



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

Municipio de Riosucio  
Departamento del Chocó



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
Fondo Adaptación  
Julio de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	
Carlos Eduardo Ospina Parra	Facilitador regional, investigador máster
Joan Sebastián Gutiérrez Díaz	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigadora Ph. D
León Darío Úsuga Loaiza	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster
Sara Julieth Bernal Ordoñez	Profesional de apoyo a la investigación.
Sergio Luis Cala	Profesional de apoyo a la investigación.



## AGRADECIMIENTOS

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

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

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. La Selva y el C. I. 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

INTRODUCCIÓN .....	1
OBJETIVOS.....	2
RIESGO AGROCLIMÁTICO PARA EL SISTEMA PRODUCTIVO.....	3
SECCIÓN 1: FACTORES QUE DEFINEN EL RIESGO AGROCLIMÁTICO EN EL DEPARTAMENTO Y MUNICIPIO .....	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Riosucio .....	5
Exposición del sistema productivo de cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Riosucio.....	10
Zonas del municipio de Riosucio con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de cacao.....	18
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático .....	21
SECCIÓN 2: PRÁCTICAS QUE SE PUEDEN IMPLEMENTAR PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD DEL SISTEMA PRODUCTIVO DE CACAO ANTE CONDICIONES DE EXCESO HÍDRICO DEL SUELO EN EL MUNICIPIO DE RIOSUCIO, CHOCÓ .....	23
a. Poda:.....	25
b. Manejo Integral de Plagas y Enfermedades (MIPE): .....	26
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	28
Prácticas adicionales que se pueden implementar dentro del sistema productivo de cacao en Riosucio (Chocó) para reducir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo.....	30
SECCIÓN 3: IMPLEMENTACIÓN DE LAS OPCIONES TECNOLÓGICAS ENTRE LOS PRODUCTORES DE CACAO EN EL MUNICIPIO DE RIOSUCIO, CHOCÓ.....	36
Dominio de recomendación .....	36



Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad de suelo .....	36
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación .....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	44



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó), en condiciones de exceso hídrico en el suelo.....	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Riosucio, Chocó.Fuente: Corpoica (2015a).....	6
Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual .....	7
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cacao y plátano en el municipio de Riosucio. ....	12
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales en eventos de exceso hídrico en la ventana de análisis (noviembre - abril) para el cultivo de cacao y plátano en el municipio de Riosucio (Chocó).....	16
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática para el sistema productivo de cacao en condiciones restrictivas de humedad en suelo por exceso hídrico en el municipio de Riosucio (Chocó). .....	19
Figura 7. Balance hídrico atmosférico (superior) y agrícola (inferior) del sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó) entre los meses de diciembre de 2014 y septiembre de 2015.....	24
Figura 8. Poda de plantas de cacao en la parcela de integración. ....	26
Figura 9. Práctica de ronda fitosanitaria en la parcela de integración de cacao en Riosucio (Chocó).....	27
Figura 10. Injertos de aproximación, de los materiales FEC-2, FLE-2 y FSV-41.....	34
Figura 11. Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1 .....	39
Figura 12. Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2 .....	40



Figura 13. Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3. ....	41
Figura 14. Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 4. ....	42
Figura 15. Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 5. ....	43





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Riosucio durante los eventos de El Niño en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Riosucio durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011 .....	9
Tabla 3. Calendario fenológico del cultivo de cacao en la ventana de análisis para el municipio de Riosucio (Chocó). ....	13
Tabla 4. Rendimiento de los tratamientos evaluados en la parcela de integración de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó). ....	29
Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de cacao en el municipio de Ríosucio (Chocó). ....	38



## 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 Prevención Agroclimática (MAPA), contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos, y de esta forma contribuye a la reducción de su 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 tienen las condiciones restrictivas de humedad del suelo 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 de Colombia. Para ello se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con productores, e integrar experiencias y conocimientos de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo, a escala local. Para el departamento de Chocó fue priorizado, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) en el municipio de Riosucio.

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a la condición de exceso hídrico en el suelo (priorizada participativamente por productores), en el municipio de Riosucio, departamento de Chocó.



## OBJETIVOS

### Objetivo general

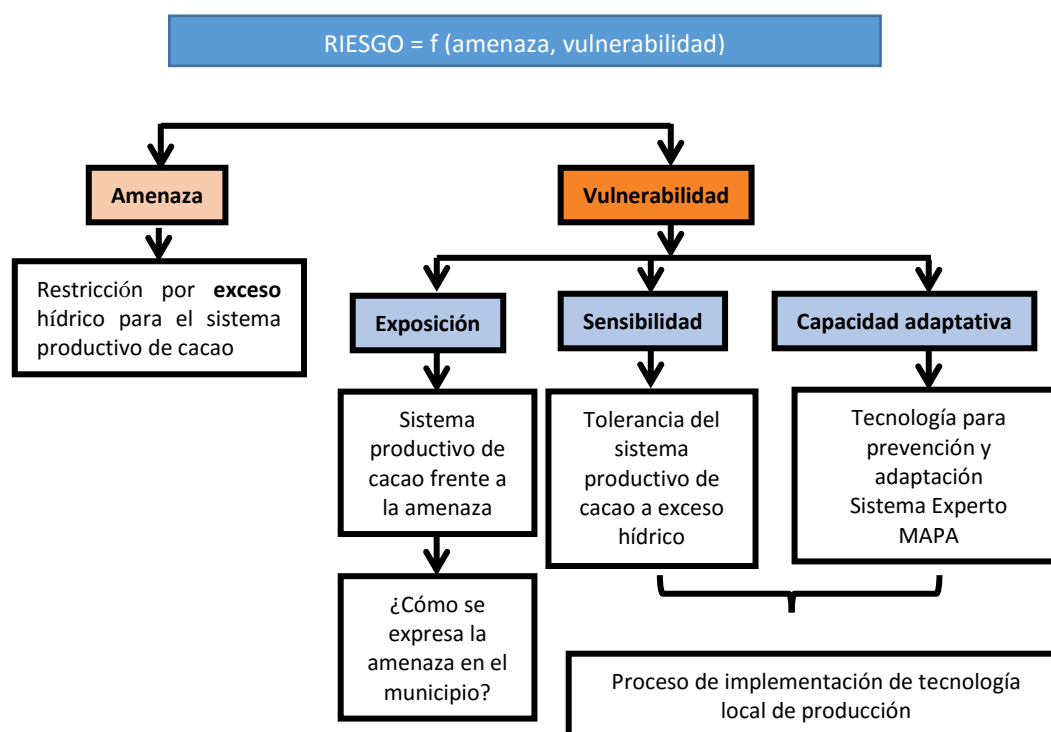
Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao (*Theobroma cacao* L.) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en el municipio de Riosucio (Chocó), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

### Objetivos específicos

- Exponer la información agroclimática del municipio de Riosucio (Chocó), para la toma de decisiones en el sistema productivo de cacao en condiciones de exceso hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por exceso hídrico, para el municipio de Riosucio (Chocó).
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó).

## 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, 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 cacao 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 cacao en el municipio de Riosucio (Chocó), en condiciones de exceso hídrico en el suelo.



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

**A escala departamental:** es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por variables biofísicas (subzonas hidrográficas), y climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, y distribución de la evapotranspiración [ $ET_0$ ]).

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

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

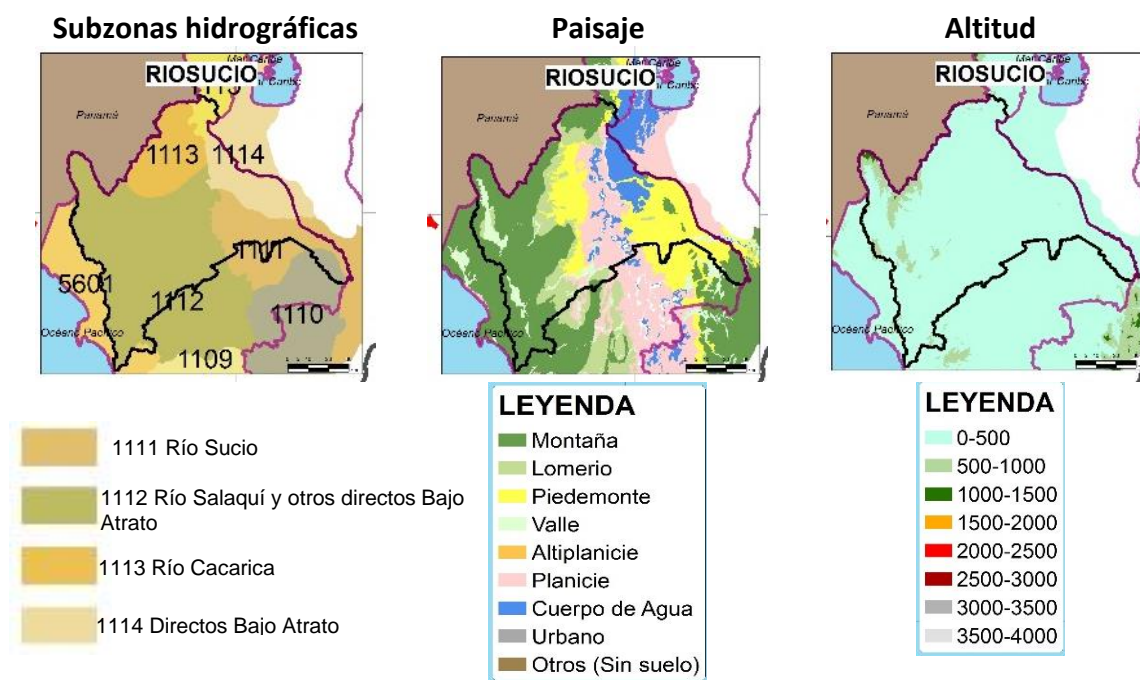


## Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Riosucio

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

El municipio de Riosucio se asienta sobre las subzonas hidrográficas de los ríos Salaquí, Riosucio, Truandó, Cacarica, entre otros (Corpoica, 2015a). Hay poca diversidad de rangos altitudinales, al noroeste y oeste del municipio se encuentran altitudes entre los 500 y 1000 msnm que corresponden al 6 % del área total del municipio (740.897 ha), y en el resto predominan altitudes entre los 0 y 500 msnm que corresponden al 94 % del área total.

