



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Plátano (*Musa* AAB cv. Hartón)

Municipio de San Juan de Urabá
Departamento de Antioquia



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Julio 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	
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Luis Felipe Castelblanco Rivera	Profesional de apoyo a la investigación
Carlos Eduardo Ospina Parra	Investigador Máster
María Ruby Orozco Cortés	Profesional de apoyo a la investigación
Francisco Javier Benjumea Zapata	Investigador Máster
Gonzalo Rodriguez Borray	Investigador Máster
Sara Julieth Bernal Ordoñez	Profesional de apoyo a la investigación.
Sergio Luis Cala	Profesional de apoyo a la investigación



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. La Selva, Antioquia, 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.



TABLA DE CONTENIDO

Índice de figuras	VIII
Índice de tablas.....	IX
Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en San Juan de Urabá	4
Determinación la exposición del sistema productivo de plátano a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Juan de Urabá.....	9
Zonas del municipio de San Juan de Urabá en las cuales el sistema productivo plátano tendría un mayor o menor riesgo de pérdida productiva	19
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica	21
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano (<i>Musa</i> AAB cv. hartón) ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá, Antioquia	23
Manejo integrado de la fertilización.....	25
Ventajas comparativas de esta tecnología integrada.....	27
Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de San Juan de Uraba (Antioquia) 29	



Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de plátano en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia)	44
Dominio de recomendación	44
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de fresa en San Juan de Urabá (Antioquia).....	45
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio.....	47



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de plátano Hartón, en condiciones de déficit hídrico en el suelo en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia).	3
Figura 2. Variables biofísicas del municipio de San Juan de Urabá, Antioquia	5
Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos respecto al promedio para el municipio de San Juan de Urabá (1980-2011)	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá	12
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en el suelo, en la ventana de análisis agosto–marzo	17
Figura 6. Salida al exterior del esbozo floral	18
Figura 7. Aptitud agroclimática del municipio de San Juan de Urabá para el sistema productivo de plátano bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico	20
Figura 8. Balance hídrico atmosférico (arriba), balance hídrico agrícola (abajo) para el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia) entre los meses de junio de 2014 y octubre de 2015	25
Figura 9. Aplicación de fertilizante en la parcela de integración	27
Figura 10. Parcela de integración sistema productivo de plátano en San Juan de Urabá. ..	28
Figura 11. Sanidad de la lámina foliar de plantas de plátano, parcela de integración, San Juan de Urabá.	28
Figura 12. Cobertura vegetal en la parcela de integración	31
Figura 13. Estado del suelo en la parcela con manejo tradicional	31



Figura 14. Elaboración de minicomposteras en la parcela de integración	32
Figura 15. Manejo generacional en plátano.....	34
Figura 16. Cotas del área experimental encontradas en el análisis espacial mediante fotografías tomadas por un dron.	37
Figura 17. Esquema de zonas para el seguimiento y manejo del Moko.	42
Figura 18. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 1.	47
Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 2.	49
Figura 20. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 3.	50



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de San Juan de Urabá durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011	8
Tabla 2 Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de San Juan de Urabá durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Plan integrado de fertilización para el sistema productivo de plátano (caso parcela de integración). Finca Villa Liliana 2014 - 2015.....	26
Tabla 4. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de plátano de San Juan de Urabá (Antioquia).....	46



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado construido, como concepto novedoso, por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático (MAPA), contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnología a escala local, con proyección municipal, que permite minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo generan sobre los sistemas productivos.

Bajo este enfoque, el proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 61 municipios de 18 departamentos del país. Para ello, 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 Antioquia fue priorizado, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá, en el departamento de Antioquia.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano (*Musa* AAB cv. Hartón) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de San Juan de Urabá, para la toma de decisiones en el sistema productivo de plátano en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá.
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo

El riesgo agroclimático (Intergovernmental Panel on Climate Change, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida en función de la exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. En la figura 1 se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad del sistema productivo de plátano Hartón frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas 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.

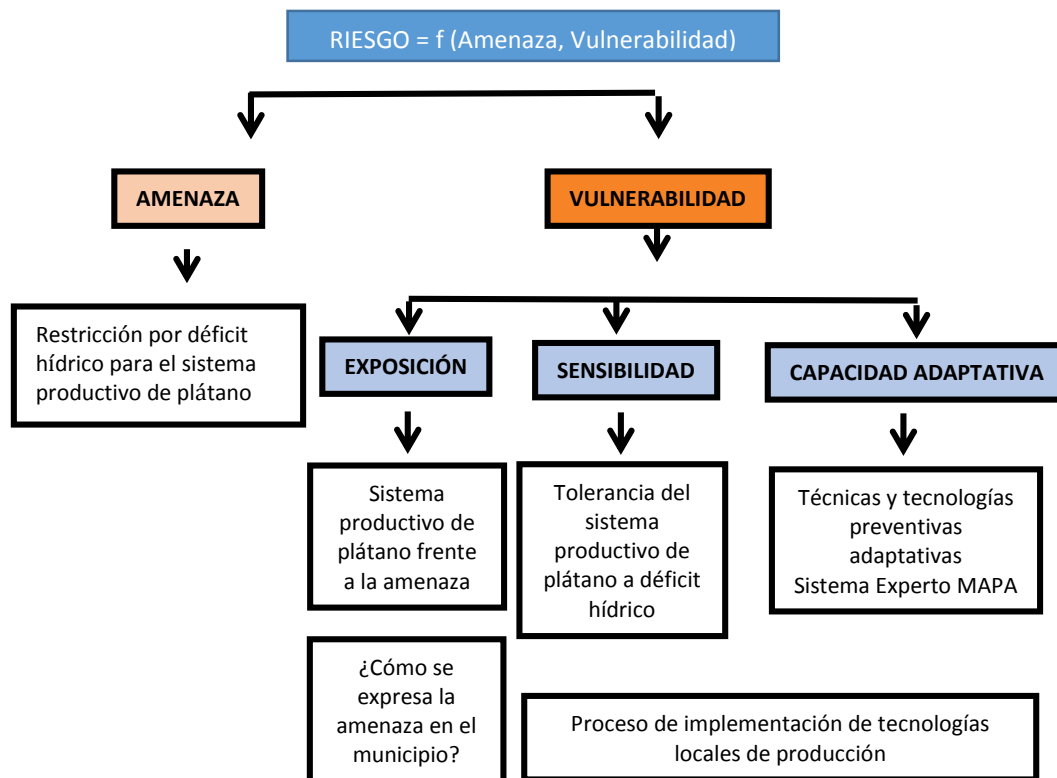


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de plátano Hartón, en condiciones de déficit hídrico en el suelo en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia).



Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y 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 (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración [ET_0]).

A escala municipal: el riesgo se puede analizar mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altitud, 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 el riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE) MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en San Juan de Urabá

Lo primero que se debe hacer es identificar aquellos aspectos biofísicos que hacen algunas zonas o sectores del municipio más susceptible a amenazas climáticas. La altitud y paisaje, entre otras variables, determinan la susceptibilidad del territorio a eventos como inundación, sequía extrema y temperaturas altas y bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El departamento de Antioquia cuenta con 26 subzonas hidrográficas que se extienden hasta el sur del departamento de Córdoba y Bolívar, y el nororiente del departamento de Chocó, con una cobertura total de 7.788.660 ha. San Juan de Urabá comparte territorio entre las

subzonas del río San Juan (1203) y ríos directos al Caribe (1202); su altitud está entre los 0 y 500 m. s. n. m. lo cual tiene una relación directa con altas temperaturas; predominan paisajes montañosos y lomeríos que por sus pendientes pueden ser susceptibles a deslizamientos bajo escenarios de La Niña, condiciones de manejo tecnológico no apropiados y a la pérdida de agua por escorrentía durante condiciones de déficit hídrico. En el municipio de San Juan de Urabá se identifican capacidades de uso agropecuario con moderadas (3) y severas (4) restricciones por profundidad efectiva del suelo y, sistemas agroforestales con cultivos semi o perennes (6) y de uso forestal (7) (figura 2).

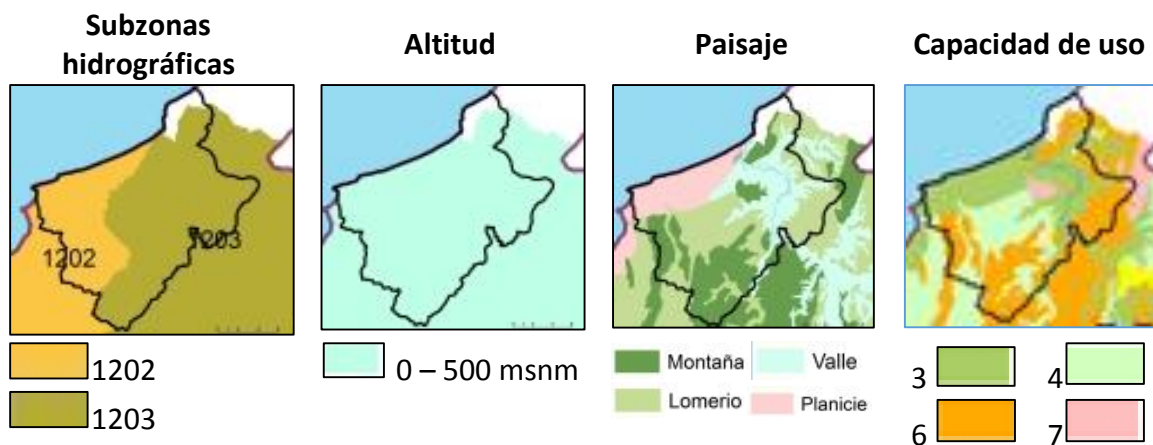


Figura 2. Variables biofísicas del municipio de San Juan de Urabá, Antioquia
Fuente: Corpoica (2015a).

Por otra parte, lo segundo a revisar son los análisis disponibles de los las series climáticas (1980-2010), con lo cual es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y así conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de San Juan de Urabá (Antioquia) se destacan:

Precipitación: En la Figura 3 se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de San Juan de Urabá; la línea verde representa la precipitación promedio multianual y, las barras rojas y azules los eventos de variabilidad (El Niño en 1991 y La Niña en 2010). Durante el evento El Niño se da una reducción de la precipitación en todos los meses exceptuando febrero, y los meses de mayor reducción son mayo-junio-julio y septiembre-octubre,



respecto al promedio multianual. Así, el trimestre MJJ sería crítico ante una condición de déficit hídrico, período en el cual los productores podrían no estar preparados para afrontar la falta de humedad en el suelo, aunque el periodo crítico sería mayor si el fenómeno de variabilidad se extiende por varios meses o si se junta con los meses de precipitaciones bajas, es decir de diciembre a marzo.

Durante el evento La Niña se presenta incremento en la precipitación durante los meses de marzo, abril, junio, noviembre y diciembre, en este último mes se presenta la mayor precipitación a pesar que es un mes normalmente seco; y los meses de enero, febrero, mayo y julio están por debajo del promedio.

