



PLAN DE MANEJO AGROCLIMÁTICO INTEGRADO DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE PLÁTANO (*Musa* sp.)

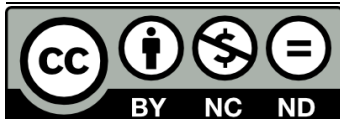
**Municipio de Curumaní
Departamento de Cesar**



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Septiembre del 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 (Corpoica) no se hace responsable de la interpretación y uso de estos resultados.



Equipo de trabajo	
Milton Rivera Rojas	Investigador máster
Yesenia Vargas Hernández	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Julián Rivera Rojas	Profesional de apoyo a la investigación
Érica Salcedo Carrascal	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph.D
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



Agradecimientos

Agradecemos al Fondo Adaptación por contribuir a la financiación del proyecto de 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 CI Motilonia 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

Introducción	1
Objetivos.....	2
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Curumaní.....	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Curumaní.....	9
Zonas de Curumaní con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano	15
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático	18
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano ante condiciones de déficit hídrico del suelo en Curumaní	20
Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)	22
Sistema de riego por aspersión subfoliar	24
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	26
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del plátano a déficit hídrico del suelo en Curumaní.....	27
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de plátano del sistema de plátano en Curumaní.....	33
Determinación de los dominios de recomendación.....	33



Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del plátano en Curumaní..... 34

Implementación de las opciones tecnológicas de cada dominio de recomendación 35

Referencias 41



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano en el municipio de Curumaní, Cesar, en condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Curumaní. Subzonas hidrográficas (izquierda), paisaje (centro) y altitud (derecha).	5
Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio histórico multianual (serie histórica 1980-2011) en Curumaní.	6
Figura 4. Aptitud de uso de los suelos del sistema productivo de Curumaní.	10
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo de plátano en Curumaní, en condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico.	14
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Curumaní para el sistema productivo de plátano en condiciones de déficit hídrico.	17
Figura 7. Balance hídrico atmosférico de la parcela de integración de plátano en Curumaní, entre los meses de agosto del 2015 y junio del 2016.	20
Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo del plátano en Curumaní, entre los meses de agosto del 2015 y junio del 2016.	21
Figura 9. Sistema de calificación de Stover (1971), modificado por Gauhl (1989), para determinar la severidad de la sigatoka.	22
Figura 10. Trampas para seguimiento del picudo: A) Trampa tipo sándwich. B) Trampa tipo cepa en pie.	24
Figura 11. Instalación del sistema de riego por aspersión subfoliar en la parcela de integración del sistema productivo del plátano, en Curumaní.	25
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 1.	36



Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 2.....	37
Figura 14. Indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación de los productores del dominio 3.....	38
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 4.....	39



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Curumaní durante los eventos <i>El Niño</i> , en el periodo 1980-2011	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Curumaní durante los eventos <i>La Niña</i> , en el periodo 1980-2011	8
Tabla 3. <i>Ventana temporal de análisis del sistema productivo de plátano en Curumaní</i>	15
Tabla 4. Escala de Stover, modificada por Gauhl (1989), para grados de severidad de sigatoka en <i>Musa</i> sp.....	23
Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación del sistema productivo del plátano de Curumaní.....	35



Introducción

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido como concepto novedoso en el área agropecuaria por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-Modelos de Adaptación y Predicción Agroclimática (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 tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permite minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre los sistemas productivos.

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 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 de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento del Cesar fue priorizado por el Fondo Adaptación el sistema productivo de plátano (*Musa sp.*) en el municipio de Curumaní.

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 (priorizada participativamente por productores), en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar.



Objetivos

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano (*Musa sp.*) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo para el municipio de Curumaní (Cesar), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Presentar información agroclimática del municipio de Curumaní (departamento del Cesar) para la toma de decisiones en el sistema productivo de Plátano en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan generar capacidad adaptativa del sistema productivo de Plátano a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Curumaní (departamento del Cesar).
- Exponer criterios de implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de plátano en el municipio de Curumaní, con base en una tipificación de los productores.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por la exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y la capacidad adaptativa del sistema productivo. 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 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.

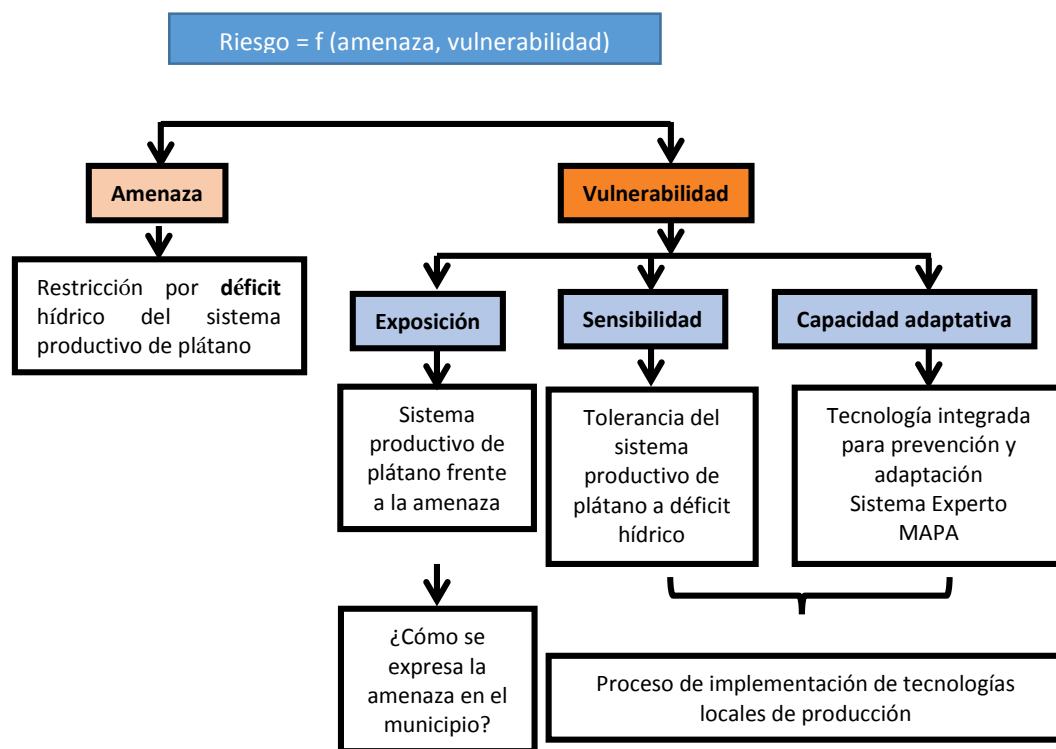


FIGURA 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano en el municipio de Curumaní, Cesar, en condiciones de déficit hídrico en el suelo.



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, paisaje y altitud) 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, y 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 escala departamental y municipal consultar el Sistema Experto (SE)-MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Curumaní

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

El municipio de Curumaní está influenciado en su totalidad por la subzona hidrográfica del bajo Cesar. De igual forma, se presenta un rango altitudinal entre 0 y 2500 metros sobre el nivel del mar (msnm), con predominio de alturas entre 0 y 500 msnm (69,2 %). La mayor parte de los paisajes del municipio son de montaña (31.178 ha) y piedemonte (38.021 ha), lo que corresponde a un 41,1 % y 42,0 % del área, respectivamente; y en menor medida a lomerío y planicies (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**) (Corpoica, 2015a).

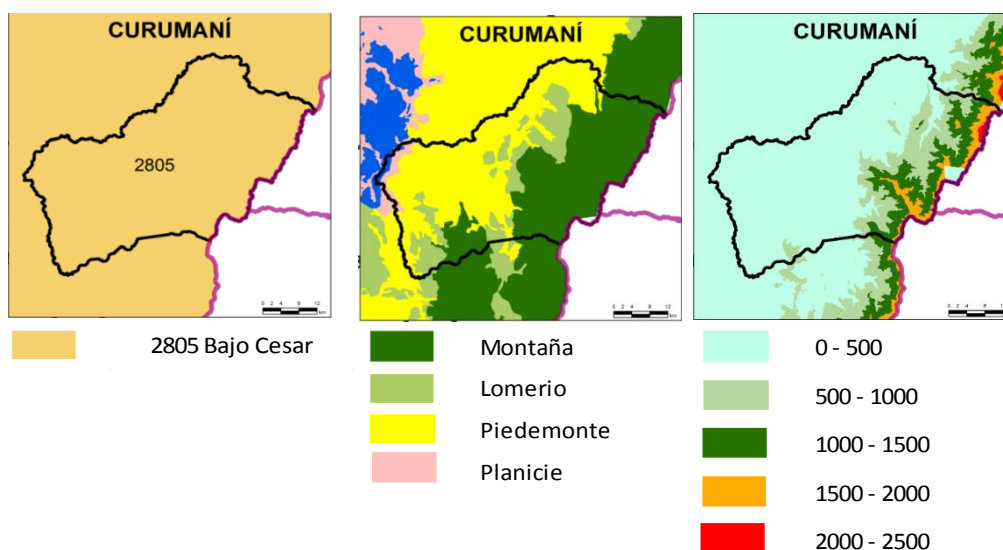


Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Curumaní. Subzonas hidrográficas (izquierda), paisaje (centro) y altitud (derecha).
Fuente: Corpoica (2015a).

