



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

Municipio de Ataco
Departamento de Tolima



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Octubre de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
Martha Marina Bolaños Benavides	IPD componente 2 e IP producto 6
Gina Carolina Bandera	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Julián David Gómez Castillo	Profesional de apoyo a la investigación
Juan José Rivera Varón	Investigador máster
Jorge Orlando Acosta Buitrago	Investigador máster
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



AGRADECIMIENTOS

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

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

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Nataima 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

Introducción	1
Objetivos.....	2
Identificación del riesgo agroclimático del sistema productivo.....	3
Sección 1: factores que definen el riesgo agroclimático.....	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ataco	4
. Precipitación	5
. Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos de <i>El Niño</i> o <i>La Niña</i>	6
. Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas	8
Exposición del sistema productivo del cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ataco.....	9
Zonas de Ataco con mayor y menor riesgo de pérdida productiva del sistema productivo del cacao	16
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	19
Ventajas comparativas de estos materiales vegetales en condiciones de déficit hídrico	25



Otras prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo del cacao en Ataco para disminuir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo	28
Sección 3: implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de cacao de Ataco.....	35
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del cacao en Ataco.....	36
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación	37
Dominio 2.....	39
Dominio 3.....	40
Dominio 4.....	42
Referencias	44

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático del sistema productivo del cacao en Ataco (Tolima).	3
Figura 2. Variables biofísicas: paisajes (izquierda), subzonas hidrográficas (centro) y altitud (derecha) en Ataco (Tolima).	5
Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio en Ataco, en el periodo 1980-2011.	6
Figura 4. Aptitud de los suelos para el sistema productivo del cacao en Ataco.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo del cacao en Ataco, bajo condiciones restrictivas de humedad por déficit hídrico, en la ventana de análisis diciembre-noviembre.	15
Figura 6. Aptitud agroclimática de Ataco para el cultivo del cacao bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico.	17
Figura 7. Balance hídrico del sistema productivo del cacao en Ataco entre los meses de marzo del 2015 y mayo del 2016.	20
Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo del cacao en Ataco, entre los meses de marzo del 2015 y mayo del 2016.	21
Figura 9. Instalación del sistema de riego por goteo: A. Tanque de reserva del agua de 25.000 litros. B. Módulo con filtro de discos. C. Ubicación de goteros/árbol. D. Funcionamiento del riego.	22
Figura 10. Eliminación de mazorcas contaminadas por Monilia en estado de esporulación. A, B y C. Proceso del corte y embolsado de mazorcas con esporas de Monilia. D. Fruto	

contaminado en bolsa de papel con cal. E. Eliminación de material contaminado. F. Cubrimiento con hojarasca..... 23

Figura 11. Proceso de manejo cultural de Escoba de bruja: A. Escoba de bruja en cojín floral, en estado avanzado. B. Corte de la Escoba de bruja hasta encontrar tejido aparentemente sano. C. Aplicación de cicatrizante en el tejido expuesto por la cirugía. D. Eliminación en baldes plásticos con cal. E. Eliminación de material contaminado en calicata. F. Adición de cal al material contaminado. 24

Figura 12. Producción de flores mensual antes y después de la implementación de riego por goteo en la parcela de integración de cacao en Ataco. 26

Figura 13. Producción de frutos mensual antes y después de la implementación de riego por goteo en la parcela de integración de cacao en Ataco. 27

Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del domino de recomendación uno..... 38

Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del domino de recomendación dos. 40

Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del domino de recomendación tres..... 41

Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del domino de recomendación cuatro. 42

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ataco durante los eventos de <i>El Niño</i> en el periodo 1982-2011	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ataco durante los eventos de <i>La Niña</i> en el periodo 1980-2011	8
Tabla 3. Ventanas temporales de análisis para el sistema productivo del cacao en Ataco bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.....	16
Tabla 4. Incidencia de las enfermedades evaluadas en la parcela de integración del cacao en Ataco.....	28
Tabla 5. Insumos utilizados para realizar el preabonado y la fertilización/aplicación	29
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación del sistema productivo del cacao en Ataco.....	37



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 plazos. 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 de Tolima fue priorizado, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de cacao en el municipio de Ataco.

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 de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Ataco, en el departamento de Tolima.



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 Ataco (Tolima), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Presentar información agroclimática del municipio de Ataco (Tolima) para la toma de decisiones en el sistema productivo de cacao en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Ataco (Tolima).
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de cacao en el municipio de Ataco (Tolima).

Identificación del 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 reducir 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.