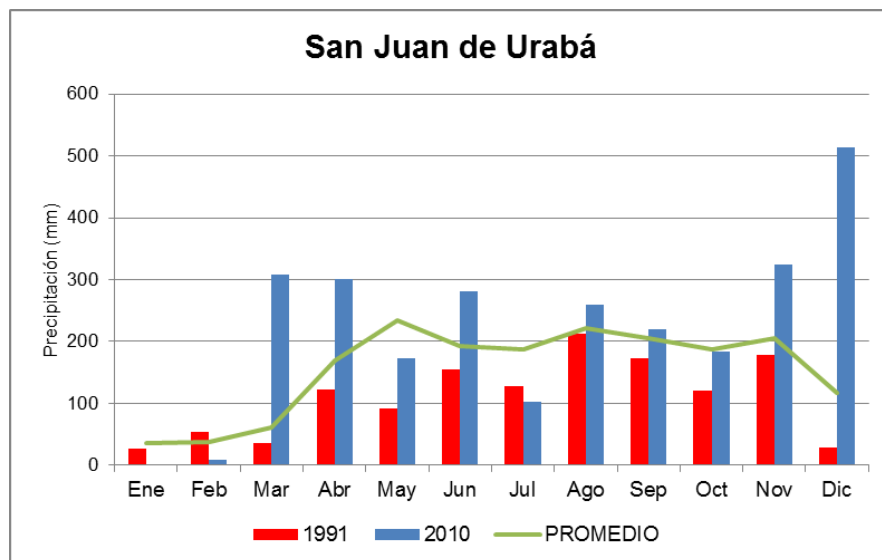


Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos respecto al promedio para el municipio de San Juan de Urabá (1980-2011)
Fuente: Corpoica (2015a).

Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y Anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: Permite determinar cuán fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- a. El valor de la anomalía en porcentaje, el cual indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación y



- b. El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI)¹, el cual indica qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Este es calculado 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).

Para el municipio de San Juan de Urabá, durante un evento El Niño, la mayor anomalía presentada entre 1980 y 2011 fue una reducción del 28% de la precipitación para el periodo comprendido entre mayo de 1991 y junio de 1992, con un valor ONI de 1,8 (Tabla 1). Por su parte, durante un evento La Niña, la mayor anomalía presentada fue un aumento del 35% de la precipitación en el periodo de julio de 2010 a abril de 2011, con un valor de ONI de -1,4; aunque cabe resaltar que de los siete eventos presentados en cinco se registró disminución de la precipitación con valores entre 1 % y 23 % lo cual hace al municipio más propenso a la reducción de las precipitaciones (tabla 2).

Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos, permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

¹ Cuando la variación supera valores de 0,5 durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5, también de forma consecutiva en cinco meses, es un evento La Niña. 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.shtml) el cual 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 San Juan de Urabá durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011

Periodo	May 1982 - Jun 1983	Ago 1986 - Feb 1988	May 1991 - Jun 1992	May 1994 - Mar 1995	May 1997 - May 1998	May 2002 - Mar 2003	Jun 2004 - Feb 2005	Ago 2006 - Ene 2007	Jul 2009 - Abr 2010
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI	2.3	1.6	1.8	1.3	2.5	1.5	0.9	1.1	1.8
Anomalía	6%	-4%	-28%	-14%	-16%	-26%	8%	-10%	16%

Fuente: Corpoica (2015a).

Tabla 2 Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de San Juan de Urabá durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.

Periodo	Oct 1984 - Sep 1985	May 1988 - May 1989	Sep 1995 - Mar 1996	Jul 1998 - Jun 2000	Oct 2000 - Feb 2001	Sep 2007 - May 2008	Jul 2010 - Abr 2011
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mínimo Valor ONI	-1.1	-1.9	-0.7	-1.6	-0.7	-1.4	-1.4
Anomalía	-11%	-23%	-14%	-9%	5%	-1%	35%

Fuente: Corpoica (2015a).

Se debe considerar que la temperatura de 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 aspectos tales como susceptibilidad a exceso hídrico bajo eventos La Niña, susceptibilidad a déficit hídrico bajo eventos El Niño, susceptibilidad biofísica a inundación, áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) o áreas susceptibles a afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

Para mayor información respecto a la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el SE - MAPA

Determinación la exposición del sistema productivo de plátano a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Juan de Urabá

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por características del suelo y por variabilidad climática. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo a su ubicación en el municipio.

Para evaluar la exposición se debe identificar:

a. **En el mapa de aptitud de suelos** las limitaciones de los suelos en el municipio.

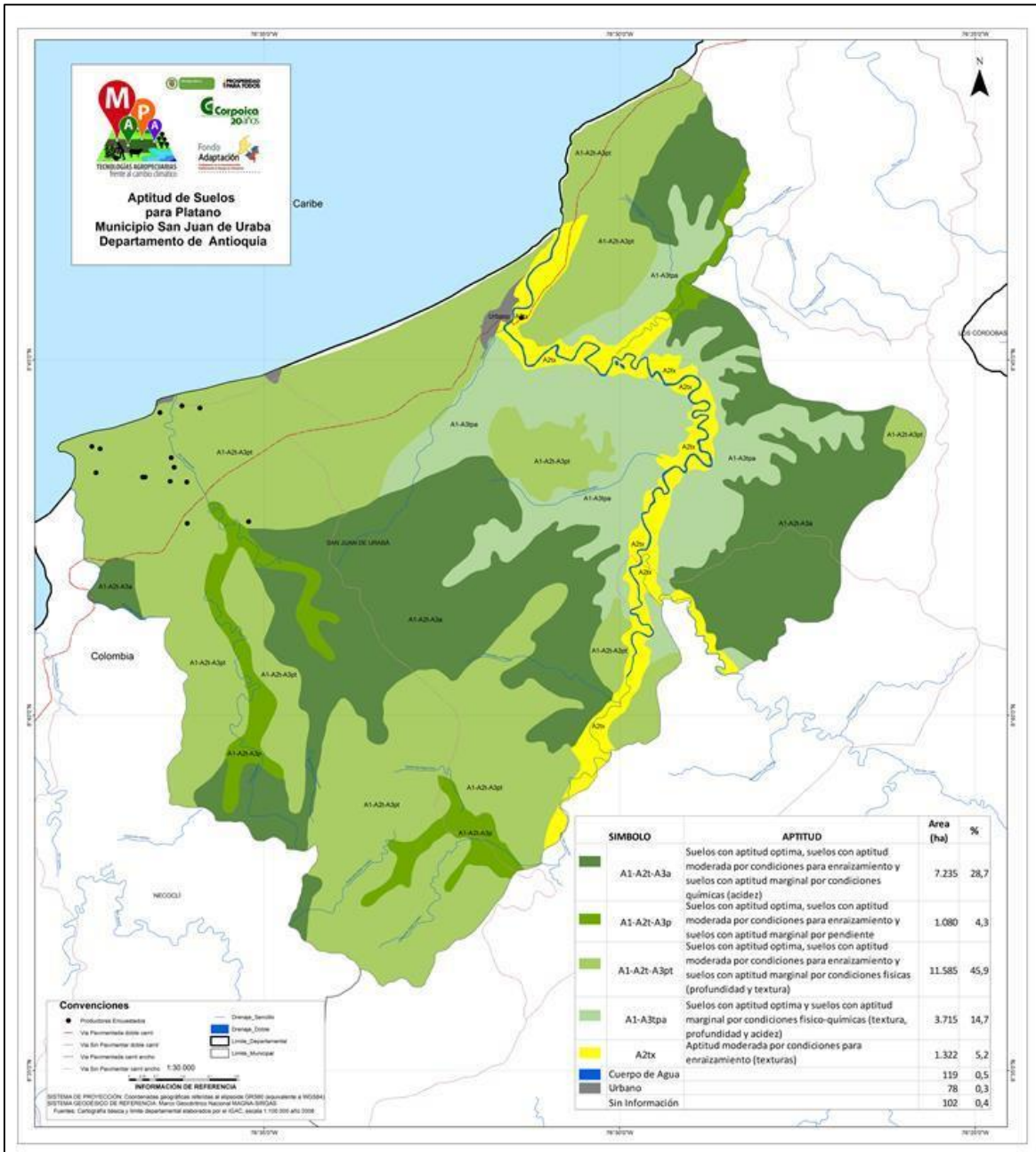
Se debe tener en cuenta que algunas limitaciones se pueden manejar, como lo son las propiedades químicas del suelo (con aplicación de enmiendas y fertilizantes); mientras que otras no pueden modificarse, por ejemplo, la altitud, las pendientes excesivamente inclinadas y las texturas.



Para tener en cuenta: El municipio de San Juan de Urabá presenta suelos con buenas condiciones para el establecimiento de plátano. Se presentan suelos con condiciones óptimas (A1) en un 32%, con aptitud moderada (A2) en un 33% y con aptitud marginal o restricciones severas (A3) en un 33% de la superficie del municipio.

Los suelos con aptitud moderada presentan principalmente texturas muy finas, lo cual puede afectar las condiciones de enraizamiento (A2t). Los suelos con aptitud marginal o restricciones severas están limitados por varios factores: alta acidez con alta saturación de aluminio (A3a), pendientes muy fuertes (A3p) lo cual impide el desarrollo de sistemas intensivos pero puede ser incluido como parte de un sistema productivo mixto o asociado a otros cultivos y por condiciones para enraizamiento, como texturas finas y profundidad efectiva (A3pt).

La zona clasificada como A2tx (en amarillo en la figura 4), aunque tiene aptitud moderada puede presentar riesgo ocasional a inundación en algunos puntos. El drenaje de estos suelos es posible, mediante el manejo de zanjas de drenaje como de obras (diques) para evitar inundación (figura 4).










Símbolo	Aptitud	Área (ha)	%
	A1-A2t-A3a Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por condiciones químicas (acidez).	7.235	28,7
	A1-A2t-A3p Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por pendiente.	1.080	4,3
	A1-A2t-A3pt Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por condiciones físicas (profundidad y textura).	11.585	45,9
	A1-A3pta Suelos con aptitud óptima y suelos con aptitud marginal por condiciones físico-químicas (textura, profundidad y acidez).	3.715	14,7
	A2tx Suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento (texturas) y con riesgo a inundación.	1.322	5,2
	Cuerpo de Agua	119	0,5
	Urbano	78	0,3
	Sin información	102	0,4
	Total	25.236	100

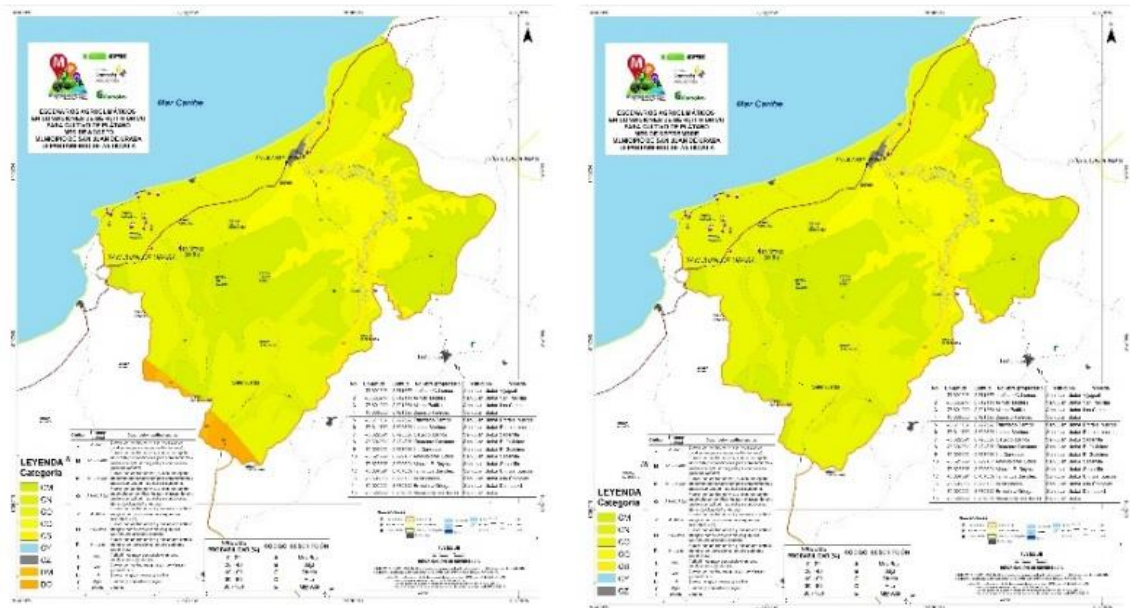
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá

Fuente: Corpoica (2015b).