El siguiente punto a tener en cuenta es la disponibilidad de las series climáticas (1980-2011) con las que 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 fenómenos asociados a la variabilidad climática. Dentro de la información empleada para el análisis climático de Curumaní se destacan:

Precipitación: en la figura 3 se muestra el comportamiento de la precipitación en Curumaní. La línea verde representa la precipitación promedio; las barras rojas y azules representan la precipitación durante eventos de variabilidad climática asociados a El Niño-Oscilación del Sur (ENSO): **El Niño** (1991) y **La Niña** (1999), respectivamente (Corpoica, 2015a).

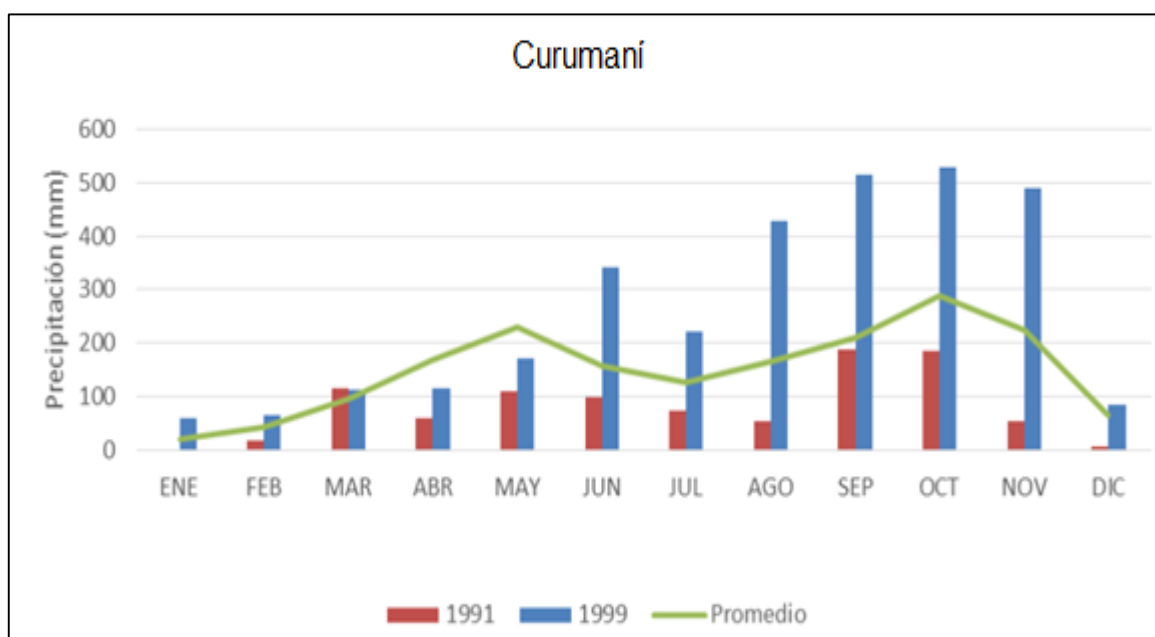


Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio histórico multianual (serie histórica 1980-2011) en Curumaní.
Fuente: Corpoica (2015a).

Como se observa en la figura anterior, las lluvias presentan una distribución bimodal con picos registrados en los trimestres AMJ y ASO. Durante el evento *El Niño* de 1991 se observó una disminución en todos los meses, con respecto al promedio multianual, siendo esta más marcada en los meses de abril, mayo y junio, periodo en el cual se espera un pico de lluvias en el municipio. En contraste, ante el evento *La Niña* de 1999, en Curumaní se registraron precipitaciones mensuales superiores a la media histórica del municipio, concentradas en el segundo semestre del año.

Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos **El Niño** o **La Niña**: permite 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 en porcentaje, que indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.

- 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. 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).

Las tablas 1 y 2 muestran cómo se han comportado los fenómenos El Niño-Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años, y constituyen información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

En la Tabla 1 se observa que, durante escenarios **El Niño**, las precipitaciones en el municipio pueden reducirse entre 15 % y 37 %, presentando valores ONI máximos entre 0,9 y 2,5. La mayor reducción de la lluvia se registró entre mayo de 1997 y junio de 1982, con una disminución del 37 %.

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Curumaní durante los eventos **El Niño**, en el periodo 1980-2011

Inicio	Mayo-82	Ago-86	Mayo-91	Mayo-94	Mayo-97	Mayo-02	Junio-04	Ago-06	jul-09
Fin	Junio-83	Feb-88	Junio-92	Marzo-03	Mayo-98	Marzo-03	Feb-05	Ene-07	abr-10
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Max. valor ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-30 %	-31 %	-32 %	-20 %	-37 %	2 %	-29 %	-15 %	-19 %

Fuente: Corpoica (2015a).

¹ Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml

De la misma forma, en la tabla 2 se observa que durante eventos *La Niña* las precipitaciones aumentaron desde 7 % hasta 45 %, siendo este último el mayor aumento registrado en la precipitación en Curumaní (julio del 2010 a abril del 2011), con un valor ONI de -1,4.

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Curumaní durante los eventos **La Niña**, en el periodo 1980-2011

Inicio	Oct-84	Mayo-88	Sep-95	Julio-98	Oct-00	Sep-07	Julio-10
Periodo	Sep-85	Mayo-89	Marzo-96	Junio-00	Feb-01	Mayo-08	Abril-11
Duración (meses)	12	13	7	24	5	9	10
Min. valor ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-18 %	-7 %	-6 %	42 %	36 %	7 %	45 %

Fuente: Corpoica, 2015a.

Se debe considerar que 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 pueden identificar la susceptibilidad a exceso hídrico durante eventos *La Niña*, la susceptibilidad a déficit hídrico durante eventos *El Niño*, la susceptibilidad a inundación, las áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) y los cuerpos de agua que se contraen en eventos de sequía.

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

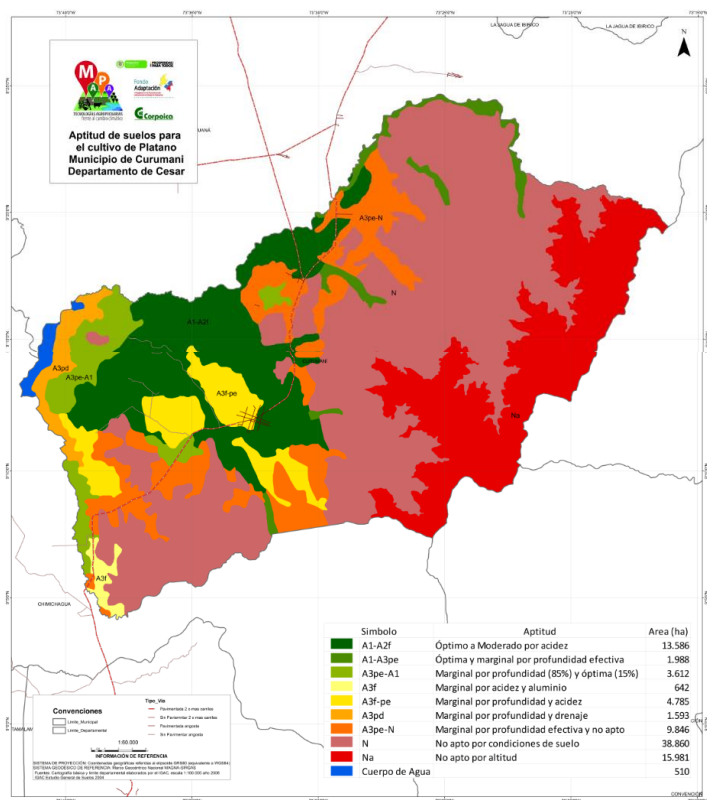
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Curumaní

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por el suelo y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición del sistema productivo varía en función del tiempo y de su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición identifique:

- a. **Las limitaciones de los suelos en el municipio:** En el mapa de aptitud de suelos (Figura 4) hay que tener en cuenta que algunas limitaciones pueden mejorarse, como las propiedades químicas (con aplicación de enmiendas y fertilizantes), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas y texturas). Es conveniente mencionar que la escala de análisis espacial es 1:100.000.

Para tener en cuenta: La mayor parte de los suelos del municipio son clasificados como No Aptos para el cultivo de plátano, por condiciones de suelos con profundidades muy superficiales y pendientes muy pronunciadas (42,5 %), y por altitud (17,4 %). El 2,18 % (1988 ha) del área total del municipio presenta aptitud óptima y marginal por profundidad efectiva (A1-A3pe), y el 14,86 % presenta aptitud moderada a marginal por acidez y aluminio (figura 4).

Con aptitud marginal se estima un 22,4 % de los suelos del municipio (20.478 ha aproximadamente), restringidas principalmente por profundidad efectiva, en algunos casos asociada a drenajes y por fuerte acidez (pH muy bajos) con altos contenidos de aluminio (Corpoica, 2015b). El plátano requiere suelos bien drenados, pH neutro, pero tolera ligera a moderadamente ácidos o ligeramente alcalinos; la saturación del aluminio y la conductividad eléctrica deben ser preferiblemente bajas.