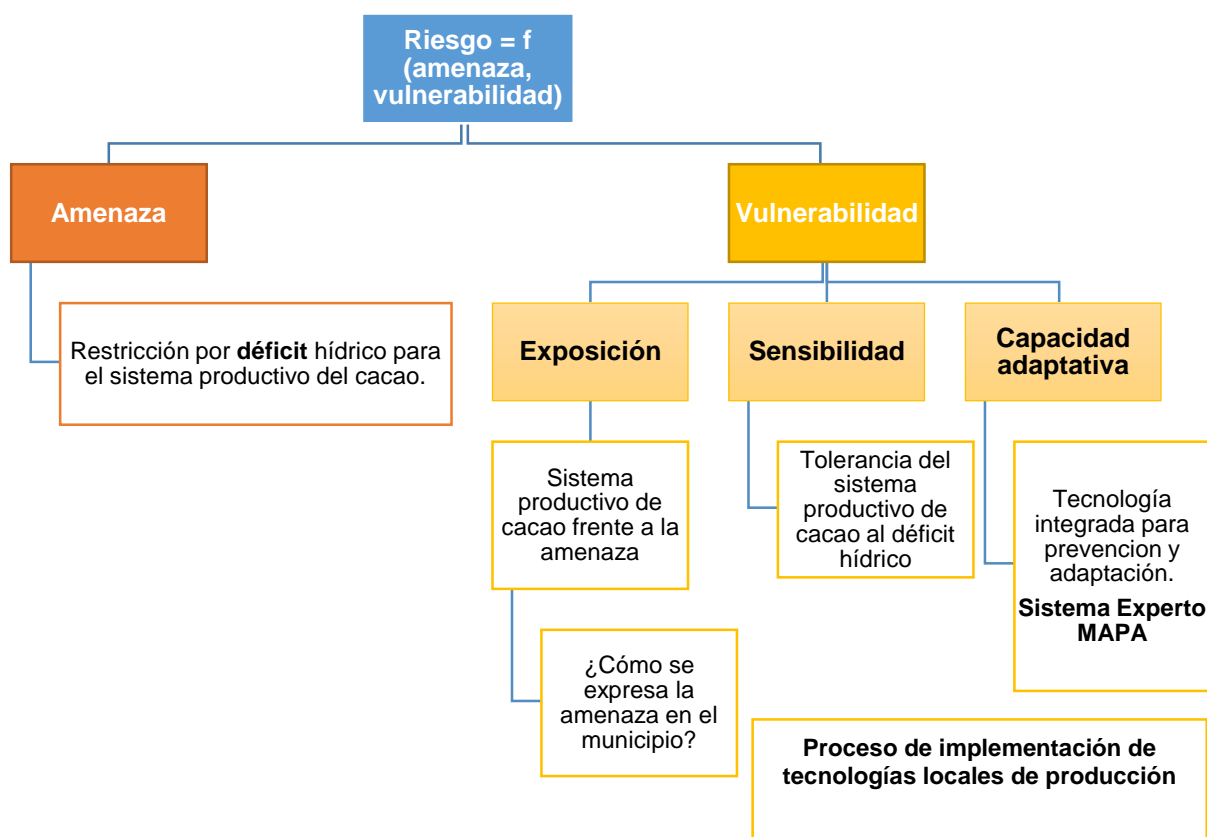


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de cacao en el municipio de Ataco (Tolima).



Sección 1: factores que definen el riesgo agroclimático

A escala departamental es necesario reconocer las amenazas derivadas de la variabilidad climática presente en el departamento, las cuales están dadas por la ubicación geográfica, las 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, 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 el riesgo agroclimático a escala departamental y municipal, consultar el Sistema Experto (SE)-MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ataco

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

Ataco se encuentra influenciado por cinco subzonas hidrográficas: el río Aipe, el río Chenche y otros que desembocan directos al río Magdalena, el alto Saldaña, el medio Saldaña, el bajo Saldaña y el río Ata (Corpoica, 2015a). El municipio tiene una alta susceptibilidad territorial a deslizamientos, debido a que predominan paisajes montañosos (92.575 ha) y, en menor medida, piedemonte (8214 ha) y valle (606 ha); esta característica también dificulta la mecanización, el manejo técnico del cultivo y la cosecha. En estas condiciones,

se requiere un enfoque integral de manejo de predios y lotes. Otro de los aspectos a tener en cuenta es el amplio rango altitudinal del municipio (de 500 a 2500 msnm), razón por la cual existen diferentes pisos térmicos; esto incrementa el riesgo agroclimático, debido su relación directa con la variación de la temperatura (figura 2).

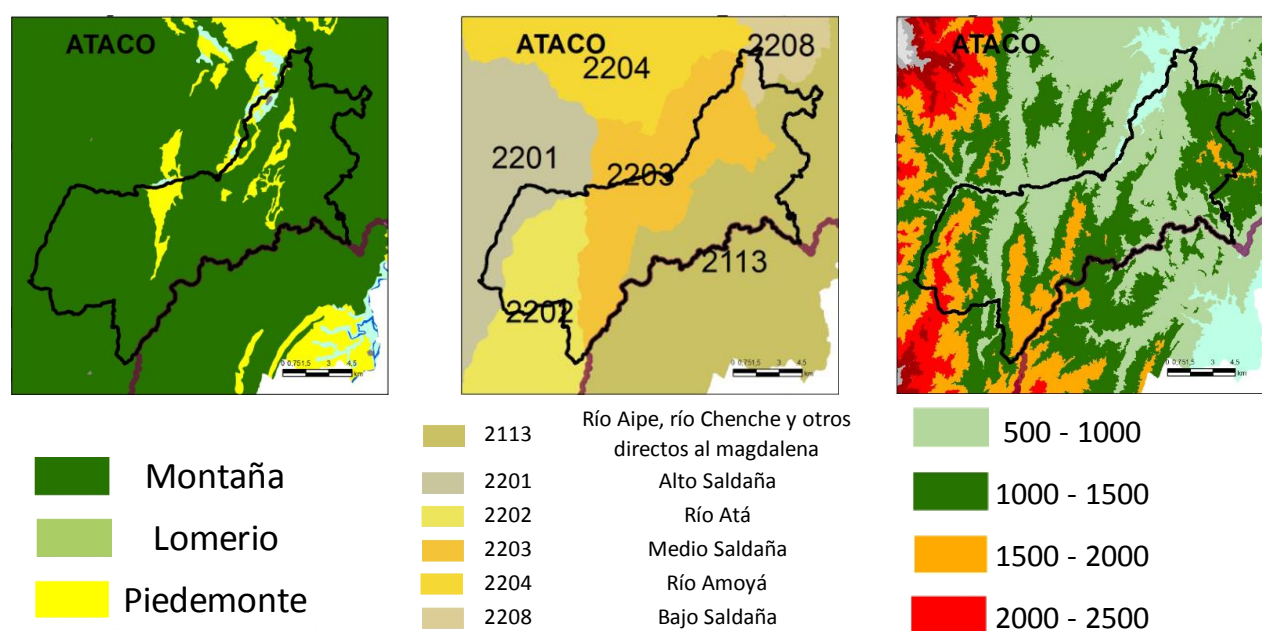


Figura 2. Variables biofísicas: paisajes (izquierda), subzonas hidrográficas (centro) y altitud (derecha) en Ataco (Tolima). Fuente: Corpoica (2015a).

