



# Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.)

Municipio Mercaderes  
Departamento de Cauca



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
Fondo Adaptación  
Septiembre de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
Luis Fernando Gómez Gil	Investigador Ph. D. Facilitador regional
Diego Hernán Meneses Buitrago	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Housseman Steven Ramos Zambrano	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 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, quienes aportaron al proyecto a partir de sus conocimientos locales.

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Obonuco y Tibaitatá 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 .....	VII
ÍNDICE DE TABLAS .....	IX
INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS .....	2
El riesgo agroclimático para el sistema productivo .....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático .....	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio Mercaderes.....	4
Exposición del sistema productivo de caña panelera a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio Mercaderes .....	9
Zonas del municipio Mercaderes con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de cacao .....	18
Gestión de la información agroclimática - agro meteorológica.....	23
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio Mercaderes (Cauca) .....	25
Implementación de podas.....	27
Uso eficiente del recurso hídrico .....	28
Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo del cacao bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo .....	32
Sistemas agroforestales .....	33
Material vegetal de cacao adecuado .....	35
Prácticas con aplicación potencial bajo condiciones de exceso hídrico en el suelo .....	36
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca) .....	40
Determinación de los dominios de recomendación .....	40



Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo cacao en el municipio Mercaderes .....	41
Implementación de las opciones tecnológicas para los productores de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca) .....	43



## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes, departamento del Cauca. ....	3
<b>Figura 2.</b> Mapas de zonificación según variables biofísicas: subzonas hidrográficas (izq.) altitud (centro), paisajes (der) para el municipio Mercaderes, Cauca. ....	5
<b>Figura 3.</b> Precipitación en años extremos respecto al promedio en municipio Mercaderes.....	6
<b>Figura 4.</b> Aptitud de uso de suelos para cultivo de cacao en el.....	12
<b>Figura 5.</b> Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes, en condiciones de déficit hídrico, en el intervalo de tiempo Enero – Diciembre.....	17
<b>Figura 6.</b> Aptitud agroclimática del municipio Mercaderes (Cauca) ventana enero - julio en condiciones de déficit hídrico en el suelo para el cultivo de Cacao. ....	21
<b>Figura 7.</b> Aptitud agroclimática del municipio Mercaderes (Cauca) ventana agosto - diciembre en condiciones de déficit hídrico en el suelo para el cultivo de Cacao.....	22
<b>Figura 8.</b> Balance hídrico atmosférico diario, para el cultivo de cacao en la parcela de integración, para el municipio Mercaderes, Cauca. ....	26
<b>Figura 9.</b> Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca) en los meses de octubre 2015 a mayo de 2016. ....	27
<b>Figura 10.</b> Tipos de podas aplicadas en la parcela de integración, Vereda La Monja, Mercaderes (Cauca).....	28
<b>Figura 11.</b> Instalación del sistema de riego y dos tanques de soporte de 250 litros en la parcela de integración de cacao, vereda La Monja, Mercaderes (Cauca). ....	30
<b>Figura 12.</b> Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 1. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca. ....	44



<b>Figura 13.</b> Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca. ....	45
<b>Figura 14.</b> Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 3. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca. ....	47
<b>Figura 15.</b> Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de Cacao, Mercaderes-Cauca. ....	48
<b>Figura 16.</b> Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de Cacao, Mercaderes-Cauca. ....	49





## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio Mercaderes durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011 .....	8
<b>Tabla 2.</b> Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio Mercaderes durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.....	8
<b>Tabla 3.</b> Calendario fenológico de la fase reproductiva para el cultivo de cacao en condiciones de déficit hídrico, en el municipio Mercaderes (Cauca), para el primer semestre del año .....	13
<b>Tabla 4.</b> Calendario fenológico de la fase reproductiva para el cultivo de cacao en condiciones de déficit hídrico, en el municipio Mercaderes (Cauca), para el segundo semestre del año.....	13
<b>Tabla 5.</b> Índice de Productividad del Agua (IPA) aplicada por riego por goteo en el sistema productivo de cacao (Mercaderes, Cauca) .....	31
<b>Tabla 6.</b> Modelo de arreglo para la implementación de un arreglo agroforestal en un cultivo de cacao .....	35
<b>Tabla 7.</b> Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca) .....	42



## 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 tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre los sistemas productivos.

Bajo 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 para 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas, seleccionadas participativamente con productores 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 del Cauca fue priorizado el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio Mercaderes, en el departamento de Cauca.



## OBJETIVOS

### Objetivo general

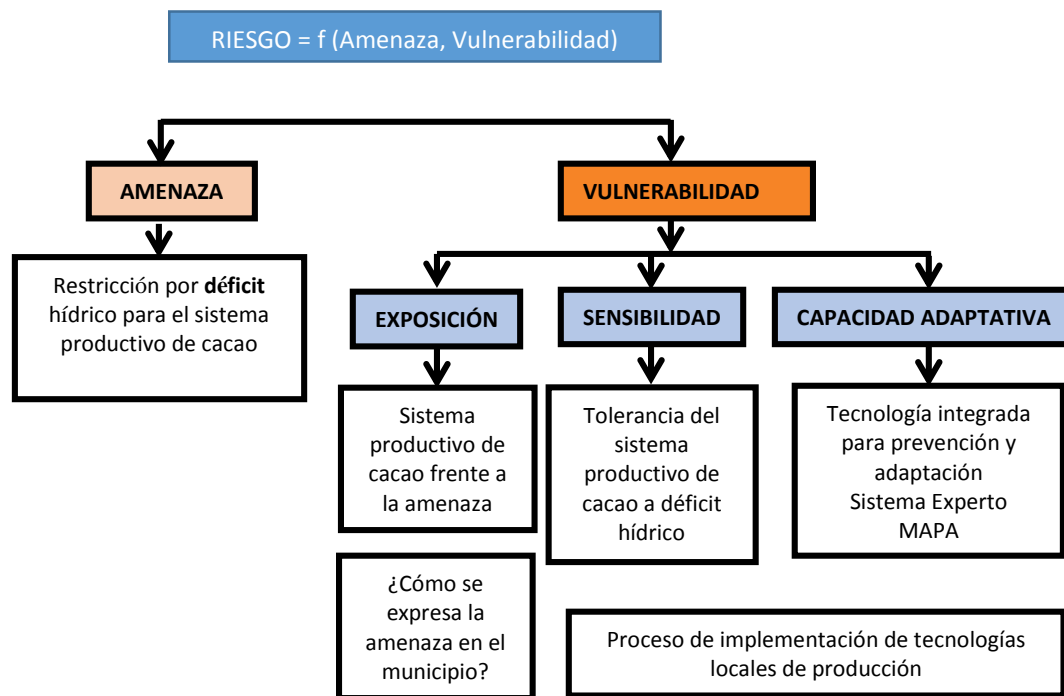
Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) frente al riesgo agroclimático en el municipio Mercaderes (Cauca), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

### Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio Mercaderes (Cauca) para la toma de decisiones en el sistema productivo de cacao en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio Mercaderes (Cauca).
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca).

## El 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 su 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 cacao frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas para la prevención y la adaptación que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo.



**Figura 1.** Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes, departamento del Cauca.

## Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático

**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 la ubicación geográfica, las variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y las variables 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, paisajes y altitud) y climáticas (estaciones meteorológicas, distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración ( $ET_0$ ), distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

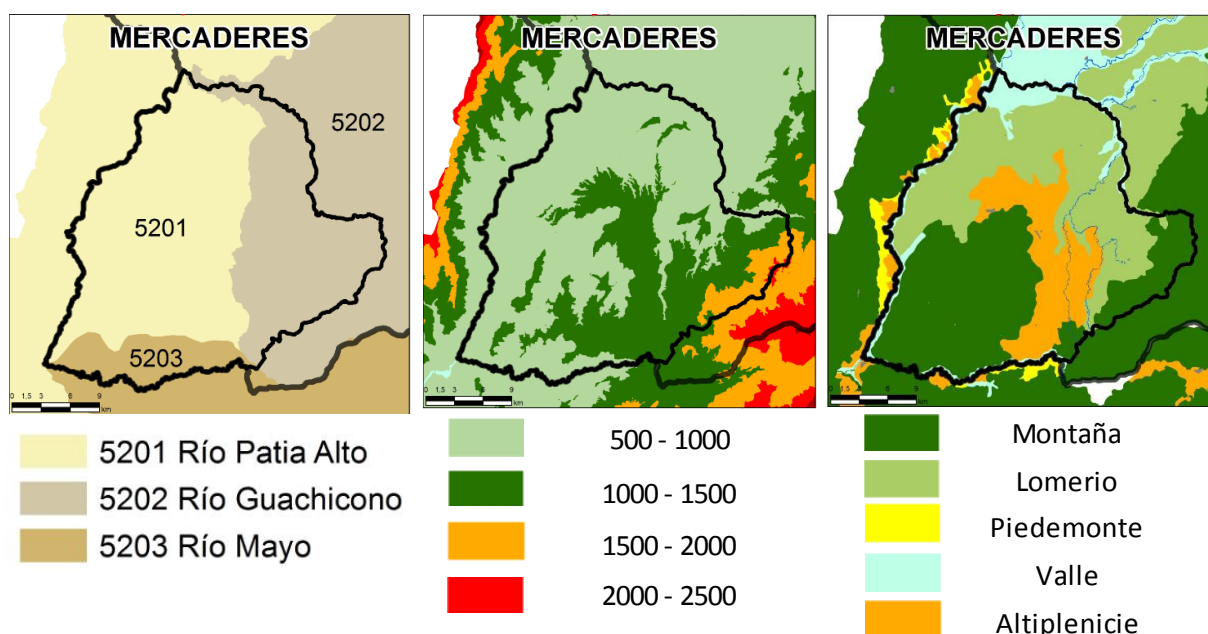
**Para mayor información sobre riesgo agroclimático a escalas departamental y municipal, consulte el Sistema Experto (SE) – MAPA**

### Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio Mercaderes

Inicialmente se deben identificar aquellos aspectos biofísicos que hacen que algunas zonas o sectores del municipio sean más susceptibles a amenazas climáticas. La altitud y el paisaje determinan la susceptibilidad del territorio a eventos de inundación, sequías extremas o temperaturas altas y bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El municipio Mercaderes se asienta sobre las subcuencas de los ríos Guachicón, Patía Alto y río Mayo. La diversidad de rangos altitudinales tiene como consecuencia diferentes riesgos agroclimáticos para el municipio, así: al oeste y al norte del municipio, se encuentran alturas entre los 500 y 1 000 metros sobre el nivel del mar (m s. n. m.); en la zona central y en la zona sur del municipio, alturas entre los 1 000 y 15 000 m s. n. m.; y, hacia el sureste, alturas entre 1 500 y 2 000 m s. n. m.; hacia el norte del municipio, se encuentran paisajes de valle; hacia el oeste y este del municipio, predominan los paisajes de lomeríos; hacia el

centro y sur del municipio, predominan los paisajes de altiplanicie; y, hacia el suroeste y sureste del municipio, predominan los paisajes montañosos. En las zonas donde se encuentra la relación de paisajes de montañas y lomeríos, la dinámica de aguas por escorrentía puede aumentar la susceptibilidad territorial a inundaciones y encharcamientos bajo escenarios de excesos de lluvias (figura 2) (Corpoica, 2015a).