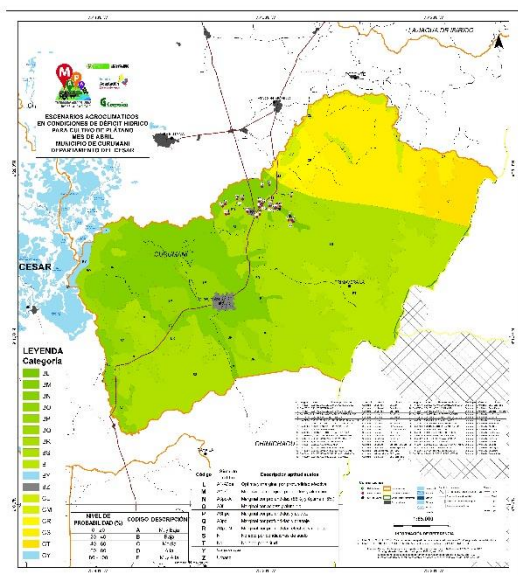
Símbolo	Aptitud	Área (ha)	% Área
A1-A3pe	Óptima y marginal por profundidad efectiva	1.988	2,18
A2-3f	Moderado a marginal por acidez y aluminio	13.586	14,86
A3pe-A1	Marginal por profundidad (85%) y óptima (15%)	3.612	3,95
A3f	Marginal por acidez y aluminio	642	0,7
A3f-pe	Marginal por profundidad y acidez	4.785	5,24
A3pd	Marginal por profundidad y drenaje	1.593	1,74
A3pe-N	Marginal por profundidad efectiva y no apto	9.846	10,77
N	No apto por condiciones de suelo	38.860	42,51
Na	No apto por altitud	15.981	17,48
Cuerpo de Agua		510	0,56
Total general		91.403	

Figura 4. Aptitud de uso de los suelos del sistema productivo de Curumaní.

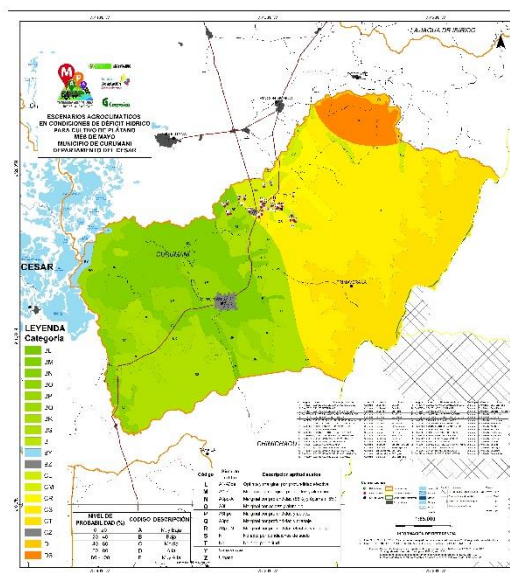
Fuente: Corpoica (2015b).

- b. **La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico:** en los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5) se presenta la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico del suelo en el sistema productivo de plátano; con base en el cálculo del índice de severidad de sequía de Palmer² (1965), la probabilidad puede ser: media (tonos amarillos), alta (tonos naranjas) o muy alta (tonos rojos), según el mes de siembra o la etapa fenológica del cultivo (tabla 3).

Abril

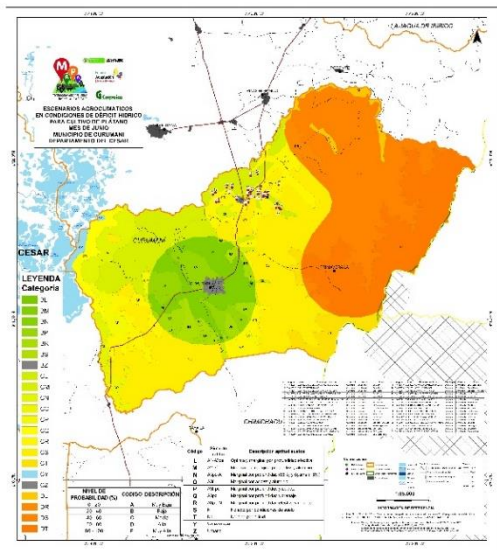


Mayo

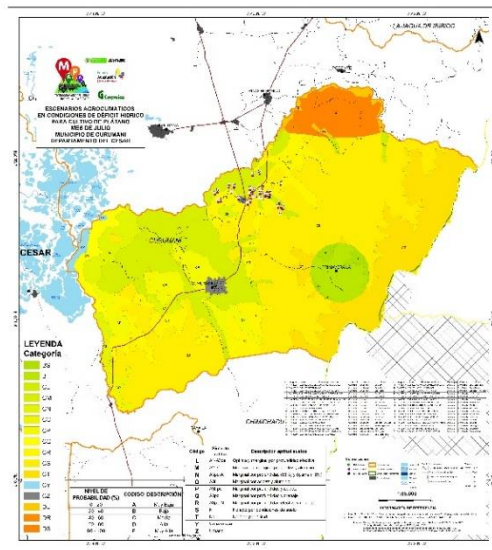


² Mide la duración e intensidad de un evento de sequía a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.