Predominan los paisajes montañosos ubicados hacia el suroeste, norte y oeste, donde también se identifican paisajes de lomeríos. Hacia el centro del municipio predominan paisajes de piedemonte seguidos de paisajes de planicies y lomeríos, hacia el este se encuentran cuerpos de agua, los cuales varían año tras año, de acuerdo con la intensidad y duración de las temporadas de lluvias. Al sureste, paisajes de piedemonte y de valle, hacia el oeste y este del municipio predominan los paisajes de lomeríos. Estas características de paisaje y relieve definen las diferencias fisiográficas que se presentan en la unidad de análisis.

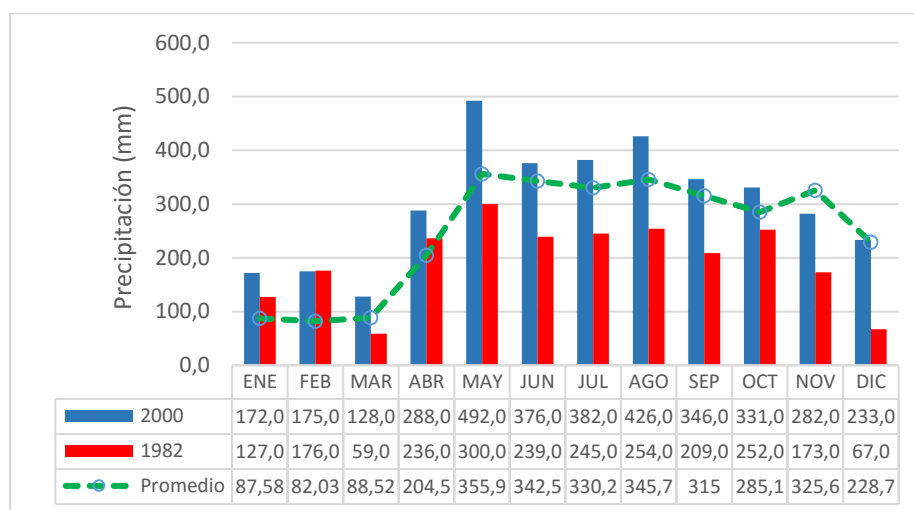


**Figura 2.** Mapas de variables biofísicas del municipio de Riosucio, Chocó. Fuente: Corpoica (2015a).

Lo segundo a revisar son los análisis disponibles de las series históricas del clima (1980–2011), con lo cual es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de Riosucio (Chocó), se destacan:

**Precipitación:** en la figura 3 se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Riosucio, la línea verde representa la precipitación promedio y, las barras rojas y azules, la precipitación durante los eventos de mayor variabilidad asociados a El Niño (1982) y La Niña (2000) (Corpoica, 2015a).





**Figura 3.** Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en el municipio de Riosucio (periodo 1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a).

Se observa que las lluvias tienen una distribución monomodal. La temporada menos lluviosa del año es el trimestre EFM, aún en años extremos de eventos El Niño pueden presentarse mayores volúmenes, con respecto al promedio multianual, particularmente enero y febrero. En este municipio se observan altos valores de precipitación aun en eventos El Niño, aunque si hay una disminución con respecto al promedio. Esto se atribuye a que las lluvias en la zona no se deben únicamente a la nubosidad asociada al movimiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), sino también a otros procesos convectivos locales de carácter termodinámico relacionados con el ascenso de humedad procedente del Océano Pacífico (Corpoica, 2015a).

Con relación al año de evento La Niña, en comparación con el promedio multianual, los volúmenes de lluvia son mayores para todos los meses 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. La información para el municipio de Riosucio con respecto a eventos de El Niño se presenta en la tabla 1 y para eventos de La Niña, en la tabla 2. Para conocer dichos cambios se debe revisar:



- El valor de la anomalía en porcentaje: que indica en que porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI)<sup>1</sup>, el cual indica qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

**Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Este es calculado con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura, en °C, del océano Pacífico (5 °N-5 °S, 120-170 °O).**

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

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

Periodo	May. 1982- Jun. 1983	Ago. 1986- Feb. 1988	May. 1991 - Jun. 1992	May. 1994 - Mar. 1995	May. 1997- May. 1998	May. 2002- Mar. 2003	Jun. 2004- Feb. 2005	Ago. 2006- Ene. 2007	Jul. 2009- Abr. 2010
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-26 %	-13 %	-6 %	-4 %	-21 %	-13 %	-13 %	-10 %	-16 %

Fuente: Corpoica (2015a).

<sup>1</sup> Cuando la variación supera valores de 0,5, durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento de El Niño y cuando los valores son menores a -0,5, también de forma consecutiva en cinco meses, es un evento de La Niña. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis\\_monitoring/ensostuff/ensoyears\\_ERSSTv3b.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml)), y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

En el municipio de Riosucio (Chocó) el valor máximo ONI fue de 2,5, representando una disminución en las lluvias de 21% con respecto al promedio multianual (mayo de 1997 a mayo de 1998), lo que indica que en este periodo el evento El Niño fue de mayor intensidad.

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

Periodo	Oct. 1984- Sep. 1985	May. 1988- May. 1989	Sep. 1995- Mar. 1996	Jul. 1998- Jun. 2000	Oct. 2000- Feb. 2001	Sep. 2007- May. 2008	Jul. 2010- Abr. 2011
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mínimo valor ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-13 %	8 %	45 %	23 %	4 %	4 %	34 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Con respecto a eventos de La Niña en el municipio, el valor ONI mínimo fue de -1,9 y el aumento de las lluvias fue del 8 % con respecto al promedio multianual. En el periodo de septiembre de 1995 a marzo de 1996, el valor ONI fue -0,7, lo que indica una menor intensidad del evento; sin embargo, se presenta un aumento en las lluvias del 45 %. En estas tablas también se muestran los periodos de duración potencial de los eventos, lo cual es un indicativo para planificación, no obstante, cabe resaltar que el ONI no es el único factor que interviene en la dinámica de la precipitación.

**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 puede identificar: susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, susceptibilidad a déficit hídrico en eventos El Niño, susceptibilidad biofísica a inundación, áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión



de cuerpos de agua) o áreas susceptibles de afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

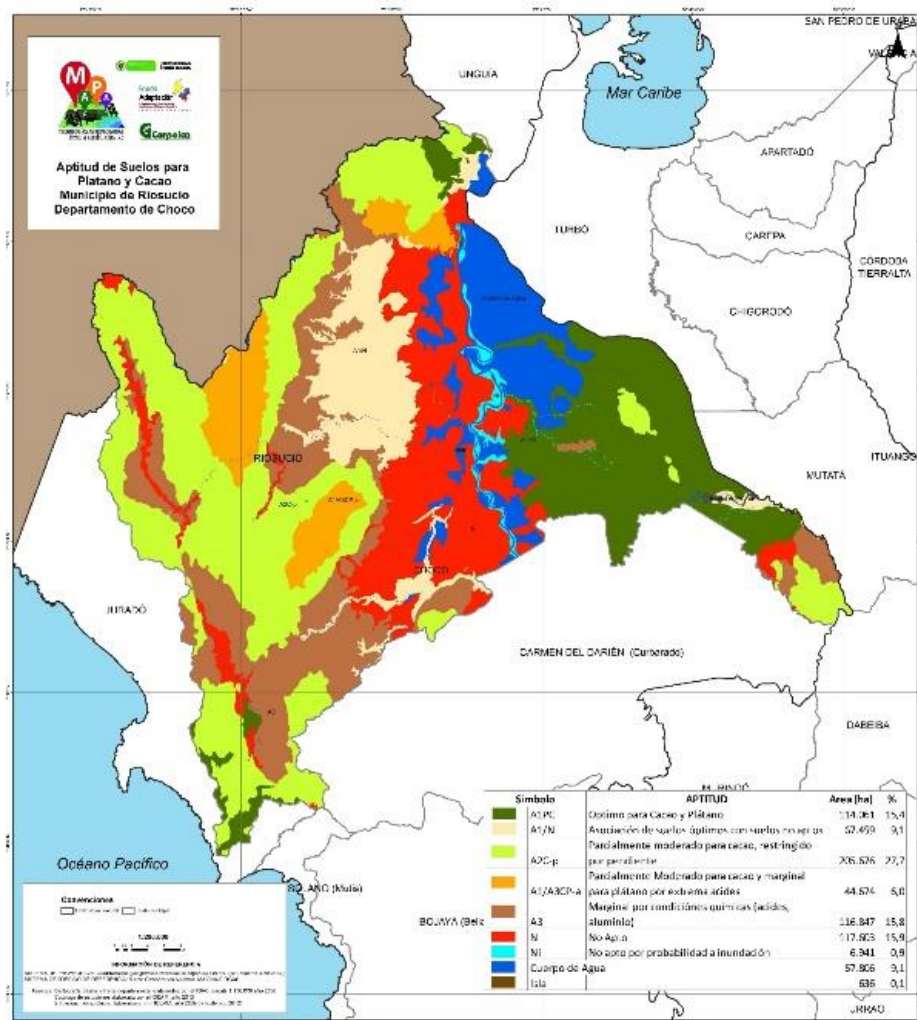
**Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consultar el sistema experto (SE) - MAPA.**









### **Exposición del sistema productivo de cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Riosucio**

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por suelo y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición del sistema productivo varía en el tiempo y de acuerdo con 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, escala 1:100.000 (figura 4). Se debe tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad, como características químicas (con aplicación de enmiendas o fertilizantes), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, textura).



