinación de las láminas de riego de acuerdo al balance hídrico diario. Por otro lado, la selección e implementación del diseño hidráulico de un sistema de riego eficiente. Para el caso de la parcela de integración se utilizó sistema de riego por microaspersión.

Cálculo de balance hídrico-agrícola diario: El balance hídrico se calcula a partir del requerimiento hídrico del plátano hartón, la humedad del suelo y variables climáticas (precipitación y evapotranspiración). La determinación de la evapotranspiración de referencia (ET_o) se realiza mediante la ecuación Penman-Monteith con el software de la FAO (ET_o). Para la Evapotranspiración del cultivo (ET_c) se utilizó coeficiente del cultivo (K_c) de 1,2; ya que es un cultivo establecido y se mantiene en época de máxima demanda. Los datos de las variables climáticas se tomaron de la estación meteorológica instalada en la finca. A partir de este cálculo se determina la cantidad de agua a aplicar en las plantas de cultivo, como se explica a continuación:



Cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo)

La ETo se calcula a partir de los datos climáticos de la zona por medio del software de la FAO *ETo calculator* (2006)



Cálculo del uso evapotranspiración del cultivo (ETc)

La ETc es el consumo de agua del cultivo, el cual tiene en cuenta la ETo y el coeficiente de cultivo (**Kc**). Para el caso de la parcela de integración, se usó un Kc de 1,2 que corresponde a la época de máxima demanda para un cultivo establecido.

$$ETC = Kc \cdot ETo \text{ (mm/día)}$$



Cálculo de la lámina neta

La lámina neta hace referencia a la cantidad de agua a aplicar por unidad de superficie durante un periodo de riego.

$$LN = \frac{(CC - PMP)}{100} \rho_a * fa * Pr * 1000 = (mm)$$

CC = capacidad de campo

PMP = punto de marchitez permanente

fa = factor de agotamiento (valores entre 0,4 y 0,6)

Pr = profundidad radical (m)

pa = densidad aparente (g/cc)



Cálculo de la lámina bruta

Es la cantidad de agua consumida por los cultivos o que se ha evaporado durante determinado intervalo de tiempo. Para el caso de sistema de riego por microaspersión se tiene un rendimiento de 85 %.

$$LB = \frac{Uc}{\eta} = (mm/día)$$

Uc= uso consumo cultivo (mm/día)

η= Rendimiento total del tipo de riego tecnificado a usar



Cantidad de agua por planta

Corresponde a la cantidad de agua a aplicar por planta relacionando la separación entre ellas, el rendimiento del riego y la ETo.

$$Vt = \frac{ETo * sp * sl}{\eta} = \text{litos/planta/día}$$

ETp = evapotranspiración del cultivo de referencia (mm/día).

η= rendimiento total del tipo de riego tecnificado a usar

sp= separación entre plantas

sl= separación entre líneas



Tasa de aplicación de agua

Corresponde a la intensidad de precipitación del microaspersor a utilizar.

$$Taam = \frac{Qma}{Dl * Dma} = \frac{mm}{h}$$

Qma= caudal del microaspersor (lph)

Dl= distancia entre laterales (m)

Dma= distancia entre microaspersores (m)

DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE RIEGO

$$\text{Tiempo de riego (horas)} = \frac{\text{Dosis de riego (mm)}}{\text{Pluviometría del sistema (mm/hora)}}$$

Tiempo de riego

Es el tiempo durante el cual se debe regar para satisfacer el requerimiento del cultivo

$$Tr = \frac{LN}{Taam} = \text{horas}$$



Con base en lo anterior, se aplicó riego por microaspersión con una frecuencia de dos días. En cada calle se dispuso la tubería con los microaspersores, con una separación entre ellos de 3 m y entre laterales de 3,4 m.

Las fuentes de agua como ríos y quebradas provocan que rápidamente los filtros de anillos se saturen y se pierda presión disminuyendo la eficiencia del sistema de riego. Los sedimentos obstruyen los goteros y dificultan la descarga del microaspersor. Se recomienda la construcción de tanques desarenadores para reducir los sedimentos del agua a conducir por el sistema, además, se debe realizar periódicamente revisión y limpieza de los filtros.

¿Qué ventajas comparativas tienen estas tecnologías integradas?

Manejo integrado de Sigatoka negra:

El uso de medidas y estrategias culturales previene (a bajo costo) el aumento de la incidencia y severidad de la enfermedad, ya que con dos jornales por hectárea (contratados o familiares) se pueden realizar prácticas preventivas como el despunte y el deshoje. El manejo integrado de la enfermedad permite reducir al mínimo el uso de fungicidas de síntesis química, reduciendo los costos de producción y los efectos nocivos para el ambiente y las personas.

Durante el periodo de evaluación, la severidad fue menor en las plantas en las que se implementó la opción tecnológica en comparación con las plantas de la parcela con manejo tradicional. El promedio ponderado de infección (PPI) en la parcela con opción tecnológica estuvo por debajo del nivel crítico dos y al final de la evaluación llegó a cero. De otro lado, en la parcela con manejo tradicional, en abril y junio de 2015 el PPI alcanzó valores cercanos e iguales al nivel crítico (Corpoica, 2016).