El siguiente punto que se debe analizar es la disponibilidad de las series climáticas (1980-2011), con las cuales es posible observar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente fenómenos asociados a variabilidad climática. En la información empleada para el análisis climático de Ataco se destacan:

✓ Precipitación

La Figura 3 muestra la dinámica de la precipitación en Ataco. La línea verde representa la precipitación promedio, y las barras rojas y azules, la precipitación durante eventos de variabilidad asociadas a El Niño-Oscilación del Sur (ENOS): *El Niño* (1992) y *La Niña* (2011) (Corpoica, 2015a).

En condiciones normales, las lluvias anuales promedio presentan dos picos máximos en los meses de abril y noviembre, con una temporada seca durante los meses de junio, julio y agosto; y una temporada de transición entre diciembre y febrero. Durante eventos *El Niño* se observa una reducción de la precipitación, principalmente en el primer semestre del año, lo cual afecta principalmente el pico de lluvias que se espera para esta temporada. *El Niño* presenta variaciones en cada evento, por lo cual el periodo crítico puede ser mayor si el fenómeno de variabilidad se extiende por varios meses o si se intensifica en los meses de precipitaciones bajas.

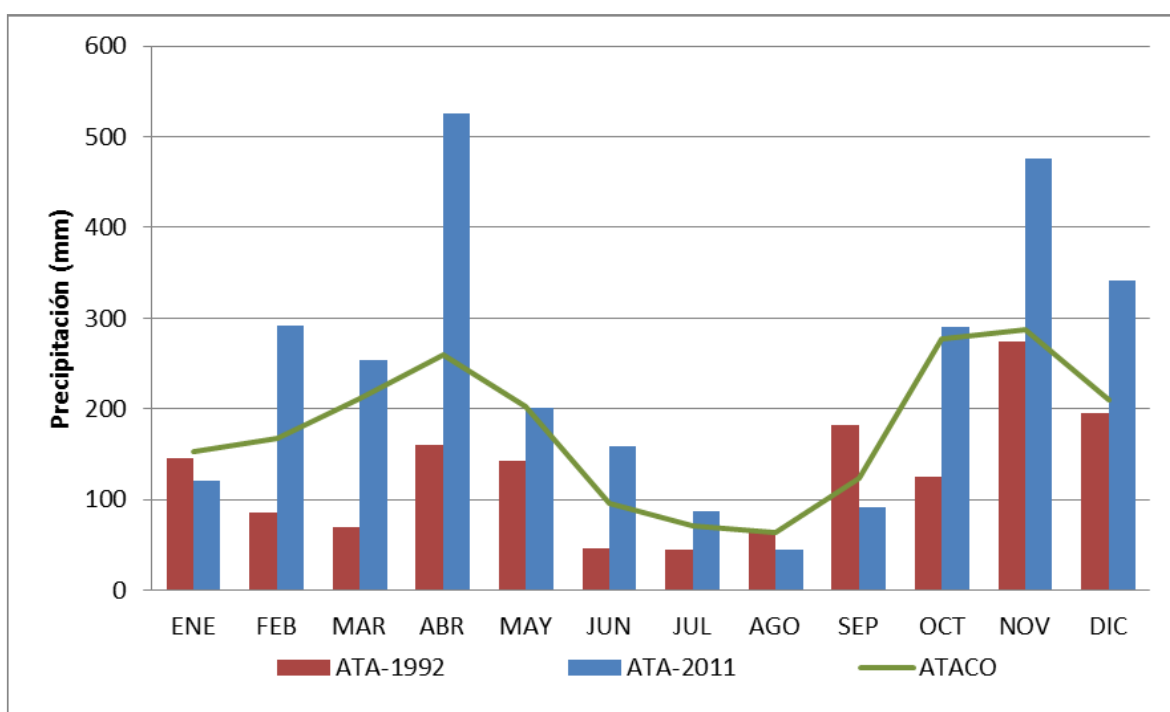


Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio en Ataco, en el periodo 1980-2011. Fuente: Fuente: Corpoica (2015a).

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o *La Niña*

Permite determinar la intensidad y la duración de un fenómeno de variabilidad climática como *El Niño* o *La Niña*. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- El valor de la anomalía en porcentaje, que indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.

- El valor del Índice Oceánico El Niño¹ (ONI), que 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. Se calculan 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 asociados a ENOS durante los últimos 32 años en Ataco, información que resulta útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de este fenómeno.

Se observa que, durante eventos de El Niño, en Ataco las precipitaciones se pueden reducir entre un 2 % y un 31 %, con valores ONI entre 1,1 y 2,5. Las anomalías de lluvias más intensas se presentaron en el periodo comprendido entre mayo de 1994 y marzo de 1995, con una reducción del 25 %. En Ataco se presentaron aumentos de las lluvias de 3 % en el evento de *El Niño* de 2004-2005 (tabla 1).