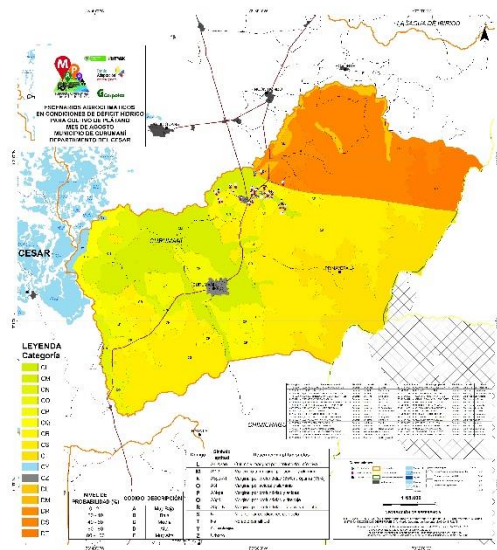
Junio



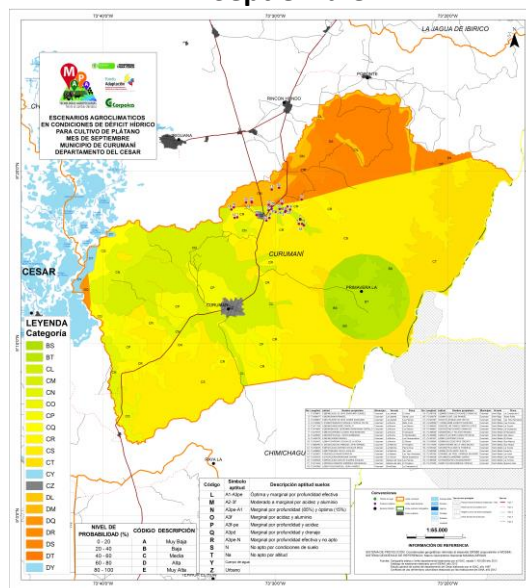
Julio



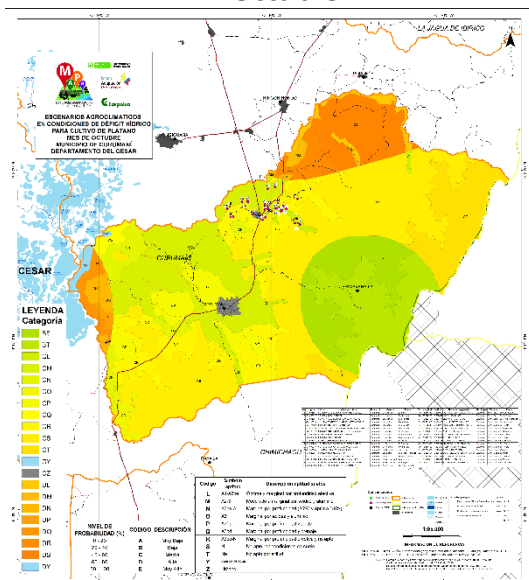
Agosto



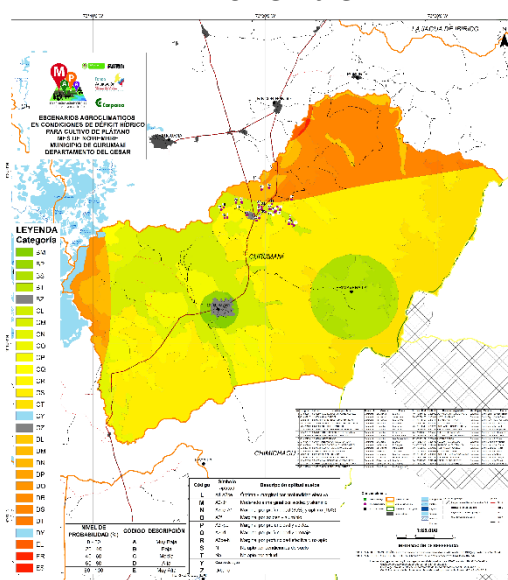
Septiembre



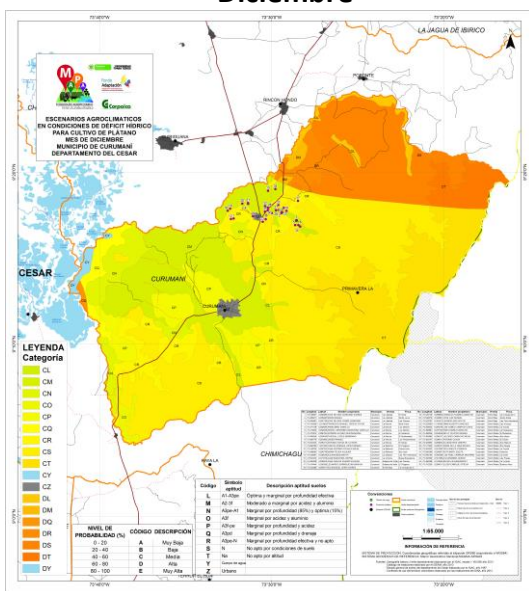
Octubre



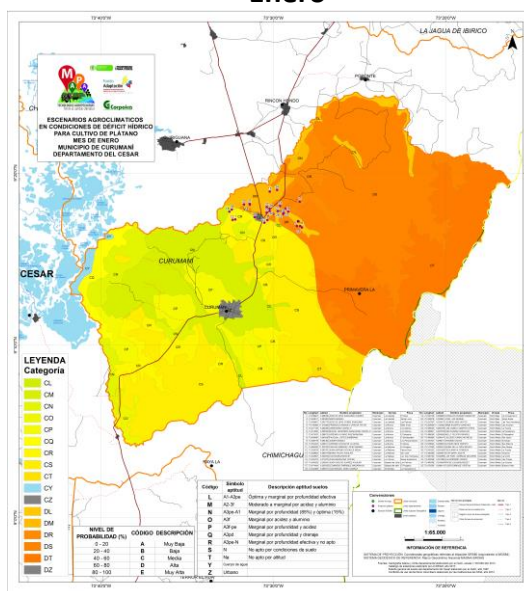
Noviembre



Diciembre



Enero



LEYENDA Categoría

BL	CL	DL
BM	CM	DM
BN	CN	DN
BO	CO	DP
BP	CP	DQ
BQ	CQ	DR
BR	CR	DS
BS	CS	DT
BT	CT	DY
BY	CY	EL
BZ	CZ	ER
		ES

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-A3pe	Óptima y marginal por profundidad efectiva
M	A2-3f	Moderado a marginal por acidez y aluminio
N	A3pe-A1	Marginal por profundidad (85%) y óptima (15%)
O	A3f	Marginal por acidez y aluminio
P	A3f-pe	Marginal por profundidad y acidez
Q	A3pd	Marginal por profundidad y drenaje
R	A3pe-N	Marginal por profundidad efectiva y no apto
S	N	No apto por condiciones de suelo
T	Na	No apto por altitud
Y	Cuerpo de agua	
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo de plátano en Curumaní, en condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: se observa que en agosto (ventana I) y de septiembre a octubre (ventana II) se presentan probabilidades altas (60 % a 80%, tonos naranjas) de déficit hídrico en el suelo, lo que hace a esta zona de alto riesgo para el cultivo. De acuerdo con el calendario fenológico modal de Curumaní, el ciclo y la duración de las etapas fenológicas presentan variaciones bajo deficiencias de agua en el suelo. Se observan retrasos en el desarrollo del retoño, la floración, en el desarrollo y formación del fruto y en la cosecha.

Tabla 3. Ventana temporal de análisis del sistema productivo de plátano en Curumaní

Etapas fenológicas	Duración (días)	Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic				Ene				Feb			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Aparición del retoño	90																																												
Crecimiento hasta formacion de bellota	135																																												
Floración	20																																												
Desarrollo y formacion del fruto	35																																												
Maduración y Cosecha	30																																												

Fuente: Corpoica (2015b).

El plátano, por la morfología de la planta, requiere abundante cantidad de agua disponible en el suelo para que el crecimiento y el desarrollo ocurran normalmente (Belalcázar, 1991). Sus necesidades hídricas se deben a que tienen una gran superficie foliar transpirante, siendo más exigente en agua que otras especies (Martínez, 1983). En general, las musáceas son sensibles a la falta de agua durante todo su ciclo de vida, pero particularmente durante la primera parte del período vegetativo, así como durante la floración y la formación del fruto (Doorenbos & Kassam, 1980).

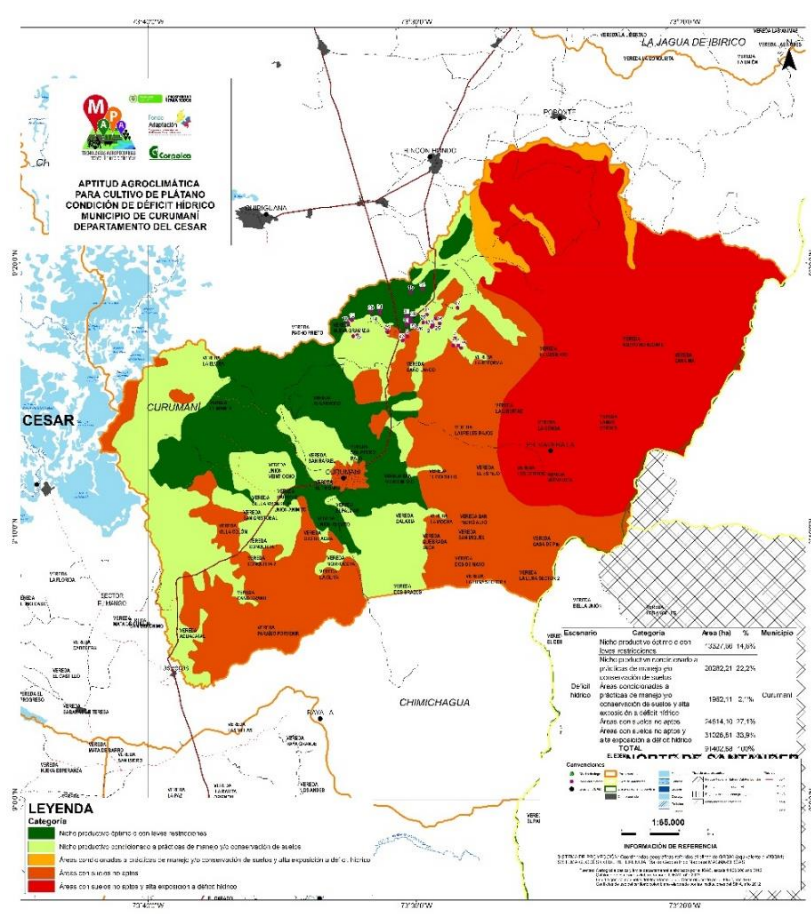
Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de deficiencias de agua en el suelo para el sistema productivo en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica, de acuerdo con los calendarios fenológicos locales; sin embargo, deben ser entendidos como marcos de referencia (Corpoica, 2015b).

Zonas de Curumaní con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de plátano

Se presenta el mapa de aptitud agroclimática de Curumaní para el sistema productivo de plátano (Figura 6). Este mapa integra la exposición a deficiencias hídricas para el sistema productivo y la aptitud de los suelos.

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

- **Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos:** ocupan el 22,2 % (20.282 ha aproximadamente) del área total del municipio. Presentan suelos óptimos y con aptitud moderada a marginal por profundidad efectiva, en algunos casos asociada a drenaje y fuerte acidez (pH muy bajos) por altos contenidos de aluminio. Estas áreas pueden emplearse para el cultivo de plátano si se aplican prácticas de corrección de pH frecuentes que mejoren su aptitud a mediano y largo plazo y se llevan a cabo prácticas agronómicas (manejo fitosanitario y nutricional) y de establecimiento de sistemas de riego ajustados al cultivo.
- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico:** estas áreas ocupan el 2,1 % (aproximadamente, 1952 ha) del área total del municipio (91.403 ha). Presentan suelos óptimos y con aptitud moderada a marginal por profundidad efectiva, en algunos casos asociada a drenajes y fuerte acidez (pH muy bajos), con altos contenidos de aluminio, además de una probabilidad >60 % de deficiencias hídricas en las ventanas de análisis. En estas áreas hay una mayor amenaza de pérdida de rendimientos, debido a que el plátano es sensible a la falta de agua durante todo su ciclo de vida, particularmente durante la primera parte del periodo vegetativo, así como durante la floración y la formación del racimo (Castaño, Aristizábal, & González, 2011; Cayón, Belalcázar y Lozada, 1998).
- **Áreas con suelos no aptos:** estas áreas (en tono naranja oscuro) ocupan el 27,1 % (24.814 ha) de la extensión total municipal. Están limitadas, en su mayoría, por profundidades muy superficiales, por pendientes muy pronunciadas y por altitud.
- **Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico:** estas áreas (en tono rojo) ocupan el 39,9 % (31.027 ha) del área total municipal. No están recomendadas para el cultivo de plátano, debido a limitaciones por profundidades muy superficiales, pendientes muy pronunciadas y por altitud mayores, por lo que hay probabilidades de déficit hídrico en todo el ciclo del cultivo.



Categoría	Descripción
	Nicho productivo óptimo o con leves restricciones
	Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
	Áreas acondicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y alta exposición a déficit hídrico
	Áreas con suelos no aptos
	Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Curumaní para el sistema productivo de plátano en condiciones de déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).



Para mayor información sobre la aptitud agroclimática del sistema productivo de plátano en Curumaní (Cesar), consultar el SE - MAPA

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

Información agroclimática: 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: puede emplearse para mejorar la toma de decisiones sobre 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): obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: resultantes del monitoreo y el seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos: por medio del seguimiento del desarrollo y crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan a los sistemas productivos, tales como excesos y déficits de agua, heladas y deslizamientos.



- Distribución temporal y de sistemas productivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra y de cosecha.

El registro de datos meteorológicos en la finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperaturas máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo, principalmente en etapas fenológicas críticas, y tener relación con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos³.

³ En la *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo. Consúltela en <http://bit.ly/29P68Zg>

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de plátano ante condiciones de déficit hídrico del suelo en Curumaní

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas, validadas con potencial para enfrentar los efectos que el déficit hídrico tiene en el suelo sobre el sistema productivo del plátano en Curumaní. Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de agosto del 2015 y junio del 2016. El estado del agua en la atmósfera y el suelo se presenta en el balance hídrico atmosférico (figura 7) y en el balance hídrico agrícola (figura 8).

En el balance hídrico atmosférico (Figura 7) se puede observar que, durante la mayor parte del periodo de evaluación, la evapotranspiración fue mayor que la precipitación, generando condiciones de déficit hídrico atmosférico, con algunas excepciones dadas por precipitaciones de alta intensidad, pero de poca frecuencia.