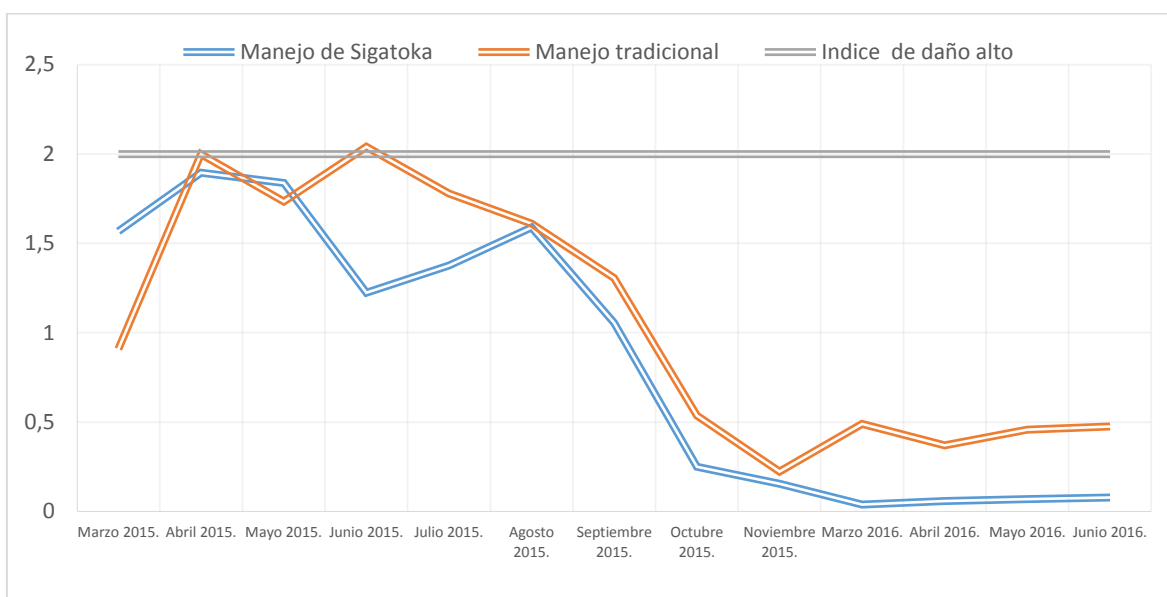


Figura 10. Comportamiento del promedio ponderado de infección en los meses de marzo 2015 a junio de 2016 en el sistema productivo de plátano hartón del resguardo indígena de Pueblo Nuevo, Natagaima (Tolima).

Ventajas sistema de riego por microaspersión

El riego por microaspersión en el sistema productivo de plátano proporciona un ambiente desfavorable para el desarrollo de enfermedades, puesto que la aplicación de agua es localizada (subfoliar) y no existe contacto con la parte aérea de la planta. A su vez, se optimiza el recurso hídrico, mejora la disponibilidad de agua (frecuencia y cantidad), el desarrollo radicular y la asimilación de nutrientes por las plantas. Este sistema es de fácil mantenimiento y operación, realiza una aplicación uniforme de agua y opera a bajas presiones.

Por otra parte, con el sistema de riego por inundación se aplican grandes volúmenes de agua (hasta encharcar el suelo) y, debido a la evapotranspiración y la escorrentía, se pierde gran cantidad de agua. En contraste, con el sistema de riego por microaspersión se dosifica y distribuye el recurso hídrico en varias aplicaciones, permitiendo que el suelo almacene agua en horizontes superficiales y se garantice el suministro de los requerimientos hídricos

de las plantas. El sistema por inundación utiliza 43,2 m³/día y el de microaspersión 54,72 m³/día.

El índice de productividad expresa que con la implementación del sistema de riego por microaspersión se requieren 1,29 m³ para producir un kilogramo de plátano, mientras que con el sistema de inundación se necesitan 1,61 m³. En otras palabras, se ahorra 20 % de agua (tabla 7).

Tabla 7. Índice de productividad de agua en la parcela tradicional y en la parcela de integración en la vereda Pueblo Nuevo, Natagaima

Tipo de manejo	Producción Kg.ha ⁻¹	Lámina de agua aplicada* m ³ .ha ⁻¹	IPA	
			m ³ .Kg ⁻¹	Kg.m3
Con opciones tecnológicas	11.432	14.774	1,29	0,77
Manejo tradicional	7.249	11.664	1,61	0,62
% diferencial	0,58	0,27	20	25

*Para un ciclo aproximado de nueve meses

Según lo reportado por miembros y productores de plátano del resguardo Pueblo Nuevo, el porcentaje de pérdidas de la cosecha en la parcela de manejo tradicional fue 15 %, mientras que en la parcela de integración con la opción tecnológica las pérdidas fueron 10 % aproximadamente (tabla 8). Lo anterior, debido a problemas de volcamiento por vientos (ocasionales) y daño mecánico por las labores realizadas en la parcela.

Tabla 8. Rendimiento en la parcela tradicional y en la parcela de integración en la vereda Pueblo Nuevo, Natagaima

Plantas iniciales	Manejo de Sigatoka negra + Sistema de riego	Manejo tradicional
Plantas iniciales	2500	2500
Plantas finales	2250	2125
Perdida de plantas (%)	10	15
Peso dedos (Kg)	0,241	0,229
Peso racimo	14,9	12,3
Rendimiento fruto (Kg/ha)	11.432	7.249

Fuente: Corpoica (2016).