Símbolo		Descripción	Área (ha)
	A1PC	Óptimo para cacao y plátano	114.061
	A1/N	Asociación de suelos óptimos con suelos no aptos	67.459
	A2C-p	Parcialmente moderado para cacao, restringido por pendiente	205.676
	A1/A3CP-a	Parcialmente moderado para cacao y marginal para plátano por extrema acidez	44.674
	A3	Marginal por condiciones químicas (acidez, aluminio intercambiable)	116.847
	N	No apto	117.603
	Ni	No apto por probabilidad de inundación	6.941
	Cuerpo de agua		67.806

**Figura 4.** Aptitud de uso de suelos para cacao y plátano en el municipio de Riosucio.

Fuente: Corpoica (2015b).

**Para tener en cuenta:** En el municipio de Riosucio se presentan alrededor de 181.000 ha con aptitud óptima y aproximadamente 250.000 ha con aptitud moderada para el cultivo de cacao. Además de las condiciones de altitud y pendiente que determinan la aptitud, se presentan algunos suelos con texturas que no son las más adecuadas, que requieren de un manejo de suelos apropiado ya que pueden afectar la productividad (Corpoica, 2015b).

Los suelos con aptitud marginal “A3” corresponden a un área de 117.000 ha, aproximadamente. Las principales limitantes para la aptitud de los suelos son las condiciones extremas de acidez y la alta saturación de aluminio; sin embargo, estas características pueden modificarse con la implementación de una plan de manejo integrado de la fertilidad a largo plazo (Corpoica, 2015b).

Los suelos clasificados como “No Aptos” (N) abarcan un área estimada de 125.000 ha. Las principales limitantes que restringen definitivamente la aptitud de uso para cacao son:

altitud, pendientes muy fuertes, suelos muy superficiales y, en algunos casos, drenaje (Corpoica, 2015b).

**b) La probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico:** En los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5). Para identificar los nichos productivos se realizó un análisis multitemporal de la disponibilidad hídrica en una ventana de análisis que corresponde a los meses críticos de floración y fructificación del cacao en el municipio, entre los meses de noviembre a abril (tabla 3). Se estimó la probabilidad de ocurrencia de exceso hídrico para el sistema productivo de cacao mediante el cálculo del índice de severidad de sequía de Palmer<sup>2</sup> (Palmer, 1965).

**Tabla 3.** Calendario fenológico del cultivo de cacao en la ventana de análisis para el municipio de Riosucio (Chocó).

Descripción o etapas fenológicas	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril
Botón floral						
Floración						
Desarrollo y formación del fruto						
Maduración, cosecha						

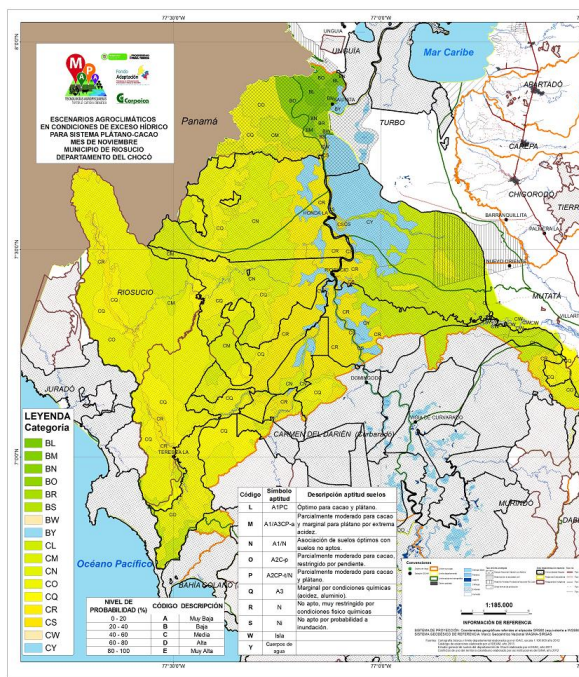
Fuente: Corpoica (2015b).

Con relación a la ventana temporal definida y a las etapas fenológicas del cultivo asociadas, se presenta la probabilidad de ocurrencia de condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico desde noviembre hasta abril (figura 5). Con ello es posible evidenciar la posible afectación de las condiciones meteorológicas sobre las distintas etapas de desarrollo del cacao (Corpoica, 2015b).

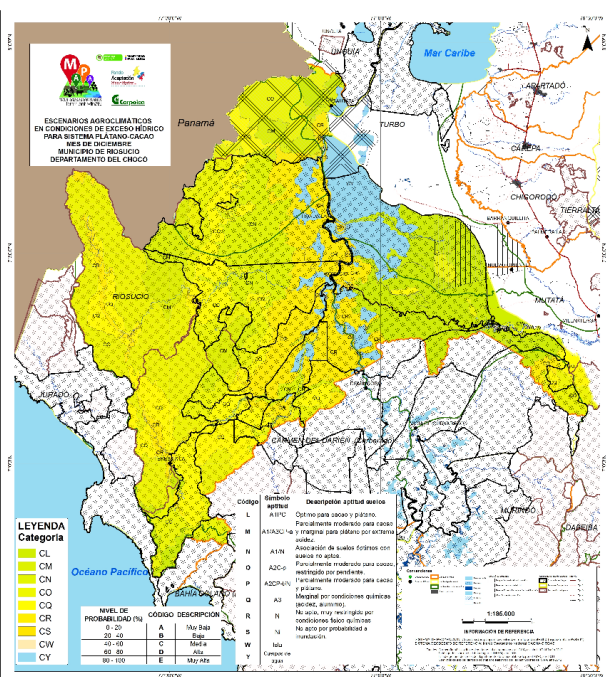
<sup>2</sup> Mide la duración e intensidad de un evento de sequía, a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.