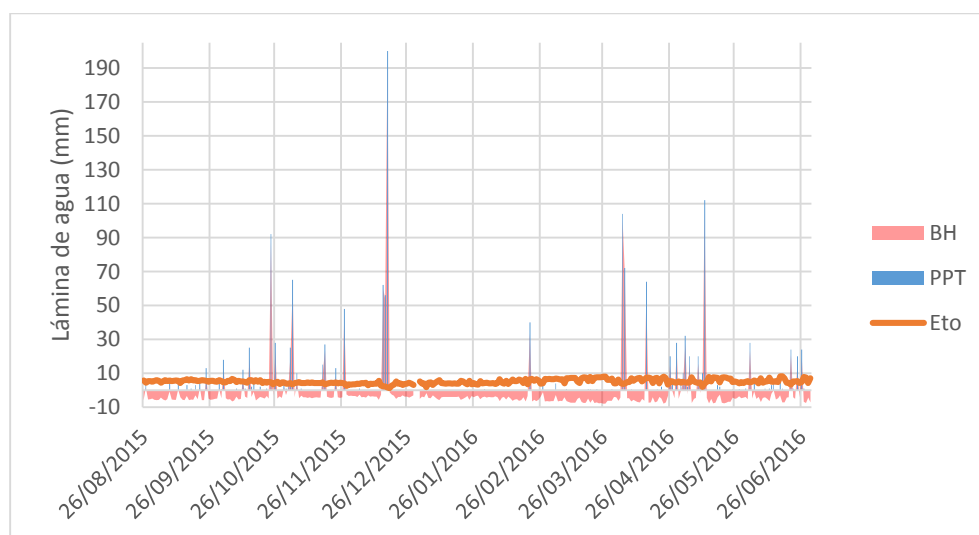


Figura 7. Balance hídrico atmosférico de la parcela de integración de plátano en Curumaní, entre los meses de agosto del 2015 y junio del 2016.

Fuente: Corpoica (2015c).

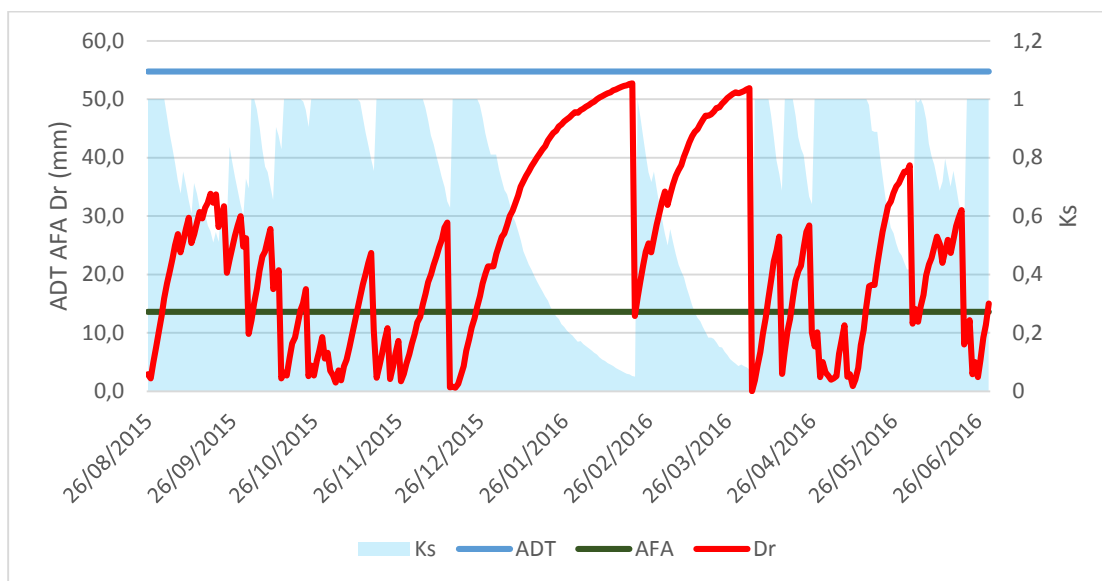


Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo del plátano en Curumaní, entre los meses de agosto del 2015 y junio del 2016.

Fuente: Corpoica (2015c).

En el balance hídrico agrícola (Figura 8) se describe la dinámica del agua en el suelo de la parcela de integración, durante el periodo de evaluación del sistema productivo del plátano. Se observa que la lámina de agotamiento en la zona de raíces (Dr) (agua que se extrae del suelo) es mayor que el agua fácilmente aprovechable (AFA) (agua disponible para las plantas), a lo largo del periodo de evaluación; principalmente, durante los meses de febrero y abril. Este comportamiento indica que durante estos periodos se presentaron condiciones de déficit hídrico en el cultivo de plátano, lo cual se refleja en el coeficiente de estrés hídrico (Ks), en el cual el valor 1 indica condiciones óptimas de humedad y valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.

Producto de este ejercicio se presentan recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del plátano en Curumaní, ante condiciones de déficit hídrico:

Manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE)

El manejo integrado de plagas y enfermedades se define como una herramienta sustentable para el combate de patógenos, mediante la combinación de métodos químicos, culturales, físicos y biológicos que minimicen los riesgos económicos, de salud y ambientales (Hollier, 2004). El MIPE permite emplear el mayor número posible de técnicas apropiadas, con el fin de reducir o mantener las poblaciones de plagas por debajo de los niveles de daño económico. Esta opción tecnológica estuvo enfocada en el manejo de la sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*) y en el control de picudo (*Cosmopolites sordidus* y *Matamasius hemipterus*).

Sigatoka negra (*Mycosphaerella fijiensis*)

Esta enfermedad ataca las hojas, produce 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 & Jiménez, 2012).

En la parcela de integración, el seguimiento a la enfermedad se realizó mediante el registro de incidencia, a partir del porcentaje de la población afectada, y la severidad, con base en el método de Stover, modificado por Gauhl (1989), basado en la cuantificación del estado de desarrollo de la enfermedad (tipo y cantidad de lesiones, número de hojas afectadas, porcentaje del área foliar dañada, hoja más joven infectada, promedio ponderado de infección y número de hojas funcionales) (figura 9).

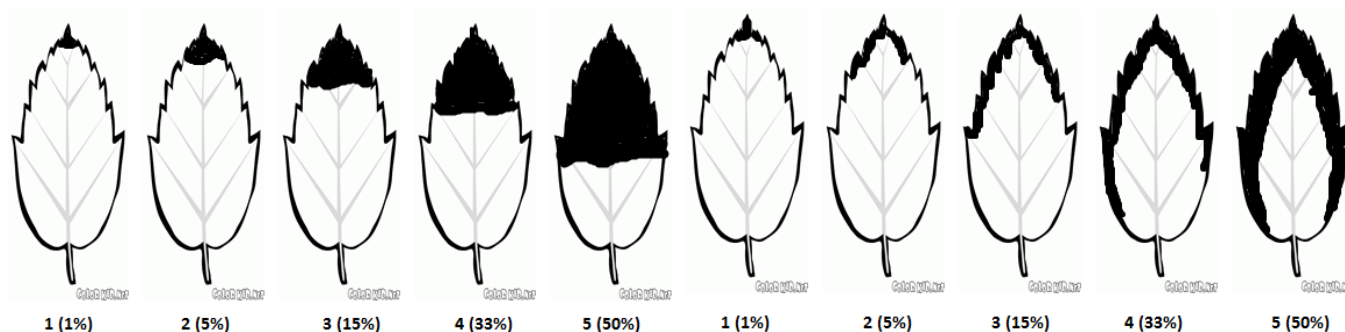


Figura 9. Sistema de calificación de Stover (1971), modificado por Gauhl (1989), para determinar la severidad de la sigatoka.

Fuente: Inifap (2002).

Basado en esto se realizó una estimación visual del área foliar enferma en todas las hojas de plantas próximas a florecer. Para la evaluación se consideraron los seis grados que incluye la escala de Stover, modificada por Gauhl (tabla 4).

Tabla 4. Escala de Stover, modificada por Gauhl (1989), para grados de severidad de sigatoka en *Musa* sp.

Grado	Descripción
1	Hasta 10 manchas
2	< del 5 % de la hoja con manchas
3	Del 6 % al 15 % del área foliar afectada
4	Del 16 % al 33 % del área foliar afectada
5	Del 34 % al 50 % del área foliar afectada
6	Más del 50 % del área foliar afectada

Las evaluaciones de la incidencia y la severidad se realizaron con el fin de establecer los niveles de daño en la plantación, para, de esta manera, programar y ejecutar el manejo más adecuado de la misma. Se hizo énfasis en el manejo cultural de la enfermedad, mediante el despunte y la cirugía, prácticas que consisten en eliminar las partes de las hojas que presentan síntomas avanzados para evitar la dispersión del hongo (Orozco et al, 2008). Aunque algunos autores como Alarcón y Jiménez (2012) recomiendan realizar el deshoje únicamente cuando el daño en la hoja sea entre el 60 % y el 70%, esta actividad se debe realizar semanalmente para verificar si hay nuevos focos de la enfermedad.