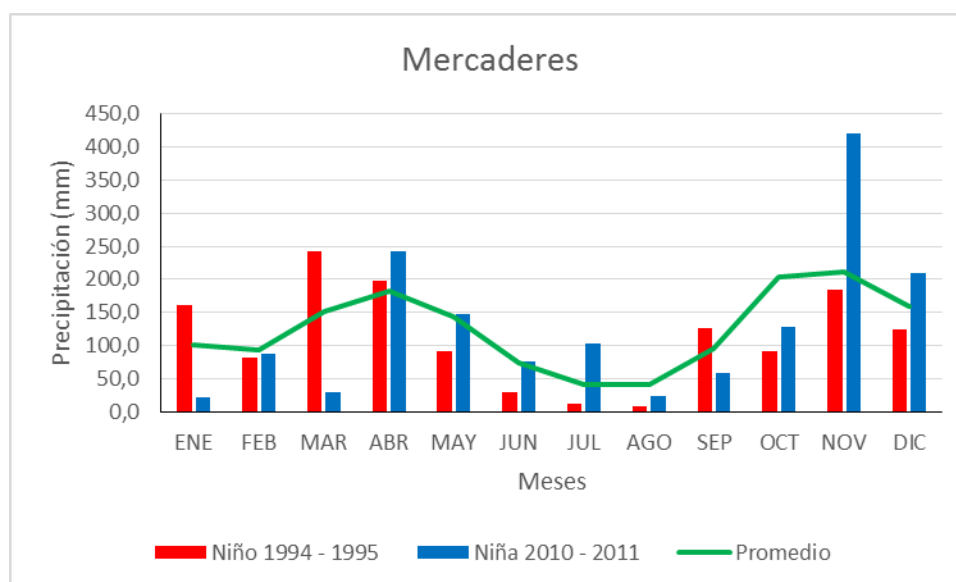


**Figura 2.** Mapas de zonificación según variables biofísicas: subzonas hidrográficas (izq.) altitud (centro), paisajes (der) para el municipio Mercaderes, Cauca.  
Fuente: Corpoica (2015a).

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, de acuerdo a la dinámica histórica las variables climáticas pueden alterarse cuando se presenten eventos asociados a variabilidad climática. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio Mercaderes (Cauca), se destacan:

**Precipitación:** la figura 3 muestra la dinámica de precipitación para el municipio Mercaderes. 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 (1994 - 1995) y La Niña (2010 - 2011), respectivamente (Corpoica, 2015a).

Se observa que, durante eventos asociados a El Niño, ocurre una disminución de las precipitaciones; marcada principalmente durante los meses de junio a agosto, intensificando la temporada seca que se espera durante estos meses en el municipio. La duración e intensidad de los eventos El Niño y La Niña cambia para cada evento, así como las alteraciones climáticas asociadas con estos eventos en cada región.



**Figura 3.** Precipitación en años extremos respecto al promedio en municipio Mercaderes.  
Fuente: Corpoica (2015a).

En general, en el municipio Mercaderes se observa la recurrencia de las anomalías negativas (disminución) durante El Niño, y positivas (aumento) durante La Niña, presentando ciertas particularidades en la magnitud de dichas anomalías y temporadas del evento.



**Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés) y anomalías climáticas en eventos de El Niño o La Niña:** permite determinar la intensidad y duración de un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios, se debe revisar:

1. El valor de la anomalía en porcentaje: indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
2. El valor del Índice Oceánico El Niño<sup>1</sup> (ONI): 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. Éste 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).**

Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos asociados a ENSO en los últimos 32 años, en el municipio Mercaderes; lo anterior es útil cuando se presenta una alerta temprana de ocurrencia de este fenómeno.

En la tabla 1 se observa que en el municipio, durante escenarios El Niño, históricamente, las precipitaciones se redujeron en promedio entre 2 % y 35 %, presentando valores ONI entre 0,9 y 2,5. El fenómeno de mayor intensidad se presentó durante el periodo comprendido entre mayo de 1994 y marzo de 1995, con un valor máximo del ONI de 1,3 y una disminución de lluvias hasta de un 35 % con respecto al promedio multianual.

---

<sup>1</sup> 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://bit.ly/29LNC2H> que permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.



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

PERIODO	INICIO	MAY 1982	AGO 1986	MAY 1991	MAY 1994	MAY 1997	MAY 2002	JUN 2004	AGO 2006	JUL 2009
	FIN	JUN 1983	FEB 1988	JUN 1992	MAR 1995	MAY 1998	MAR 2003	FEB 2005	ENE 2007	ABRI 2010
DURACIÓN (meses)		14	19	15	11	13	11	9	6	11
MAX. ONI		2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
ANOMALÍA		13 %	-9 %	-21 %	-35 %	-29 %	-20 %	7 %	-2 %	-26 %

Fuente: Corpoica (2015a).

En la tabla 2 se presenta el registro de los valores ONI, la duración y el porcentaje de la anomalía para eventos La Niña en el municipio Mercaderes. Se observa que durante este evento las lluvias pueden aumentar entre 11 % hasta 44 % con respecto al promedio multianual del municipio, con valores ONI entre -0,7 y -1,9. Cabe destacar que el fenómeno ocurrido en el periodo entre octubre de 2000 y febrero de 2001, donde la precipitación se redujo un 34 %, con respecto al promedio multianual del municipio. Este fenómeno ocurre debido a que existen otros factores, adicionales al ONI, que pueden regular el clima en una región determinada.

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

PERIODO	INICIO	OCT 1984	MAY 1988	SEP 1995	JUL 1998	OCT 2000	SEP 2007	JUL 2010
	FIN	SEP 1995	MAY 1989	MAR 1996	JUN 2000	FEB 2001	MAY 2008	ABR 2011
DURACIÓN (meses)		12	13	7	24	5	9	10
MÍN. ONI		-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
ANOMALÍA		-9 %	11 %	15 %	29 %	-34 %	35 %	44 %

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**. Particularmente, el municipio Mercaderes se localiza en la denominada “fosa del Patía”, lo que ocasiona que gran parte de la humedad proveniente del Pacífico y la Amazonía quede en las montañas que rodean esta zona.

**Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas:** con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico bajo eventos La Niña, la susceptibilidad a déficit hídrico bajo eventos El Niño, la susceptibilidad biofísica a inundación, las áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) o contracción de cuerpos de agua en eventos de sequía.

**Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el sistema experto SE-MAPA**

### **Exposición del sistema productivo de caña panelera a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio Mercaderes**

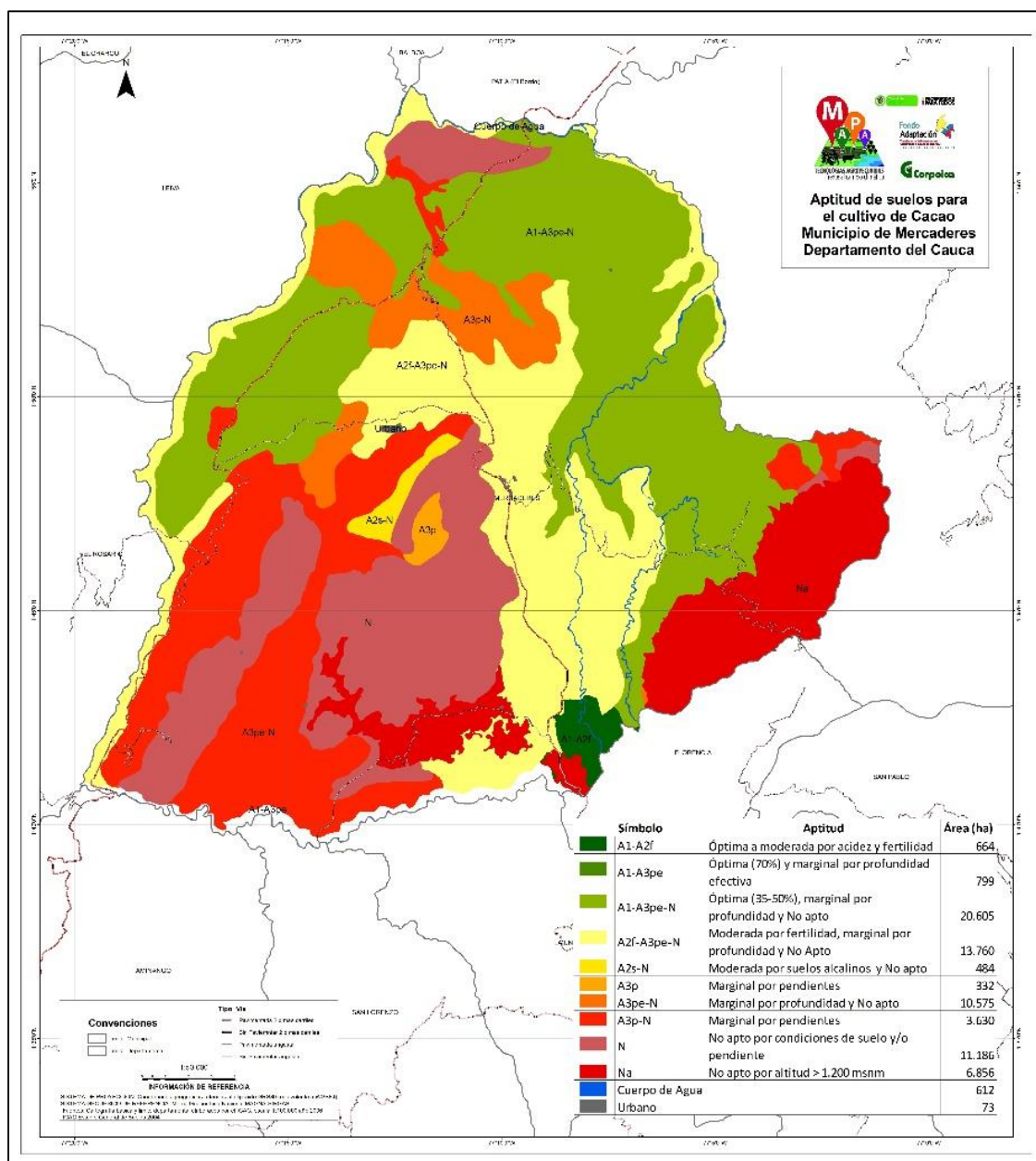
Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por el suelo y por la variabilidad de las condiciones climáticas. Esta exposición del cultivo varía en el tiempo y de acuerdo a su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición se deben identificar:

**Las limitantes para el cultivo en el municipio,** en el mapa de aptitud de suelos para el sistema productivo (1:100.000). Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad para permitir el establecimiento del sistema productivo (propiedades químicas), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, textura) (figura 4).

**Para tener en cuenta:** los suelos del municipio Mercaderes que presentan:

- Aptitud óptima a moderada por acidez y fertilidad para el sistema productivo de cacao corresponden a un 0,95 % del área total del municipio, y se encuentran distribuidos en una pequeña área hacia el sureste que representan (664 ha),
- El 1,14 % (799 ha) presentan una aptitud de suelos óptima asociada a suelos con aptitud marginal por profundidad efectiva;

- El 29,6 % (20.605 ha) presenta una aptitud de suelos óptima asociada a suelos con aptitud marginal por profundidad y no aptos;
- El 19,8 % (13.760 ha) presentan una aptitud de suelos moderada por fertilidad, marginal por profundidad y no apto;
- El 0,7 % (484 ha) presenta una aptitud de suelos moderada por suelos alcalinos y no apta;
- El 0,5 % (332 ha) presentan una aptitud de suelos marginal por pendientes del municipio;
- El 15,2 % (10.575 ha) presentan una aptitud de suelos marginal por profundidad y no apto;
- El 5,2 % (3.630 ha) presentan una aptitud de suelos marginal por pendientes;
- El 16,1 % (11.186 ha) presentan una aptitud de suelos no apta por condiciones de suelos y pendiente;
- El 9,8 % (6.856 ha) presentan una aptitud de suelos no aptos por altitud > 1.200 m s. N. M.
- El 0,9 % (612 ha) y el 0,1 % (73 ha) son cuerpos de agua y suelos de uso urbano respectivamente.



Símbolo	Aptitud	Área (ha)
A1-A2f	Óptima a moderada por acidez y fertilidad	664
A1-A3pe	Óptima (70%) y marginal por profundidad efectiva	799
A1-A3pe-N	Óptima (35-50%), marginal por profundidad y No apto	20.605
A2f-A3pe-N	Moderada por fertilidad, marginal por profundidad y No Apto	13.760
A2s-N	Moderada por suelos alcalinos y No apto	484
A3p	Marginal por pendientes	332
A3pe-N	Marginal por profundidad y No apto	10.575
A3p-N	Marginal por pendientes	3.630
N	No apto por condiciones de suelo y/o pendiente	11.186
Na	No apto por altitud > 1.200 msnm	6.856
Cuerpo de Agua		612
Urbano		73

**Figura 4.** Aptitud de uso de suelos para cultivo de cacao en el municipio Mercaderes, Cauca.  
Fuente: Corpoica (2015b).