Las ventajas comparativas están presentadas bajo una condición restrictiva de humedad por déficit hídrico en el suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente fueron validadas en un nicho productivo óptimo con leves restricciones y deben ser ajustadas de acuerdo a la aptitud agroclimática del municipio.

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Natagaima (Tolima)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano hartón en el municipio de Natagaima (Tolima), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial en condiciones de déficit y exceso hídrico en el suelo.



a) Manejo de coberturas

La presencia de coberturas vegetales en el sistema productivo de plátano disminuye la evapotranspiración, favorece la retención de humedad del suelo, sirve como regulador térmico manteniendo los rangos adecuados de temperatura para el desarrollo de la planta, aumenta la resistencia contra las variaciones bruscas de pH, incrementa la biodiversidad de la micro y macro fauna del suelo, provee de alimento a los microorganismos activos en descomposición, produce y secreta sustancias repelentes hacia insectos y otros organismos patógenos, adicionalmente si las coberturas son leguminosas aporta nitrógeno (Gutiérrez et al., 2002).

¿Cómo se podría implementar?

Para la implementación, manejo y conservación de las coberturas vegetales en los sistemas productivos de plátano se recomiendan los siguientes procedimientos:

- Identificar las arvenses nobles presentes en la finca o zona y seleccionar las que muestren un beneficio para el sistema productivo.
- Hacer un inventario de nombres comunes, lugares donde se encuentra, algunas características de la planta y métodos de reproducción.
- Identificar los usos de las arvenses en la finca: alimentación, protección de suelos o medicinales.
- Realizar el control de arvenses entre 15-20 cm de altura y dejar en la superficie del suelo.
- Si se implementa algún sistema de riego procurar que cubra las zonas en donde hay coberturas.
- Para el sistema productivo de plátano se recomiendan coberturas rastreras preferiblemente leguminosas (maní forrajero, kudzu tropical, frijolillo, entre otras), estas coberturas disminuyen el costo de producción ya que reducen la presión de arvenses agresivas, además, ayudan a fijar nitrógeno asimilable para el cultivo.

b) Manejo integrado de la fertilización

Las plantas con una adecuada fertilización se desarrollan vigorosamente, lo que repercute directamente en el rendimiento del sistema productivo; además, permite que la planta genere mecanismos de resistencias al ataque de plagas y enfermedades. Para esto, se debe tener en cuenta la oferta nutricional del suelo y los requerimientos nutricionales del cultivo según la etapa fenológica.



¿Cómo se implementa?

El manejo integrado de la fertilización se implementa con el fin de utilizar fuentes de origen orgánico e inorgánico que permitan mejorar las características químicas, físicas y biológicas del suelo.

Aspectos a tener en cuenta:

- Tomar la muestra de análisis de suelo del lote en el que está establecido o se va a establecer el sistema productivo.
- Determinar los requerimientos nutricionales de acuerdo a recomendaciones de literatura especializada o un asistente técnico.
- Determinar las dosis de fertilizantes con base en el análisis de suelo y el asistente técnico.
- Establecer las épocas de aplicación dependiendo de la etapa del cultivo (fenología del cultivo) y clima de la zona (no fertilizar cuando se presenten lluvias torrenciales).
- Implementación de sistemas de riego para suplir las necesidades hídricas del cultivo y facilitar la disponibilidad de nutrientes para la absorción de las plantas.
- Realizar zanjas de drenaje profundas y dar mantenimiento de las mismas para evitar los encharcamientos en los lotes se deben.
- Tener información agroclimática de la zona por medio de estaciones cercanas. Identificar momentos en los cuales la temperatura sea mayor a 38 °C, ya que cuando superan este valor se limita la absorción de agua y nutrientes.

c) Barrera rompe vientos

Los vientos en las zonas aledañas a las vegas de los ríos (Magdalena) en ocasiones superan los 20 km/h produciendo volcamiento o daño mecánico en las hojas. Esta opción busca reducir la velocidad del viento generando un diferencial entre el viento que entra por la zona de barlovento, de modo que el que circula por la zona de sotavento sea débil (figura 10).



Figura 11. Flujo de aire en una barrera rompe viento.

Se pueden aprovechar a partir de mosaicos y corredores naturales de árboles circundantes a las fincas o también se pueden establecer en diferentes arreglos espaciales, además, estos árboles pueden ser multipropósito: 1. Barrera, 2. Maderable y 3. Alimentación. Sin embargo, considerando las altas velocidades del viento en el municipio y la susceptibilidad de la especie (cuando supera los 20 km/h), es importante manejarlas en un modelo con barreras perimetrales (figura 11) (Corpoica, 2016a).

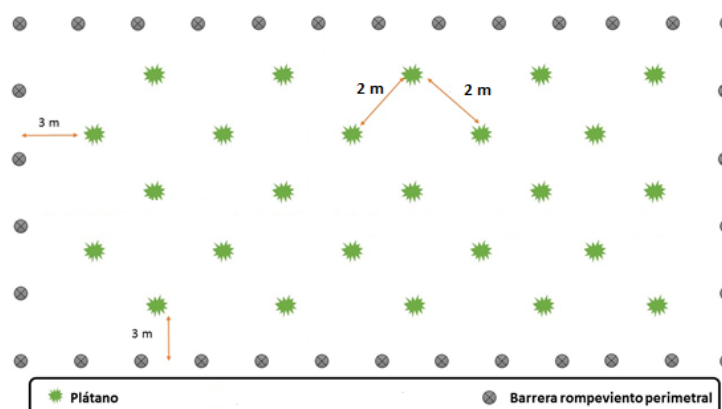


Figura 12. Diseño de la barrera rompe viento para el sistema productivo de plátano.