Mapas de escenarios agroclimáticos: En las ventanas de análisis, de acuerdo con el Índice de Severidad de Sequía de Palmer² (1965), bajo una condición de déficit hídrico en el suelo en el municipio de San Juan de Urabá se presentaron probabilidades medias (tono amarillo, 40-60%) y altas (tono naranja, 60-80%) de ocurrencia de condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico. Estas probabilidades pueden generar un estrés hídrico severo o extremo para el plátano, lo que indica que en los meses analizados el sistema productivo está altamente expuesto a deficiencias de agua. En la ventana II, en los meses de diciembre y marzo se presentaron áreas con probabilidad baja (tono verde, 20-40%) de deficiencias de agua en el suelo (Figura 5).

Agosto

Septiembre

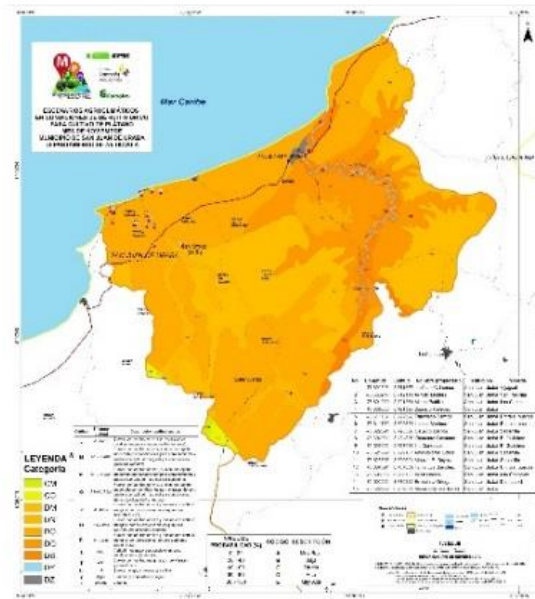
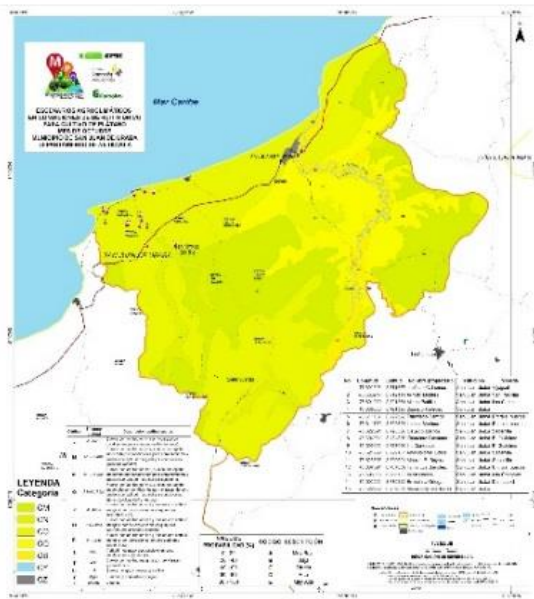


² Mide la duración e intensidad de un evento de sequía a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.



Octubre

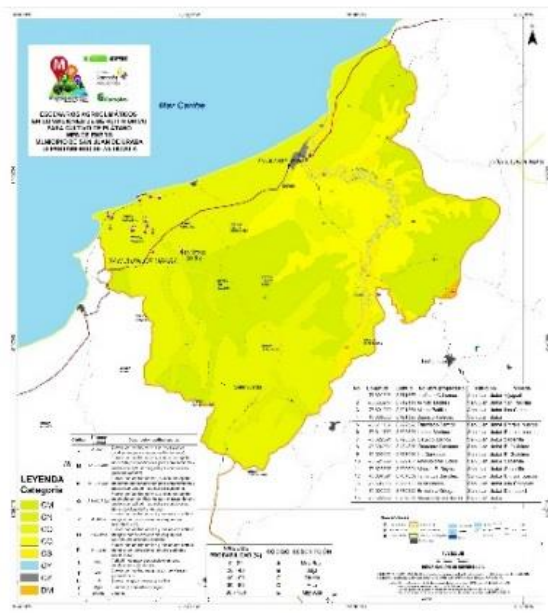
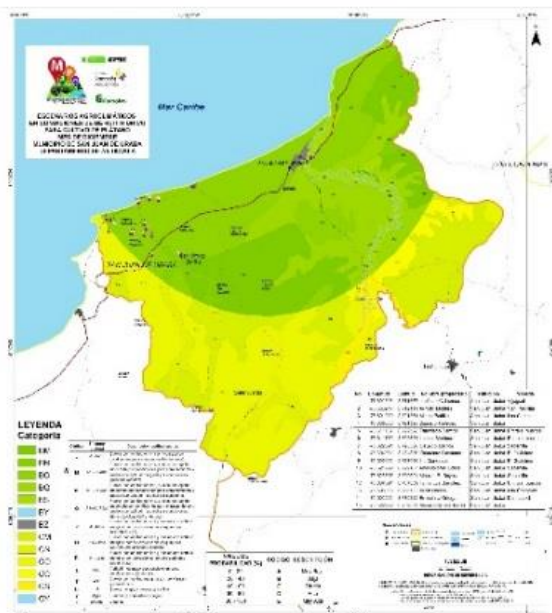
Noviembre





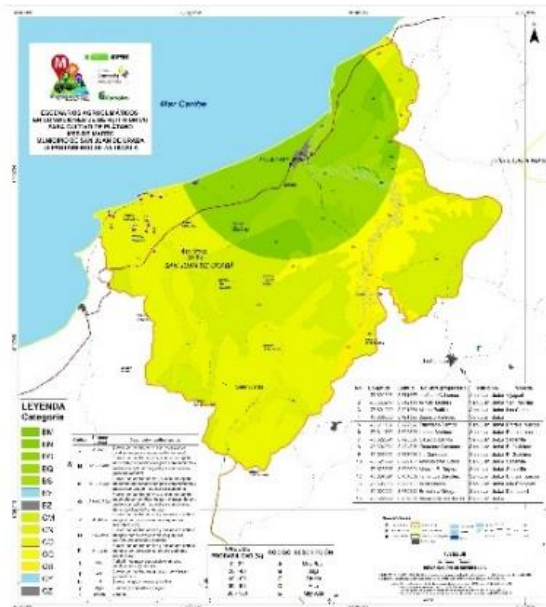
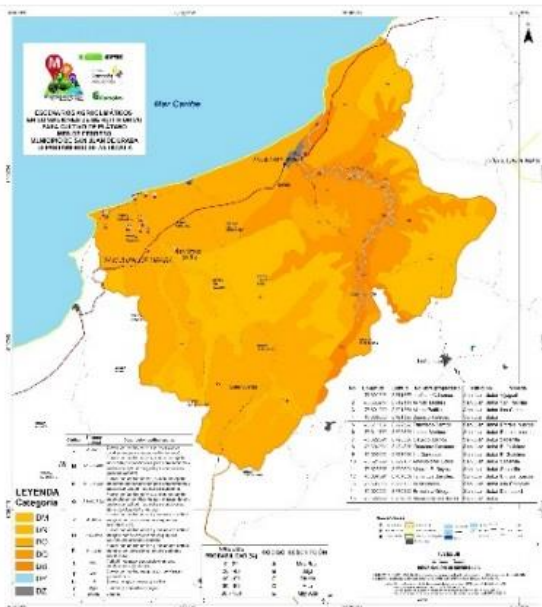
Diciembre

Enero



Febrero

Marzo



LEYENDA Categoría	
BM	CO
BN	CQ
BO	CS
BQ	CY
BS	CZ
BY	DM
BZ	DN
CM	DO
CN	DQ
	DS
	DY
	DZ

NIVEL DE PROBABILIDAD (%)	CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
0 - 20	A	Muy Baja
20 - 40	B	Baja
40 - 60	C	Media
60 - 80	D	Alta
80 - 100	E	Muy Alta



Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1-A2tx	Suelos con aptitud óptima a moderada por condiciones para enraizamiento (texturas).
M	A1-A2t-A3a	Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por condiciones químicas (acidez).
N	A1-A2t-A3p	Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por pendiente.
O	A1-A2t-A3pt	Suelos con aptitud óptima, suelos con aptitud moderada por condiciones para enraizamiento y suelos con aptitud marginal por condiciones físicas (profundidad y textura).
P	A1-A3ta	Suelos con aptitud óptima y suelos con aptitud marginal por condiciones físico-químicas (textura-acidez).
Q	A1-A3tpa	Suelos con aptitud óptima y suelos con aptitud marginal por condiciones físico-químicas (textura, profundidad y acidez).
R	A1-A3pe	Suelos con aptitud óptima y suelos con aptitud marginal por condiciones de enraizamiento (profundidad).
S	A2tx	Aptitud moderada por condiciones para enraizamiento (texturas).
T	A3p	Suelos con aptitud marginal por pendientes (profundidad).
U	N	Suelos no aptos para este cultivo.
Y	Agua	Cuerpos y corrientes de agua.
Z	Urbano	Urbano.

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en el suelo, en la ventana de análisis agosto-marzo

Fuente: Corpoica (2015b).

La ventana de análisis se realizó para los meses del año donde se presenta mayor probabilidad de ocurrencia de una condición limitante por déficit hídrico para el sistema productivo de plátano. Sin embargo, es pertinente señalar que en la zona no se tiene un calendario de siembra y durante todo el año se encuentran plantas en diferentes estados fenológicos, por lo cual la sensibilidad del sistema puede variar según el estado en que se encuentre el cultivo.

El déficit hídrico en el suelo afecta durante el crecimiento vegetativo la expansión de tejidos y la emergencia de hojas por lo cual el principal indicador de este déficit es la tasa de emisión de nuevas hojas. Este déficit afecta durante la etapa productiva directamente el desarrollo de los frutos y por lo tanto directamente la productividad (Martínez & Hoyos-Carvajal, 2012). En condiciones de déficit muy intensas, durante el ascenso de la inflorescencia por el pseudotallo puede ocasionar la salida al exterior del esbozo floral por la deshidratación de los tejidos (Ecured, 2015) (figura 6).



Figura 6. Salida al exterior del esbozo floral
Fuente: Ecured (2015).



Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad a deficiencias de agua en el suelo para el sistema productivo en una ventana de análisis. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia.

Zonas del municipio de San Juan de Urabá en las cuales el sistema productivo plátano tendría un mayor o menor riesgo de pérdida productiva

Se debe observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de San Juan de Urabá para el sistema productivo de plátano, en condiciones restrictivas por déficit hídrico (Figura 7). Este mapa integra la exposición mensual a déficit hídrico para el sistema productivo y la aptitud de los suelos.