**La probabilidad de déficit hídrico para el cultivo:** en los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5), de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica (tablas 3 y 4). Según la categorización del índice de Palmer (Palmer, 1965), para el sistema productivo de cacao, bajo una condición de déficit hídrico (categorías PDSI con valores <-3,0), se encontraron áreas con probabilidad baja o muy baja (tonos verdes), media (tonos amarillos), alta (tonos naranja) o muy alta (tonos rojos). El déficit de agua en el suelo tiene mayor impacto en ciertas etapas de desarrollo de los cultivos; así mismo, se expresan en mayor grado en partes específicas del territorio; por lo tanto, es importante saber en qué época y en qué sectores del municipio es más probable que una condición restrictiva ocurra.

Bajo condiciones de déficit de agua en el suelo, se presentan retrasos en la formación de botones florales y por consiguiente en la floración. Esto ocasiona cambios en la estacionalidad de las floraciones lo que modifica las épocas de formación y llenado de fruto y las épocas modales de cosecha en el municipio. En una época de exceso hídrico la duración de las épocas de cosecha es considerablemente menor en comparación con una época normal o en donde no hay limitaciones por exceso o deficiencias de agua.

**Tabla 3.** Calendario fenológico de la fase reproductiva para el cultivo de cacao en condiciones de déficit hídrico, en el municipio Mercaderes (Cauca), para el primer semestre del año

Etapas fenológicas	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Botón floral																								
Floración																								
Desarrollo y formación del fruto																								
Maduración - cosecha																								
Picos de cosecha																								

Fuente: Corpoica (2015a).

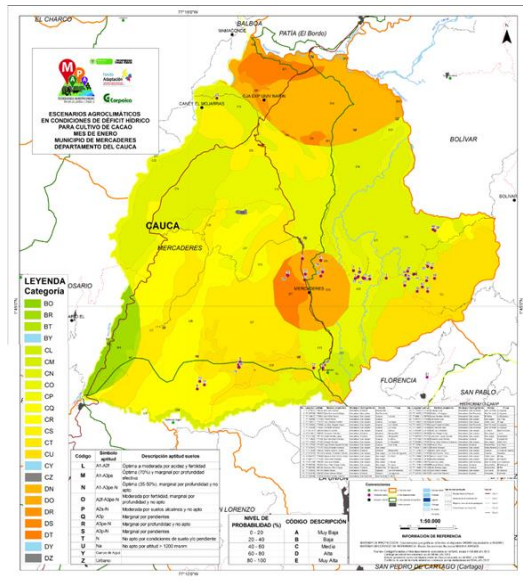
**Tabla 4.** Calendario fenológico de la fase reproductiva para el cultivo de cacao en condiciones de déficit hídrico, en el municipio Mercaderes (Cauca), para el segundo semestre del año

Etapas fenológicas	Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Botón floral																								
Floración																								
Desarrollo y formación del fruto																								
Maduración - cosecha																								
Picos de cosecha																								

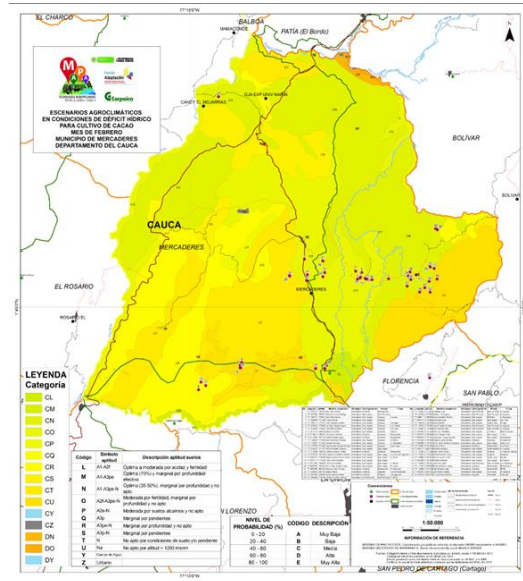
Fuente: Corpoica (2015a).