Implementación

- Identificar las especies arbóreas potenciales para el establecimiento de la barrera perimetral, teniendo en cuenta que esta debe tener diferentes estratos (medio y alto).
- Planificar el establecimiento en el tiempo correspondiente, de manera que se tengan unas barreras temporales y otras permanentes, en tanto que cada especie crece a una velocidad diferente.
- Definir el trazado de la barrera perimetral teniendo en cuenta la dirección del viento en el predio y una distancia mínima de 3 m entre la barrera y el plátano.
- Utilizar en la barrera perimetral especies que se puedan propagar por semilla, para que desarrollen un sistema radical de buen anclaje. Para el establecimiento, realizar ahoyado de acuerdo a la especie a sembrar y al grado de compactación del suelo.
- Incorporar enmiendas orgánicas para potencializar el crecimiento de la barrera y mejorar el anclaje de la especie al suelo.

La distancia entre barreras perimetrales se puede calcular con base en la fórmula de Woodruff y Zingg (citado por Corpoica, 2016a):

$$D = 17 H * \left(\frac{V_{\min}}{V_{\max}} \right) * \cos \emptyset$$

D= distancia entre barreras

H= altura de la barrera

V. mín.= a la cual se puede generar movimiento de polvo (generalmente 17 Km.h⁻¹)

V. máx. = velocidad máxima esperada

∅= ángulo de desviación del viento perpendicular a la cortina (generalmente 30°)

Sin embargo, no siempre es posible garantizar las distancias óptimas, por lo cual se puede tener en cuenta que la zona protegida por la barrera equivale a aproximadamente 15 veces su altura (Méndez et al., 1998; citado por Corpoica, 2016a). En otras palabras, una barrera de 10 m de altura protegerá una distancia de 150 m lineales, lo que equivale aproximadamente a 75 hileras de plátano sembradas a 2 m (tabla 9).

Tabla 9. Relación entre la altura de la barrera, distancia y efecto en la protección contra el viento

Altura de la barrera (m)	Distancia que protege del viento desde la barrera (m)	Hileras del cultivo de plátano protegidas (2m x2m)
5	75	37,5
10	150	75
15	225	112,5
20	300	150



Es importante mencionar que los árboles actúan como “buffer” de cambios en el ambiente, por lo cual su establecimiento como barrera rompe vientos no solo reduce la vulnerabilidad frente a los fuertes vientos, sino que permite la regulación de microclima y favorece la dinámica ecosistémica, reduciendo la incidencia y severidad de problemas fitosanitarios en condiciones de exceso hídrico atmosférico.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de plátano hartón en Natagaima (Tolima) consultar el SE-MAPA

Como se expuso en las secciones 1 y 2, son dos los determinantes del riesgo agroclimático: la amenaza y la vulnerabilidad. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnologías integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

A continuación, se presentan algunos criterios técnico-económicos para la implementación de las opciones tecnológicas presentadas en la primera parte de la sección 2, basados en dominios de recomendación.

Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de plátano hartón en Natagaima (Tolima)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores *et al.*, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva, en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo. En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, en la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y en los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos frente a los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

Para cada uno de los dominios (grupos de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (Tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos, por lo cual, deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso y no deben ser consideradas como un criterio único o una receta rígida.

Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego, se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. La información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, a partir de ello se



construyen indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes a las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. De tal modo, los dominios se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de plátano en Natagaima

En la tabla 10 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro, se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa frente a un evento climático limitante para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es alta para los dominios dos y cinco, mientras que para el resto es baja. El grado de sensibilidad en los dominios es moderado para todos los casos, aunque la capacidad adaptativa de los productores frente a esta situación es baja exceptuando los dominios dos y cinco. Finalmente, la última columna de la tabla 10 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera para el manejo de Sigatoka y la implementación de un sistema de riego por microaspersión para un periodo de cinco años. Esta viabilidad se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio, además, establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso, las opciones son viables para todos los dominios exceptuando el último.

Tabla 10. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de plátano en el municipio de Natagaima (Tolima).

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores sin acceso a crédito, con cultivos asociados, sin asociatividad ni sistema de riego y con un bajo grado de exposición a déficit hídrico.	Baja	Media	Baja	Viable
2. Productores sin sistema de riego, con monocultivos, y con un alto grado de exposición a déficit hídrico	Alta	Media	Media	Viable
3. Productores sin sistema de riego, con monocultivos, y exposición baja a déficit hídrico.	Baja	Media	Baja	Viable
4. Productores con monocultivo sin acceso a crédito y con un bajo grado de exposición a déficit hídrico.	Baja	Media	Baja	Viable
5. Productores que cuentan con riego, monocultivos, se encuentran asociados y tienen una exposición alta.	Alta	Media	Media	No viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

El dominio de recomendación uno incluye productores cuyos cultivos tienen una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico, debido a que tienen cultivos asociados y hacen manejo fitosanitario pero no realizan buenas prácticas de fertilización y cuentan con poco riego. Su capacidad de adaptación es baja porque tienen muy poco acceso a crédito y asistencia técnica y cuentan con pocos activos líquidos (figura 13).