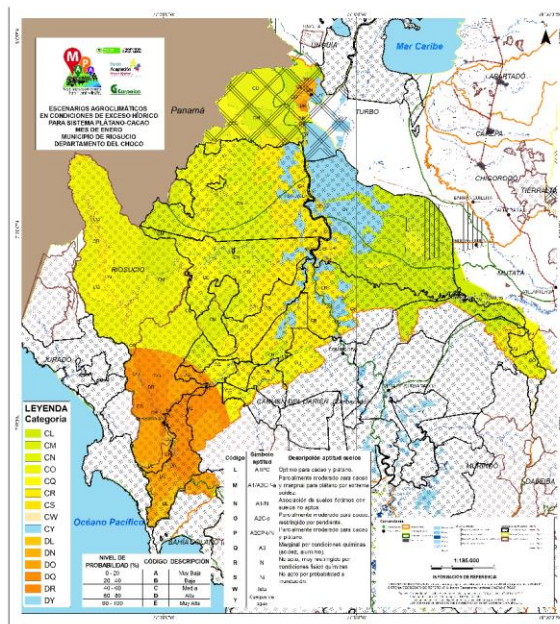
**Noviembre**



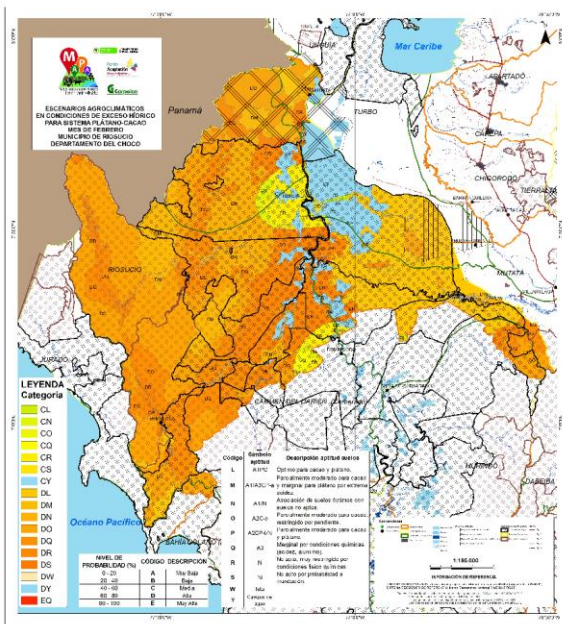
**Diciembre**



## Enero



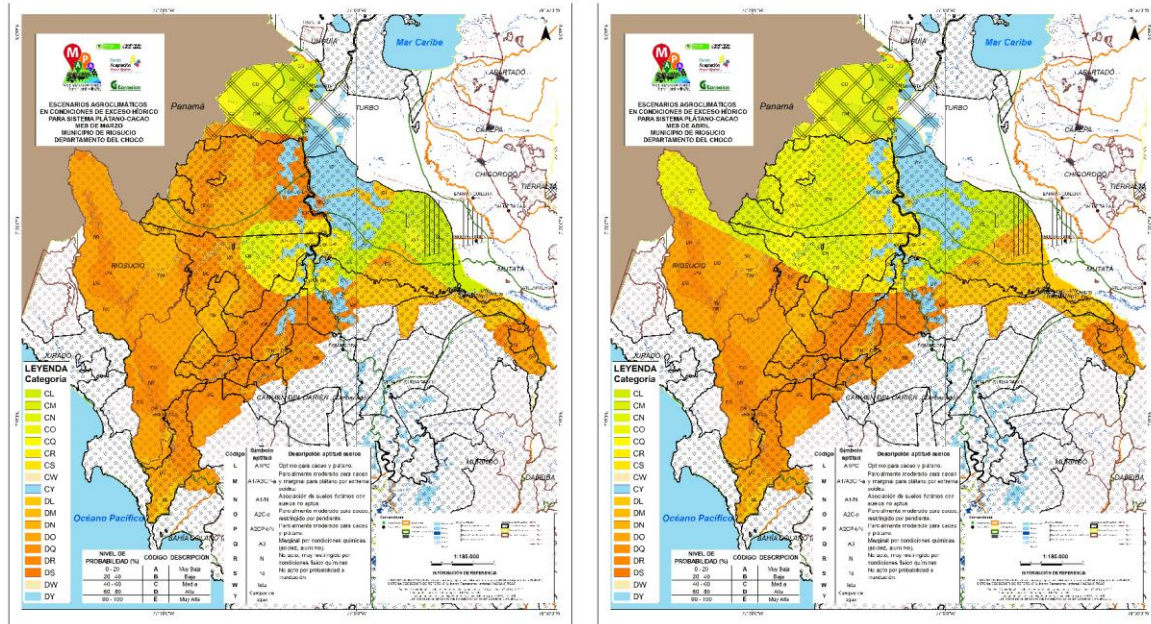
## Febrero





Marzo

Abril



LEYENDA Categoría	Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
CL	L	A1PC	Óptimo para cacao y plátano.
CM	M	A1/A3CP-a	Parcialmente moderado para cacao y marginal para plátano por extrema acidez.
CN	N	A1/N	Asociación de suelos óptimos con suelos no aptos.
CO	O	A2C-p	Parcialmente moderado para cacao, restringido por pendiente.
CQ	P	A2CP-t/N	Parcialmente moderado para cacao y plátano.
CR	Q	A3	Marginal por condiciones químicas (acidez, aluminio).
CS	R	N	No apto, muy restringido por condiciones físico químicas
CW	S	Ni	No apto por probabilidad a inundación.
CY	W	Islas	
DL	Y	Cuerpos de agua	
DM			
DN			
DO			
DQ			
DR			
DS			
DW			
DY			

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

**Figura 5.** Escenarios agroclimáticos mensuales en eventos de exceso hídrico en la ventana de análisis (noviembre - abril) para el cultivo de cacao y plátano en el municipio de Riosucio (Chocó).  
Fuente: Corpoica (2015b)



El análisis agroclimático para el cultivo de cacao en el municipio de Riosucio indica que durante las etapas de floración y fructificación, en la ventana de análisis (noviembre-abril), se presenta una probabilidad media de excesos hídricos (40- 60 %). En esta condición, el área potencialmente utilizable para el sistema cacao es de 28.000 ha en Riosucio (Corpoica, 2015b).

Esta condición hídrica resulta inadecuada para el cultivo de cacao, dado que afecta la fase reproductiva, aumentando la probabilidad de aparición de enfermedades radicales, caída de flores y frutos, disminución en el crecimiento de frutos y en general estrés en las plantas (Corpoica, 2015b).

**Para tener en cuenta:** La probabilidad de ocurrencia de condiciones de exceso hídrico es media a baja. En el mes de enero, para la zona suroccidental del municipio, se tienen probabilidades de entre 60 y 80 % de ocurrencia de condiciones de exceso de humedad en suelos de aptitud marginal para el cacao por factores químicos y en suelos parcialmente aptos por pendiente. Febrero se presenta como el mes más crítico para todo el municipio, con alta probabilidad de excesos de agua. Marzo y abril presentan altas probabilidades de ocurrencia de condiciones restrictivas de humedad en el suelo por exceso para las zonas occidental y suroccidental del municipio.

Así, el trimestre crítico en relación con exceso de humedad es FMA, que coincide con la etapa de desarrollo y formación de frutos, lo cual puede favorecer el ataque de agentes patógenos sobre estos.

Según Corpoica (2015b), el exceso de humedad en el suelo de los cultivos de cacao favorece el desarrollo de enfermedades como:

- La moniliasis del cacao (*Moniliophthora roreri*).
- Escoba de bruja (causada por el hongo *Crinipellis perniciosa*-*Moniliophthora perniciosa* y afecta los tejidos en crecimiento de la planta).
- Mazorca negra (enfermedad causada por el hongo *Phytophthora* sp.; ataca raíces, hojas, tallos, frutos y ramas del cacao; en cacao se han reportado siete especies patógenas: *P. palmivora*, *P. megakarya*, *P. capsici*, *P. citrophthora*, *P. nicotianae* var. *Parasitica*, *P. megasperma* y *P. arecae*.).
- *Ceratocystis* o mal del machete.

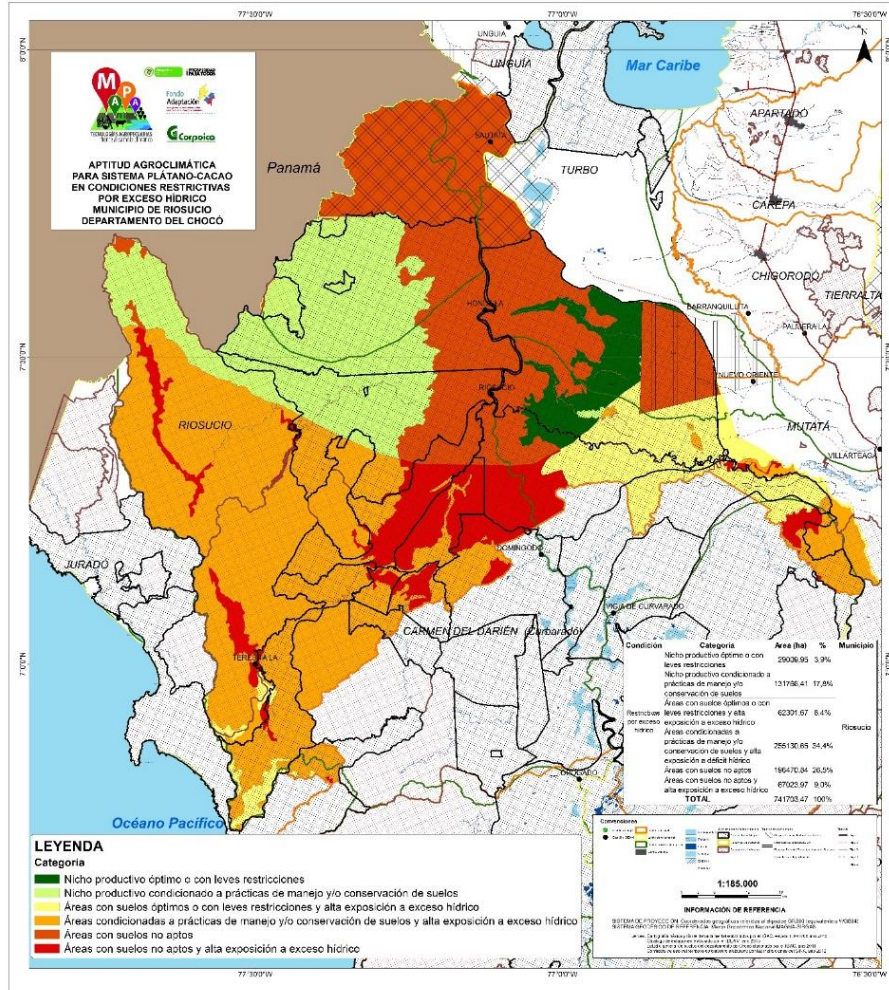


Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad a excesos de agua en el suelo para el sistema productivo en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo con los calendarios fenológicos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

### **Zonas del municipio de Riosucio con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de cacao**

Se presenta el mapa de aptitud agroclimática del municipio de Riosucio para el sistema productivo de cacao (Figura 6). Este mapa integra la exposición a exceso hídrico para el sistema productivo y la aptitud de los suelos.





- Nicho productivo óptimo o con leves restricciones
- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a exceso hídrico
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico
- Áreas con suelos no aptos
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico

**Figura 6.** Mapa de aptitud agroclimática para el sistema productivo de cacao en condiciones restrictivas de humedad en suelo por exceso hídrico en el municipio de Riosucio (Chocó).  
Fuente: Corpoica (2015b).