Picudo (*Cosmopolites sordidus* y *Matamasius hemipterus*)

Para identificar la plaga se deben reconocer las perforaciones, las galerías y los síntomas externos, como debilidad general, amarillamiento, reducción en el crecimiento, tallos delgados y poca emisión de colinos (ICA, 2012). Los adultos de este insecto hacen perforaciones sobre el pseudotallo, en los cuales depositan sus huevos; la larva es la que produce el daño, creando perforaciones en los tejidos internos, lo que debilita a las plantas hasta el punto de provocar su volcamiento. Adicionalmente, se genera un daño sobre las yemas vegetativas, impidiendo el crecimiento de nuevos brotes y acortando el tiempo productivo de la planta (Carballo, 2001).

Una de las prácticas culturales aplicadas para el manejo del picudo es la elaboración de trampas utilizando cepas y pseudotallos del plátano, ya que este es atraído por sus exudaciones (Merchán, 2002). Para el seguimiento y control del picudo en la parcela de integración se elaboraron dos tipos de trampas:

Tampa sándwich: consta de dos rodajas o secciones de pseudotallo de unos 15 cm de longitud cada una, colocadas una encima de la otra, y las cuales se cubren con hojas (figura 10A).

Trampa cepa en pie: consiste en tomar una planta cosechada, anclada en el suelo, a la cual se le hace un corte transversal u oblicuo a 20-30 cm del suelo y luego se le pone una hoja de plátano en el centro para mejorar la humedad (figura 10B).

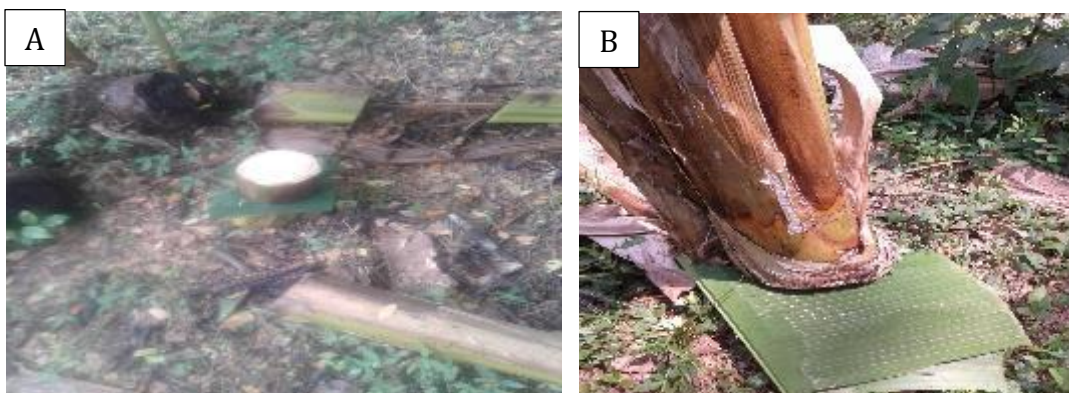


Figura 10. Trampas para seguimiento del picudo: A) Trampa tipo sándwich. B) Trampa tipo cepa en pie.

Las trampas deben ser revisadas cada ocho días y renovarse según el grado de descomposición que presente el material vegetal. Cuando se hacen capturas de picudos en las trampas, estos se deben recoger y destruir.

Sistema de riego por aspersión subfoliar

El sistema de riego por aspersión consiste en la aplicación de agua al suelo en forma de lluvia uniforme, proporcionada por los aspersores. Este sistema de riego permite un mejor aprovechamiento del recurso hídrico, utilizando un menor volumen de agua para suplir las necesidades hídricas de las plantas. La falta de agua en los cultivos de musáceas ocasiona

un inadecuado llenado del fruto y la generación de pérdidas de rendimiento, debido al menor peso del racimo, como afirman Kallarackalq y Milburn, citados por Guzmán (2010).

El sistema de riego tiene dos componentes: el primero es el agronómico, en el cual se determina la cantidad de agua requerida por el sistema productivo. Para el diseño agronómico se utiliza la evapotranspiración de referencia, calculada con base en la ecuación de Penman-Monteith, y un coeficiente de cultivo (K_c) de 1,1, para determinar el uso consuntivo de agua, el cual para el caso de la parcela de integración fue de 4,60 mm/día. Teniendo en cuenta un marco de plantación de 2,5 m x 2,5 m y una eficiencia estimada del 75 % (sistema de riego por aspersión), se determinó:

- Cantidad de agua por planta: 47,84 l/día⁻¹
- La lámina neta a aplicar es de 7,19 mm cada tres días.

El segundo componente es el diseño hidráulico, que consiste básicamente en la sincronización de un conjunto de accesorios que permite trasladar una determinada cantidad de agua desde la fuente hasta el área destinada al riego.

En la parcela de integración, el diseño hidráulico implementado fue un sistema de riego por aspersión subfoliar (figura 11), elaborado con material galvanizado, con cinco líneas de tres aspersores cada una, para un total de 15 aspersores Senninger, modelo 2014, No. 6, válvula dorada. La principal ventaja de este sistema es su movilidad, que permite cubrir la totalidad del área a regar.



Figura 11. Instalación del sistema de riego por aspersión subfoliar en la parcela de integración del sistema productivo del plátano, en Curumaní.

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Las ventajas comparativas se presentan en una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente son un marco general de referencia, validadas en un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y deben ser ajustadas para cada sistema productivo, de acuerdo con la aptitud agroclimática del municipio.

En los resultados obtenidos en la parcela de integración se encontró que los tratamientos en los cuales se implementó la opción de riego por aspersión tuvieron un incremento en el rendimiento, reflejado en racimos con un mayor peso (11,9 kg/racimo) y con un mayor número de dedos promedio por racimo (23,2 dedos/racimo); en comparación con el manejo tradicional del productor, el cual obtuvo racimos con un peso de 8,8 kg y un número promedio de 20,8 dedos por racimo.

Para el caso del manejo del complejo del picudo se encontró que el uso de trampas fue un control efectivo, manteniendo las poblaciones de esta plaga por debajo del umbral de daño económico, el cual está reportado entre 4 y 5 individuos por trampa (Repcar, 2009).

De igual forma, con la opción tecnológica MIPE se redujo el porcentaje ponderado de infección de sigatoka (PPI), el cual sobrepasaba el nivel de daño económico (2 %) durante los meses de noviembre y diciembre, en los que se inició el seguimiento y manejo de la enfermedad, llegando a valores entre 0,5 y 1 %.

La implementación de estas opciones tecnológicas en el sistema productivo del plátano en Curumaní son económicamente viables para los productores, ya que el cultivo presenta una mejor productividad, lo cual se refleja en el incremento de los ingresos del productor.

El establecimiento del sistema de riego por aspersión subfoliar, junto con un adecuado manejo de plagas y enfermedades, aumenta la resiliencia del sistema productivo a los efectos causados por estrés hídrico (déficit) y disminuye la incidencia de problemas fitosanitarios.

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del plátano a déficit hídrico del suelo en Curumaní

A continuación, se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

Manejo integrado de la nutrición

Las estrategias y planes de fertilización deben definirse a nivel de la finca, dado que cada lote posee características particulares de suelo y clima que definen el tipo de nutrientes necesarios, su cantidad y disponibilidad.

El proceso de implementación de una estrategia de fertilización adecuada se puede dividir en tres etapas:

- **Análisis de suelos**

Utilizado para conocer las características físicas y químicas del suelo, y determinar la disponibilidad de nutrientes en la zona en la cual se establecerá la plantación, es importante en la generación de una estrategia adecuada de manejo de la fertilización del cultivo.

La metodología propuesta por Corpoica (2005) para la toma de muestra de suelo comprende: 1) Tomar submuestras en puntos trazados en zigzag con cubrimiento del área total del lote, para que el muestreo sea representativo. 2) Para la toma de cada submuestra se debe limpiar un área aproximada de 0,04 m² (20 cm x 20 cm), a una profundidad de tres cm de la superficie, con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica y otro tipo de residuos. 3) Cavar un hueco en forma de V, del ancho de una pala a una profundidad de entre 20 y 30 cm. 4) Extraer una muestra de 2 a 3 cm de grosor de la pared del orificio con una pala limpia; descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la muestra en un balde plástico limpio. 5) Una vez tomadas todas las submuestras, mezclarlas y seleccionar un kilogramo aproximadamente, el cual se debe empacar en una bolsa plástica bien identificada con el nombre del propietario y de la finca, ubicación geográfica, tipo de cultivo y número del lote. Esta muestra debe enviarse a un laboratorio certificado para que le sea practicado un correcto análisis.

- **Análisis de la información**

Se deben seguir recomendaciones del ingeniero agrónomo o técnico que asiste el cultivo para definir el tipo, las cantidades y la frecuencia de aplicación de los fertilizantes a emplear; esto garantizará que las plantas dispongan de los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento y desarrollo. Los cálculos deben tener en cuenta variables tales como la disponibilidad y movilidad de los nutrientes, la profundidad efectiva de las raíces, la eficiencia de los fertilizantes y el requerimiento nutricional de las plantas, de acuerdo con su etapa fenológica.

De igual forma, la recomendación técnica para la fertilización debe tener en cuenta el escenario climático esperado para el periodo de ejecución del sistema productivo. Por ejemplo, durante épocas de déficit hídrico se debe disminuir la aplicación de fuentes amoniacales de nitrógeno; así mismo, se debe revisar el contenido de los macronutrientes (N, P, K), ya que la baja disponibilidad de agua limita su movimiento hacia y a través de la planta.

- **Ejecución y seguimiento**

El plan de fertilización debe ejecutarse de acuerdo con la recomendación técnica, teniendo en cuenta las formas de aplicación y los productos a utilizar. Del mismo modo, se debe hacer un seguimiento continuo con el fin de visualizar los resultados del plan de fertilización y efectuar ajustes en caso de ser necesario.