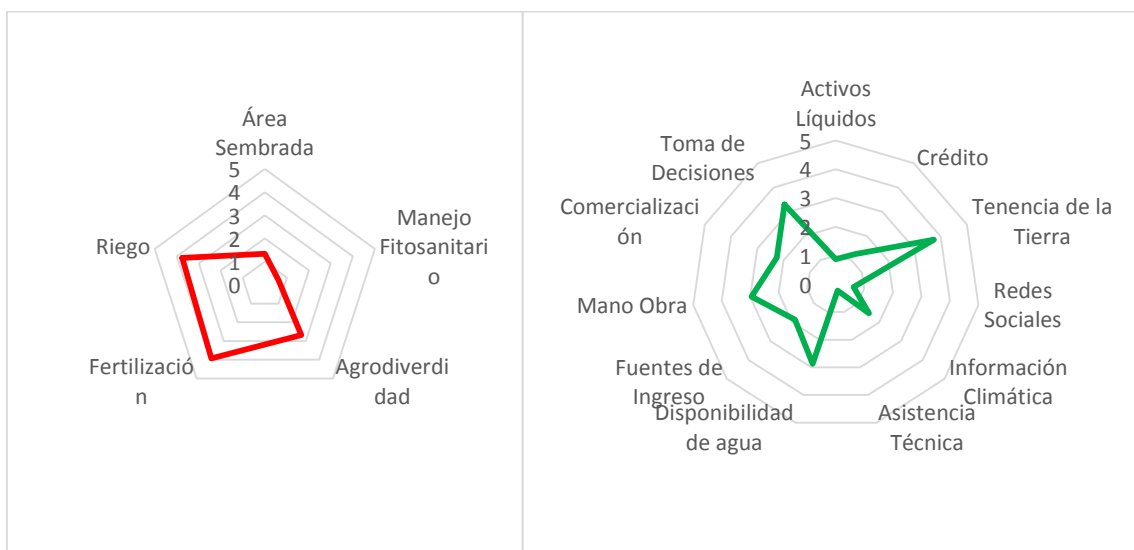


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

El dominio de recomendación uno está conformado por los productores que tienen entre un cuarto y tres hectáreas. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años), al incorporar dentro del sistema productivo el manejo de Sigatoka y la implementación de un sistema de riego por microaspersión, resulta viable financieramente y se puede soportar la condición de déficit hídrico. Una vez que se incrementa la producción, se puede aumentar financieramente la rentabilidad del sistema frente a la variabilidad climática.

A partir de las condiciones de agrupamiento (10), se tiene que para un productor representativo (con 1,6 ha), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente en cultivos sin establecer. El productor debería iniciar con la instalación del riego en 0,23 ha, y se espera que el ingreso adicional sea reinvertido, el segundo año se estima que instale 1,3 ha y el tercer año alcance la totalidad del área sembrada.

En tanto que este dominio tiene una exposición baja, la implementación busca el aumento de la rentabilidad y puede implementarse de forma escalonada, utilizando sistemas de riego más artesanales, como un sistema de riego por gravedad, que compensarían la falta de acceso a recursos financieros y la cantidad de jornales que se debe incurrir para su implementación. Asimismo, gracias a que el manejo de la Sigatoka se realiza con prácticas

culturales, sus costos son bastante bajos aunque aumentan la cantidad de mano de obra requerida, por lo que los productores cuentan con menos jornales disponibles para vender.

Dominio 2

El dominio de recomendación tiene un nivel de sensibilidad medio debido a que se realizan controles fitosanitarios al cultivo, pero no hay sistemas de riego ni formas de almacenamiento de agua, de la misma forma, son productores con ingresos que dependen casi por completo del cultivo, poseen bajos niveles de activos líquidos pero tienen más acceso a recursos financieros que el resto de productores, por lo que se encuentran en un grupo con una capacidad de adaptación media (figura 14).

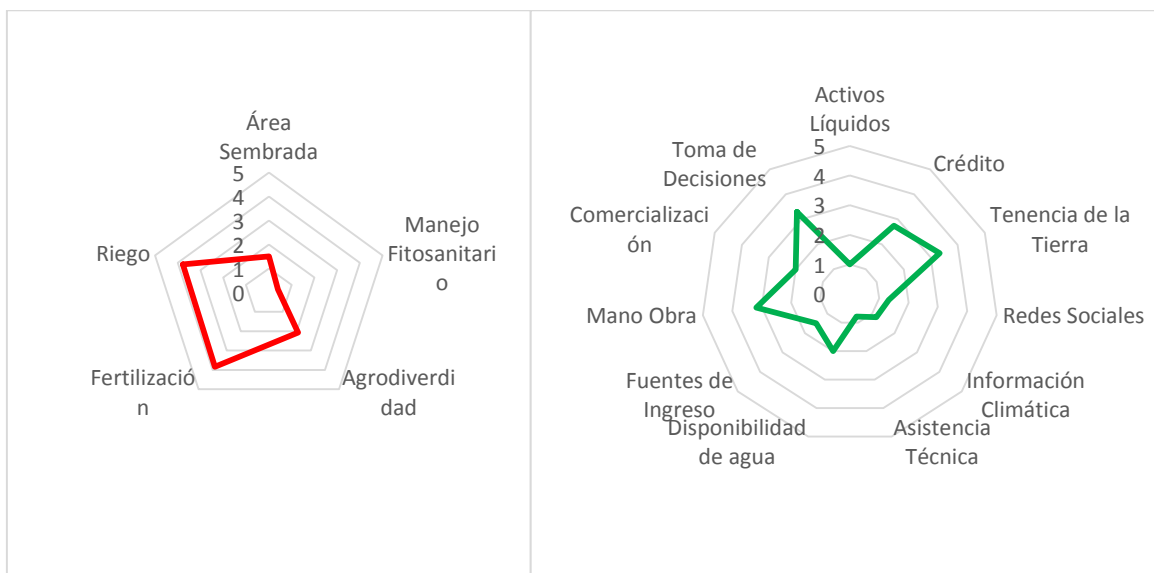


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.