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

- **Nicho productivo óptimo o con leves restricciones:** esta categoría ocupa 3,9 % (29.000 ha, aproximadamente) del área total del municipio (741.700 ha). Estas áreas presentan suelos con bajas limitaciones y baja exposición a condiciones de exceso hídrico extremo en el suelo para el sistema de cacao.
- **Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos:** esta categoría ocupa 17,8 % (131.800 ha, aproximadamente) del área total del municipio. Estas áreas presentan limitaciones por fuerte acidez y alta saturación de aluminio intercambiable, y pendientes relativamente fuertes, además, baja exposición a condiciones de exceso hídrico en el suelo para el sistema de cacao.
- **Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a exceso hídrico:** esta categoría ocupa 8,4 % (62.300 ha, aproximadamente) del área total del municipio. Pese a las bajas y moderadas limitaciones por suelos hay una probabilidad de hasta el 80 % de excesos hídricos, especialmente en los meses febrero, marzo y abril, época que coincide con el segundo ciclo de las etapas fenológicas mencionadas anteriormente (floración y fructificación). Esta condición hídrica resulta inadecuada para el cultivo de cacao, dado que afecta la fase reproductiva, aumentando la probabilidad de aparición de enfermedades radicales, caída de flores y frutos, disminuyendo en el crecimiento de frutos y, en general, estrés en las plantas.
- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico:** esta categoría ocupa 34,4 % (255.000 ha, aproximadamente) del área total del municipio.
- **Áreas con suelos no aptos:** esta categoría ocupa 26,5 % (196.000 ha, aproximadamente) del área total del municipio. Son áreas restringidas principalmente por suelos muy superficiales y con drenajes muy pobres.



- **Áreas con suelos no aptos y con alta exposición a exceso hídrico:** esta categoría ocupa 9 % (67.000 ha, aproximadamente) del área total del municipio. En estas áreas los suelos están limitados por ser muy superficiales y con drenajes muy pobres, así como por estar asociados a una alta probabilidad de excesos de agua.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Choco) consultar el sistema experto SE – MAPA.

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

**Información agroclimática**<sup>3</sup>: esta información puede emplearse para la toma de decisiones en la planificación agropecuaria, para la identificación de riesgos asociados y para relacionar diferentes sistemas productivos a la climatología de cualquier área, con el fin de mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

**Información agrometeorológica:** esta información puede emplearse para mejorar la toma de decisiones en el manejo de sistemas productivos. La *Guía de Prácticas Agrometeorológicas de la Organización Meteorológica Mundial* (OMM, 2011), indica que la información que debe proporcionarse a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.

<sup>3</sup> En la Cartilla “Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales” (<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.) se podrán encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en los sistemas productivos.

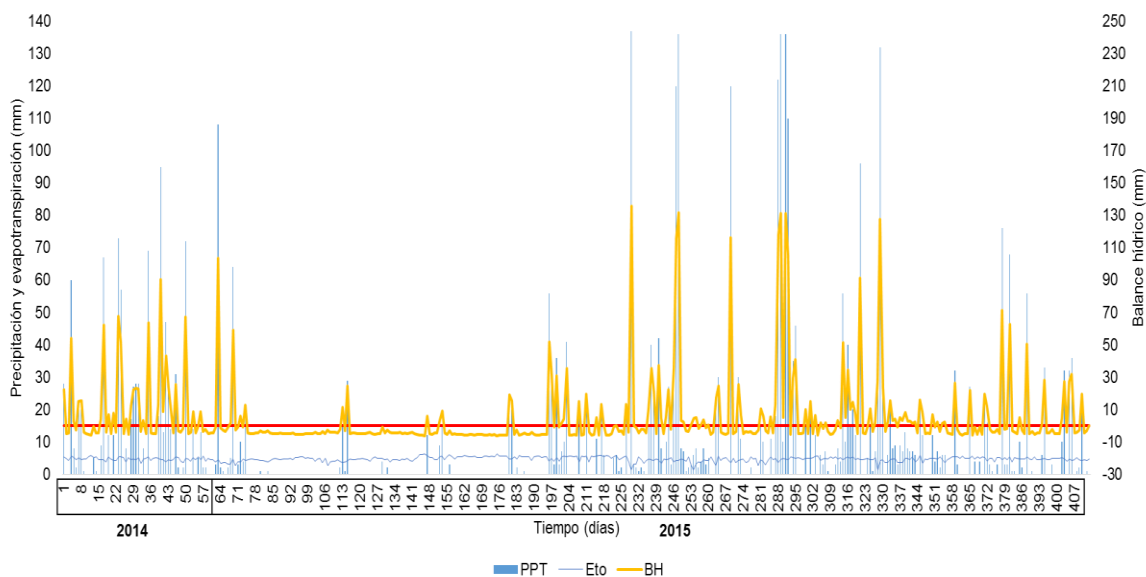


- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento a la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos: seguimiento del desarrollo y crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan el sistema productivo tales como excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos.
- Distribución temporal: periodos de crecimiento, épocas de siembra, cosecha.

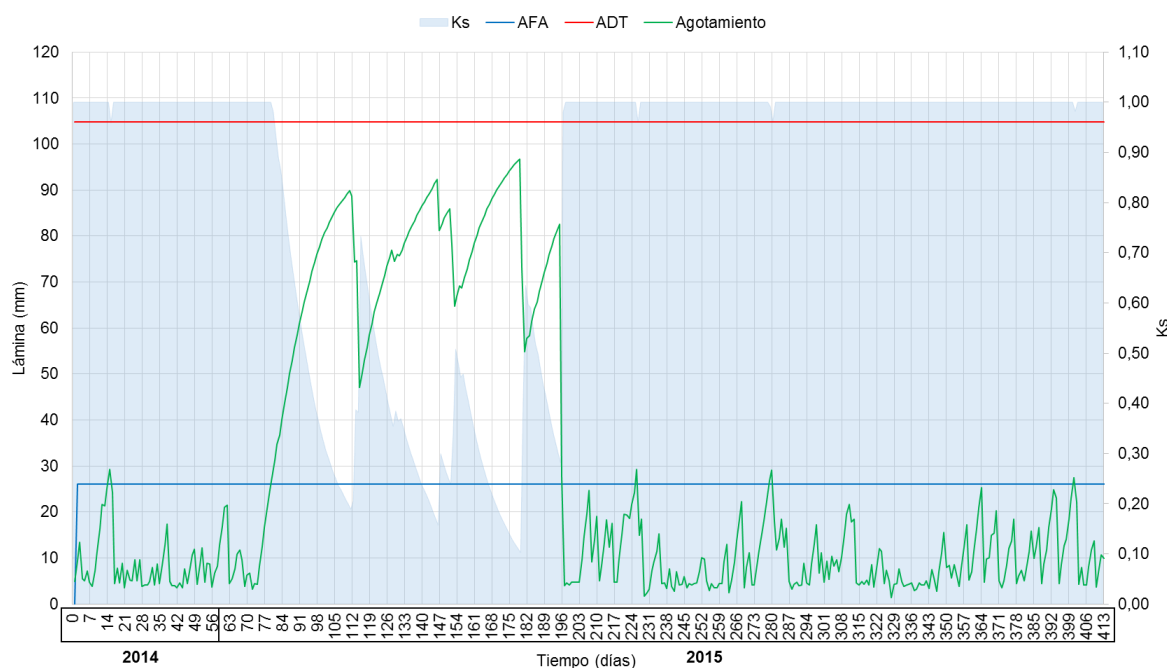
El registro de datos meteorológicos en finca, busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima, media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas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

## Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao ante condiciones de exceso hídrico del suelo en el municipio de Riosucio, Chocó

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas con potencial para mitigar los efectos que el exceso hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas, en la parcela de integración desarrollada por el proyecto MAPA, entre los meses de diciembre de 2014 y septiembre de 2015. El estado del agua en la atmósfera y el suelo se presenta en el balance hídrico atmosférico (figura 7-superior) y el balance hídrico agrícola (figura 7-inferior).







**Figura 7.** Balance hídrico atmosférico (superior) y agrícola (inferior) del sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó) entre los meses de diciembre de 2014 y septiembre de 2015.

Fuente: Corpoica (2015c)

Los meses en los cuales se presentaron condiciones más intensas de exceso hídrico fueron mayo, junio, julio y agosto de 2015, que corresponden al período comprendido entre los días 225 y 330, según lo obtenido mediante el cálculo de balance hídrico atmosférico, como se observa en la figura 7-superior. El balance hídrico agrícola (figura 7- inferior) presenta el comportamiento de la lámina de agua disponible (fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente), el agua fácilmente aprovechable (agua capilar retenida en los poros del suelo) y el agotamiento de agua, relacionado con el consumo del cultivo en la parcela de integración, durante el periodo de evaluación. Durante la mayor parte del tiempo evaluado el parámetro de agotamiento se mantuvo en el rango de agua fácilmente aprovechable, lo cual puede ser un indicativo de exceso hídrico en el suelo. Entre enero y abril de 2015, el agotamiento fue mayor que el agua aprovechable, lo que indica un período de falta de agua en el suelo para el sistema productivo.



Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao en Riosucio (Chocó), ante condiciones de exceso hídrico:

**a. Poda:**

- Consiste en organizar la estructura o arquitectura principal de la planta, para mantener y aumentar la productividad y la calidad de la producción, balanceando el crecimiento vegetativo con el reproductivo. Con esta práctica se agiliza las demás labores culturales, se facilita el manejo de plagas y enfermedades y se disminuyen los costos de producción (ICA, 2012).
- Con la implementación de esta práctica es posible regular el tamaño de la planta y manejar las enfermedades y las plagas limitantes para la producción del cultivo de cacao. La validación de esta práctica en la parcela de integración involucró el ejercicio comparativo entre los efectos de realizarla una y dos veces al año, sobre el estado sanitario y productivo del cultivo (figura 8).
- Se recomienda realizar las podas en temporada seca. Se deben podar con la asesoría de un técnico, las ramas cruzadas y apiñadas, ramas dirigidas hacia abajo o verticalmente hacia arriba, ramas con exceso de dominancia apical, ramas con chupones, ramas que han invadido una planta vecina, ramas que se dirigían hacia el interior de la misma planta, entre otros; para darle al árbol una estructura adecuada, que permita la aireación, luminosidad y el aumento de la productividad (ICA, 2012).