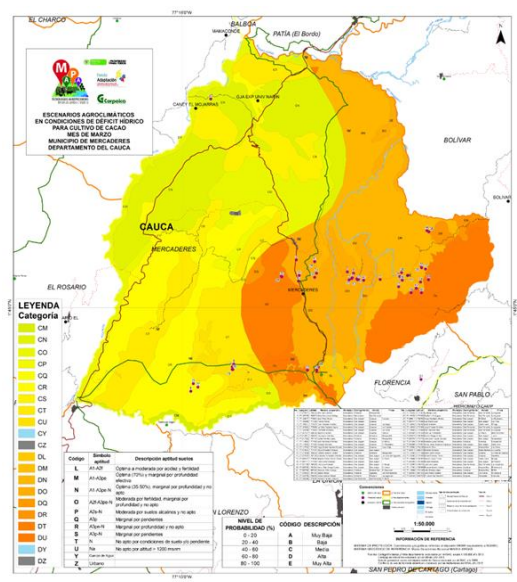
**Enero**



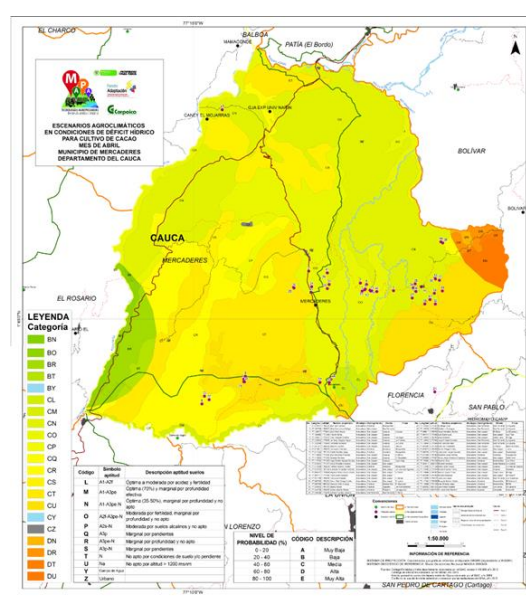
**Febrero**



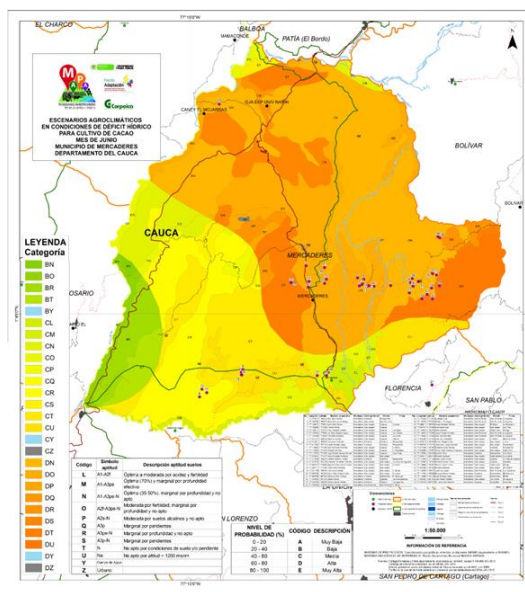
**Marzo**



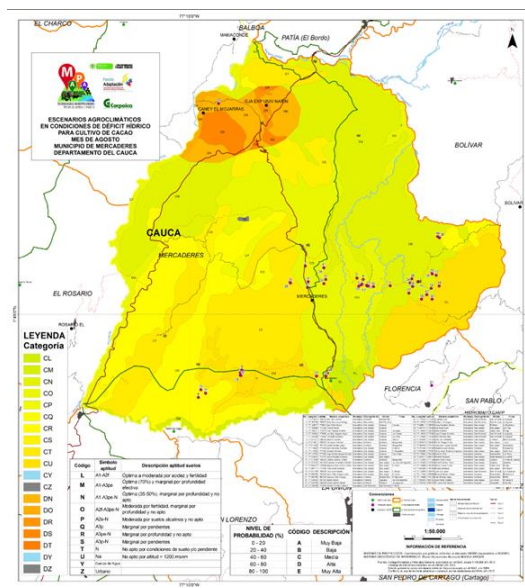
**Abril**



## Junio

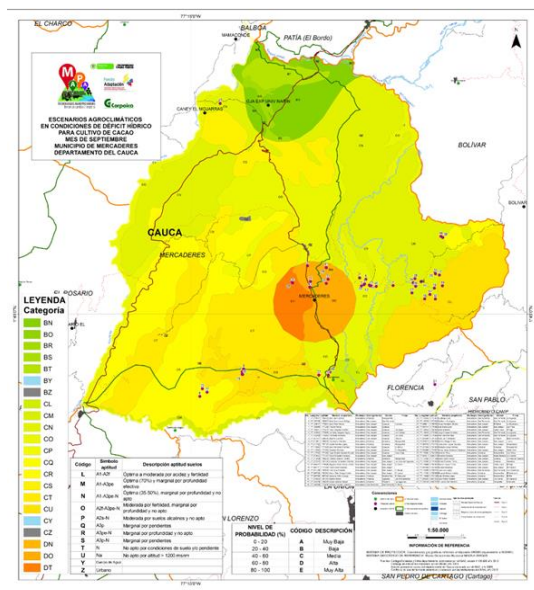


## Agosto

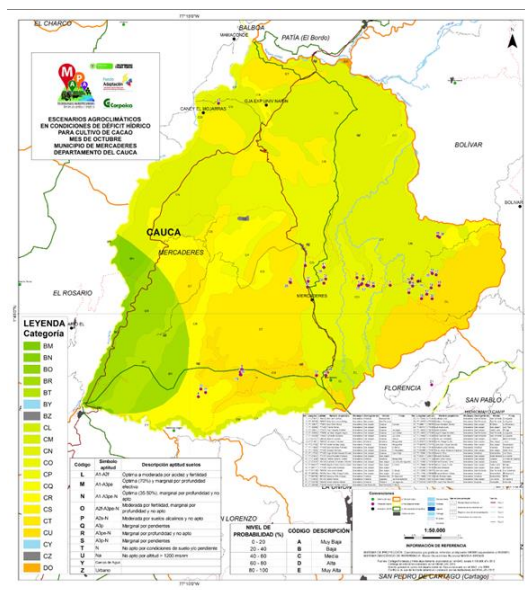




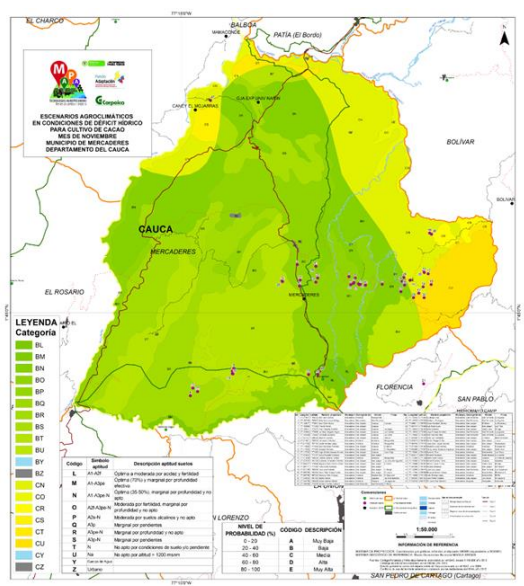
## Septiembre



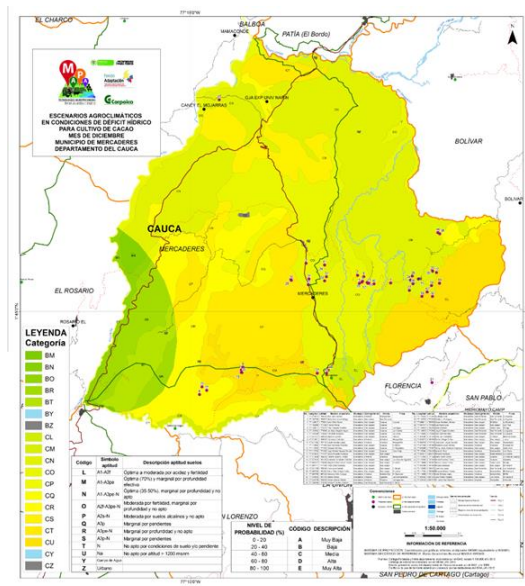
## Octubre

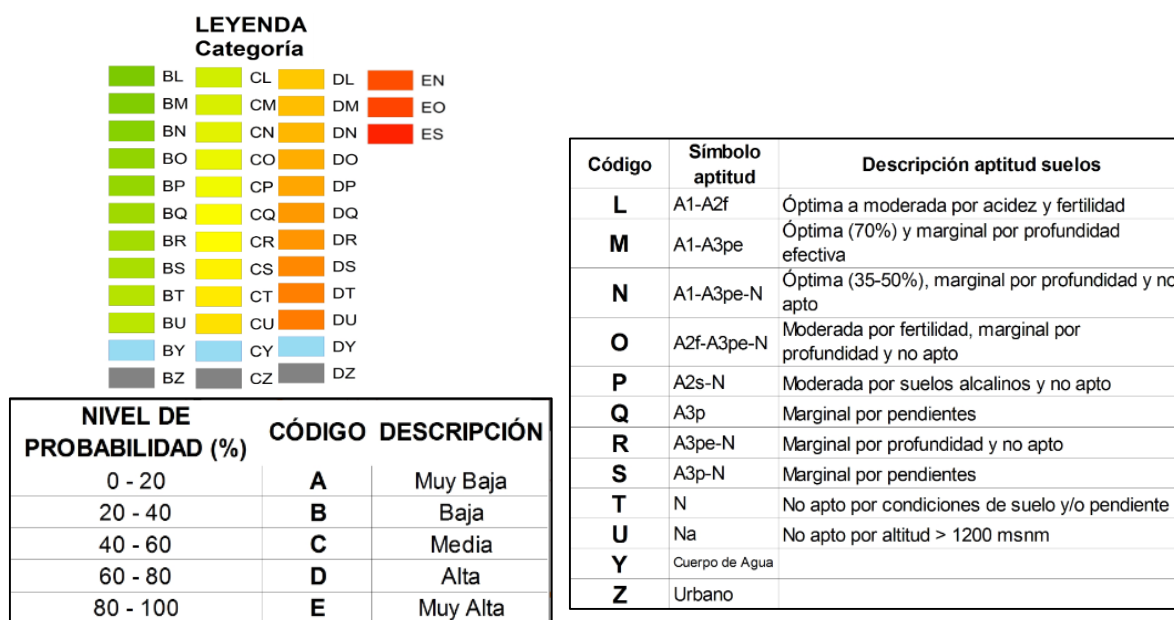


## Noviembre



## Diciembre





**Figura 5.** Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes, en condiciones de déficit hídrico, en el intervalo de tiempo Enero – Diciembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

**Para tener en cuenta:** la probabilidad de déficit hídrico en el suelo está en el rango de 40 % a 80 %. Durante los 12 meses se observa una buena parte del área del municipio con predominio de probabilidades entre 60 % y 80 %, siendo más crítico el primer semestre. Esto indica que el municipio es altamente susceptible a déficit de agua en el suelo para el cultivo de cacao.

Durante el primer semestre hay una mayor área expuesta del municipio a eventos de déficit hídrico (tonos naranja, 60 % – 80 %) en el suelo que abarcan principalmente los corregimientos Mojarra, Cajamarca, San Joaquín, Mercaderes, La Esmeralda y Arboleda. Esto supone una mayor exposición del cultivo a estas condiciones y una mayor probabilidad de efectos negativos sobre la primera temporada de floración, fructificación y primer pico de cosecha. Las áreas de más baja probabilidad (tonos verdes, < 40 %) se ubican al sur del municipio en el corregimiento San Juanito y sur occidente del corregimiento Arboleda.

Durante el segundo semestre, pese a que predomina la probabilidad media (tonos amarillos, 40 % – 60 %), se observan probabilidades entre 60 % y 100 % de ocurrencia de déficit hídrico (tonos naranja y rojos) principalmente en el mes de julio.

Los mapas de **escenarios agroclimáticos mensuales** indican las áreas con menor y mayor probabilidad de presentar 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 a los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia

### **Zonas del municipio Mercaderes con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de cacao**

Resulta oportuno analizar los mapas de aptitud agroclimática del municipio Mercaderes, para el sistema productivo de cacao, en dos ventanas de análisis: la primera entre los meses de enero y julio (figura 6); y la segunda entre los meses de agosto y diciembre (figura 7). Estos mapas agrupan la exposición mensual a déficit hídrico para el sistema productivo de cacao y la aptitud de los suelos en el municipio.

Teniendo en cuenta la matriz de calificación de la aptitud agroclimática del municipio Mercaderes bajo condiciones de humedad en el suelo restrictiva por déficit hídrico para el cultivo de Cacao, se identificaron las siguientes categorías:

**Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y conservación de suelos:** hay una media probabilidad (< 60 %) de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el cultivo (PDSI > 2) en la ventana de análisis. Estas áreas son recomendables para el cultivo de cacao, desde el punto de vista biofísico, si se aplican prácticas de corrección de pH frecuentes que mejoren su aptitud a mediano y largo plazo, se implementen estrategias para el establecimiento de cultivos en pendiente y en suelos poco profundos. En estas áreas se podría requerir una menor inversión en gestión del agua.

**Ventana enero - julio:** para esta ventana de análisis, el nicho productivo se encuentra en 1,2 % (aproximadamente 810,18 ha) del área total del municipio (69.577,30 ha), (figura 6).

**Ventana agosto - diciembre:** para esta ventana de análisis, el nicho productivo se encuentra en 2 % (aproximadamente 1.398,23 ha) del área total del municipio (69.577,30 ha) (figura 7).

**Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a deficiencias hídricas:** en estas áreas, la probabilidad de déficit hídrico en el suelo para el cultivo es > 60 % en los meses marzo, mayo, junio y julio; meses de primera temporada de floración, desarrollo y formación de frutos.

En estas áreas hay una mayor amenaza de pérdida de rendimientos debido a que las altas probabilidades de deficiencias hídricas podrían ocasionar un estrés severo que, adicional a la acción de plagas asociadas a deficiencias de agua, comprometen la supervivencia del cultivo.

Bajo condiciones de deficiencias hídricas extremas en el suelo, el uso de estas áreas debe restringirse debido a la mayor probabilidad de efectos negativos sobre sanidad, fisiología y productividad del cultivo. Sin embargo, estas limitantes para el cultivo de cacao podrían mitigarse mediante inversiones en infraestructura de riego, mejora genética (buscando genotipos más tolerantes al déficit y a la presión de plagas) y diseño de planes de manejo integrado de plagas a nivel local.

**Ventana enero-julio:** área que ocupa el 0,9 % (aproximadamente 649,08 ha) del área total del municipio (69.577 ha), (figura 6).

**Ventana agosto-diciembre:** área que ocupa el 0,9 % (aproximadamente 649,08 ha) del área total del municipio, (figura 7).

**Áreas condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico:** pese a que son suelos que presentan limitaciones moderadas por acidez, pendiente y profundidad, la probabilidad de déficit hídrico en el suelo para el cultivo es > 60 % en los meses marzo, mayo, junio y julio meses de primera temporada de floración y desarrollo y formación de frutos.

**Ventana enero- Julio:** área que ocupa el 50,1 % (aproximadamente 34.842 ha) del área total del municipio (figura 6).



**Ventana agosto-diciembre:** área que ocupa el 49,3 % (aproximadamente 34.271,72 ha) del área total del municipio (figura 7).

**Áreas con suelos no aptos:** estas áreas presentan suelos no aptos para el cacao por pendientes, suelos muy superficiales limitados por contacto lítico o fragmentos de rocas y en algunos casos afloramientos rocosos o por altitudes superiores a las adecuadas para este cultivo.

**Ventana enero-julio:** área que ocupa el 4,2 % (aproximadamente 2.891,03 ha) del área total del municipio (figura 6).

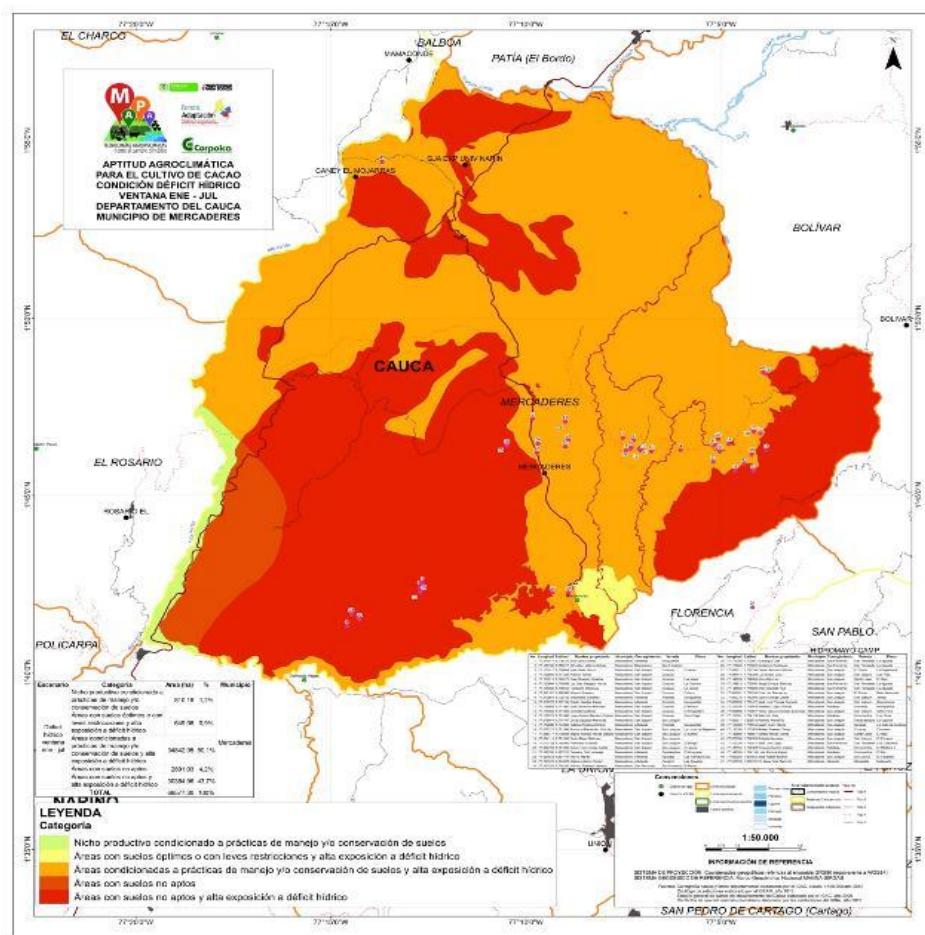
**Ventana agosto-diciembre:** área que ocupa el 9,7 % (aproximadamente 6.757,45 ha) del área total del municipio (figura 7).

**Área con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico:** son áreas no recomendadas para cacao, debido a que presentan altas probabilidades de déficit hídrico (> 60 %) en todo el ciclo productivo del cultivo, además de suelos no aptos para pendientes, suelos muy superficiales limitados por contacto lítico o fragmentos de rocas y en algunos casos afloramientos rocosos o por altitudes superiores a las adecuadas para este cultivo.

**Ventana enero - julio:** área que ocupa el 43,7 % (aproximadamente 30.384,96 ha) del área total del municipio (figura 6).

**Ventana agosto-diciembre:** área que ocupa el 38,1 % (aproximadamente 26.500,81 ha) del área total del municipio (figura 7).