El dominio de recomendación dos está conformado por los productores que tienen entre media y tres hectáreas. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años), al incorporar dentro del sistema productivo el manejo de Sigatoka y la implementación de un sistema de riego por microaspersión, resulta viable financieramente y se puede soportar la condición de déficit hídrico. Es de gran importancia para estos productores la implementación de los sistemas de riego por su alta exposición a una condición de déficit hídrico.



A partir de las condiciones de agrupamiento (10), se tiene que para un productor representativo (con 3,25 ha) la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente en cultivos sin establecer. Gracias a que el manejo de la Sigatoka se realiza con prácticas culturales, su costo es bajo pero aumenta la cantidad de mano de obra requerida, por lo que los productores cuentan con menos jornales libres que se pueden destinar a trabajar en otras fincas.

De otra parte, las limitaciones en el acceso a recursos financieros y el aumento en la demanda de jornales ocasionan que la implementación de las tecnologías propuestas deba hacerse de manera fraccionada, en especial el riego. Se sugiere iniciar con la instalación del riego en 0,43 ha y con el ingreso adicional invertir el segundo año para aumentar a 1,6 ha, luego en el tercer año incrementar a 2,9 ha, para finalmente llegar a cubrir la totalidad del cultivo.

Es importante implementar las tecnologías de manera rápida y eficiente debido a su alta exposición a un déficit hídrico, por lo que se recomienda gestionar recursos que permitan la cofinanciación de las tecnologías de forma que los productores y el resguardo se vean potenciados financieramente por el apoyo de entidades encargadas del desarrollo rural.

Dominio 3

El dominio de recomendación tres incluye productores con áreas medianas sembradas casi exclusivamente con plátano y con poco acceso a riego, pero que realizan algunos controles fitosanitarios al cultivo, lo que ubica a sus cultivos en un grado de sensibilidad media ante una condición de déficit hídrico. La capacidad de adaptación de estos productores es baja, sin activos líquidos, con ingresos dependientes casi por completo a la actividad agropecuaria y limitado acceso a crédito, comercialización y asistencia técnica. En general son productores con limitaciones en todas las características que definen su capacidad de adaptación (figura 15).

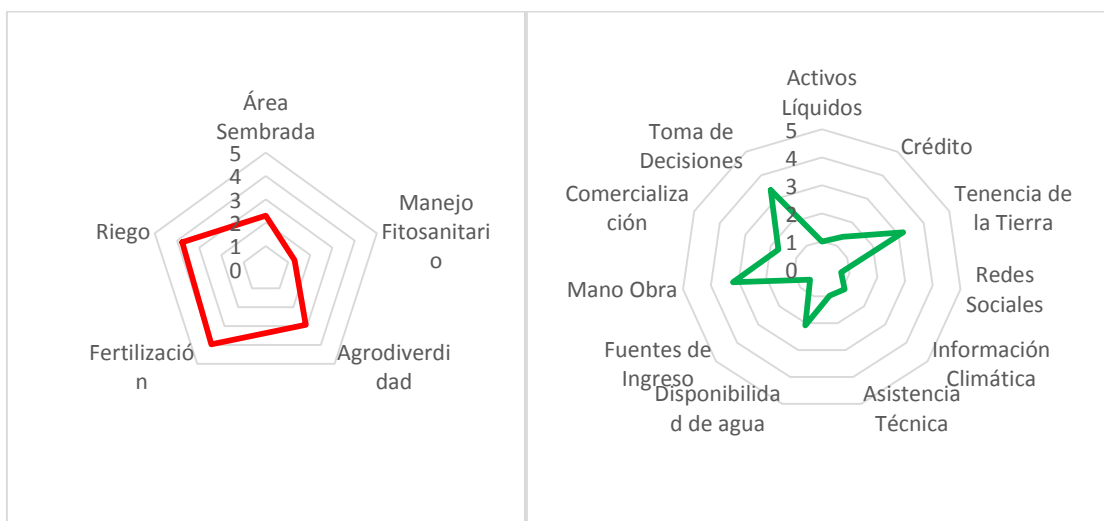


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3.

El dominio de recomendación tres está conformado por los productores que tienen entre un cuarto y dieciséis hectáreas. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años), al incorporar dentro del sistema productivo el manejo de Sigatoka y la implementación de un sistema de riego por microaspersión, resulta viable financieramente y se puede soportar la condición de déficit hídrico.

Según las condiciones de agrupamiento (10), se tiene que para un productor representativo (con 3,25 ha) la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente a cultivos sin establecer. En términos prácticos, se debe iniciar con la instalación del riego en 0,43 ha, luego, con el ingreso adicional, reinvertir para que el segundo año amplíe a 1,6 ha, posteriormente en el tercer año aumentar a 2,9 ha y finalmente lograr implementar el resto del cultivo en el cuarto año. Debido a que este dominio tiene una exposición baja, la implementación busca el aumento de la rentabilidad y puede realizarse de forma escalonada.