**Figura 8.** Poda de plantas de cacao en la parcela de integración.  
Fuente: Corpoica (2015c).

**b. Manejo Integral de Plagas y Enfermedades (MIPE):**

- Es un enfoque que combina diferentes métodos y diversas prácticas, para manejar las plagas y enfermedades que afectan el cultivo del cacao. Permite consolidar en un sistema de producción agrícola todo su potencial productivo, para obtener el mayor rendimiento, mejor calidad, mayor aceptación en el mercado y la menor pérdida posible por problemas asociados a la presencia de organismos plaga.
- Las principales plagas y enfermedades que afectan al cultivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó) se ven favorecidas por las condiciones climáticas o ambientales, tales como alta humedad relativa, alta precipitación, alta temperatura. El MIPE focalizado en rondas fitosanitarias de recolección de órganos afectados por problemas sanitarios, se implementó para reducir drásticamente el efecto de las siguientes enfermedades en la parcela de integración:

- ✓ Moniliasis (*Moniliophthora roreri*).
  - ✓ Escoba de bruja (*Moniliophthora perniciosa*).
  - ✓ Mazorca negra (*Phytophthora* sp.).
- El MIPE integra prácticas culturales, mecánicas, químicas y biológicas que, de la mano con un seguimiento permanente al cultivo, permiten mantener las plagas y enfermedades que afectan el cultivo de cacao en niveles que no causan daño económico.
  - El MIPE se implementó en la parcela de integración a través de rondas fitosanitarias (figura 9), cada ocho y cada 15 días.



**Figura 9.** Práctica de ronda fitosanitaria en la parcela de integración de cacao en Riosucio (Chocó).  
Fuente: Corpoica (2015c).



## Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

**Las ventajas comparativas se presentan para una condición restrictiva por exceso hídrico en el suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente son un marco general de referencia, validadas en un nicho productivo óptimo y deben ser ajustadas para cada sistema productivo de acuerdo con la aptitud agroclimática del municipio.**

Con base en la información reunida durante el ejercicio de validación de opciones tecnológicas en la parcela de integración, se encontró que producto del buen manejo de podas, se disminuyó la incidencia de moniliasis en 59 % respecto al manejo tradicional (Corpoica 2015c). La integración entre podas y rondas fitosanitarias de recolección de estructuras de la planta afectadas por patógenos disminuyó la incidencia de escoba de bruja en 69 % respecto al manejo tradicional del sistema productivo (Corpoica 2015c). Al comparar el manejo tradicional del productor con la opción tecnológica del Manejo Integral de Plagas y Enfermedades (MIPE) que se validó, se pudo evidenciar que aunque las principales enfermedades del cultivo del cacao en el municipio se ven favorecidas por las condiciones climáticas de altas temperaturas y alta precipitación, se logró disminuir la incidencia de las enfermedades limitantes del sistema productivo.

Con la implementación y validación de la opción tecnológica de la poda, se mejoró la estructura de tal forma que permitiera la penetración de luz y aire, como también, favoreció la inducción floral y la sanidad del árbol y sus frutos, estimulando también la producción de rebrotes y posterior productividad de plantas adultas e improductivas. Se observó que la poda es indispensable para mejorar el tamaño y calidad de la producción y que facilita las prácticas culturales y de cosecha.

En cuanto a los rendimientos obtenidos por planta y por hectárea, se observó que los tratamientos que integran la ronda fitosanitaria semanal exhiben valores mayores para rendimiento, indistintamente de la cantidad de podas que se realice, lo cual podría sugerir que la recolección semanal de órganos afectados ejerce mayor influencia sobre el rendimiento.



En términos generales, la práctica que integra una poda al año y la ronda fitosanitaria semanal, superó notablemente al manejo tradicional, en casi 70 % (Tabla 4). Lo anterior se relaciona con que la realización de una poda al año, en las condiciones de alta precipitación en la zona, disminuye la entrada de agentes patógenos a la planta y, adicionalmente, la ronda fitosanitaria semanal no da oportunidad para la diseminación de patógenos a partir de órganos de la planta afectados.

**Tabla 4.** Rendimiento de los tratamientos evaluados en la parcela de integración de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó).

Tratamiento	Poda de mantenimiento	Ronda fitosanitaria	Rendimiento (kg/planta)	Rendimiento (kg.ha <sup>-1</sup> )
Tratamiento 1	Una (1) poda al año	Semanal	0,71	513
Tratamiento 2	Una (1) poda al año	Quincenal	0,42	304
Tratamiento 3	Dos (2) podas al año	Semanal	0,60	433
Tratamiento 4	Dos (2) podas al año	Quincenal	0,39	281
Tratamiento 5	Manejo tradicional del productor (testigo)		0,41	302

Fuente: Corpoica (2015c).

La implementación oportuna de prácticas de manejo como las rondas fitosanitarias y las podas en el sistema productivo de cacao, reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente a problemas fitosanitarios en condiciones de exceso hídrico.



### **Prácticas adicionales que se pueden implementar dentro del sistema productivo de cacao en Riosucio (Chocó) para reducir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo**

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao en el municipio de Riosucio (Chocó), se pueden desarrollar prácticas culturales y técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial para condiciones de déficit hídrico en el suelo, al igual que para el escenario de exceso de humedad, están contenidas en el sistema experto.

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

#### **Análisis de suelos**

- El análisis de suelos es utilizado principalmente para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo, y así determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo; en consecuencia, proporciona herramientas para determinar la estrategia de acondicionamiento de fertilizantes para satisfacer las demandas nutricionales del sistema productivo.
- La metodología propuesta por Corpoica (2005), para la toma de muestra de suelo, comprende: (1) Toma de submuestras en puntos trazados en zig-zag, que permita cubrir el 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 × 20 cm) a una profundidad de 3 cm, con el fin de eliminar tejidos vegetales, residuos frescos de material orgánico u otro tipo de elementos. (3) Realizar un hueco en forma de “V” del ancho de una pala a una profundidad de 20 a 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, se mezclan y finalmente se selecciona un kilogramo aproximadamente, el cual se debe empacar en una bolsa plástica identificada con el nombre del propietario, el nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de sistema productivo y número del lote.



- Esta muestra debe ser enviada a un laboratorio certificado para realizar el análisis. Algunos laboratorios incluso hacen las recomendaciones de acondicionamiento para el sistema productivo específico.

### **Incorporación de materia orgánica al suelo**

- El uso de los abonos orgánicos tiene su mayor efecto en el corto plazo, en la conservación o mejoramiento de las propiedades biológicas y físicas del suelo (densidad aparente, porosidad, retención de humedad, actividad de micro y mesofauna). El aporte de nutrientes se hace a mediano o largo plazo.
- Se debe analizar la calidad del abono orgánico y su procedencia, para asegurar que se elaboró bajo estándares que garanticen su inocuidad y concentración de nutrimentos.
- Se deben tener en cuenta las recomendaciones del técnico o agrónomo, para la definición del tipo de abono a emplear, sus cantidades y frecuencias con el fin de garantizar que las plantas puedan disponer de los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento, desarrollo y producción.
- En el cultivo de cacao, los residuos vegetales, es decir, los productos de las podas y las cacotas o mazorcas que se obtienen de la cosecha, normalmente se depositan en el suelo, lo cual genera una biomasa que posteriormente se convertirá en materia orgánica; dicho material, con el tiempo se convierte en una capa más gruesa, lo cual contribuye a aumentar la humedad en el suelo, facilitando el desarrollo y proliferación de enfermedades y plagas. Lo recomendable es que dichos residuos, tanto los de las podas como los de las cosechas, sean llevados a un lugar donde se preparará un compost que, posteriormente, se aplique al suelo.

### **Establecimiento de sistemas agroforestales**

- El cacao es un cultivo que normalmente requiere la asociación con otras especies, dado que necesita sombrío, tanto en la fase del establecimiento como durante la fase productiva. Esta condición es favorable para el productor, pues le permite obtener amplios beneficios económicos y ecológicos.





- El sistema agroforestal incluye la asociación de dos o más especies en un área determinada; una característica importante es la ubicación de especies maderables y otras especies vegetales de porte medio y bajo, como cultivos transitorios (por ejemplo: plátano, maíz). Este sistema garantiza interacciones ecológicas y económicas continuas (cobertura del 100 % del área) o zonal (presenta los componentes separados).
- Se debe regular el sombrío con el objeto de hacer aclareos a la plantación, para permitir la entrada de luz y aire, regular la humedad del ambiente y del suelo. Corpoica (2015c) reportó el establecimiento de un sistema agroforestal, es decir, cacao con sombrío transitorio de plátano y sombrío perenne de madera.
- Los modelos de siembra sugeridos incluyen cultivos semestrales: plátano (hartón o dominico hartón), cacao (clones) y especies maderables (guayacán, teca, nogal, acacia, abarco). Las distancias de siembra pueden variar en un arreglo transitorio de  $3 \times 2$  en triángulo, cacao de  $3 \times 3$  en triángulo y maderables de  $15 \times 3$  o  $18 \times 3$  (la orientación de las barreras debe ser siempre de acuerdo con la dirección promedio del viento).