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca), consulte el Sistema Experto (SE)-MAPA

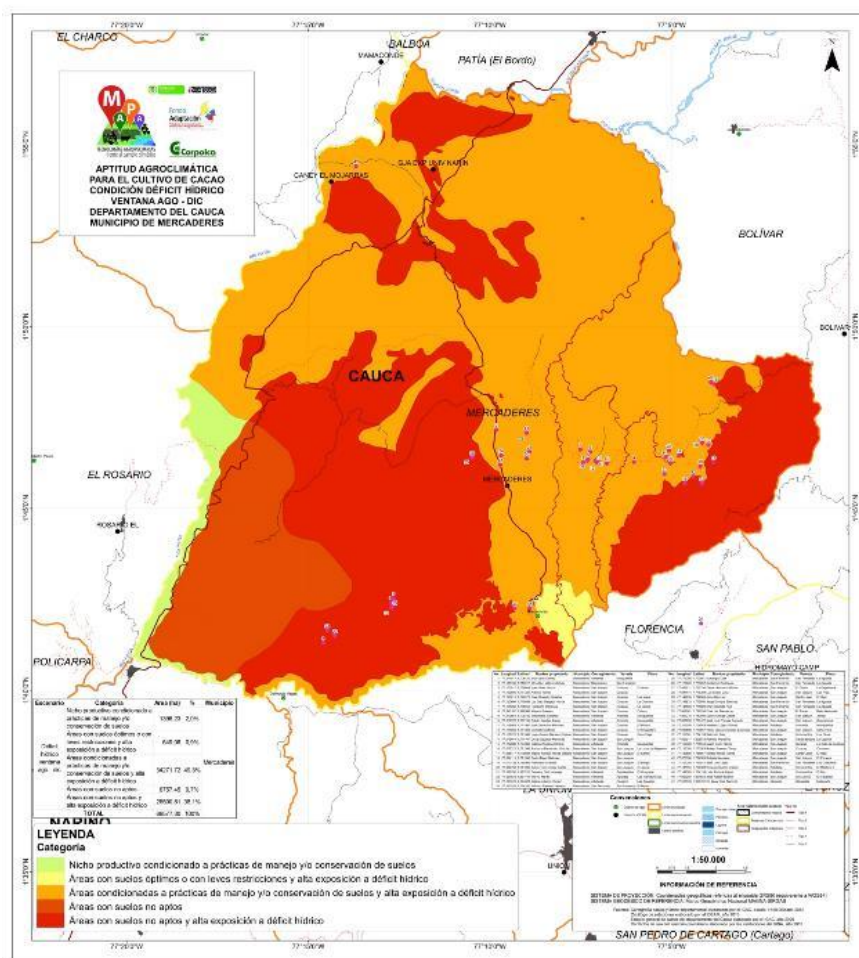


## LEYENDA Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico
- Áreas condicionadas 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.** Aptitud agroclimática del municipio Mercaderes (Cauca) ventana enero - julio en condiciones de déficit hídrico en el suelo para el cultivo de Cacao.

Fuente: Corpoica (2015b)



## LEYENDA Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico
- Áreas condicionadas 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 7.** Aptitud agroclimática del municipio Mercaderes (Cauca) ventana agosto - diciembre en condiciones de déficit hídrico en el suelo para el cultivo de Cacao.

Fuente: Corpoica (2015b)

## Gestión de la información agroclimática - agro meteorológica

**Información agroclimática:** la información climática puede emplearse para la toma de decisiones en la planificación agropecuaria, para identificar 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:** la información meteorológica 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 (tiempo meteorológico): tomados mediante 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, monitoreo, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al cultivo, tales como excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos.
- Distribución temporal y de cultivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra, 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 serán analizadas durante el ciclo del





sistema productivo y principalmente en etapas fenológicas críticas y se relacionarán con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos<sup>2</sup>.

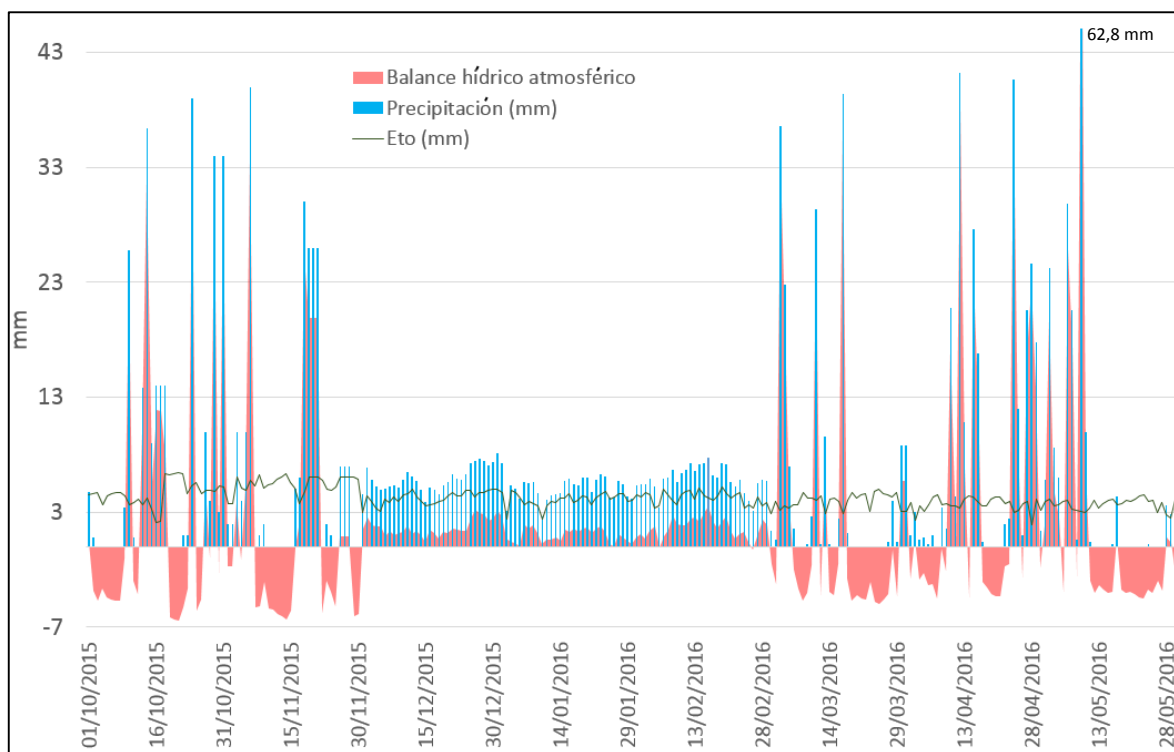
---

<sup>2</sup> En la Cartilla *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* (<http://bit.ly/29P68Zg>) podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo.

## **Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio Mercaderes (Cauca)**

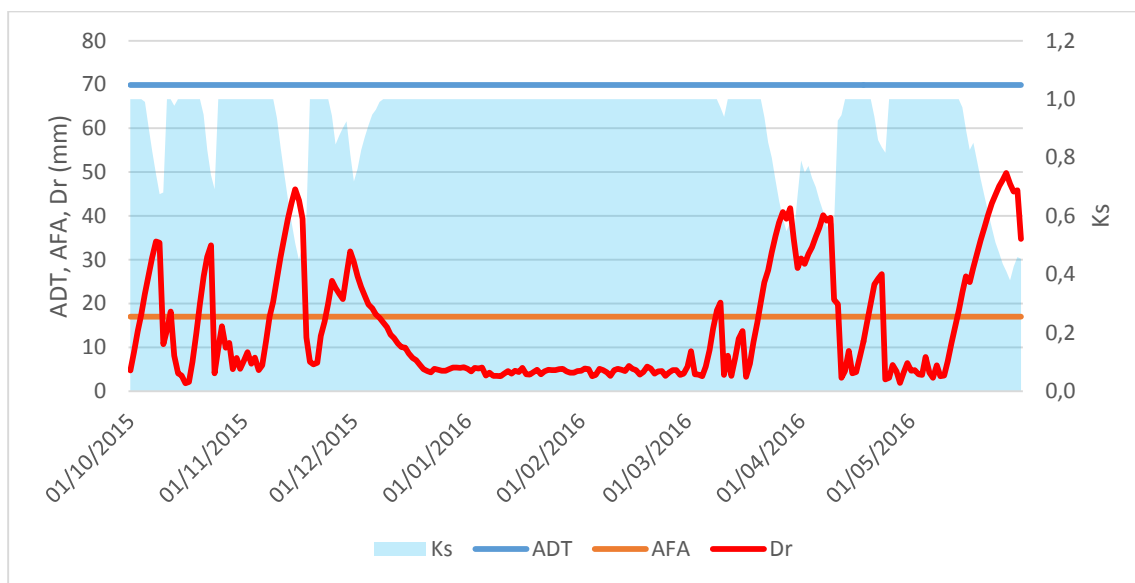
En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para mitigar los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes, Cauca. Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de octubre de 2015 y mayo de 2016. La figura 8, relaciona el balance hídrico atmosférico para la parcela de integración en el periodo comprendido entre el 01 de octubre de 2015 y el 31 de mayo de 2016, donde se reportan valores bajos de precipitación (PPT) comparados con los valores altos de evapotranspiración [ $ET_0$ ], ocasionando un balance hídrico atmosférico negativo para los primeros días de octubre hasta el 15 de octubre de 2015 (Ppt: 49,4 mm y Eto: 55,3 mm).

La evapotranspiración total acumulada para Mercaderes fue de 1033 mm y la precipitación acumulada fue de 1615,9 mm, con lo cual se obtuvo un balance hídrico acumulado positivo de 582 mm, el cual no es suficiente para suplir los requerimientos hídricos del cultivo, razón por la cual el sistema de riego por goteo es relevante para compensar la deficiencia hídrica en el sistema productivo. De acuerdo con Avendaño et al., (2011), el factor ecológico que más influye en la floración del cacao es la precipitación; el riego en las áreas de baja precipitación es una práctica que generalmente puede aumentar la producción teniendo en cuenta que el mínimo anual de precipitación requerida o necesaria para un buen desarrollo fisiológico que se sitúa alrededor de los 1200 mm, siendo preferible una media superior a 1500 mm.



**Figura 8.** Balance hídrico atmosférico diario, para el cultivo de cacao en la parcela de integración, para el municipio Mercaderes, Cauca.

La figura 9 presenta el balance hídrico agrícola del sistema productivo de cacao, que describe la dinámica del agua en el suelo durante el periodo de evaluación de la parcela de integración. Se observa que el agua que se extrae del suelo, denominada lámina de agotamiento en la zona de raíces ( $D_r$ ), fue mayor que el agua disponible para las plantas, o agua fácilmente aprovechable (AFA) durante el periodo comprendido entre octubre y diciembre de 2015, y marzo, abril y a partir de la segunda mitad de mayo del 2016. Esta dinámica indica que durante estos periodos se presentaron condiciones de déficit hídrico agrícola para el sistema productivo de cacao. La condición de déficit hídrico también se refleja en el coeficiente de estrés hídrico ( $K_s$ ), en el cual el valor 1 indica condiciones óptimas de humedad, mientras que valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.



**Figura 9.** Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca) en los meses de octubre 2015 a mayo de 2016.

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de cacao en Mercaderes (Cauca).

### Implementación de podas

El propósito es renovar y reorientar la arquitectura foliar para aumentar el aprovechamiento de la luz y mejorar las condiciones productivas del árbol.

En la parcela de integración se llevó acabo la aplicación de los dos niveles de poda (suave y fuerte) a los árboles en cada una de las unidades experimentales.

- **Poda fuerte:** en esta práctica se reduce la altura de los arboles a aproximadamente dos metros, se realiza un despunte de ramas laterales para mantener el espacio adecuado de cada árbol disminuyendo la competencia por luz y facilitando la realización de las diferentes prácticas culturales dentro del cultivo. Se eliminan las ramas internas que impedían el paso de luz a la copa, ramas improductivas y ramas

que presentaban problemas fitosanitarios. Se deja presentes solo las ramas primarias y secundarias con capacidad de soportar la producción.

- Para el caso de la **poda suave**, se realiza el mismo procedimiento que para la poda fuerte, pero con la diferencia que en ésta se deja las estructuras internas del árbol como ramas, hojas y plumillas.



**Figura 10.** Tipos de podas aplicadas en la parcela de integración, Vereda La Monja, Mercaderes (Cauca).

### Uso eficiente del recurso hídrico

La implementación de un sistema de riego por goteo permite usar eficientemente el agua de acuerdo al requerimiento de las plantas de cacao y de las condiciones climáticas de la zona, aplicando el volumen de agua en los momentos y frecuencias requeridas, mejorando de esta forma la adaptación del sistema productivo a condiciones de déficit de humedad en el suelo, y optimizando el uso del recurso hídrico.