Manejo de coberturas del suelo

La presencia de coberturas vegetales en el sistema productivo del plátano disminuyen la evapotranspiración, favorecen la retención de humedad del suelo, sirven como regulador térmico al mantener los rangos adecuados de temperatura para el desarrollo de la planta, aumentan la resistencia contra las variaciones de pH, incrementan la biodiversidad de micro y macrofauna del suelo, proveen de alimento a los microorganismos activos en descomposición, producen y secretan sustancias repelentes contra insectos y otros organismos patógenos, adicionalmente, si las coberturas son leguminosas, aportan nitrógeno (Gutiérrez et al., 2002).

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: nombres comunes, dónde las 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 a 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 del plátano se recomiendan coberturas rastreras, preferiblemente leguminosas (maní forrajero, kudzu tropical y frijolillo, entre otras); estas coberturas reducen el costo de producción, ya que reducen la presión de arvenses agresivas, además de fijar nitrógeno asimilable para el cultivo.

Cosecha de agua⁴

La cosecha de agua son un conjunto de técnicas o prácticas que consisten en la captación, almacenamiento y aprovechamiento del agua lluvia, manantiales, quebradas o ríos. Esta opción les permite a los productores canalizar o guiar el agua en épocas de lluvia hacia sistemas de almacenamiento adecuados, sean tanques, lagunas, pozos o reservorios. En zonas donde hay lluvias insuficientes, esta técnica les permite a los productores aumentar la disponibilidad de agua para las plantas.

De acuerdo con la FAO (2013), las técnicas de cosecha de agua se clasifican en cuatro categorías:

Microcaptación: consiste en cosechar la escorrentía superficial generada dentro del propio terreno de cultivo, modificando la superficie natural del terreno, a manera de formar uno o más planos inclinados que induzcan la formación de escorrentía en el propio pie de la planta. En general, esta técnica consiste en la formación de surcos y camellones sucesivos; también pueden ser pequeñas cuencas o fajas excavadas alrededor de la planta.

⁴ Para mayor información sobre la cosecha de agua, consultar el documento captación y aprovechamiento de agua lluvia, disponible en: <http://www.fao.org/docrep/019/i3247s/i3247s.pdf>

Macrocaptación: consiste en captar la escorrentía superficial generada en áreas más grandes, contiguas al cultivo o apartadas a este, para hacerla infiltrar en el área de cultivo y ser aprovechadas por las plantas. Esta técnica es más compleja que la anterior (microcaptación); el agua captada puede ser utilizada para abastecer estructuras de almacenamiento como estanques o embalses temporales. También se puede considerar como técnica de macrocaptación la derivación de fuentes de aguas externas al área del cultivo.

Derivación de manantiales y cursos de agua mediante bocatomas: esta técnica es útil para contrarrestar el déficit hídrico en determinadas zonas; su uso puede tener diferentes finalidades, ya sea para riego o consumo doméstico (dependiendo de la calidad del agua y de la severidad de la escasez).

Captación de aguas subterráneas y freáticas: en muchas regiones con déficit hídrico hay posibilidades de aprovechamiento de aguas subterráneas y freáticas para diferentes finalidades, dependiendo de la calidad, la disponibilidad y la modalidad de extracción.

Es importante hacer una correcta selección de las técnicas de cosecha de agua para hacer frente al déficit hídrico recurrente en cada región o localidad. En la producción agrícola, las técnicas de captación de escorrentía son prioritarias sobre otras, porque en cualquier circunstancia la escorrentía debe ser bien manejada, haya déficit o no. Las técnicas de microcaptación prevalecen sobre las de macrocaptación, debido a que son menos costosas, fáciles de manejar y deben ser aplicadas siempre que hay déficit hídrico.

Frente a amenazas potenciales de exceso hídrico en suelo es fundamental desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan y apoyándose en el (SE)-MAPA, de tal forma que se pueda llegar a la gestión de opciones tecnológicas adaptativas ante dichas condiciones climáticas.



A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de exceso hídrico en el suelo:

Prácticas culturales

Deshoje: es una práctica muy importante en épocas de altas precipitaciones para bajar el inóculo de la sigatoka. Esta labor hace referencia a la eliminación de las hojas amarillas, dobladas, secas y bajas, para favorecer la libre circulación del viento, la incidencia de la radiación para favorecer el crecimiento y desarrollo de las futuras generaciones y contrarrestar el ataque de plagas y enfermedades. No siempre es necesario eliminar toda la hoja, solo basta remover la parte afectada, dejando el tejido sano que puede ser funcional para la planta.

Hay dos tipos de deshoje:

- Sanitario: remueve hojas no funcionales, bien sea por la culminación de su ciclo, daños mecánicos o por sigatoka. Cuando la hoja aún está verde y presenta áreas afectadas por sigatoka o por otras enfermedades, es posible realizar despuntes o el corte de esas áreas afectadas.
- De protección del racimo: consiste en eliminar las hojas o partes de ella que pegan al racimo produciéndole cicatrizaciones.

Es importante no dejar las hojas cortadas encima de hijos, drenajes o muy cerca de la cepa, pues aumentan la humedad y obstaculizan el drenaje superficial.

Para realizar esta práctica se recomienda desinfectar la herramienta al pasar de una planta a otra, debido a que realizar labores como esta puede ser puerta de entrada de enfermedades como bacteriosis y moko.

Descalcete: esta labor también se conoce como desguasque. El objetivo es quitar las vainas secas que cubren el pseudotallo. Esta labor se debe hacer a mano, arrancando la calceta de abajo hacia arriba sin usar herramientas; con esto se evitan problemas fitosanitarios.

En épocas lluviosas, la realización de esta práctica cultural ayuda a disminuir el ataque de plagas y enfermedades que pueden tener sus focos de infección en las calcetas



descompuestas, lo cual genera un ambiente propicio para el desarrollo de patógenos, principalmente.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo del plátano en Curumaní (Cesar), 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 tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo ante el 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 del sistema de plátano en Curumaní

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, a quien se puede 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 ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

A cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con 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, que deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.

Determinación de los dominios de recomendación

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 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; 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, con 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 aplicación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del plátano en Curumaní

En la Tabla 5 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se muestra el grado de exposición, el grado de sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico de cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es baja para los productores de los dominios uno, dos y cuatro, y alta para los productores del dominio tres. El grado de sensibilidad y la capacidad de adaptación que presentan los sistemas del plátano de los productores de Curumaní ante una condición de déficit hídrico es media para todos los dominios.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la implementación de un manejo integrado de plagas y enfermedades, en asocio con un sistema de riego por aspersión subfoliar, de acuerdo con las características de los productores de cada dominio, estableciendo proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso, resulta viable el uso de este esquema de producción para todos los productores de la zona.

Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación del sistema productivo del plátano de Curumaní

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Tecnología
1. Grandes productores con predios mayores a 50 hectáreas, sin acceso a crédito y baja exposición agroclimática.	Baja	Media	Media	Viable
2. Medianos productores con predios entre 20 y 50 hectáreas, con acceso a crédito y baja exposición agroclimática.	Baja	Media	Media	Viable
3. Productores minifundistas con predios menores a las 10 hectáreas, sin acceso a crédito y alta exposición agroclimática.	Alta	Media	Media	Viable
4. Productores minifundistas con predios menores a 10 hectáreas, acceso a crédito y baja exposición agroclimática.	Baja	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas de cada dominio de recomendación

Dominio 1

A este dominio de recomendación pertenecen productores ubicados en zonas de baja exposición agroclimática a condiciones de déficit hídrico; son considerados grandes productores, poseen predios con áreas mayores a 50 hectáreas, de las cuales destinan para cultivar aproximadamente 1,5 ha con plátano. Según el análisis de vulnerabilidad, estos productores tienen una sensibilidad media, generada especialmente por la ausencia de un

sistema de riego, así como por el insuficiente manejo fitosanitario del cultivo y la baja agrobiodiversidad en el predio. Su capacidad de adaptación es media, afectada positivamente por la tenencia en propiedad sobre el predio y, en menor medida, por el servicio de asistencia técnica que reciben y por la alta disponibilidad de mano de obra en la zona. Sin embargo, la escasa oferta del recurso hídrico es una limitante para mitigar las condiciones adversas de una condición de déficit hídrico (Figura 12).

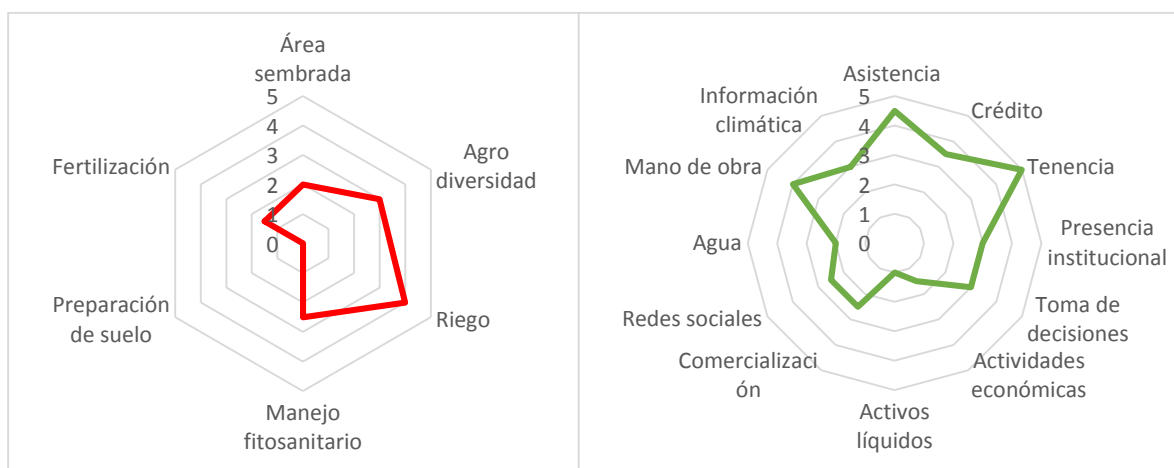


Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 1.