#### **Uso de material vegetal de partida, de buena calidad**

- Según Corpoica (2015c), los materiales o clones establecidos en la parcela de integración presentan un alto grado de susceptibilidad a enfermedades fungosas, tales como la escoba de bruja, monilia y mazorca negra, y los clones que se encuentran en la parcela de integración y que son los más susceptibles a las enfermedades anteriormente mencionadas, en orden descendente, son: ICS-60, CCN-51, TSH-565, ICS-95. Genéticamente los materiales o clones FEC-2, FLE-2 y FSV-41 (Fedecacao, 2012) presentan tolerancia a las enfermedades anteriormente mencionadas, por lo cual, en la parcela de integración se realizaron varios injertos en plantas híbridas, con el fin de evaluar su adaptabilidad a las condiciones climáticas del municipio, su tolerancia a las enfermedades y el rendimiento productivo.

#### **Injertación del cacao**

Ica (2012), reporta algunas recomendaciones importantes para la injertación en el sistema productivo de cacao.

- Con esta práctica se logra que toda la descendencia tenga las mismas características de la planta clonada, es decir, que los hijos sean idénticos a la planta madre.
- Para la conformación de la parte aérea de la planta o copa, se deben usar clones a los cuales se les ha probado su comportamiento en Colombia. La escogencia de dichos materiales debe realizarse siempre con asesoría técnica reconocida.
- En cacao se realizan varios tipos de injerto. Entre ellos, el injerto de parche, usado con frecuencia en vivero; el injerto de aproximación, llamado comúnmente como pechito con pechito, practicado en patrones que han sido sembrados en campo, y el injerto lateral, se hace en leño viejo.
- El injerto en leño grueso es una técnica importante dentro de los programas de rehabilitación y renovación de cacaotales; permite cambiar las copas de árboles no productivos, muy susceptibles a enfermedades o con edades avanzadas.
- Después de ejecutado el injerto, el árbol deberá podarse para incentivar el crecimiento de las yemas implantadas. Se recomienda eliminar el 40% del área foliar, pero conservar un buen número de hojas que garanticen la nutrición del injerto y conserven vivo el tronco. Posteriormente, se elimina otro 40 % y, finalmente, se podará la totalidad del área foliar cuando la nueva copa presente ramas y hojas que puedan alimentar al nuevo árbol.
- En la parcela de integración se tenían establecidos materiales como FEC-2, FLE-2 reportados como resistentes a moniliasis por Martínez (2015) y FSV-41 reportado por Rojas (2013) como de alta producción, injertados sobre patrones como CCN-51, ICS-95, TSH-565, ICS-60 (figura 10).



**Figura 10.** Injertos de aproximación, de los materiales FEC-2, FLE-2 y FSV-41.  
Fuente: Corpoica (2015c).

**Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de cacao en Riosucio (Chocó) consultar el sistema experto (SE) - MAPA.**

Como se expuso en la sección 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los determinantes del riesgo agroclimático. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones 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 de Riosucio, Chocó

#### Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores con características socioeconómicas 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 (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 de las opciones tecnológicas para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad de suelo

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 y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios entonces se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

### **Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de Cacao en Riosucio**

En la tabla 6 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 de sensibilidad y la capacidad adaptativa ante un evento climático de exceso hídrico para cada dominio.

Se puede apreciar que la sensibilidad ante una condición climática de exceso hídrico es media para casi todos los dominios, excepto el dominio cinco, para el cual es baja. Por su parte, la capacidad adaptativa ante este evento climático es alta para los dominios uno y cuatro y media para los dominios dos, tres y cinco.

Finalmente, la última columna de la tabla 6 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de llevar a cabo una poda anual y adelantar la ronda fitosanitaria semanalmente, de acuerdo con las características de los dominios establecidos; como resultado se obtuvo que la implementación tecnológica es financieramente viable para los dominios uno, tres, cuatro y cinco; pero resultó inviable para el dominio dos.



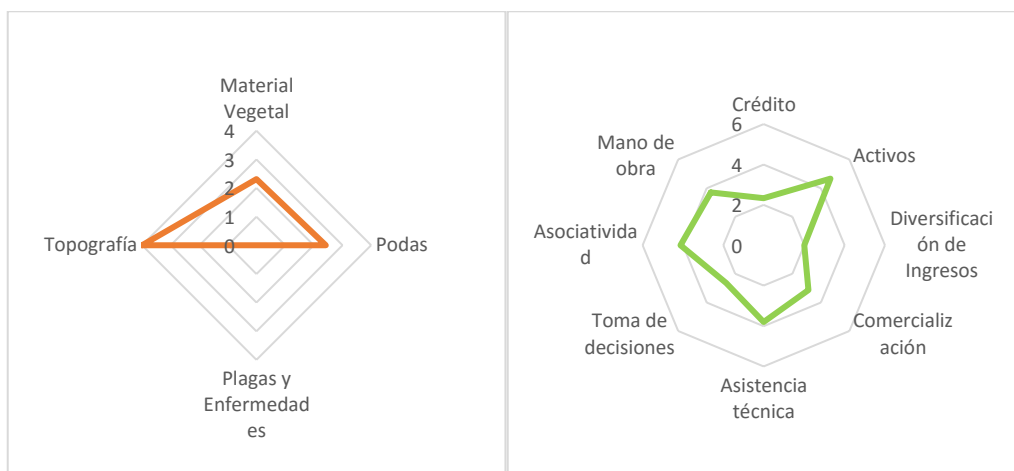
**Tabla 5.** Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de cacao en el municipio de Ríosucio (Chocó).

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de la tecnología
1. Productores con alrededor de 2,5 ha en cacao, alto nivel de activos en animales, acceso a crédito y con menos del 50% de ingresos provenientes de actividad agrícola.	Expuesto	Media	Alta	Viable
2. Productores con alrededor de 2,5 ha en cacao, un bajo (nulo) nivel de activos en animales, acceso a crédito y el 100 % de ingresos provenientes de actividad agrícola.	Expuesto	Media	Media	Inviabile
3. Productores con alrededor de 1,5 ha en cacao, un bajo nivel de activos en animales, sin acceso a crédito y con menos del 50 % de ingresos provenientes de actividad agrícola.	Expuesto	Media	Media	Viable
4. Productores con alrededor de 3 ha en cacao, nivel medio de activos en animales, acceso a crédito y con menos del 25 % de ingresos provenientes de actividad agrícola.	Expuesto	Media	Alta	Viable
5. Productores con alrededor de 4 ha en cacao, bajo nivel de activos en animales, sin acceso a crédito y con más del 50 % de los ingresos provenientes de actividad agrícola.	Expuesto	Baja	Media	Viable

## Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación

### Dominio 1

El dominio de recomendación 1 incluye productores que, debido a las limitantes productivas en la topografía del terreno, presentan una sensibilidad media ante una condición de exceso hídrico. Por otra parte, son productores que tienen diversificación de ingresos, disponen de mano de obra y de asistencia técnica por lo que se encuentran en un grupo con capacidad de adaptación alta ante el mismo evento (figura 11).



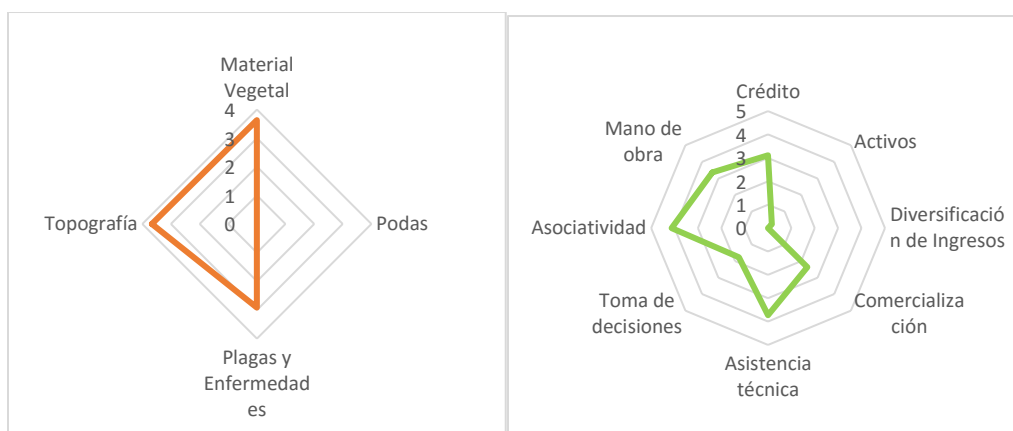
**Figura 11.** Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la implementación tecnológica de incluir una poda al año y hacer ronda fitosanitaria semanal, resulta viable para soportar un evento de exceso hídrico, además resulta sostenible en el tiempo de acuerdo con el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. En caso de ser necesario, al implementar la tecnología se debe hacer uso de crédito para cubrir los costos a invertir, donde se espera que este endeudamiento no supere el 65 % de la inversión.

Adicionalmente, se debe mencionar que de acuerdo con el análisis, la mano de obra familiar disponible por parte los productores de este dominio es suficiente para cubrir la demanda asociada a la implementación tecnológica, en donde se pueden llegar incluso a vender jornales y así aumentar el capital disponible del productor.

## Dominio 2

El dominio de recomendación 2 incluye productores que, debido a las limitantes productivas en la topografía del terreno y el tipo de material vegetal que emplean, presentan una sensibilidad media ante un escenario de exceso hídrico. De la misma forma, son productores que si bien presentan un buen esquema asociativo, debido a la poca diversificación de ingresos y la nula presencia de activos líquidos en animales, se encuentran en un grupo con una capacidad de adaptación media (figura 12).