Dominio 4

El dominio de recomendación cuatro incluye productores que cuentan con poca agrodiversidad en sus fincas y deficientes sistemas de riego o almacenamiento de agua, si

bien realizan manejos fitosanitarios y tienen cierto acceso a riego, por lo cual presentan una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico. La capacidad de adaptación de los productores es baja porque carecen de acceso a información climática, asistencia técnica, activos líquidos ni comercialización adecuada, además, sus ingresos dependen completamente del cultivo (figura 16).

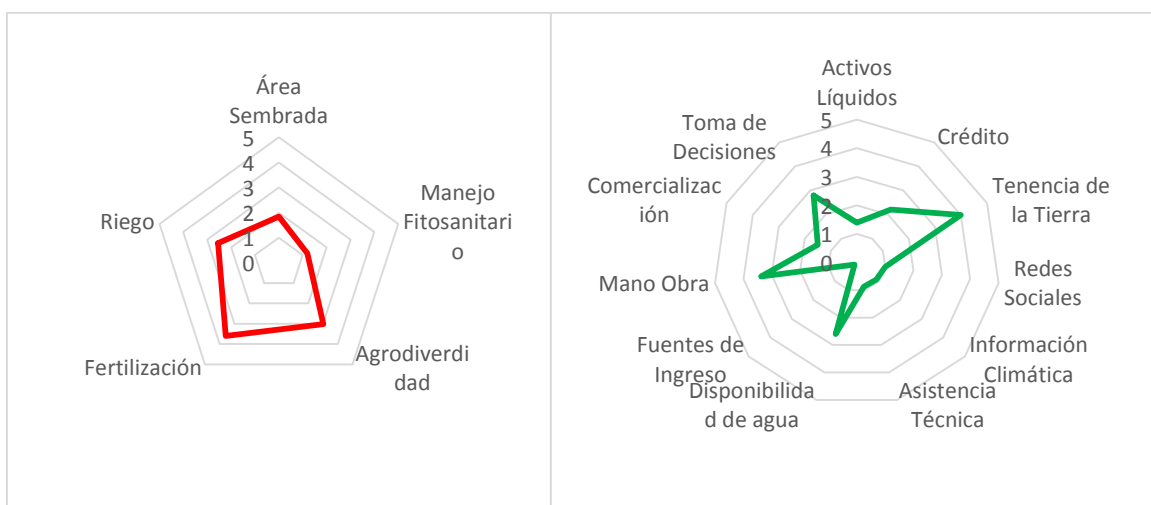


Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 4.

El dominio de recomendación cuatro está conformado por los productores que tienen entre un cuarto y veinte hectáreas. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años), al incorporar dentro del sistema productivo el manejo de Sigatoka y la implementación de un sistema de riego por microaspersión, resulta viable financieramente y se puede soportar la condición de déficit hídrico. Al incrementar la producción se puede incrementar financieramente la rentabilidad del sistema frente a la variabilidad climática.

A partir de las condiciones de agrupamiento (10), se tiene que para un productor representativo (con dos hectáreas), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente en cultivos sin establecer. En términos prácticos, se debe iniciar con la instalación del riego en 0,5 ha, y se espera que el ingreso adicional obtenido del incremento en la producción se reinvierta, así se podrá instalar en 1,7 ha el segundo año y lograr la implementación en el resto del lote para el tercer año. Este dominio tiene una exposición

baja, por lo cual la implementación busca el aumento de la rentabilidad y puede hacerse de forma progresiva para sobreponerse a las limitaciones de acceso a recursos y mano de obra.

En tanto que el manejo de la Sigatoka se realiza con prácticas culturales, su costo es bajo pero aumenta la cantidad de mano de obra requerida, por lo que los productores cuentan con menos jornales libres, que suelen destinar a otras actividades y a trabajar en otras fincas, y puede retrasarse el proceso de adopción de las tecnologías.

Dominio 5

El dominio de recomendación cinco incluye productores cuyos cultivos tienen un nivel medio de sensibilidad frente a una condición de déficit hídrico. Aunque cuentan con algún tipo de sistema de riego, por lo general con riego por gravedad, realizan poco manejo fitosanitario y tienden al monocultivo de plátano. De igual manera, su capacidad de adaptación es media debido a que cuentan con poca asistencia técnica y activos líquidos, pero están asociados y tienen buena toma de decisiones.