El sistema de riego tiene dos componentes: el agronómico, en el que se determina la cantidad de agua requerida por el sistema productivo teniendo en cuenta la edad y la fase fenológica del cultivo. Adicionalmente, se utiliza el balance entre precipitación y evapotranspiración [ $E_t$ ], el cual, se puede calcular con el software *E<sub>t0</sub> – calculator* de la

FAO<sup>3</sup>, empleando, para el caso de una plantación de cacao en edad productiva, un coeficiente de cultivo (Kc) de 1,05, y las variables meteorológicas que se hayan presentado en la zona de establecimiento del sistema productivo.

El segundo componente del sistema de riego es el diseño hidráulico; en el cual se determinan los elementos necesarios para suministrar el agua a las plantas de cultivo. En la parcela de integración, se tomó como fuente de agua la quebrada El Naranjo; la cual es de tipo torrencial. La toma se realizó directamente, ubicando un filtro para evitar el taponamiento. Para el transporte del agua se utilizó una tubería de conducción de 2", con una longitud de 350 m. En el lote se hizo distribución con tubería de 1 ½", y con laterales de 16 mm con sus respectivas llaves para control de caudal. Se ubicó una doble línea de goteo a con cuatro goteros autocompensantes para cada árbol.

Se establece un tiempo de riego de tres horas, teniendo en cuenta que los goteros autocompensantes arrojan un caudal de 4 l/hora y cada árbol de la parcela con riego contó con cuatro goteros, aplicando 16 l/hora en cada árbol; por lo cual, para una hectárea, con una densidad de siembra aproximada de 1.100 plantas, el consumo diario sería de 53 300 litros aproximadamente.

---

<sup>3</sup> El software puede ser descargado desde la página oficial de la FAO:  
<http://www.fao.org/nr/water/eto.html>





**Figura 11.** Instalación del sistema de riego y dos tanques de soporte de 250 litros en la parcela de integración de cacao, vereda La Monja, Mercaderes (Cauca).

### Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Las ventajas comparativas se presentan bajo una condición restrictiva de humedad en suelo, validada en un área condicionada a prácticas de manejo y conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico, por lo cual se debe tomar como un marco de referencia.

Lo resultados se presentan considerando la integración de las opciones tecnológicas de la siguiente manera:

- T1. Riego por goteo + Poda fuerte**
- T2. Riego por goteo + Poda suave**
- T3. Sin riego + poda fuerte**
- T4. Sin riego + poda suave**

Se observó una mayor producción de mazorcas en aquellos tratamientos en los cuales se implementó el riego por goteo independiente del nivel de poda utilizado, lo que concuerda con lo expresado por Parra (1988), quien menciona la gran importancia del agua para el cacao y que, con la inclusión del riego por goteo, se puede aumentar la producción, adelantar cosechas y obtener una mejor calidad de los frutos, debido a que se suplen las necesidades de la planta de forma permanente.

El tratamiento con riego por goteo y poda suave (T2) presentó la mayor producción promedio de mazorcas (43 mazorcas), frente a los otros tratamientos. Este comportamiento se debe a que los árboles a los cuales se les aplicó una poda fuerte requieren formar nuevamente ramas secundarias y terciarias. Igualmente, en la eliminación de ramas que se realiza en la poda fuerte se pueden llegar a perder cojines florales que eventualmente se transformarían en frutos formados. Sin embargo, los tratamientos con la opción tecnológica “poda suave” presentaron mayor incidencia de enfermedades como monilia (24 %) y phytophthora (8 %), independiente del sistema de riego; lo cual concuerda con lo descrito por Rodríguez (citado por Vera, 2008), quien menciona que en plantaciones en las cuales no se han realizado prácticas de poda, los árboles han desarrollado copas compactas con dos o más estratos, cerrando completamente el follaje y evitando la ventilación; por lo cual, se genera un microclima en el cual se presenta una mayor incidencia de problemas fitosanitarios.

Se observó una mayor producción de grano húmedo y seco en aquellos árboles en los que se implementó el riego por goteo, obteniendo los mejores resultados en el tratamiento que combina el riego por goteo y la poda suave. Según Parra (1988), el sistema de riego en cacao arroja buenos resultados en cuanto a precocidad, crecimiento y aumento de los rendimientos, alcanzando producciones por hectárea 1000 kg/almendra seca por año.

Se observó que a los árboles que se les aplicó poda suave presentaron mayor peso de la almendra en húmedo y seco, comparados con los árboles con la implementación de poda fuerte. Esto concuerda con lo descrito por Vera (2008), quien comenta que la fructificación de los árboles con poda fuerte toma más tiempo en relación con aquellos árboles que reciben una poda ligera; el mismo autor expresa que, aunque la práctica de poda fuerte representa un nivel de intervención drástico de los árboles, ésta proporciona la oportunidad de estimular la formación de una nueva copa más funcional si es apoyada con un manejo general del cultivo adecuado.

**Tabla 5.** Índice de Productividad del Agua (IPA) aplicada por riego por goteo en el sistema productivo de cacao (Mercaderes, Cauca)

Tipo de riego	Lámina total de agua (m <sup>3</sup> )	Total de producción (kilos cacao seco)	IPA (kg/ m <sup>3</sup> )
<b>Goteo</b>	133,6	839	6,27
<b>Sin riego</b>	0	458	0



## **Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo del cacao bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo**

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que reducen la vulnerabilidad del sistema; algunas de éstas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, están contenidas en el Sistema Experto. A continuación, se presentan algunas de estas prácticas que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente.

### **Fertilización integrada del cultivo de cacao**

Es la fertilización que incorpora nutrientes, enmiendas y microorganismos al sistema en cantidades y momentos adecuados, a partir de fuentes orgánicas, biológicas y químicas. Esta integración permite mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, mejora la retención de humedad y aumenta la disponibilidad de elementos, lo que es útil para aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo a condiciones restrictivas de humedad en el suelo.

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 el sistema productivo, es importante en la generación de una estrategia adecuada de manejo de la fertilización para el 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 m<sup>2</sup> (20 cm x 20 cm) a una profundidad de 3 cm de la superficie, con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica y otros tipos 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 (figura 9); (5) una vez tomadas todas las submuestras, mezclarlas y, por último, seleccionar aproximadamente un kilogramo, el cual se debe empacar en una bolsa plástica bien identificada con el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de cultivo y número del lote. Esta muestra debe enviarse a un laboratorio certificado para su correcto análisis.

- **Análisis de la información**

Se deben seguir recomendaciones del técnico o agrónomo que apoya el sistema productivo 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 lograr un crecimiento y un desarrollo óptimos. Los cálculos deben tener en cuenta variables como la disponibilidad y la 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 de 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.

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 que sea necesario.

## **Sistemas agroforestales**

El cacao es un cultivo que normalmente requiere la asociación con otras especies, dado que necesita sombrero, tanto en la fase del establecimiento como durante la fase productiva.

Dada su acción térmica, la luz directa del sol tiene un efecto negativo en las plantas de cacao, al incrementar su evapotranspiración. Este fenómeno se incrementa en condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa; por lo cual, se recomienda la asociación del cultivo con plantas que proporcionen sombrío al cultivo. Los cultivos asociados permiten la obtención de beneficios económicos adicionales para el productor.

En el cultivo de cacao se recomiendan dos tipos de sombrío: transitorios y permanentes; los cuales se asocian a las plantas de cacao dependiendo de la fase de crecimiento en la que se encuentren.

El sombrío transitorio es aquel que se asocia a las plantas de cacao durante los primeros tres años de cultivo, época en la cual las plantas están en su fase de crecimiento o improductiva. Se recomienda el asocio con especies de valor económico como el plátano (*Musa sapientum*), el banano (*Musa paradisiaca*), la papaya (*Carica papaya*) y la guayaba (*Psidium guajaba*) (Fedecacao, 2013).

El sombrío permanente lo comprenden las especies que brindaran sombra al cultivo de cacao durante su etapa productiva (a partir del tercer año). Se recomienda el uso de plantas de mayor altura que el cacao y que puedan representar un ingreso económico para el productor. Fedecacao (2013) destaca el uso de especies como: cedro (*Cedrela odorata*), cedro cebollo (*Cedrela montana*), nogal (*Cordia alliodora*), búcaro o cachimbo (*Erythrina glauca*), cámbulo (*Erythrina poeppigiana*), igua o cedro amarillo (*Pseudosamanea guachapele*), melina (*Gmelina arborea*), teca (*Tectona grandis*), borojó (*Borojoa patinoi*), o zapote (*Matisia cardata*). La densidad de árboles maderables por hectárea fluctúa entre 100 y 150 plantas dependiendo de la especie, la topografía del terreno, las condiciones de suelo, y el arreglo que se quiera implementar. Para la siembra de estos materiales es necesario contar con la asesoría de un asistente técnico quien acorde a las condiciones ambientales, topografía y de suelo, realice la recomendación.

En la tabla 6, se muestra un ejemplo de arreglo agroforestal, identificando las especies a utilizar, distancias y densidades de siembra.

**Tabla 6.** Modelo de arreglo para la implementación de un arreglo agroforestal en un cultivo de cacao

	Sombrío transitorio	Cultivo	Sombrío permanente
Especie	Hartón o Dominico hartón	Clones de cacao	Guayacán, teca, nogal, acacia, abarco
Distancia (m)	3 X 2	3 X 3	15 X 3 o 18 X 3
Densidades de siembra (árboles/ha)	1919	1100	222 - 185

### Material vegetal de cacao adecuado

Al momento de planificar una nueva plantación de cacao, debe tenerse en cuenta la selección del material vegetal a utilizar, lo cual dará mejoras tanto en rendimiento como en tolerancia a condiciones medioambientales adversas.

Los materiales a utilizar deben estar adaptados a las condiciones edafoclimáticas específicas de la zona; además, su instalación y distribución en campo debe obedecer a un modelo que garantice que los materiales allí sembrados van a tener la capacidad de reproducirse por auto compatibilidad o inter-compatibilidad. Muchas de las nuevas plantaciones clonales dentro del municipio Mercaderes presentan fallas en la siembra de los materiales por no haber tenido en cuenta, al momento de la siembra, criterios tan importantes como la selección ideal de materiales para la zona y el nivel de compatibilidad sexual entre ellos; esto puede explicar, en muchos casos, la falta de una adecuada productividad de las plantaciones actuales.

Hoy en día se busca propagar los clones de tipo universal y algunos regionales como material básico de propagación; los cuales, por sus características, hacen posible la obtención de productividades anuales cercanas a 2.000 kg.ha<sup>-1</sup>. Para su obtención, se debe seguir el siguiente procedimiento:

El material de siembra se obtiene por reproducción asexual o vegetativa a través de estacas enraizadas o injertos; para lo cual se necesita un patrón y una yema.

Los patrones deben desarrollarse en un vivero de patrones. Palencia et al. (2007) reporta como buenos materiales para usar en patronaje los clones de cacao: PA 121, IMC 67, PA 46, P7, y PA150; que reportan tolerancia a condiciones abióticas limitantes por humedad y pH, así como a enfermedades de suelo como phytophthora y ceratocystis. En el momento en que el tallo de los patrones obtenga un diámetro adecuado, se realiza el injerto con yemas provenientes de materiales de cacao de alta productividad, adaptados a la zona en la que se desea establecer el cultivo. Dado que el municipio Mercaderes se ubica en el VIS (Valles Interandino Seco) se recomienda el uso de los siguientes materiales como injerto: TSH-565, ICS-1, ICS-39, ICS-60, ICS-95, IMC-67, TSA-644, EET-96, EET-400, y CCN-51.

## **Prácticas con aplicación potencial bajo condiciones de exceso hídrico en el suelo**

### **Manejo integrado de enfermedades**

Bajo condiciones de exceso de humedad en el suelo, es común que se incremente la incidencia de enfermedades (principalmente de origen fungoso y bacteriano) en el sistema productivo de cacao; por lo cual, contar con una estrategia de manejo integrado de enfermedades es muy importante para evitar pérdidas en el cultivo durante épocas de exceso de lluvias.

Con esta opción tecnológica se busca reducir la incidencia de las principales enfermedades que afectan el cultivo de cacao, basándose en el seguimiento constante de la parcela y las particularidades de cada patógeno; con el fin de dar un método de control efectivo, antes de que la presencia de la enfermedad cause daños considerables en el cultivo.