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ataco durante los eventos de El Niño en el periodo 1982-2011

Inicio	May. 82	Ago. 86	May. 91	May. 94	May. 97	May. 02	Jun. 04	Ago. 06	Jul. 09
Fin	Jun. 83	Feb. 88	Jun. 92	Mar. 95	May. 98	Mar. 03	Feb. 05	Ene. 07	Abr. 10
Duración	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máx. ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-9 %	-13 %	-25 %	-31 %	-30 %	-8 %	3 %	-2 %	-11 %

Fuente: Fuente: Corpoica (2015a).

¹ Cuando la variación supera el valor 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 en forma consecutiva en cinco meses, es un evento de *La Niña*. Este índice, que permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona, puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: <http://bit.ly/2aZwnuq>

De la misma forma, en la tabla 2 se observa que, durante el fenómeno de *La Niña*, las precipitaciones pueden aumentar desde un 4 % hasta un 52 %, siendo este último el mayor aumento registrado en la precipitación del municipio (de julio del 2010 a abril del 2011), con un valor ONI de -1,4.

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

Inicio	Oct. 84	May. 88	Sep. 95	Jul. 98	Oct. 00	Sep. 07	Jul. 10
Fin	Sep. 85	May. 89	Mar. 96	Jun. 00	Feb. 01	May. 08	Abr. 11
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mín.ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-8 %	-3 %	4 %	17 %	-27 %	30 %	52 %

Fuente: Fuente: Corpoica (2015a).

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

✓ **Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas**

Con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico en eventos de *La Niña*, la susceptibilidad a déficit hídrico en eventos *El Niño*, las áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) y cuerpos de agua que se contraen en eventos de reducción de lluvias.

Para mayor información sobre la susceptibilidad de Ataco a amenazas climáticas, consultar el SE-MAPA.



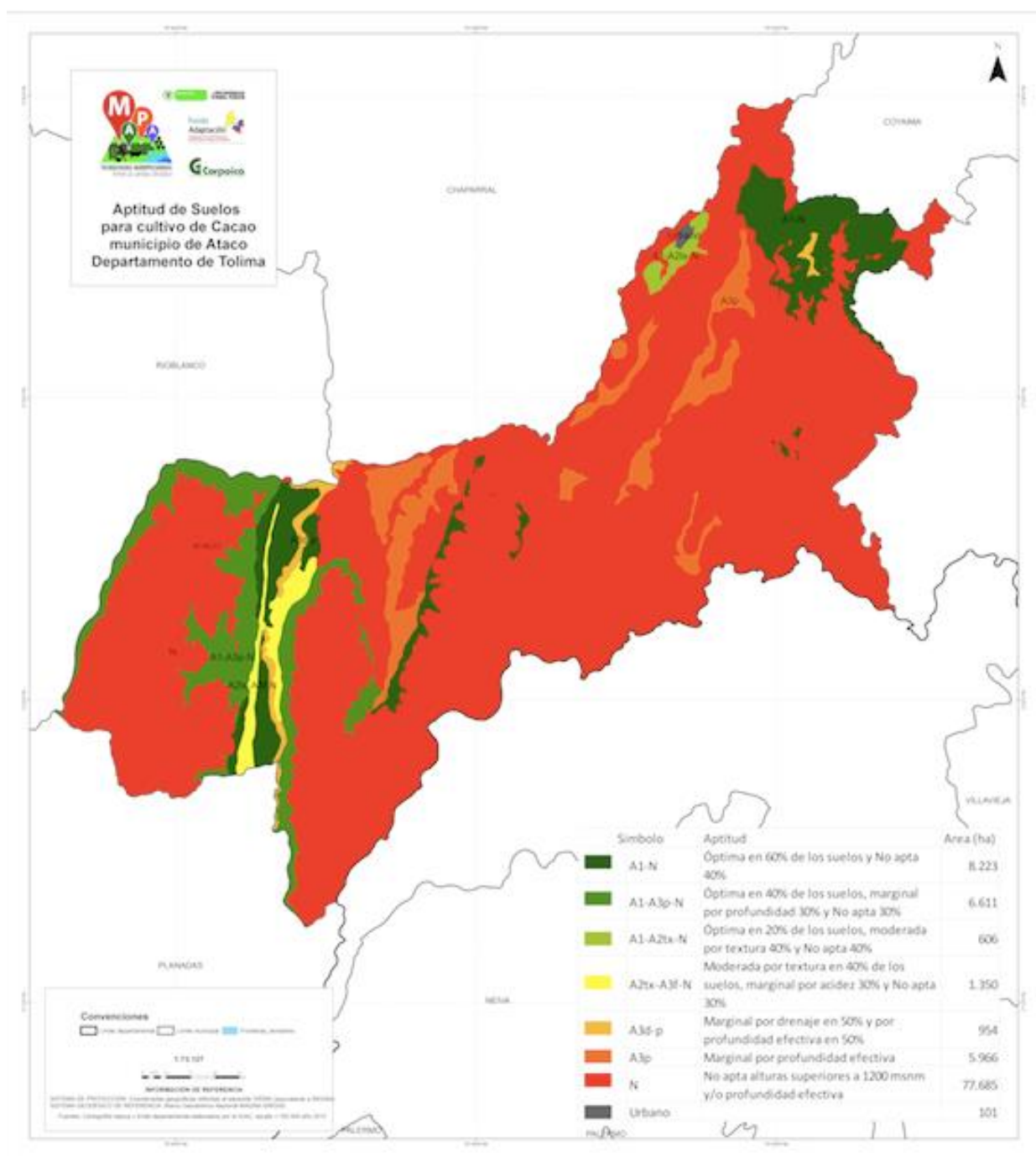
Exposición del sistema productivo del cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ataco

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por el suelo y por la variabilidad climática, exposición que varía en el tiempo y de acuerdo con su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición se deben identificar:

- a. **Las limitaciones de los suelos en el municipio:** en el mapa de aptitud de suelos (Figura 4 [1:100.000]) hay que tener en cuenta que algunas limitaciones pueden mejorarse, como las propiedades químicas del suelo (con aplicación de enmiendas y fertilizantes), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas).