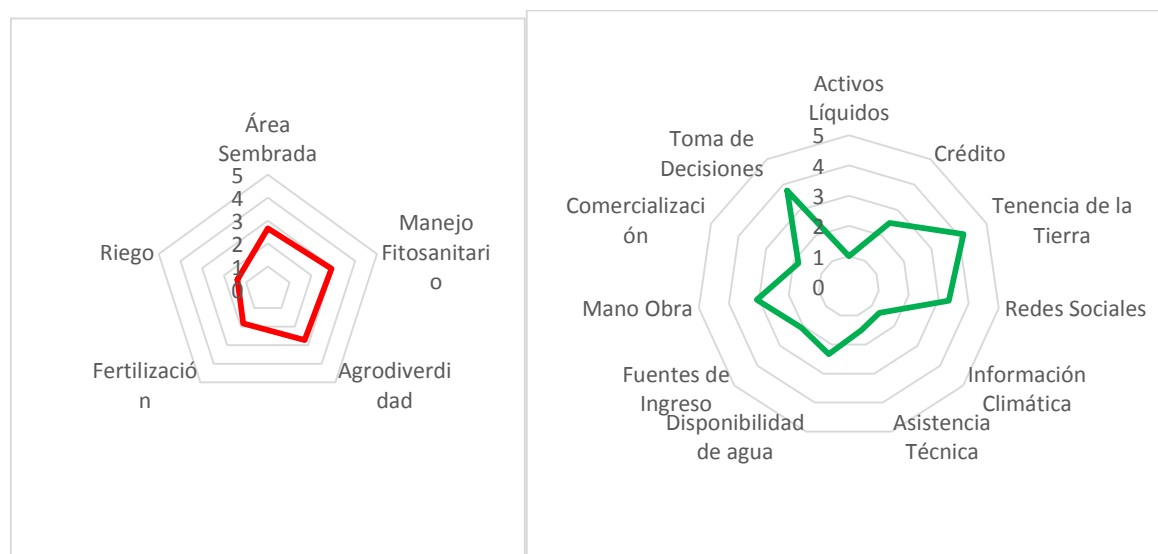


Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 5.

El dominio de recomendación cinco está conformado por los productores que tienen entre un cuarto y tres hectáreas. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años) al incorporar dentro del sistema productivo el manejo de Sigatoka y la



implementación de un sistema de riego por microaspersión, resulta inviable financieramente para estos productores, pues carecen de mano de obra disponible, motivando un incremento significativo de los costos.

A partir de las condiciones de agrupamiento (tabla 10), se tiene que para un productor representativo (con 6,5 ha) los recursos financieros son muy bajos, por lo que no puede acceder a un sistema de riego y menos una motobomba; además, la falta de mano de obra suficiente incrementa los costos, haciendo inviable las opciones tecnológicas.

En tanto que el manejo de la Sigatoka se realiza con prácticas culturales, es indispensable contar con mano de obra adicional, una condición que es escasa para estos productores, por lo que esta opción resulta muy costosa para este dominio.

Sin embargo, es de gran importancia que los productores adopten las tecnologías, pues sus cultivos presentan exposición alta a un déficit hídrico, por lo que se recomienda gestionar recursos que permitan la cofinanciación de las tecnologías de forma que los productores y el resguardo se vean potenciados financieramente por el apoyo de entidades encargadas del desarrollo rural.

Las recomendaciones que se hacen para cada uno de los dominios se basan en los resultados del análisis de vulnerabilidad y la modelación microeconómica. Las salidas del modelo sugieren el área que debe ser implementada con las tecnologías y el comportamiento del capital sujeto a las restricciones propias de cada dominio. Estas recomendaciones se deben tomar como una guía de apoyo para los asistentes técnicos en los programas de transferencia y se deben realizar los ajustes pertinentes en cada caso.



REFERENCIAS

- Almodóvar, W. (2005). Servicio de extensión agrícola. Obtenido de http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj-276/Manual_ID_y_MIP_de_SN_y_Enferm_Plat_y_Guineo.pdf
- Corpoica. (2015a). Informe del Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos, Departamento de Tolima. Mosquera: Corpoica.
- Corpoica. (2015b). Informe del Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática de Cacao (Ataco), Aguacate (fresno) y plátano (Natagaima). Mosquera: Corpoica. 70p
- Corpoica. (2016). Informe final de la parcela de integración del sistema productivo de plátano hartón, municipio de Natagaima, departamento de Tolima. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. 46p
- Corpoica. (2016a). Informe final de la parcela de integración del sistema productivo de plátano, municipio de Acandí, departamento de Chocó. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. 46p
- Corpoica-CIAT.(2015). Informe: Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Tolima en el marco de la carta de entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No 002-2013.
- DOORENBOS, J.; KASSAM, A.H. 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio de Riego y Drenaje N° 33 (Italia). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO. 193p.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio Riego y Drenaje. FAO 56. Roma. 323 p.
- Garnica, A. M. (1998). Biblioteca digital agronet.gov.co. Obtenido de http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/jspui/bitstream/11348/4031/1/20061127152826_El%20cultivo%20del%20platano%20llanos.pdf



Gutiérrez, I., Perez, G., Banega, R. y Gomez, L. 2002. COBERTURAS VIVAS DE LEGUMINOSAS EN EL PLÁTANO (Musa sp.) FHIA 03. Cultivos Tropicales, vol. 23, núm. 3. pp. 11-17

Herrera, M., y Colonia, L. (2011). Manejo integrado del cultivo de plátano. Huancayo: Universidad Agraria de la Molina.

IDEAM. (2015). Mapa de vientos IDEAM. Recuperado de <http://bit.ly/2asRZk6>.

IPCC. (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lores, A., Leiva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. Cultivos Tropicales 29 (3), 5-10 p.

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, Suiza: OMM.

Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. Res. Paper, (45)58.

Restrepo, A. y Jiménez, L. (2012). Manejo fitosanitario del plátano (Musa spp). Medidas para la temporada invernal. Obtenido de http://digitool.gsl.com.mx:1801/webclient/DeliveryManager?pid=45172&custom_att_2=direct.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingresa por:

www.corpoica.org.co » sección Microsites » Link MAPA Pestaña Sistema Experto

<http://www.corpoica.org.co/site-mapa/sistexp>