**El manejo adecuado de problemas fitosanitarios requiere un diagnóstico oportuno y correcto, el cual se logra mediante el constante seguimiento del sistema productivo. Una vez identificado el agente causal de la enfermedad, se puede definir con exactitud la estrategia de manejo a implementar.**

De acuerdo con ICA (2012), los principales problemas fitosanitarios para el cultivo de cacao son:

- La monoliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*)
- Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*)
- Mazorca negra o fitoptora (*Phytophthora* sp.)





- Rosellinia (*Rosellinia* sp.)
- Monalonion (*Monalonium dissimulatum*)
- Ceratocystis o mal del machete (*Ceratocystis fimbriata*)

Cada patógeno presenta características particulares de desarrollo e infección; por lo cual, se debe realizar un análisis del mismo bajo las condiciones climáticas y ambientales presentes en la zona, con el fin de generar un plan de manejo efectivo contra la enfermedad. Sin embargo, existen algunas prácticas de manejo que pueden ayudar a reducir la presencia de estos patógenos en el cultivo. A continuación se presentan algunas recomendaciones, las cuales tienen como fin reducir la incidencia de los patógenos anteriormente mencionados y otros de menor importancia económica en sistema productivo:

1. La obtención de material vegetal de propagación debe realizarse en viveros certificados por el ICA, en los cuales se garantice que el material de propagación se encuentra libre de patógenos.
2. Realizar labores de poda, principalmente sobre árboles adultos con el fin de reducir la humedad dentro de la copa; y aumentar la aireación y el ingreso de luz.
3. Al momento de realizar labores de poda, usar pasta cicatrizante sobre las heridas del árbol y desinfectar constantemente las herramientas utilizadas para esta labor; con el fin de evitar la propagación de patógenos entre plantas.
4. Se aconseja realizar un muestreo previo de suelos; con el fin de identificar la presencia de microorganismos que puedan ser patógenos para el cultivo de cacao y, con base en esto, realizar el control pertinente.
5. Realizar muestreos constantes en el cultivo; con el fin de identificar la presencia de enfermedades. Este muestreo, en conjunto con el registro de datos meteorológicos (temperatura del aire, horas de humedad relativa sobre 80 % y precipitación diaria), permitirá determinar si existen las condiciones para el desarrollo de las enfermedades.

**La estrategia de manejo de plagas y enfermedades debe seleccionarse con ayuda del asistente técnico de la zona. Sin embargo, la prevención depende de una estrategia fácil y efectiva.**

Para un eficiente manejo de enfermedades, debe realizarse conjuntamente una buena administración de la finca; para lo cual, se debe elaborar y ejecutar un plan o cronograma anual de labores que, para la zona de Mercaderes, sería el siguiente:

1. Control de malezas (abril-septiembre)
2. Podas (marzo-abril-agosto)
3. Control de escoba (marzo-abril-agosto)
4. Fertilización (abril-septiembre)
5. Poda de sombrío (octubre)
6. Control de monilia y fitoptora (enero-febrero-marzo-abril-diciembre)
7. Control monalonion (junio-julio-agosto-septiembre-octubre-noviembre)
8. Cosecha (enero-diciembre); los materiales que se requieren de forma general son: machete, guadaña, tijeras para podar, tijera aérea, pasta cicatrizante, segueta, fertilizante y abono orgánico, fungicidas (oxicloruro de cobre, ridomil, fitorax). Se recomienda proceder así, en estos meses, por la distribución de las lluvias, que obedece a un régimen bimodal.

**Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de cacao en Mercaderes (Cauca), consulte el sistema experto 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 analiza la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas; el segundo, la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta



última se aumenta con la implementación de opciones tecnologías integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos; dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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

### Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca)

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

**Para cada uno de los dominios (grupos de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos; deben ajustarse 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. La 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 de 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, y se generan diferentes soluciones de viabilidad, dependiendo de las características de cada grupo. A partir de la 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 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 en 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 cacao en el municipio Mercaderes**

En la tabla 7, 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 la exposición ante déficit hídrico es variable en el municipio, siendo de grado medio para los dominios uno y tres; alto para los dominios dos y cuatro; y muy bajo para el dominio cinco. El grado de sensibilidad que presentan los cultivos de estos productores es de grado medio para los dominios uno, dos, cuatro y cinco; y es bajo para el dominio tres. Por su parte, la capacidad adaptativa de estos productores, ante una condición de déficit hídrico, es baja para los dominios uno y dos; y media para los dominios tres, cuatro y cinco.

Finalmente, la última columna de la tabla 7 muestra los resultados del modelo microeconómico; el cual evalúa la viabilidad financiera del establecimiento de riego por goteo y uso de poda suave de acuerdo a las características de los productores de cada dominio; estableciendo, además, proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso, las opciones son viables para todos los dominios.



**Tabla 7.** Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de la opción tecnológica
1. Productores con menos de 1 ha y exposición agroclimática media (área promedio cultivada: 1 ha)	media	media	baja	viable
2. Productores con menos de 1 ha y exposición agroclimática alta (área promedio cultivada: 0,6 ha)	alta	media	baja	viable
3. Productores con 1 ha o más y exposición agroclimática media (área promedio cultivada: 1,13 ha)	media	baja	media	viable
4. Productores con 1 ha o más y exposición agroclimática alta (área promedio cultivada: 1 ha)	alta	media	media	viable
5. Productores con características heterogéneas agrupados por tener muy baja exposición agroclimática.	muy baja	media	media	viable

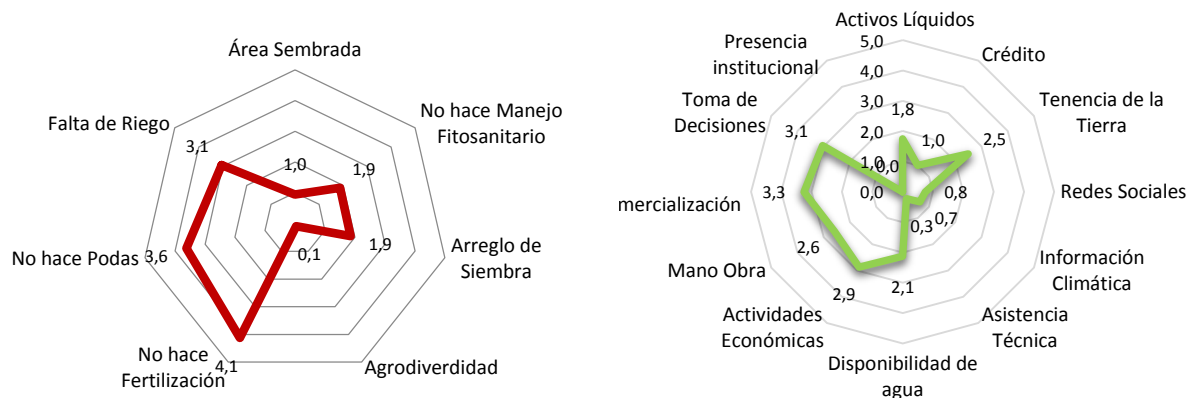
## Implementación de las opciones tecnológicas para los productores de cacao en el municipio Mercaderes (Cauca)

### Dominio 1

Para aquellos productores con menos de 1 ha y exposición agroclimática media (área promedio cultivada: 1ha), su exposición presenta áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico (nivel medio).

Su análisis de vulnerabilidad, indica que la sensibilidad de los cultivos presenta un nivel medio; siendo el manejo de los suelos el principal indicador que afecta esta variable, pues el manejo tradicional es ineficiente, esto en virtud de que no se efectúan procesos adecuados de fertilización y riego. Por otra parte, a pesar de que realizan podas tanto de formación, mantenimiento y sanitarias, se recomienda fortalecer esta actividad bajo un criterio técnico.

La capacidad de adaptación de estos productores es baja, hay escaso uso de créditos bancarios para actividades agropecuarias, no cuentan con asistencia técnica de calidad ni mucho menos acceso a redes sociales, información climatológica, al tiempo que carecen de disponibilidad de agua. Como indicadores positivos, se tiene que los productores representados son dueños de los predios, presentan buenos acuerdos para la comercialización del producto y adecuadas decisiones referentes a sus procesos productivos (figura 12).



**Figura 12.** Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 1. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca.

En ese orden de ideas, se sugiere que este tipo de productor opte por las opciones tecnológicas para la totalidad del área promedio sembrada (1 ha), desde el primer año, permitiendo que su uso reduzca la contratación de mano de obra en un 66,1 % respecto al sistema tradicional y bajo la proporcionalidad del área cultivada; esta circunstancia de disminución de fuerza laboral se debe especialmente a la utilización del sistema de riego. Ahora bien, la acumulación de capital cuando se opta por el manejo de la opción tecnológica exhibe una tendencia creciente en el tiempo; por tanto, se sugiere que, en caso de ser necesario, se adquiera crédito para capital de trabajo en el primer año; el cual se prevé no debe superar el 35 % de la inversión total, permitiendo implementar las tecnologías en la totalidad del área sembrada en el periodo de tiempo en mención.

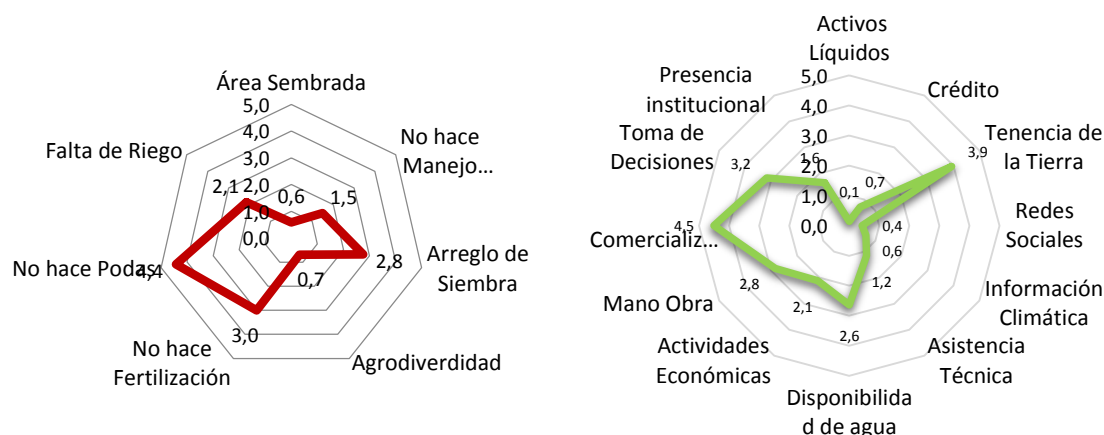
Finalmente, en cuanto a la producción, se espera que el promedio anual, con la adopción de las tecnologías, presente un incremento del 82,6 % respecto al manejo tradicional en condiciones agroclimáticas normales o de déficit hídrico, asociado a una rentabilidad del 151 %; 96 unidades porcentuales más que el sistema inicial.

## Dominio 2

Los productores con menos de 1 ha y exposición agroclimática alta (área promedio cultivada: 0,6 ha) cuentan con áreas condicionadas a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico (nivel alto).

La sensibilidad de sus cultivos cuenta con un parámetro medio, viéndose afectada por la variable del inadecuado manejo del suelo; en especial, por falta de fertilización en las hectáreas y administración de podas.

En lo referente a la capacidad de adaptación de los productores, éstos presentan niveles bajos; debido a que su acceso a crédito agropecuario es limitado, carecen de información climatológica y redes sociales, y no disponen de activos líquidos (figura 13).



**Figura 13.** Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca.

En ese sentido, se propone que la implementación del manejo alternativo (aplicación de tecnologías) se realice en el primer año para la totalidad del área promedio sembrada (0,6 ha), con el fin de mitigar los niveles altos de sensibilidad de los cultivos; especialmente, en las variables de poda y sistema de riego. Así mismo, se recomienda que, de manera integral, se brinde una asistencia técnica de calidad que fortalezca el sistema productivo.