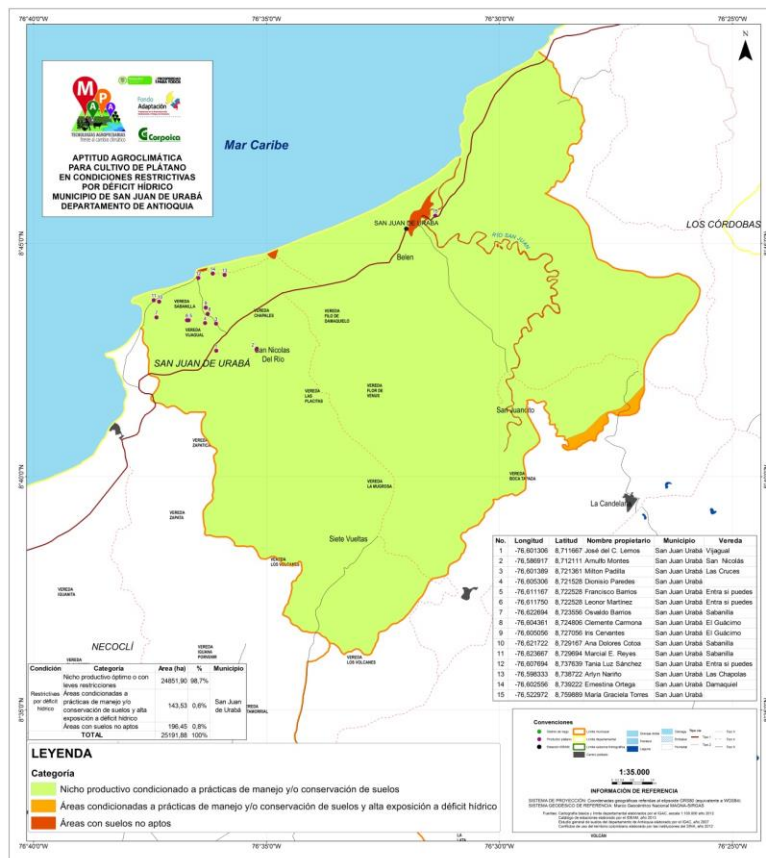
En San Juan de Urabá se presentó en la mayor parte del municipio baja exposición a deficiencias de agua en el suelo; no obstante, en el centro oriente del municipio se presentó un área menor con alta exposición. Para el sistema productivo de plátano se identificaron las siguientes aptitudes agroclimáticas (Figura 7):

Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos (tono verde claro) con una ocupación del 98,6% (24.851 ha) del área total del municipio (25.192 ha). En estas áreas los suelos presentaron aptitud óptima, moderada y marginal por acidez, textura, profundidad efectiva superficial y pendiente, y presentaron condiciones favorables de humedad en el suelo para el sistema productivo de plátano.

Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y alta exposición a déficit hídrico (tono naranja claro) con una ocupación de 0,6% (143 ha)). Sumado a las características de suelo descritas en el párrafo anterior, estos suelos presentaron condiciones de humedad restrictivas para el sistema productivo de plátano.

Área con suelos no aptos (tono naranja) con una ocupación del 0,8% (196 ha). En estas áreas los suelos presentan una aptitud marginal por profundidad efectiva superficial y suelos no aptos, es decir no recomendados; sin embargo, las condiciones de humedad del suelo no representan riesgo para el sistema productivo. En esta categoría también se incluyeron los cuerpos y corrientes de agua, y la zona urbana del municipio.

Los productores de plátano de los municipios de San Juan de Urabá, se encuentran en los nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, lo que indica que se ubican en áreas de bajo riesgo agroclimático (por suelos y condiciones de humedad en el suelo) (Figura 7).



LEYENDA

Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico
- Áreas con suelos no aptos

Figura 7. Aptitud agroclimática del municipio de San Juan de Urabá para el sistema productivo de plátano bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico (Fuente: Fuente: Corpoica (2015b).



Bajo una condición de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá se presentan 24.851 ha (99%) potencialmente utilizables para el sistema productivo de plátano. Estas áreas corresponden a los “nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos”. La probabilidad de ocurrencia de deficiencias extremas para el sistema productivo de plátano fue inferior a 60%.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática para el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia), consulte el SE-MAPA

Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica

Información agroclimática: La información climática puede emplearse en la toma de decisiones en la planificación agropecuaria para la identificación de riesgos asociados y para relacionar diferentes cultivos a la climatología de cualquier área, y mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica: Por otro lado esta información puede emplearse para mejorar la toma de decisiones 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 referidos al estado de la atmósfera (clima): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.



- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al cultivo tales como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal y de cultivos: 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, media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas fenológicas críticas y relacionarse con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos³.

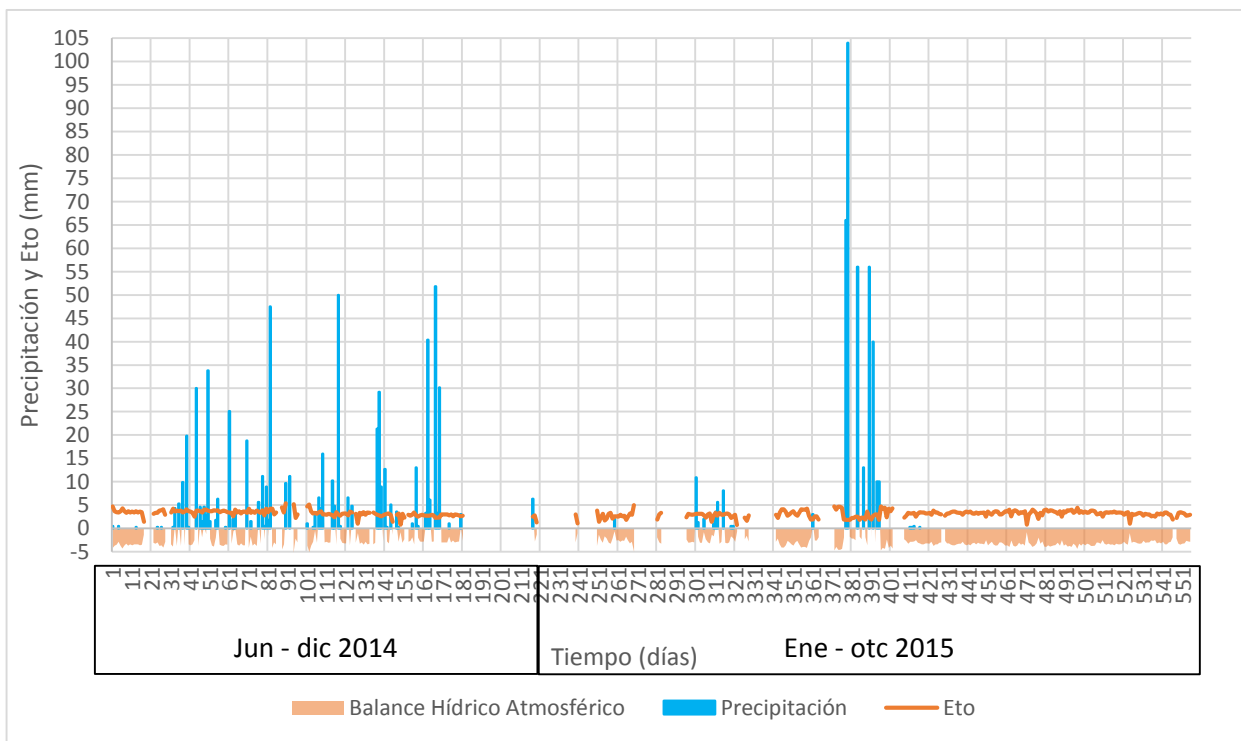
³ En la Cartilla *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* (<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.) podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo.



Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano (*Musa AAB* cv. hartón) ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de San Juan de Urabá, Antioquia

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas con potencial para disminuir la vulnerabilidad al déficit hídrico en el suelo del sistema productivo de plátano, en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de octubre de 2014 y agosto de 2015 en la parcela de integración ubicada en la finca Villa Liliana de la vereda Uveros, y se obtuvieron registros meteorológicos desde junio de 2014 hasta octubre de 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo (figura 8).

El balance hídrico atmosférico fue negativo (ET_0 acumulada de 1331,5 mm, precipitación [Ppt acumulada 1020,7 mm] (figura 8), particularmente en el periodo comprendido entre los 180 y 370 días, y los 400 y 555 días; lo cual coincide con lo encontrado en el balance hídrico agrícola, en el cual se observa que el agua fácilmente aprovechable (AFA) es superada en varios periodos por el coeficiente de agotamiento (Dr) (dentro del rango del agua disponible total [ADT]), lo cual indica un periodo crítico por déficit hídrico para el cultivo que se refleja en el índice de estrés hídrico (Ks), en donde el valor 1 indica que no hay presencia de estrés y valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.



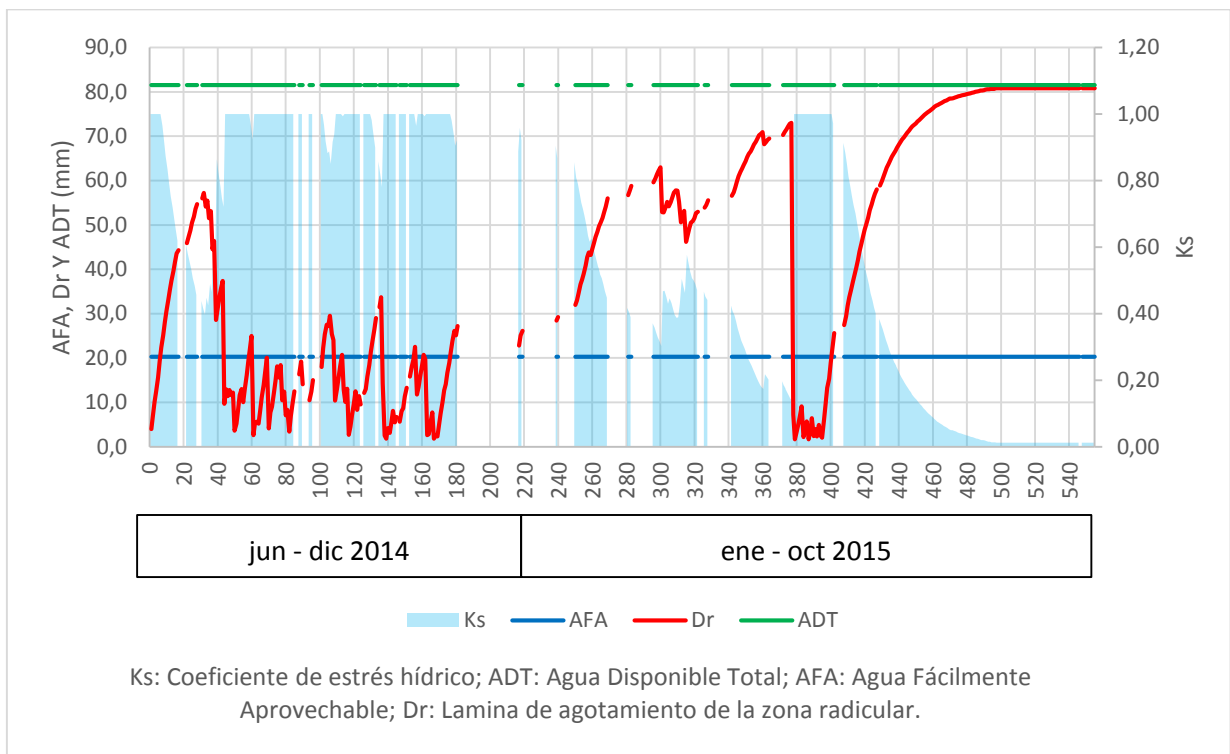


Figura 8. Balance hídrico atmosférico (arriba), balance hídrico agrícola (abajo) para el sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia) entre los meses de junio de 2014 y octubre de 2015
Fuente: Corpoica (2015c).