Ataco presenta 15.440 ha con aptitud óptima para el establecimiento del cacao, sin restricciones a esta escala (15,22 % del municipio: A1-N, A1-A3p-Ny A1-A2tx-N). Adicionalmente, unas 606 ha presentan aptitud moderada por condiciones de textura (0,59 %). Las zonas con mejores suelos para el establecimiento del cacao se localizan al nororiente y al occidente del municipio (figura 5).

Se debe tener en cuenta que la mayor parte del municipio no es apta para este cultivo (77.685 ha, 76,59 %) por presentar alturas superiores a 1200 msnm y una profundidad efectiva, principalmente. Un 6,85 % está clasificado con aptitud marginal por alguna de las siguientes limitantes: pendiente, profundidad efectiva y drenaje. La pendiente y la profundidad no restringen totalmente el uso para el cacao, pero implican que una mejor opción para el uso de estos suelos sea bajo sistemas mixtos y no exclusivamente del monocultivo del cacao (figura 5).










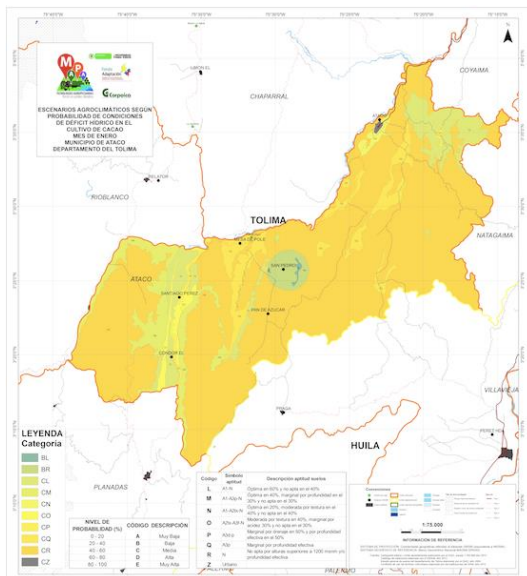
Símbolo	Aptitud		Área (ha)
	A1-N	Óptimos en 60 % de los suelos y no apta en el 40 %.	8223
	A1-A3p-N	Óptima en el 40 % de los suelos, marginal por profundidad en el 30 % y no apta en el 40 %.	6611
	A1-A2tx-N	Óptima en el 20 % de los suelos, moderada por textura en el 40 % y no apta en el 40 %.	606
	A2tx-A3f-N	Moderada por textura en el 40 % de los suelos, marginal por acidez en el 30 % y no apta en el 30%.	1350
	A3d-p	Marginal por drenaje en el 50 % y por profundidad efectiva en el otro 50 %.	954
	A3p	Marginal por profundidad efectiva.	5996
	N	No apta por alturas superficiales a 1200 msnm y/o profundidad efectiva.	77.685
Total general			101.425

Figura 4. Aptitud de los suelos para el sistema productivo del cacao en Ataco.

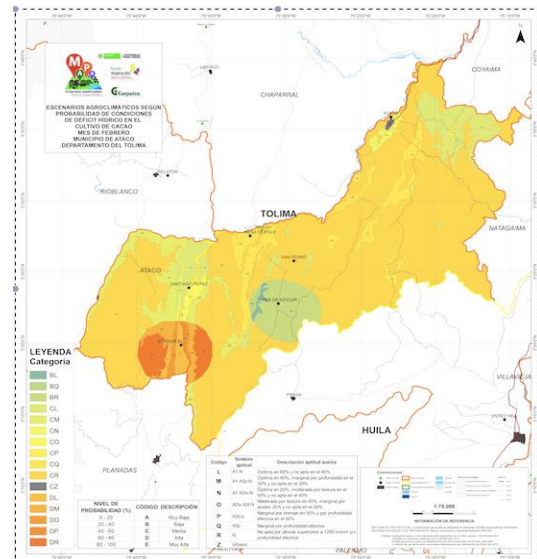
- b. En los mapas de escenarios agroclimáticos (Corpoica, 2015b), ver las probabilidades de déficit hídrico del suelo para el sistema productivo según los meses y etapa fenológica de referencia (tabla 3), registradas de acuerdo con el cálculo del índice de severidad de sequía Palmer² (Palmer, 1965). En la figura 5 se presenta la probabilidad de ocurrencia de déficit: media (tonos amarillos, 40-60 %), alta (tonos naranjas claro, 60-80 %) y muy alta (tonos naranja oscuro, 80-100 %), en los meses correspondientes a la ventana de análisis de referencia:

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

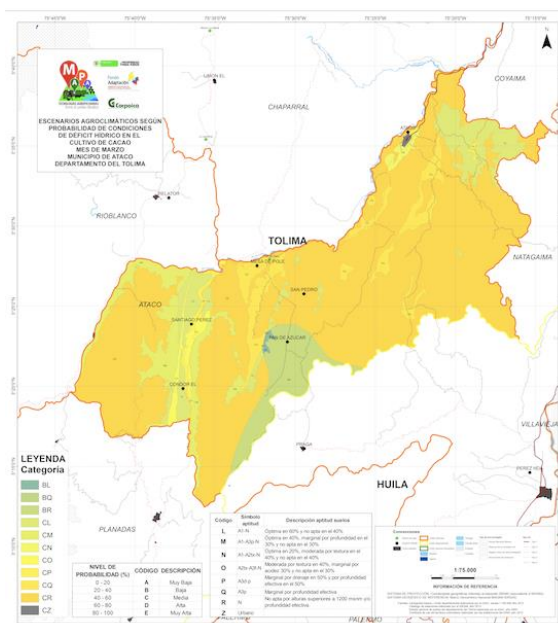
Enero



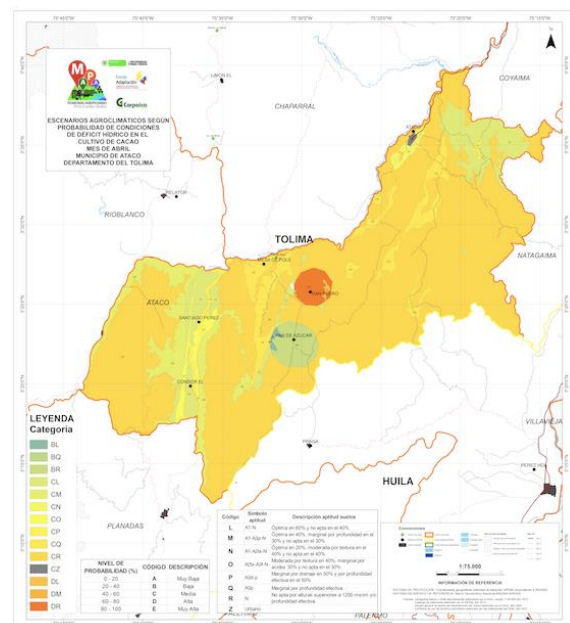
Febrero



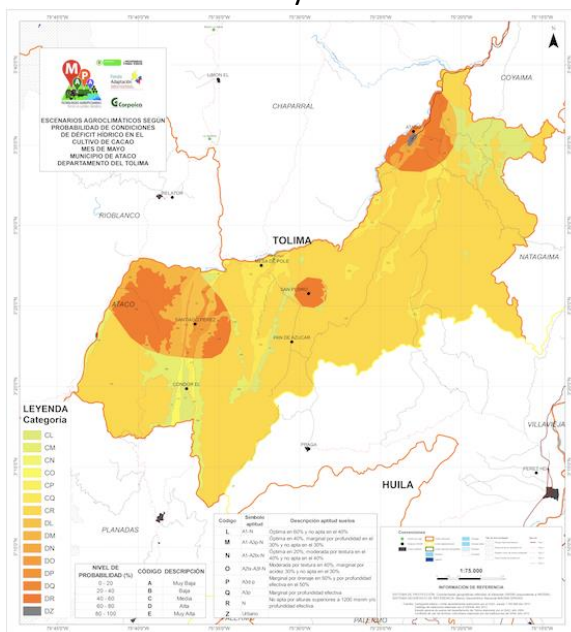
Marzo



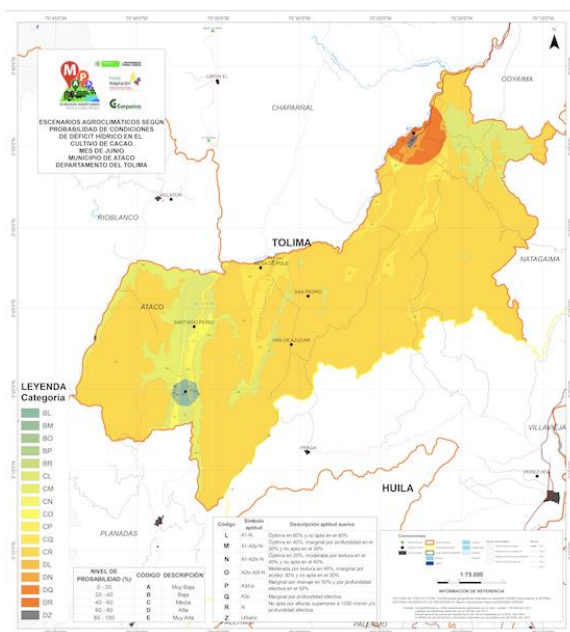
Abril



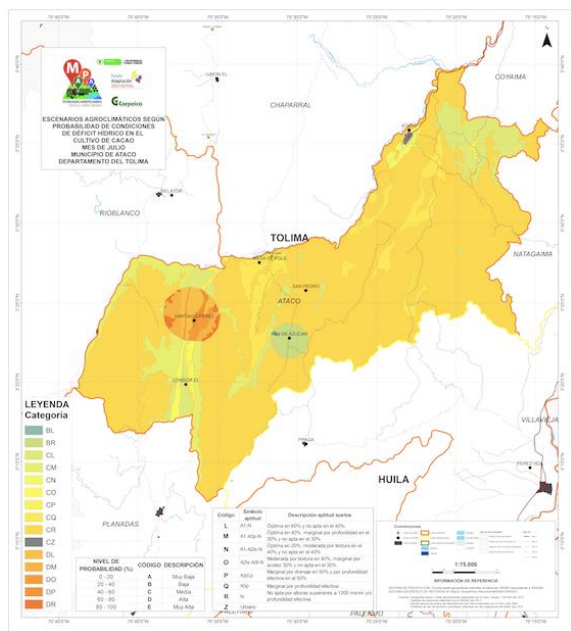
Mayo



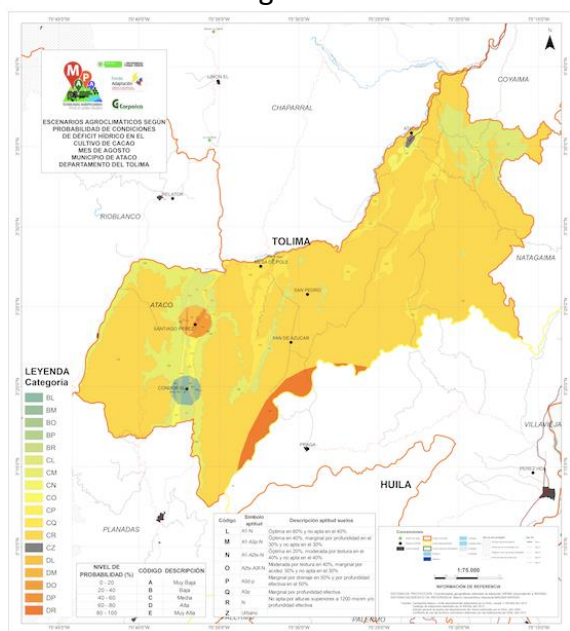
Junio



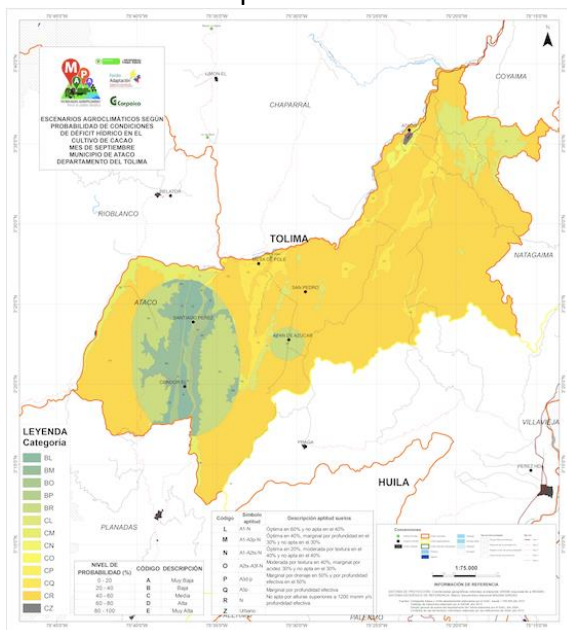
Julio



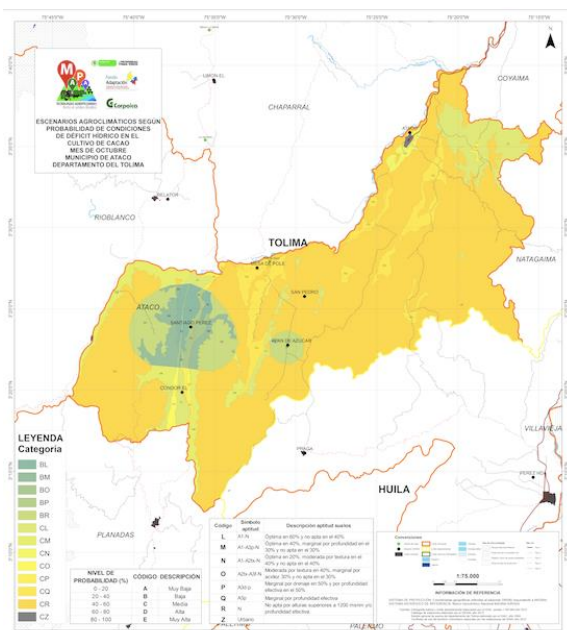
Agosto



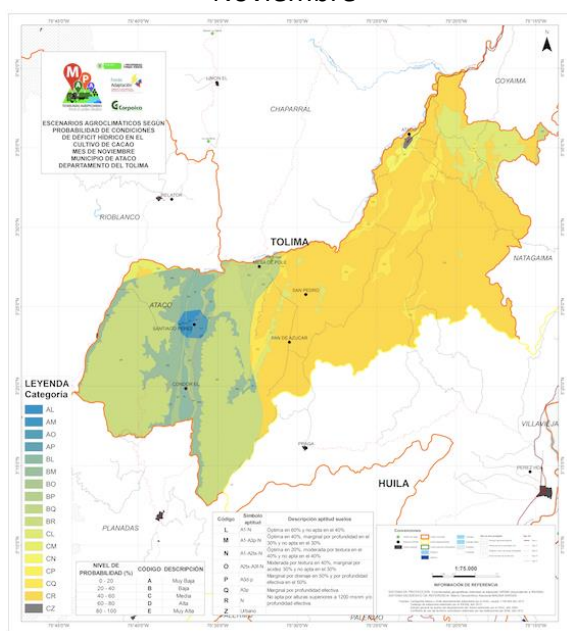
Septiembre



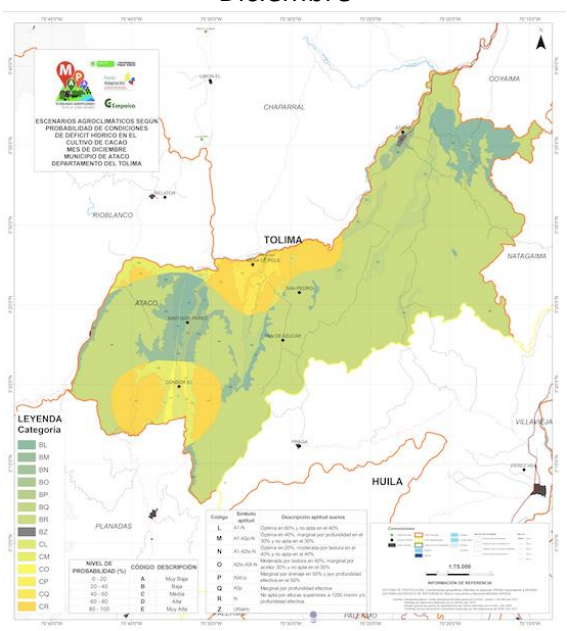
Octubre



Noviembre



Diciembre



LEYENDA Categoría

AL	CL
AM	CM
AO	CO
AP	CP
BL	CQ
BM	CR
BN	CZ
BO	DL
BP	DM
BQ	DO
BR	DP
BZ	DR

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

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1-N	Óptima en 60% y no apta en el 40%
M	A1-A3p-N	Óptima en 40%, marginal por profundidad en el 30% y no apta en el 30%
N	A1-A2tx-N	Óptima en 20%, moderada por textura en el 40% y no apta en el 40%
O	A2tx-A3f-N	Moderada por textura en 40%, marginal por acidez 30% y no apta en el 30%