En ese orden de ideas, se espera que, con los jornales que se emplean en el sistema tradicional en referencia a la proporcionalidad del área, se pueda implementar el nuevo. Con la implementación de la tecnología, el capital acumulado muestra un comportamiento creciente desde el segundo año, permitiendo que el gasto familiar pueda satisfacerse con las utilidades generadas; por tanto, se sugiere que, en caso de ser necesario, se adquiera crédito para capital de trabajo en el primer año, el cual se prevé no debe superar el 16 % de la inversión total, permitiendo implementar las tecnologías en la totalidad del área sembrada en el periodo de tiempo en mención.

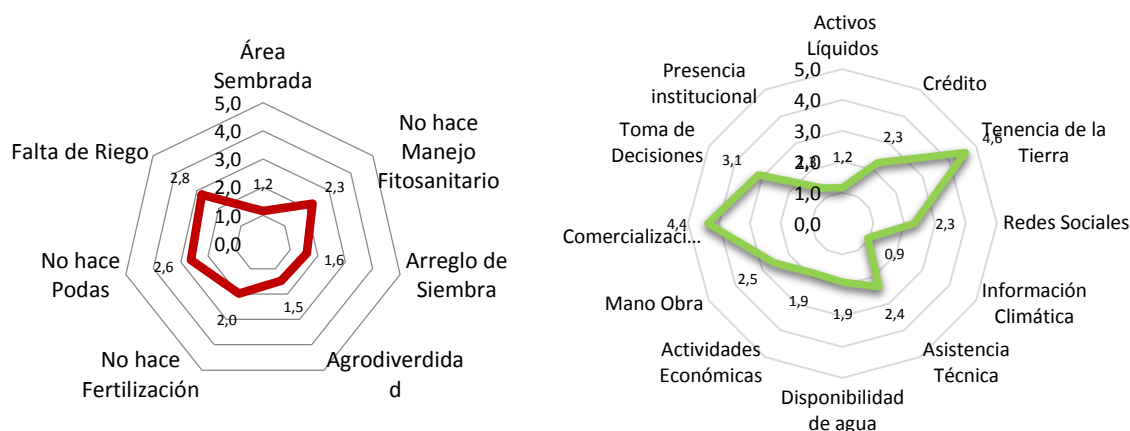
La producción anual con las tecnologías según la modelación prevé un aumento del 81 % respecto al manejo tradicional en condiciones agroclimáticas normales y de déficit hídrico.

### **Dominio 3**

Los productores con 1 ha o más y exposición agroclimática media (área promedio cultivada: 1,13 ha), según su aptitud agroclimática, cuentan con áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico (nivel medio).

En lo concerniente a la sensibilidad de sus cultivos y su capacidad adaptativa, presentan niveles bajos y medios respectivamente; exhiben debilidades en las variables de poda, riego y limitación en información climática.

Entre los factores positivos que favorecen la adaptabilidad del productor, se encuentra similitud con los dominios 1 y 2 en términos de propiedad de predios; contando adicionalmente con buenos acuerdos para la comercialización del producto y toma decisiones acertadas en el manejo del sistema productivo (figura 14).



**Figura 14.** Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 3. Sistema de cacao, Mercaderes-Cauca.

A partir de los modelos, igualmente, se propone implementar las tecnologías desde el primer año para cultivar en promedio la hectárea de cacao de este dominio (1,13 ha), lo que permitirá reducir en un 56 % la contratación de mano de obra respecto al sistema tradicional y bajo la proporcionalidad del área cultivada. Permitiendo que la acumulación de capital aumente en el tiempo; en consecuencia, se sugiere que, en caso de ser necesario, se adquiera el crédito para capital de trabajo en el primer año; el cual, se prevé, no debe superar el 42 % de la inversión total, permitiendo implementar las tecnologías en la totalidad del área sembrada en el periodo de tiempo en mención.

La producción con la adopción de las tecnologías establecería un incremento promedio anual del 77 % respecto al manejo tradicional en condiciones agroclimáticas normales o de déficit hídrico, asociado a una rentabilidad aproximada del 151 %; 93 unidades porcentuales más que el sistema inicial (sistema tradicional).

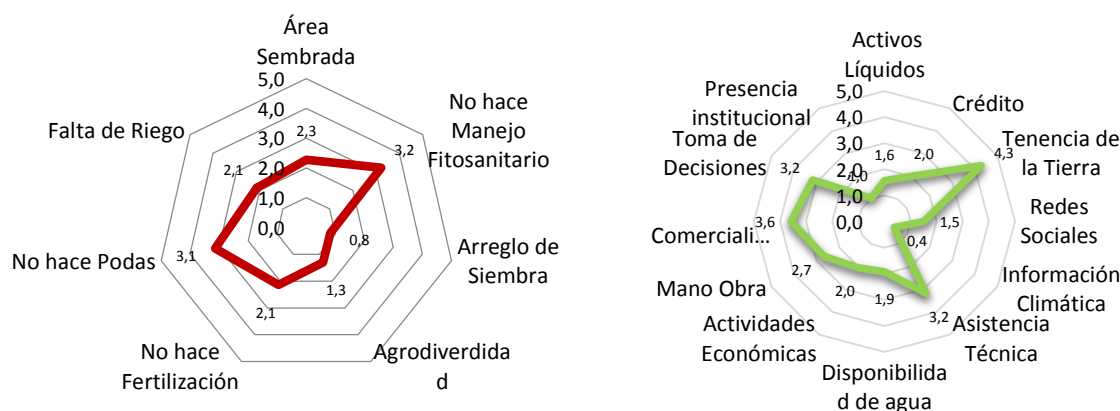
#### Dominio 4

Para los productores con 1 ha o más, y exposición agroclimática alta (Área promedio cultivada: 1 ha), se presenta, en promedio, un nivel de exposición alta (áreas condicionadas



a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico), (figura 15).

Para el caso de la sensibilidad de los cultivos se exhibe un nivel medio, siendo el manejo fitosanitario, podas, fertilización y sistema de riego, los principales indicadores que afectan esta variable. En lo relacionado con la capacidad adaptativa del productor, se indica un parámetro medio; presenta la misma tendencia en los factores positivos que los anteriores dominios.

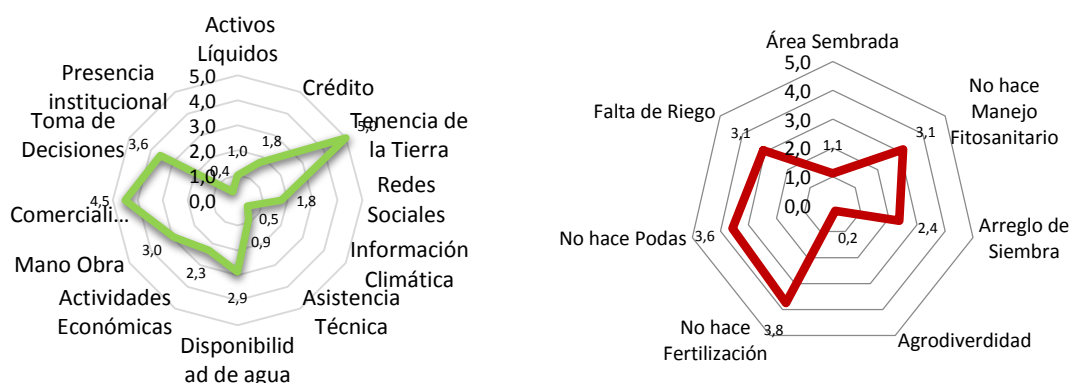


**Figura 15.** Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de Cacao, Mercaderes-Cauca.

La sugerencia microeconómica plantea similitud con lo expuesto en el dominio 1, en lo referente a: reducción de la contratación de mano de obra en un 66,1 %, aumento del 82,6 % de la producción, asociada a una rentabilidad del 151 %.

## Dominio 5

Por último, los productores con características heterogéneas agrupados por tener baja exposición agroclimática (área promedio cultivada: 1,13 ha), es decir, que se encuentran dentro de nichos productivos óptimos o con leves restricciones, presentan una sensibilidad en sus cultivos y una capacidad adaptativa por partes de estos de nivel medio. Exhibiendo dificultades para la sensibilidad de los cultivos en poda y fertilización y para el caso de la capacidad adaptativa del productor en variables de asistencia técnica de calidad e información climática. (Figura 16).



**Figura 16.** Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad adaptativa (verde) para el dominio de recomendación 4. Sistema de Cacao, Mercaderes-Cauca.

Por tanto, para estos productores que combinan características socioeconómicas heterogéneas y que están ubicados en zonas con muy baja exposición a condición de déficit hídrico, la recomendación está orientada al mejoramiento de la producción y no a la estrategia de mitigación de disminuciones productivas asociadas a esta condición climática; por ello, la propuesta resulta de las sugerencias dadas para los anteriores dominios.

Para concluir y teniendo en cuenta todas las observaciones descritas, se sugiere a los productores que tienen parcelas iguales o menores a dos hectáreas utilizar la totalidad del

área para el cultivo de cacao<sup>4</sup>, aclarando que el uso de la tecnología sugerida (riego por goteo en asocio con poda suave) proveerá mayor resiliencia a los eventos climáticos.

Por tanto, para la disposición total del área mencionada de la finca (menos de 2 ha), se requerirá incrementar en un 50 % la mano de obra, respecto al manejo tradicional.

Ahora bien, la acumulación de capital exhibirá una tendencia creciente en el tiempo; en consecuencia, se sugiere que, en caso de ser necesario, se adquiera crédito para capital de trabajo en el primer año; el cual, se prevé, no debe superar el 60 % de la inversión total, con lo que sería posible implementar las tecnologías en la totalidad del área.

Finalmente, en cuanto a la producción, se espera que promedio anual con la adopción de las tecnologías y la utilización del total del área de la finca (menos de 2 ha) se presente un incremento del 265 % respecto al manejo tradicional en condiciones agroclimáticas normales o de déficit hídrico, asociado a una rentabilidad del 151 %; 92 unidades porcentuales más que el sistema inicial.

No obstante, para aquellos productores que cuentan con parcelas superiores a dos hectáreas, la decisión de implementar o no el sistema dependerá única y exclusivamente de ellos; pues, sus decisiones estarán limitadas por el capital disponible para la contratación de mano de obra.

---

<sup>4</sup> La cifra establecida fue definida a partir del criterio técnico del profesional que apoyo la implementación de la tecnología de riego por goteo + poda suave.



## REFERENCIAS

- Avendaño, C., Villareal, J., Campos, E., Gallardo, R., Mendoza, A., Aguirre, J., Sandoval, A., y Espinoza, S. (2011). *Diagnóstico del cacao en México*. Universidad Autónoma Chapingo.
- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica, *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles interandinos* (pp. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corpoica. (2015a). Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Mosquera: *Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*.
- Corpoica. (2015b). Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para cacao (Mercaderes, Patía, Tambo), cacao (Mercaderes) pasto angleton (Patía), aguacate (Tambo). Mosquera: *Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Atlántico y Bolívar en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y el CIAT*. Documento derivado del convenio entre el Fondo Adaptación y CORPOICA.



Fedecacao. (2013). *Guía ambiental para el cultivo de cacao*. Segunda edición. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

García Lozano, J. (2014). *Caracterización de las respuestas fisiológicas y bioquímicas en tres clones de cacao (Theobroma cacao L.) sometidos a diferentes niveles de déficit hídrico* [PDF]. Recuperado de <http://bit.ly/2cGpEZP>.

ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de cacao (Theobroma cacao L.): Medidas para la temporada invernal*. Produmedios.

IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Lores, A., Leyva, C., y Varela, C. (2008). Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.

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

Parra, A. (1988). *Efecto de la fertirrigación y el riego por goteo en los rendimientos del Cacao (Theobroma cacao L.)*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

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



Palencia, G., Gómez, R., & Mejía, L. (2007). *Patrones de cacao* (Cartilla). Bucaramanga: Corpoica, E.E La Suiza.

Vera, W. (2008). Diagnóstico sobre la rehabilitación y recuperación de la capacidad productiva de hurtas tradicionales de cacao (*Theobroma Cacao L.*). Universidad Agraria del Ecuador Milagro. Ecuador. Tesis de grado.





**Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.**

**Ingrese por:**

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co) » sección Microsites » Link MAPA Pestaña Sistema Experto

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