Producto de este ejercicio se presentan las siguientes recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de reducir la vulnerabilidad en el sistema productivo de plátano en San Juan de Urabá (Antioquia).

Manejo integrado de la fertilización

La fertilización es de gran importancia para aumentar la capacidad adaptativa de las plantas, ya que al estar bien nutridas pueden soportar épocas de disminución o aumento de lluvias. Asimismo puede aumentar la capacidad para tolerar el ataque de enfermedades como sigatoka negra y pudrición acuosa (Alarcón & Jiménez, 2012). Para implementar esta opción tecnológica se realizó un análisis de suelos, de cuyo resultado se puede resaltar que se observaron niveles bajos de nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y boro, y niveles medios de



calcio, zinc, manganeso y magnesio. Con base en estos resultados se generó un plan de fertilización para suplir los requerimientos de las plantas.

El plan de fertilización contempló el aporte de elementos de síntesis química, el uso de biofertilizantes (micorrizas) y de materia orgánica (tabla 3).

Tabla 3. Plan integrado de fertilización para el sistema productivo de plátano (caso parcela de integración). Finca Villa Liliana 2014 - 2015.

Fuente	Total Elemento gr/planta	Jul	Oct	Nov	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Jun	Ago
		Sem 32	Sem 43	Sem 49	Sem 3	Sem 9	Sem 12	Sem 14	Sem 19	Sem 25	Sem 31
Sulfato de magnesio	270		60	70			70		70		
Sulfato de amonio	280	70	60	50	60						40
Agrimins	90				80					10	
DAP	90	60	30								
Nitrabor	290			60		60		60	60		50
KCL	230	40			60		90			40	
Triple15	200	50	50				50		50		
Lombriabono	1.500	500	500		500						
Micorrizas	100	30	70								

Respecto a la metodología de aplicación, todos los nutrientes se pesaron previamente y se aplicaron al hijo de reemplazo. Se incorporaron al suelo empleando la herramienta “hércules”, con lo que se evita pérdidas por lavado, lixiviación y volatilización, y se favorece la asimilación para las plantas (figura 9). (Corpoica, 2015c).



Figura 9. Aplicación de fertilizante en la parcela de integración
Fuente: Corpoica (2015c).

Ventajas comparativas de esta tecnología integrada

Las ventajas comparativas están presentadas bajo una condición restrictiva de humedad en suelo. La opción tecnológica descrita anteriormente es un marco general de referencia, validada en un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y deben ser ajustadas para cada sistema productivo de acuerdo a la aptitud agroclimática del municipio.

Al implementar la fertilización integrada (fertilización química, orgánica y biofertilización) se obtuvo una menor altura de planta (2,38 m), lo cual puede disminuir el riesgo de volcamiento de las plantas por efecto de vientos fuertes, siendo esto una característica importante para este cultivo (Rosales, Tripton, & Cerna, 1998).

En plátano se han reportado daños por vientos superiores a $28,4 \text{ Km.h}^{-1}$ (Belalcázar, Cayón, & Lozada, Capítulo 3. Ecofisiología del cultivo. , 1991), e incluso afectaciones con vientos de más de 20 Km.h^{-1} (Herrera & Colonia, 2011), y según el mapa de vientos del IDEAM, la velocidad promedio del viento en San Juan de Urabá alcanza $5 \text{ a } 6 \text{ m.s}^{-1}$ ($18 \text{ a } 21,6 \text{ Km.h}^{-1}$) y velocidades máximas promedio de hasta 33 m.s^{-1} (110 Km.h^{-1}) (IDEAM, 2015).



Figura 10. Parcela de integración sistema productivo de plátano en San Juan de Urabá.

Adicionalmente, posterior al plan de fertilización, se obtuvo entre 7,6 y 8,5 hojas funcionales al momento de la aparición de la “bacota”, lo cual asegura un adecuado llenado y formación del fruto con características adecuadas para la exportación (Barrera *et al.*, 2009) (figura 11).



Figura 11. Sanidad de la lámina foliar de plantas de plátano, parcela de integración, San Juan de Urabá.

Con la implementación de esta opción tecnológica, la afección por sigatoka se mantuvo en un rango de 0 a 1 en el promedio ponderado de infección (PPI), lo cual es beneficioso para el desarrollo de las plantas ya que si el PPI supera el valor de 2 trae consecuencias negativas en la producción (Almodóvar & Díaz, 2007) (figura 11) (Corpoica, 2015c).

Estos resultados evidencian cómo un adecuado manejo de la fertilización ayuda a reducir la vulnerabilidad frente a una de las limitantes del sistema productivo en condiciones restrictivas de humedad.



La fertilización con nitrógeno y potasio puede contribuir a una mejor calidad del fruto, por ejemplo, a través de una mayor longitud (29,13 cm) y calibre (63,04; 1/32 pulgada), tal como lo reportaron Furcal-Beriguete y Baquero-Badilla (2014). Según Orozco (1998) el aporte de fertilizantes orgánicos al suelo y la planta puede mejorar las condiciones físicas del suelo, aumentar la actividad microbiológica, regular el exceso temporal de sales o sustancias tóxicas debido a su capacidad de absorción, incrementar la fertilidad del suelo, evitar la pérdida de nutrientes por lixiviación y reducir el aporte de nitratos, y por lo tanto la contaminación de acuíferos.

Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de San Juan de Uraba (Antioquia)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema.

A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit y/o exceso hídrico en el suelo, y que complementan la opción tecnológica descrita anteriormente.

Frente a amenazas potenciales del exceso hídrico en el suelo, es importante desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan, apoyándose en el sistema experto MAPA; de tal forma que se pueda llegar a la gestión de opciones tecnológicas adaptativas frente a dichas condiciones climáticas.



Manejo de cobertura vegetal

Durante la época de déficit de lluvias se puede implementar el uso de coberturas vegetales como práctica sostenible para la protección del suelo. Entre los principales beneficios se destaca: reducción de la tasa de evaporación, regulación de la temperatura del suelo, conservación de la biodiversidad biológica del suelo, aumentando la micro y macro fauna; mejoramiento de las condiciones físicas y químicas para el crecimiento del cultivo, manteniendo fresco el suelo en épocas de déficit hídrico, lo que permite la disminución de estrés en las plantas, el agrietamiento de los suelos y mantener su humedad. Esta misma práctica bajo condiciones de exceso hídrico, disminuye la erosión causada por el impacto directo de la lluvia en el suelo y por el arrastre de material por escorrentía.

Para implementar esta actividad se debe realizar un control mecánico de arvenses, seguido de un control químico selectivo, con herbicida de contacto, para eliminar gramíneas agresivas que compiten con el plátano. De esta forma, se encuentran en calles coberturas rastreras de hoja ancha de rápida expansión y cubrimiento del suelo, tal como se observa en la Figura 12. Esta cobertura se mantiene verde incluso después de seis meses de déficit hídrico, protegiendo el suelo de la pérdida de humedad y agrietamiento (figura 13

El éxito para el manejo efectivo de las coberturas vegetales radica en el manejo inicial y oportuno de las mismas. Es fundamental iniciar su manejo en época de lluvias y darles ventajas a las plantas de plátano frente a las arvenses para su rápido desarrollo. Esta práctica es utilizada en otras zonas productoras del país, pues se plantea que dado el cambio climático, con veranos más secos y prolongados, es necesario tener coberturas vivas o muertas en el sistema productivo para retener la humedad del suelo. Además las coberturas reducen la erosión del suelo y la evaporación, y regula la temperatura (Aranzazu, Valencia, & Arcila, 2002).



Figura 12. Cobertura vegetal en la parcela de integración
Fuente: Corpoica (2015c).



Figura 13. Estado del suelo en la parcela con manejo tradicional
Fuente: Corpoica (2015c).

Sin embargo, la escogencia de las coberturas es un factor a tener en cuenta, dado que estas pueden afectar el normal desarrollo del cultivo dada la competencia por nutrientes (Barrera, Morales, & Bolaños, 2013).

La conservación de coberturas vegetales es recomendada en suelos con pendientes o laderas porque reduce el riesgo de erosión del suelo. Igualmente es necesario aplicar el método de plateo que consiste en dejar libre de arvenses la base de la planta de plátano, facilitando así la aplicación de fertilizantes. Es importante tener en cuenta que el principio de esta práctica es la poca perturbación del suelo, la superficialidad y el no deterioro de las plantas del cultivo (Plaza, 2012).

Minicomposteras

En cultivos de plátano, el uso de las minicomposteras es útil para producir enmiendas que mejoren las condiciones físicas del suelo, el balance nutricional del mismo y como excelente amortiguador para ayudar a las plantas a soportar tanto el exceso como el déficit hídrico (figura 14).

En Costa Rica en cultivos de banano se realizó un trabajo para evaluar el efecto de las mini composteras sobre la producción del cultivo. Durante el primer año no se encontró ningún efecto, sin embargo, se espera que los nutrientes incorporados en estas ayuden a mejorar la producción. Otros autores encontraron que los efluentes obtenidos de estas tienen un efecto bioestimulante sobre plántulas en vivero. A pesar de que los abonos orgánicos aportan pequeñas cantidades de nutrientes, su lenta liberación los hace potencialmente más efectivos que los químicos, y además no se ven afectados por las pérdidas por lixiviación (Acuña & Ruiz, 1998).



Figura 14. Elaboración de minicomposteras en la parcela de integración
Fuente: Corpoica (2015c).



Las minicomposteras se realizan empleando una modificación de la metodologías utilizadas por Luna y Bolaños (2006), y Barquero (1996, citado por Acuña & Ruiz, 1998), esto es, en áreas dentro de la plantación con un radio de 2,5 m utilizando los siguientes materiales: 50 raquis (“pinzotes”) de 2,8 kg picados in situ, 10 sacos de fruta desechada picados (cada saco de 35 kg para el caso de exportación), abono orgánico de origen animal, distintos tipos de estiercol y hojas cubriendo el montículo.

Cada minicompostera debe tener un peso fresco promedio inicial de aproximadamente media tonelada, alcanzar un diámetro promedio de 2,25 m y una altura de 0,70 m. Durante los primeros 21 días la minicompostera sufre una rápida disminución del volumen (hasta en un 50%), producto de la deshidratación de los materiales. Luego continúa una disminución promedio de 0,3% por día, hasta estabilizarse a los 150 días con un volumen final menor al 20% del volumen inicial.

Deshije

Esta práctica consiste en la eliminación de todos aquellos colinos o brotes que no son necesarios para mantener una población constante y para conservar una adecuada secuencia de producción en cada unidad productiva (Belalcázar et al., 1991).

La labor de deshije, aunque pueda ser cotidiana, amerita un manejo diferencial durante periodos extensos de verano para evitar pérdida de anclaje de las plantas y debilitamiento de las mismas.

Ante alertas de condiciones climáticas restrictivas se debe hacer un deshije moderado, eliminando solo los colinos débiles, evitando afectar el sistema de anclaje de la planta. El deshije se realiza seleccionando el o los dos colinos más vigorosos y/o mejor ubicados, y todas las unidades productivas deben quedar con un retorno generacional (figura 15).



Figura 15. Manejo generacional en plátano
Fuente: Corpoica (2015c).