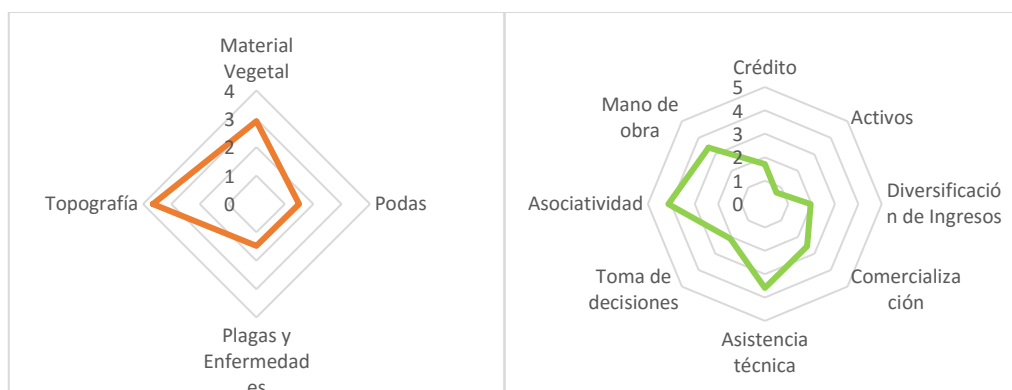


**Figura 12.** Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la implementación tecnológica de incluir una poda al año y hacer ronda fitosanitaria semanal, no resulta viable financieramente para soportar un evento climático de exceso hídrico según el comportamiento del capital financiero asociado. Para estos productores, la implementación de dicha tecnología los someterá a un escenario en el que los gastos que deben cubrir, no lograrán ser satisfechos con los ingresos asociados en el tiempo. No obstante, la tecnología puede resultar útil para disminuir las pérdidas asociadas al evento climático. Por lo cual, los productores de este dominio, en caso de ser necesario, deben hacer uso de crédito para cubrir los gastos que se generen, pero se espera que este endeudamiento sea de alrededor del 90 % de la inversión. La recomendación para este dominio, adicionalmente sugiere que se exploren alternativas de diversificación productiva y de ingresos.

### Domino 3

El dominio de recomendación 3 incluye productores que, debido a las limitantes productivas en la topografía del terreno y al deficiente manejo de plagas y enfermedades que manejan, presentan una sensibilidad media ante un escenario de exceso hídrico. De la misma forma, son productores que si bien presentan un buen esquema asociativo, debido a la poca diversificación de ingresos y la baja disponibilidad de acceso a crédito que presentan, se encuentran en un grupo con una capacidad de adaptación media (figura 13).



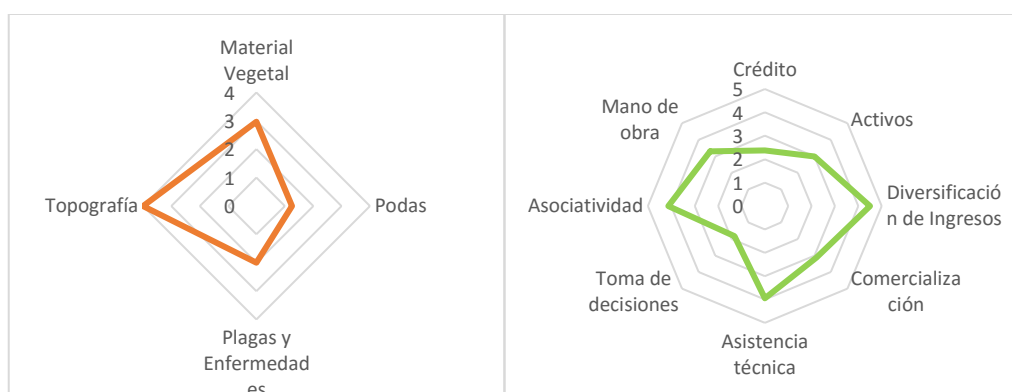
**Figura 13.** Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3.

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la implementación tecnológica de incluir una poda al año y hacer ronda fitosanitaria semanal, resulta viable para soportar una condición de exceso hídrico al mismo tiempo que resulta sostenible en el tiempo según el comportamiento del capital financiero asociado. Pese a que los productores de este dominio no presentan acceso a crédito, esto no resulta una limitante para la implementación tecnológica.

Adicionalmente, se debe mencionar que de acuerdo con el análisis, la mano de obra familiar disponible por parte los productores de este dominio es suficiente para cubrir la demanda asociada a la implementación tecnológica, incluso se pueden llegar a vender jornales y así aumentar el capital disponible del productor.

## Dominio 4

El dominio de recomendación 4 incluye productores que, debido a las limitantes productivas en la topografía del terreno y al uso de material vegetal no adecuado, presentan una sensibilidad media ante un escenario de exceso hídrico. De la misma forma, son productores que presentan un buen esquema asociativo, disponen de asistencia técnica en campo, tienen acceso a crédito y tienen diversificación en sus ingresos, por lo cual se encuentran en un grupo con capacidad de adaptación alta (figura 14).



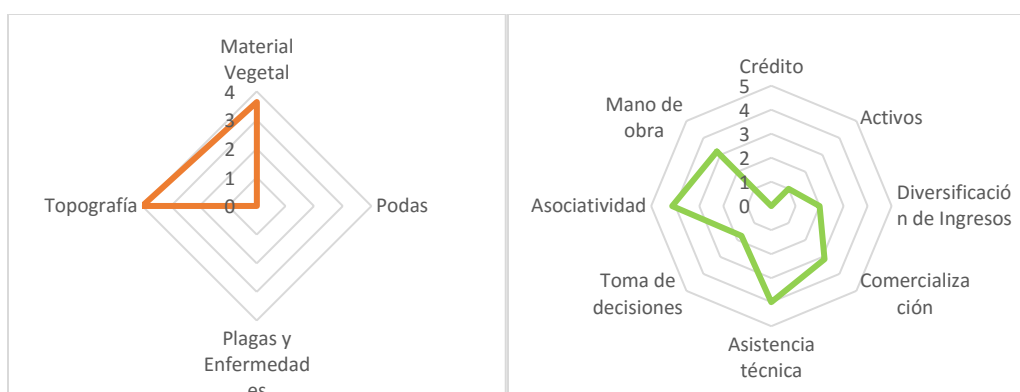
**Figura 14.** Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 4.

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la implementación tecnológica de incluir una poda al año y hacer ronda fitosanitaria semanal, resulta viable para soportar una concisión de exceso hídrico, además resulta sostenible en el tiempo de acuerdo con el comportamiento del capital financiero asociado. En este caso se espera que al implementar la tecnología, se haga uso de crédito para cubrir la totalidad de los gastos.

Adicionalmente, se debe mencionar que de acuerdo con el análisis, la mano de obra familiar disponible por parte de los productores de este dominio es suficiente para cubrir la demanda asociada a la implementación tecnológica; incluso pueden llegar a vender jornales y así aumentar el capital disponible del productor.

## Dominio 5

El dominio de recomendación 5 incluye productores que, debido a las limitantes productivas en la topografía del terreno, el uso de material vegetal no adecuado, pero con un manejo adecuado de podas en la producción, presentan una sensibilidad baja ante un escenario de exceso hídrico. De la misma forma, son productores que debido a que presentan un buen esquema asociativo y a que disponen de asistencia técnica en campo, se encuentran en un grupo con una capacidad de adaptación alta (figura 15).



**Figura 15.** Indicadores de Sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 5.

De acuerdo con el análisis socioeconómico, la implementación tecnológica de incluir una poda al año y hacer ronda fitosanitaria semanal, resulta viable para soportar una condición de exceso hídrico, además resulta sostenible en el tiempo de acuerdo con el comportamiento del capital financiero asociado. Pese a que los productores de este dominio no presentan acceso a crédito, esto no resulta una limitante para la implementación tecnológica.

Adicionalmente, se debe mencionar que de acuerdo con el análisis, la mano de obra familiar disponible por parte los productores de este dominio es suficiente para cubrir la demanda asociada a la implementación tecnológica, incluso pueden llegar a vender jornales y así aumentar el capital disponible del productor.





## REFERENCIAS

- Corpoica. (2005). Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En: Manual técnico. Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de 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. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. Departamento del Chocó.
- Corpoica. (2015b). Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para plátano (Acandí y Unguía), Cacao - Plátano (Rio Sucio y Carmen del Darién) y chontaduro, (Tadó). Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático. Departamento del Chocó.
- Corpoica. (2015c). Informe final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Cacao Municipio de Riosucio, Departamento de Chocó. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático. Departamento del Chocó.
- Corpoica-CIAT. (2015). Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Antioquia y Chocó en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y el CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No. 002-2013.
- Fedecacao (2012). Manual de cultivo de cacao. Revista de la Federación Nacional de Cacaoteros, 2012 5(14), 1-22.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2012). Manejo fitosanitario del cultivo del cacao (*Theobroma cacao* L.) Medidas para la temporada invernal. Bogotá: Produmedios.
- IPCC. (2012). Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.



- Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Martínez, D. (2015). Caracterización de cultivares de cacao (*Theobroma cacao* L.) por su respuesta de defensa a *Moniliophthora roreri* y su polimorfismo de SSRs. (Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias, Bogotá).
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of commerce. Research paper 45. p. 58.
- Rojas, J. (2013). Situación mundial y nacional de la cacaocultura. Bogotá: Federación Nacional de Cacaoteros.



**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>