Según el análisis microeconómico, la adopción de las opciones tecnológicas de manejo integrado de plagas y enfermedades, en conjunto con un sistema de riego por aspersión subfoliar, resulta viable en relación con el comportamiento del capital asociado a este esquema de producción. No obstante, se espera que bajo este esquema de producción no se deba contratar fuerza laboral adicional a la familiar para realizar las labores del cultivo.

Estos productores acceden al sistema financiero a través del crédito, sin embargo, el análisis microeconómico sugiere que no es necesario hacer uso de este para adoptar el paquete tecnológico, pues poseen un alto capital inicial. Igualmente se prevé un rendimiento aproximado de 28.000 plátanos por hectárea, por ciclo, con la adopción de las opciones tecnológicas.

Dominio 2

Los productores pertenecientes a este dominio se encuentran ubicados en zonas de baja exposición agroclimática, son considerados medianos productores debido a que poseen predios entre 20 y 50 hectáreas, y un área cultivada con plátano de 3,5 hectáreas, en promedio. De acuerdo con el análisis de vulnerabilidad, la sensibilidad a condiciones de déficit hídrico es media, generalmente dada por la baja diversidad agrícola de sus predios, al insuficiente manejo fitosanitario, así como a la falta de un sistema de riego. Su capacidad de adaptación es media, afectada positivamente por la propiedad sobre el predio y por las buenas condiciones de comercialización del producto (Figura 13).



Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 2.

De acuerdo con los resultados del análisis microeconómico, las opciones tecnológicas evaluadas son viables y potencializan financieramente el sistema productivo; los productores de este dominio poseen mano de obra familiar, sin embargo, se prevé que requieran contratar aproximadamente un 55 % de jornales adicionales para el desarrollo de las actividades del cultivo. Igualmente, poseen un alto capital inicial, lo que les permite implementar las tecnologías sin necesidad de acceder a crédito.

Se pronostica que la producción bajo el esquema de las opciones tecnológicas estará en alrededor de 28.000 plátanos por hectárea, por ciclo.

Dominio 3

Los productores de este dominio se encuentran en zonas de alta exposición agroclimática a condiciones de déficit hídrico; son considerados productores minifundistas con predios menores a 10 hectáreas, de las cuales en promedio destinan tres hectáreas a cultivos. Su sensibilidad es media, dada generalmente por la falta de un sistema de riego, así como por el insuficiente manejo fitosanitario y la baja agrodiversidad en el predio. Su capacidad de adaptación también es media, lo que se debe a la tenencia propia del predio, así como al servicio de asistencia técnica que reciben y a la amplia oferta de mano de obra disponible en la zona (Figura 14).



Figura 14. Indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación de los productores del dominio 3.

De acuerdo con el análisis microeconómico, es viable la adopción de las opciones tecnológicas, no obstante, se prevé que el productor requerirá contratar jornales adicionales a los familiares para cubrir alrededor del 50 % de la demanda laboral total del cultivo.

Finamente, se resalta que a estos productores, al no acceder al crédito, a la vez que tienen bajos niveles de activos líquidos, se les limita la oportunidad de aumentar el área cultivable en periodos futuros. La producción estimada por ciclo se mantendrá en niveles de alrededor de 28.000 plátanos por hectárea.

Dominio 4

Los productores de este dominio se encuentran ubicados en una zona de baja exposición agroclimática; son considerados igualmente productores minifundistas, con un área cultivable aproximadamente de tres hectáreas. Su sensibilidad es media, dada específicamente por la ausencia de un sistema de riego, por un insuficiente manejo fitosanitario y por la alta relación del área sembrada con plátano en el total del predio. Su capacidad de adaptación, igualmente, es media, está afectada de manera positiva por la propiedad sobre el predio, por el servicio de asistencia técnica que reciben y por la gran disponibilidad de mano de obra en la zona (Figura 15).

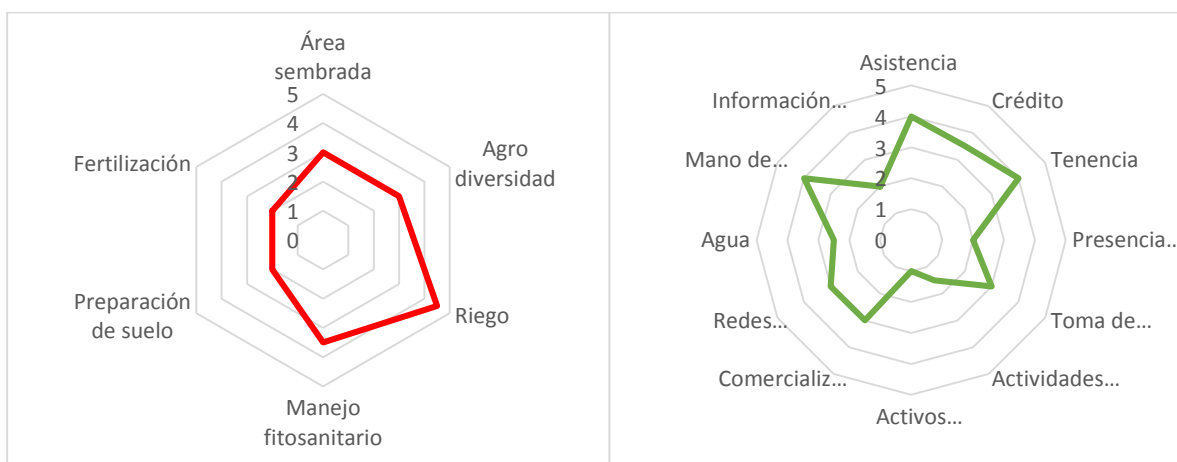


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio 4.

Según los resultados del análisis microeconómico, las opciones tecnológicas validadas para estos productores son viables, conforme al comportamiento del capital bajo este esquema de producción. Igualmente, se pronostica que requerirán contratar mano de obra adicional a la familiar, aproximadamente en un 45 % de la fuerza laboral total necesaria para la producción. No obstante, el capital inicial disponible permite adoptar las tecnologías sin recurrir al crédito, bajo las cuales se estima una producción de aproximadamente 28.000 plátanos por hectárea, por ciclo.



Finalmente, la baja disponibilidad de fuentes hídricas con que cuentan los productores en cada uno de los dominios de recomendación y el insuficiente manejo fitosanitario que realizan al cultivo, ratifican la conveniencia de adoptar las opciones tecnológicas validadas para enfrentar condiciones climáticas de déficit hídrico y además potencializar financieramente el sistema productivo.

REFERENCIAS

- Belalcázar, S. (1991). *El cultivo del plátano en el trópico*. Manual de Asistencia Técnica N° 50. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA, Bogotá, Colombia. 376 p.
- Castaño, P.; Aristizábal, L., & González, H. (2011). Requerimientos hídricos del plátano dominico hartón (*Musa AAB Simmonds*) en la región Santágueda, Palestina, Caldas. *Agron*, 19 (1), 57-67.
- Carballo, M. (2001). *Opciones para el manejo del picudo negro del plátano*. Hoja Técnica No. 36. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) 59, 1-4.
- Cayón S, G.; Belalcázar, S. & Lozada, J. (1998). *Ecofisiología del plátano (Musa ABB Simmonds)*. Armenia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). 236 p.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático. 94 p.
- Corpoica. (2015b). *Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para naranja (Chimichagua), plátano (Curumaní) y ganadería doble propósito (Valledupar)*. Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.
- Corpoica. (2015c). *Informe final de la parcela de Integración del Sistema productivo del plátano en el municipio de Curumaní, departamento del Cesar*.
- 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. 193 p.
- FAO. (2013). *Captación y aprovechamiento del agua de lluvia: experiencias en América Latina*. Series áridas y semiáridas N° 13. Oficina regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago, Chile. 235 p.
- Gutiérrez, I., Pérez, G., Banega, R., & Gómez, L. (2002). Coberturas vivas de leguminosas en el plátano (*Musa* sp.) FHIA 03. *Cultivos Tropicales*, 23(3), 11-17.



- Hollier, C. A. (2004) Integrated pest management. In: Trigiano, R. N.; Windham, M. T. & Windham, A. S. (Eds.). *Plant Pathology. Concepts, and laboratory exercises*. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo del plátano (Musa sp.). Medidas para la temporada invernal*. Produmedios. Bogotá.
- 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.
- Martínez, G. A. (1983). *Ecología del cultivo del plátano*. Memorias del Primer Seminario Internacional sobre el Plátano. Manizales, Colombia: Publicaciones de la Universidad de Caldas.
- Merchán, V. M. (2001). Manejo integrado de plagas del plátano y el banano. Memorias XV reunión. Asociación de Bananeros de Colombia, Augura. Cartagena, Colombia.
- Orozco, M., Orozco, J., Pérez, O., Manzo, G., Farías, J., & Da 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. *Res. Paper*, (45), 58.
- Repcar. (2009). *Identificación y manejo integrado de plagas en banano y plátano, en Magdalena y Urabá, Colombia*. Comunicaciones de Augura.
- Restrepo & Jiménez. (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>