Es importante mencionar que la permanencia de hijuelos aumenta el área transpiratoria, lo que se traduce en un mayor consumo de agua en sistema productivo (Castaño, Aristizabal, & Gonzáles, (2011), es decir, en condiciones de exceso hídrico no es limitante pero lo puede ser en condiciones de déficit.

Bajo condiciones de exceso hídrico con la labor del deshije se evita el aumento de la incidencia de sigatoka amarilla y sigatoka negra en el sistema productivo, evitando que se mantenga un microclima de alta humedad, condición favorable al desarrollo de estas enfermedades (Guerrero, 2010); (Orozco et al., 2008).

Construcción de Drenajes

Las plantaciones de plátano en condiciones de exceso hídrico pueden afectarse por anegamiento, reduciendo la productividad y calidad de la fruta, e incluso puede haber pudrición del sistema radical y volcamiento de plantas. En consecuencia, es importante la construcción de drenajes que permitan la evacuación rápida de los excesos de agua del sistema productivo.



- Para la construcción de los canales de drenaje se debe considerar el nivel freático, la tasa de infiltración de agua en el suelo, las características topográficas del terreno y las propiedades físicas del suelo.
- Se deben construir por lo menos cuatro tipos de canales que permitan la evacuación efectiva de agua del terreno, entre los que se pueden encontrar los siguientes.
 - Sangrías: se construyen para evacuar el agua que permanece en encharcamientos leves.
 - Canales terciarios: se construyen dentro del terreno para dirigir al agua hacia canales secundarios. Estos, al igual que los demás tipos de canales deben construirse en sentido de la pendiente pero no ser muy pronunciados para evitar erosión.
 - Canales secundarios: son la base del sistema de drenajes, ya que conectan los canales terciarios con canales primarios. La profundidad y ancho están determinados por el nivel freático del suelo y la cantidad de canales terciarios que conecte.
 - Canales primarios: recogen y evacuan rápidamente las aguas provenientes de los canales secundarios y terciarios. Recorren gran parte de la finca y son los de mayor tamaño.

Es importante que los canales de drenaje, en particular los primarios que pueden ser perimetrales, sean concertados a nivel de comunidad para que los excesos de agua de una finca no afecten las fincas vecinas.

Durante la realización del proyecto los productores de la zona priorizaron la condición de exceso hídrico como una limitante, sin embargo durante la ejecución de la parcela de integración se presentó una condición de déficit hídrico, por lo cual no fue posible evaluar la opción tecnológica de drenajes, sin embargo se realizó la modelación de su construcción.

Por otra parte, es muy frecuente en el municipio realizar drenajes sin ninguna base técnica, por lo cual las plantaciones en épocas lluviosas sufren de anegamiento, lo que afecta la productividad por pérdida de calidad de la fruta y caída de plantas.

En un proceso más tecnificado de diseño se contemplan todos los criterios de drenaje, con el fin de evacuar excesos de agua y evitar la afectación parcial o total del cultivo. En un diseño de esa naturaleza se contemplaron los siguientes pasos.



Paso 1. Análisis de frecuencia de eventos extremos en el municipio de San Juan de Urabá

Para estudiar la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos, se trabajó con datos diarios de precipitación de varios años. En el desarrollo de este estudio se buscó el valor de la precipitación crítica correspondiente a un periodo de retorno de 125 años.

Para establecer el valor de la precipitación crítica para el diseño de la red de drenaje de la finca Villa Liliana en San Juan de Urabá, se tomaron datos diarios de la estación San Juan de Urabá, ubicada en el municipio con mismo nombre. Se utilizó la metodología de distribución teórica de probabilidad de Gumbel, llamada distribución de valores tipo I o doble exponencial. Para ello se encontraron los valores máximos de precipitación diarios de 33 años (1971-2012) y se aplicó el modelo calculando los parámetros de la función de la distribución en función del número de datos y, usando la media y la desviación típica de la muestra.

Paso 2. Levantamiento topográfico de la parcela de integración

Para determinar la topografía de la parcela se emplearon dos actividades independientes pero complementarias:

- a) Levantamiento parcial de la altimetría del terreno mediante estación completa.
- b) Análisis espacial e interpretación de ortofotografías⁴ tomadas por medio de un dron⁵.

Mediante la primera actividad se concluyó que las líneas de drenaje van en dirección occidente-oriente como drenajes principales, y sur-norte como drenajes secundarios. De la misma manera se puede observar que el drenaje organizado por el productor está bien diseñado. Por lo tanto se considera que se deben respetar los canales originales y redimensionarlos según el análisis de periodo de retorno, el cálculo de la escurriencia encontrado de acuerdo a las condiciones hidrológicas de la parcela y el ajuste de los canales por el método de máxima eficiencia hidráulica, el cual permite conducir el máximo volumen de agua sobre el terreno, a causa de una precipitación alta o un fenómeno de La Niña.

⁴ Fotografías de la superficie terrestre donde todos los elementos se presentan en la misma escala, libre de errores y deformaciones.

⁵ Vehículo aéreo no tripulado que es controlado de forma remota para realizar fotografías aéreas.

Adicionalmente se tomaron fotografías mediante dron con ruta programada y análisis espacial, lo que permitió encontrar cotas naturales del terreno y hacer reconocimiento de toda la red de drenajes establecida por el productor y propietaria de la parcela. Se encontró mediante el análisis espacial que la red de drenaje dispuesta tiene una pendiente obligada. En conversación con el productor, se confirmó este hecho, en tanto que al drenar los excesos de agua mediante el drenaje natural (método mas barato y eficiente) causaría pleitos administrativos con fincas vecinas. La identificación de la red permitió proponer un nuevo diseño para esta usando los canales ya establecidos (figura 16).

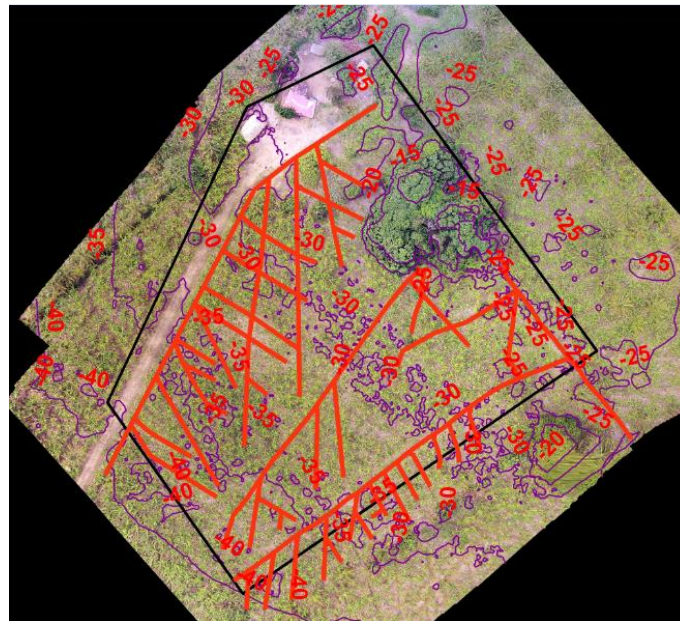


Figura 16. Cotas del área experimental encontradas en el análisis espacial mediante fotografías tomadas por un dron.

Paso 3. Cálculo de la escorrentía a descargar

Existen varios métodos para determinarla. Uno de los más aceptados y usados es el generado por el Servicio de Conservación de Suelos, según el cual, es posible calcular la escorrentía teniendo en cuenta un número de curva (CN), cuyo método está dado por el valor de la precipitación y las características físicas del área; específicamente la clase del



suelo, la cobertura y las condiciones de humedad antecedente. El método se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$E = \frac{(P - 0,2S)^2}{P + 0,8S}$$

Donde:

E= Escorrentía en mm

P= Precipitación de diseño en mm

S= infiltración potencial en mm, la cual se puede estimar con base en un valor de número de curva, de la siguiente manera:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

Donde los valores de CN están condicionados por las prácticas agrícolas y condiciones hidrológicas de los suelos.

Ahora bien, definido el valor de la escorrentía se debe calcular el caudal de descarga en el área objeto de drenaje. La ecuación empírica desarrollada por el Servicio de Conservación de Suelos está dada por:

$$Q = CA^{5/6}$$

Donde;

Q= Descarga de diseño en L/s

C= Coeficiente de drenaje

A= Área en ha

El valor del coeficiente de drenaje está dado por:

$$C = 4,573 + 1,62*(E^*)$$

*E= escorrentía

Para el caso del predio Villa Liliana y su cultivo establecido de plátano se obtuvieron los siguientes resultados:

$$E = 67,87 \text{ mm} \quad C = 234,91 \quad Q = 234,9 \text{ LPS}^* = 0,234 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

*LPS= litros por Segundo.



Paso 4. Dimensionamiento de canales de drenaje

El dimensionamiento de los canales se realizó usando las formulas propuestas por Manning (Chow, 2004).

Sin embargo, debido a la condición de déficit hídrico que se tuvo durante un gran periodo de desarrollo de la parcela, diciembre 2014 a junio de 2015, no se pudo validar esta opción. Por el contrario se debió recurrir a prácticas para conservar humedad en el suelo como manejo de coberturas, mini composteras y manejo mecánico de arvenses (Corpoica, 2015c).

Manejo integrado de enfermedades

Durante épocas de exceso hídrico la humedad relativa es mayor, debido al aumento en las precipitaciones, lo cual favorece el desarrollo y reproducción de patógenos. En el sistema productivo de plátano las dos principales enfermedades son las manchas de sigatoka y el moko.

La mancha de sigatoka: es causada por tres especies de hongos del género *Mycosphaerella* (*M. eumusae*, *M. fijiensis* y *M. musicola*), que bajo condiciones favorables causan pérdidas considerables en la producción debido a la reducción de follaje y a la maduración prematura de los frutos. Por la afección de sigatoka se consideran pérdidas de 18% y 13% de la producción en banano y plátano respectivamente (Mayorga, 2010).

La lluvia es importante en la liberación del inóculo de este patógeno, pues provee condiciones de humedad que favorecen en desarrollo de las infecciones (Douglas & Ronald, 1992).

Para realizar un control eficiente y racional es necesario determinar cuál es la hoja más joven manchada (HMJM), el cual es un indicador de la incidencia y severidad de las sigatokas y sirve para determinar la línea crítica para el refuerzo de su control. La línea crítica es el nivel mínimo de afectación por sigatoka que, a través del tiempo, un agricultor decide mantener, en cuanto a la hoja más joven manchada (HMJM), para obtener una calidad determinada de fruto según el destino o tipo de mercado. Según Alarcón y Jiménez (2012b) una vez definida esta línea crítica se procede a:



- Marcar 10 plantas jóvenes, de aspecto sano y vigoroso, distribuidas al azar, en cada lote homogéneo.
- Se evalúan semanalmente cual es la HMJM en las 10 plantas.
- El resultado semanal se promedia, se gráfica y se compara con la línea crítica.
- Si el resultado arroja una línea que se desplaza hacia abajo o se mantiene muy cerca de la línea crítica, significa que la enfermedad está siendo manejada satisfactoriamente.
- En caso contrario, si la tendencia es ascendente, significa que la enfermedad ha incrementado y es necesario reforzar las medidas de manejo.

Entre los métodos culturales la práctica más común es la remoción de follaje con el propósito de eliminar el inóculo potencial. La labor es eficiente pero debe ser muy cuidadosa para no causar daño extra al deshojar, para lo cual se debe seguir ciertas indicaciones (Corpoica, 1999), como son:

- Corte las hojas afectadas por sigatoka negra y amarilla, lo mismo que las hojas secas y verdes quebradas.
- Corte solo la porción enferma de las hojas poco afectadas.
- Para deshojar utilice una media luna o un machete recortado y con buen filo por los dos lados.
- Desinfecte la herramienta con hipoclorito de sodio a 20% cada vez que pase de una planta a otra.
- Al deshojar, deje adherida a la planta la mayor parte del peciolo que sostiene la hoja de la planta.
- Las hojas pueden ser utilizadas para la elaboración de compost como se mencionó anteriormente.
- Deshoje y despunte cada mes, si su plantación está afectada por sigatoka amarilla, y cada 15 días, si está afectada por sigatoka negra.
- Como mínimo debe dejar ocho hojas verdes hasta producción, así producirá racimos de calidad comercial.

Moko: ocasionada por la bacteria *Ralstonia solanacearum*, requiere de tres elementos para su manejo: prevención, monitoreo y control (Alarcón & Jiménez, 2012).



Las prácticas de prevención apuntan a evitar la diseminación de la enfermedad, para lo cual es fundamental:

- Utilizar colinos libres de la enfermedad, preferiblemente certificados por el ICA. Se puede realizar la propagación a partir de plantas del lote de las cuales se conozca su historial y se tenga certeza de no estar afectadas por la enfermedad.
- Evitar el ingreso de material vegetal de otras fincas o lotes de los que se tenga sospecha que la enfermedad está presente.
- Se debe realizar la desinfección de las herramientas con las cuales se realizan los deshijos, deshojes, descalcete, cosecha u otras prácticas culturales.
- Eliminar las bellotas ya maduras.
- Realizar el control de vectores como los picudos, los cuales también pueden ser factores predisponentes para la infección.

El seguimiento debe permitir la identificación temprana de la enfermedad:

- Los síntomas externos son el amarillamiento general de la planta, la muerte de las hojas que se secan pero no se caen de la planta y en los racimos se observa una maduración de los plátanos con colores naranjas y rojizos, y anillos negros en la pulpa. Al realizar corte en la base del pseudotallo o entre este se observan puntos marrones en los haces vasculares. Puede afectar tanto a plantas adultas como a hijuelos, mostrando los mismos síntomas de clorosis, amarillamientos y desecación de las hojas (Alarcón & Jiménez, 2012).
- Aunque la determinación de la incidencia es importante, para lo cual se deben revisar todas las plantas, una vez se identifique la presencia de la enfermedad se debe hacer un control y seguimiento en los sitios específicos (focos) en los cuales se identificó la enfermedad, considerando un manejo de zonas tal como se muestra en la figura 17 (Álvarez, Pantoja, Ceballos, & Gañan, 2003); (Alarcón & Jiménez, 2012).

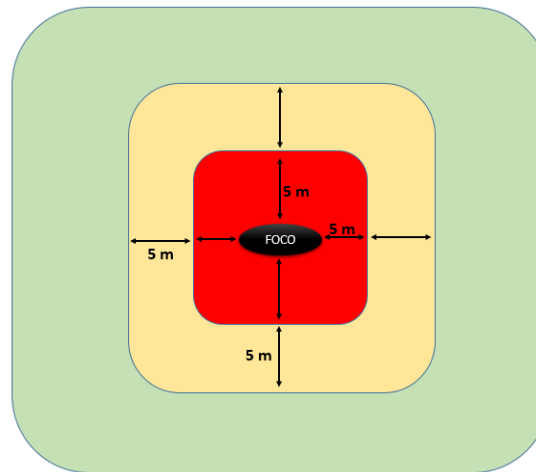


Figura 17. Esquema de zonas para el seguimiento y manejo del Moko.

Algunas prácticas de control a desarrollar son:

- Las plantas afectadas (focos) no deben ser removidas sino erradicadas con el uso de herbicidas sistémicos inyectados (5-10 ml de glifosato al 20%) (Alarcón y Jiménez, 2012).
- Demarcar y encerar el área roja (diámetro de 5 m o las cinco plantas más cercanas al foco). Las plantas de esta zona también deben ser erradicadas con herbicida.
- No realice zanjas o conexión de los drenajes de la zona roja con las demás zonas del lote, ya que la bacteria se disemina por el agua.
- Utilice herramientas y elementos de protección personal exclusivos para estas zonas. Estos deben ser desinfectados y limpiados adecuadamente.
- Una vez las plantas erradicadas estén secas se deben picar y no remover del área.
- En la zona amarilla se debe intensificar el monitoreo para identificar de forma temprana si la enfermedad se disemina. Además realizar el control de vectores.
- También se debe evitar la circulación, por lo cual el lugar se debe demarcar ubicando una sola entrada en la que se disponga de una lava calzado con bactericidas, que puede ser hipoclorito de sodio al 50% o yodo al 10%.
- Álvarez *et al.*, 2003 recomienda la adición de materia orgánica y el uso de *Trichoderma viride* y *Bacillus subtilis*, así como la siembra y/o incorporación de flor de muerto (*Tagetes patula*) en dosis de 1 kg.m^{-2} .



Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de plátano en San Juan de Urabá (Antioquia), consulte el SE-MAPA

Como se expuso en la sección 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son dos los determinantes del riesgo agroclimático. 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 tecnológicas 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 en el municipio de San Juan de Urabá (Antioquia)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores, con características socioeconómicas relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer recomendaciones tecnológicas equivalentes (Lores, Leyva, & Varela, 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 ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

Para cada uno de los dominios (grupo 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, las cuales deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.



Determinación 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. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa acordes con 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. Los dominios entonces 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 fresa en San Juan de Urabá (Antioquia)

En la tabla 4 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 ante una condición de déficit hídrico para cada dominio.

Se puede apreciar que el grado de exposición a la condición climática de déficit hídrico es baja para todos productores del sistema de plátano. El grado de sensibilidad que presentan los productores de San Juan de Urabá ante un evento de déficit hídrico es medio para los productores de los dominios uno y tres, y alto para los productores del dominio dos. Por su



parte la capacidad adaptativa es media para los dominios uno y tres, y es baja para el dominio dos.

Finalmente, la última columna de la tabla 4 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la optimización en la fertilización descrita en la sección dos, de acuerdo a las características de los productores de cada dominio, y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso se realizó el modelamiento para diez periodos, donde cada periodo representa un ciclo del cultivo de 10 a 11 meses, encontrando que la optimización en la fertilización resulta viable para todos los productores.

Tabla 4. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de plátano de San Juan de Urabá (Antioquia)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con uso de crédito bancario, con menos de cinco millones de pesos en activos líquidos representados en animales y, áreas cultivadas de plátano entre 1 y 4 ha.	Baja	Media	Media	Viable
2. Productores sin uso de crédito bancario, con menos de cinco millones de pesos en activos líquidos representados en animales y, áreas cultivadas de plátano entre 2 y 5 ha.	Baja	Alta	Baja	Viable
3. Productores con uso de crédito, con un rango entre cinco y quince millones de pesos en activos líquidos representados en animales y, áreas cultivadas de plátano entre 4 y 7 ha.	Baja	Media	Media	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Los productores que componen el dominio uno se encuentran ubicados en zonas consideradas como nichos productivos condicionados a prácticas de manejo, lo que los ubica en un grado de exposición bajo ante una condición de déficit hídrico. Adicionalmente son productores con prácticas inadecuadas para el manejo de suelos, pero que no tienen problemas con la incidencia de plagas y enfermedades, por lo que se encuentran en un grado medio de sensibilidad ante una condición de déficit hídrico. Finalmente, son productores que hacen uso de créditos bancarios, son propietarios de los predios, tienen buena disponibilidad de mano de obra familiar pero tienen un bajo nivel de activos líquidos representados en animales además de que carecen de asistencia técnica; en consecuencia cuentan con un grado medio de capacidad de adaptación ante una condición de déficit hídrico (figura 18).

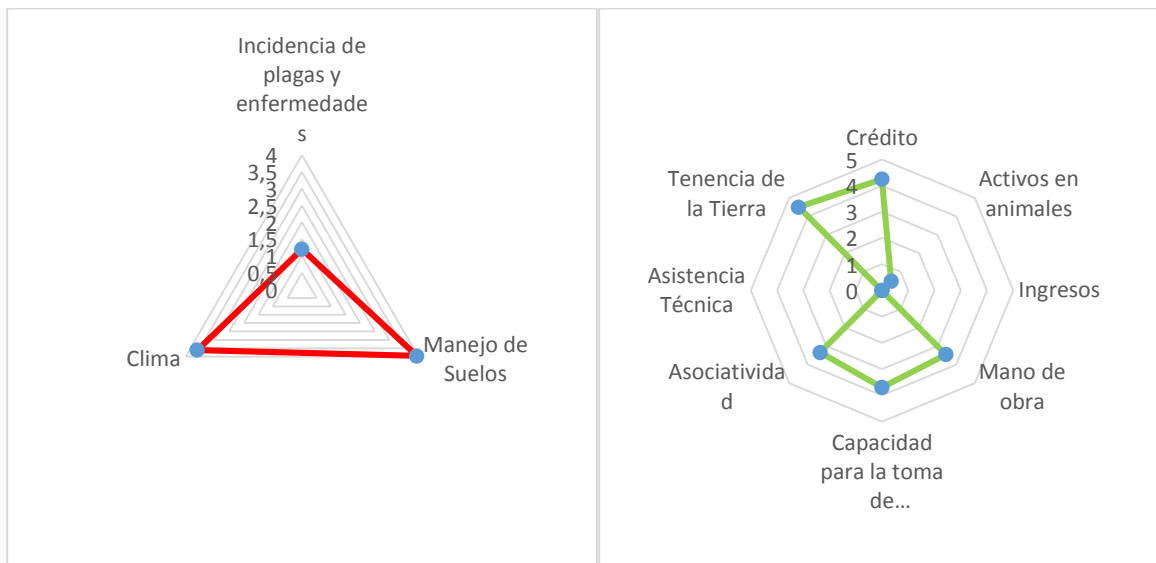


Figura 18. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 1.

En virtud del bajo grado de exposición de los productores de este dominio ante una condición de déficit hídrico, la optimización de la fertilización constituye en mayor medida



una práctica para el fortalecimiento del sistema productivo y posiblemente una práctica para disminuir los efectos negativos de una condición de déficit hídrico en el suelo. De acuerdo al análisis microeconómico la optimización en la fertilización, utilizando fertilización química basada en análisis de suelos (sección 2), resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital asociado a esta práctica de manejo.

Se recomienda la implementación de la tecnología para la totalidad del predio para lo cual, en caso de ser necesario, debe hacerse uso de crédito bancario durante el primer periodo (ciclo de cultivo) de la implementación del nuevo esquema de fertilización. Se espera que dadas las condiciones de los productores de este dominio, el endeudamiento no supere el 20% de los costos totales del cultivo bajo el nuevo esquema de producción y que este pueda ser pagado con facilidad para el inicio del segundo ciclo de cultivo, dado el incremento en los excedentes asociados. Finalmente, se requiere contratación de mano de obra adicional para llevar a cabo la producción con el nuevo esquema de fertilización, no obstante, esta obedece a un incremento en el 5% de la mano de obra demandada para todo el ciclo de cultivo.

Dominio 2

Los productores que componen el dominio dos se encuentran ubicados en zonas consideradas como nichos productivos condicionados a prácticas de manejo, lo que los ubica en un grado de exposición bajo ante una condición de déficit hídrico. Adicionalmente son productores sin problemas referentes a la incidencia de plagas y enfermedades, no obstante, utilizan prácticas inadecuadas para el manejo de suelos (en mayor medida que los productores del dominio uno), lo que los ubica en un grado alto de sensibilidad ante una condición de déficit hídrico en el suelo. Por otra parte, son productores propietarios de los predios, tienen buena disponibilidad de mano de obra familiar pero tienen un bajo nivel de activos líquidos representados en animales, carecen de asistencia técnica y no hacen uso de créditos bancarios; lo que ocasiona que posean un grado bajo de capacidad de adaptación ante una condición de déficit hídrico (figura 19).



Figura 19. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 2.

Igual que para el dominio 1, para los productores de este dominio la optimización de la fertilización constituye en mayor medida una práctica para fortalecimiento del sistema productivo y en menor medida una práctica de mitigación de los efectos negativos de una condición de déficit hídrico.

De acuerdo al análisis microeconómico la optimización en la fertilización, utilizando fertilización química basada en análisis de suelos (Sección 2), resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital asociado a esta práctica de manejo. Dadas las condiciones de los productores de este dominio la implementación del nuevo esquema de fertilización debe ser paulatina, pues la falta de uso de crédito se convierte en un limitante. En concreto, se espera que a partir de los recursos propios, el productor implemente el nuevo esquema de fertilización en al menos el 25% del área cultivada en plátano y conforme lo permitan los nuevos excedentes lo haga para la totalidad del predio. Finalmente, se requiere contratación de mano de obra adicional para llevar a cabo la producción con el nuevo esquema de fertilización y se espera que esta obedezca al 30% de la mano de obra demanda para todo el ciclo de cultivo.

Dominio 3

Los productores que componen el dominio tres se encuentran ubicados en zonas consideradas como nichos productivos condicionados a prácticas de manejo, lo que los ubica en un grado de exposición bajo ante una condición de déficit hídrico. Adicionalmente son productores sin problemas referentes a la incidencia de plagas y enfermedades pero que utilizan prácticas inadecuadas para el manejo de suelos, por lo que se les considera en un grado medio de sensibilidad ante una condición de déficit hídrico. Por otra parte, son productores propietarios de los predios, tienen buena disponibilidad de mano de obra familiar y un nivel medio de activos líquidos representados en animales pero carecen de asistencia técnica, lo que los ubica en un grado medio de capacidad de adaptación ante una condición de déficit hídrico (Figura 20).

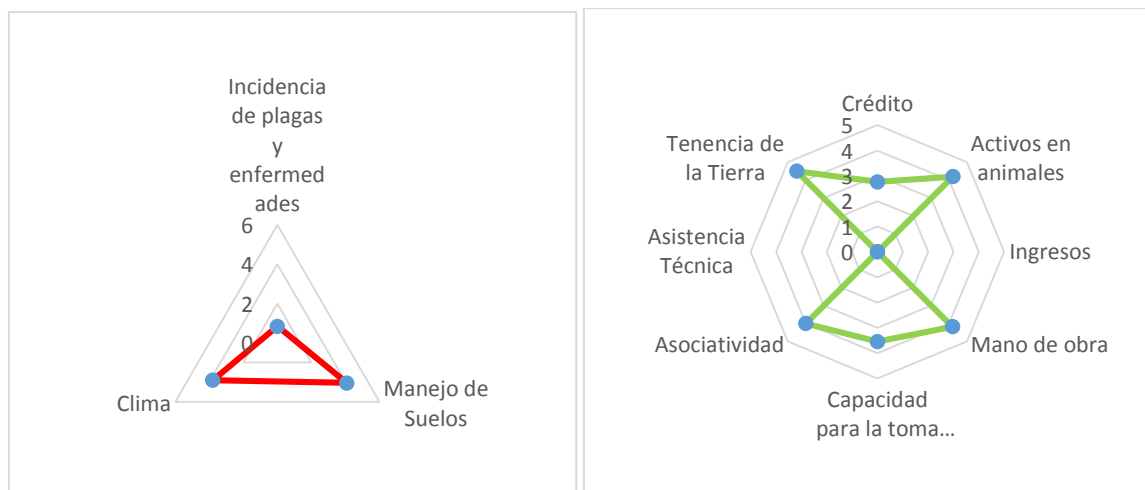


Figura 20. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 3.

De la misma forma que para los dominios uno y dos, la optimización de la fertilización constituye en mayor medida una práctica para fortalecimiento del sistema productivo y en menor medida una práctica de mitigación de los efectos negativos de una condición de déficit hídrico dado el grado de exposición asociado. De acuerdo al análisis microeconómico la optimización en la fertilización, utilizando fertilización química basada en análisis de suelos, resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital asociado a esta práctica de manejo. Se recomienda la implementación de la tecnología para la totalidad del predio, para lo cual debe hacerse uso de crédito bancario durante el primer periodo (ciclo de



cultivo) de la implementación del nuevo esquema de fertilización. Se espera que dadas las condiciones de los productores de este dominio, el endeudamiento no supere el 33% de los costos totales del cultivo bajo el nuevo esquema de producción y que este pueda ser pagado con facilidad para el inicio del segundo ciclo de cultivo, dado el incremento en los excedentes asociados. Finalmente, se requiere contratación de mano de obra adicional para llevar a cabo la producción con el nuevo esquema de fertilización y esta representaría un incremento en el 40% de la mano de obra demandada para todo el ciclo de cultivo.



REFERENCIAS

- Alarcón, J., & Jiménez, Y. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa spp.). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá: ICA.
- Almodóvar, W., & Díaz, M. (2007). *Identificación y manejo de Sigatoka negra y otras enfermedades de plátano y guineo*. Mayagüez: Universidad de Puerto Rico. Recuperado de http://academic.uprm.edu/walmodovar/HTMLobj-276/Manual_ID_y_MIP_de_SN_y_Enferm_Plat_y_Guineo.pdf
- Álvarez, E., Pantoja, A., Ceballos, G., & Gañan, L. (2003). *Manejo del Moko en América Latina y el Caribe*. Cali: CIAT y FAO.
- Aranzazu, F., Valencia, J., Arcila, M. Castrillón C., Bolaños M., Castellanos P., Pérez J. y J. Rodríguez (2002). *El cultivo de plátano: Manual técnico*. Colombia: Corpoica.
- Barrera, J., Cayón, G., & Robles, J. (2009). Influencia de la exposición de las hojas y el epicarpio de frutos sobre el desarrollo y la calidad del racimo de plátano 'Hartón' (Musa AAB Simmonds). *Agronomía Colombiana*, 27(1), 1-10. Recuperado de <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/agrocol/rt/printerFriendly/11362/37729>
- Barrera, J., Morales, N., & Bolaños, M. (2013). *Efecto de las coberturas vegetales sobre el crecimiento y desarrollo, producción y nutrición del plátano*. Armenia, Colombia: II Congreso latinoamericano de plátanos y bananos.
- Barquero, M. 1996. Evaluación del composteo de los desechos orgánicos (pinzote y banano de rechazo) en una plantación bananera. Tesis Ing. Agr., Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. 57p. En F. Rosales, S. Tripon, & J. Cerna, *Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable* (págs. 186 - 192). Costa Rica: Guácimo.
- Belalcázar, S., Cayón, G., & Lozada, J. (1991). Ecofisiología del cultivo. En S. Belalcázar *El cultivo del plátano en el trópico* (pp. 93-109). Cali: ICA.



- Belalcázar, S., Salazar, C., Cayón, G., Lozada, J., Castillo, L., & Valencia, J. (1991). Manejo de Plantaciones. En S. Belalcázar, *El cultivo del plátano (Musa AAB Simmonds) en el trópico. Manual de asistencia técnica No. 50* (pp. 147-239). Cali: ICA-CIID.
- Castaño, A., Aristizabal, M., & González, H. (2011). Requerimientos hídricos del plátano Dominico Hartón (Musa AAB Simmonds) en la Región Santágueda. *Actualidad y Divulgación Científica*, 15(2), 331-338.
- Chow, V. T. (2004). *Hidráulica de canales abiertos*. Colombia: McGraw-Hill.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (1999). *El deshoja y despunte en plátano y banano, una alternativa para el manejo de la sigatoka negra y amarilla*. Pereira: Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático*. Mosquera: Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para fresa (San Vicente), maracuyá (Dabeiba y Sopetrán), y plátano, (San Juan de Urabá y Jardín). Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*. Mosquera: Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015c). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Plátano Municipio de San Juan de Urabá, Departamento de Antioquia*. C. I. La Selva, Antioquia. Medellín: Corpoica.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica)-Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (2015). *Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Norte de Santander y Nariño 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*. Mosquera: Corpoica.



- Douglas, M., & Ronald, R. (1992). El combate de la Sigatoka Negra. *Departamento de investigaciones CORBANA*, 4, 22.
- Ecured. (2015). Recuperado de <http://www.ecured.cu/Anexo:Riego en el pl%C3%A1tano>
- Furcal-Beriguete, P., & Baquero-Badilla, A. (2014). Fertilización del plátano con nitrógeno y potasio durante el primer ciclo productivo. *Agronomía Mesoamericana*, 25(2), 267-278.
- Guerrero, M. (2010). *Guía Técnica del Cultivo de Plátano*. El Salvador: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal Enrique Álvarez Córdova-CENTA.
- Herrera, M., & Colonia, L. (2011). *Guía técnica-curso taller. Manejo Integrado del Cultivo de Plátano*. Perú: Universidad Agraria de La Molina, Oficina Académica de Extensión y Proyección Social AGROBANCO. Recuperado de http://www.agrobanco.com.pe/pdfs/capacitacionesproductores/Platano/MANEJO_INTEGRADO_DEL_CULTIVO_DE_PLATANO.pdf
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Altas de Viento de Colombia. Recuperado de <http://atlas.ideam.gov.co/visorAtlasVientos.html>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Luna, L., & Bolaños, M. (2006). *Producción de abonos orgánicos de buena calidad*. Palmira: Corpoica, Gobernación del Valle.
- Martínez, A. M., & Hoyos-Carvajal, L. (2012). *Manual para el cultivo de Frutales en el Trópico. Banano (Musa AAA. Simonds)*. Bogotá: Produmedios.



- Mayorga, M. (2010). Manchas de sigatoka de las musáceas. En A. Martínez (Ed.), *Últimos avances en la tecnología del cultivo del plátano en Colombia* (pp. 32-38). Bogotá: DIGA estudios de diseño.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra. Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Orozco, J. (1998). Fertilizantes orgánicos y su aplicación en el cultivo del banano. En F. Rosales, S. Tripton, & J. Cerna (Eds.), *Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable* (pp. 82-88). Guácimo: Inibap.
- Orozco, M., Orozco, J., Pérez, O., Manzo, G., Farías, J., & Silva, W. (2008). Prácticas culturales para el manejo de la Sigatoka negra en bananos y plátanos. *Tropical Plant Pathology*, 33(3), 189-196.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought. Department of Commerce. Research Paper No. 45*. Washington: Department of Commerce.
- Plaza, G. (2012). Manejo de malezas en frutales. En G. Fischer, W. Torres, W. Rubio & G. Ligarreto (Ed.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 238-251). Bogotá: Produmedios.
- Rosales, F., Tripton, S., & Cerna, J. (1998). *Producción de banano orgánico y/o ambientalmente amigable*. Guácimo, Costa Rica: Inibap. Recuperado de https://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/user_upload/online_library/publications/pdfs/708_ES.pdf



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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