P	A3d-p	Marginal por drenaje en 50% y por profundidad efectiva en el 50%
Q	A3p	Marginal por profundidad efectiva
R	N	No apta por alturas superiores a 1200 msnm y/o profundidad efectiva.
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo del cacao en Ataco, bajo condiciones restrictivas de humedad por déficit hídrico, en la ventana de análisis diciembre-noviembre. Fuente: Corpoica (2015b).

Debe tenerse en cuenta que el déficit hídrico en el suelo tienen un mayor impacto en ciertas etapas de desarrollo del sistema productivo del cacao, como la formación floral y el llenado del fruto (Corpoica, 2015b); aunque los problemas de enfermedades disminuyen bajo esta condición, algunos de estos problemas sanitarios pueden persistir durante períodos restringidos por humedad, cuando los controles no se realizan en los momentos oportunos, particularmente, Escoba de bruja. Todos los meses del año, excepto diciembre, tiene una probabilidad media de déficit hídrico y, a nivel municipal, considerando que el mayor grado de probabilidad de ocurrencia de déficit se expresa en partes específicas del territorio, es importante saber en qué época y en qué sectores del municipio es más probable que esta condición restrictiva ocurra.

Tabla 3. Ventanas temporales de análisis para el sistema productivo del cacao en Ataco bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico

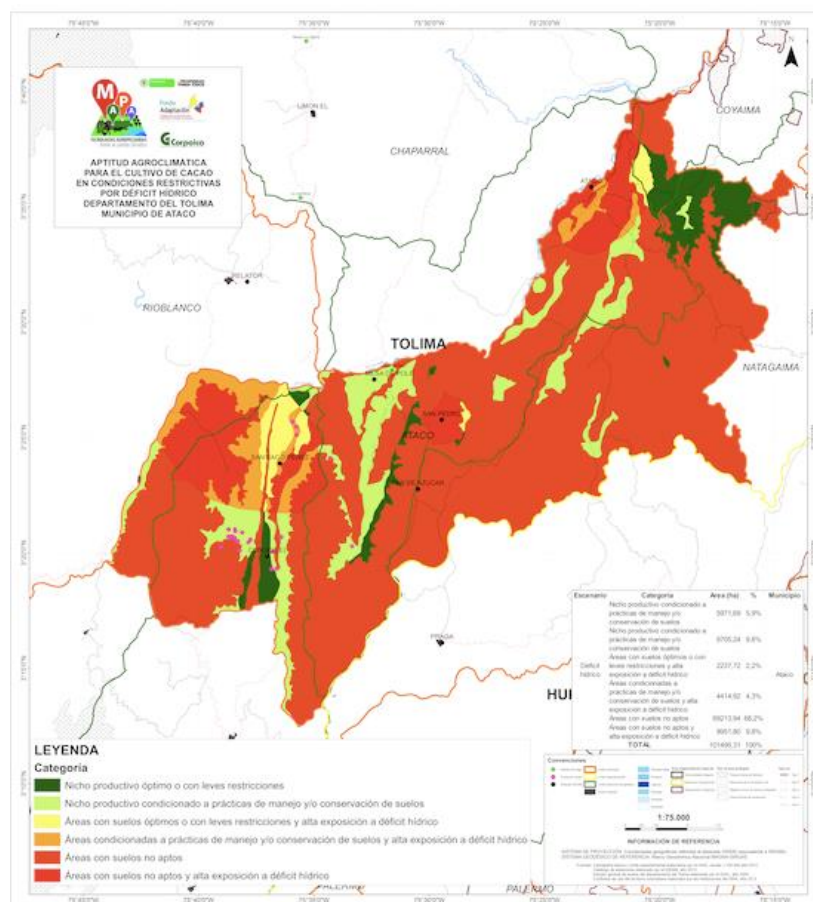
Descripción	Ene				Feb				Mar				Abr				May				Jun				Jul				Ago				Sep				Oct				Nov				Dic			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Floración																																																
Fructificación																																																
Maduración y recolección																																																

Fuente: Corpoica (2015b).

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de presentar 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 entenderse solo como un marco de referencia.

Zonas de Ataco con mayor y menor riesgo de pérdida productiva del sistema productivo del cacao

El mapa de aptitud agroclimática de Ataco, para el sistema productivo del cacao (figura 6), integra el análisis de exposición a déficit hídrico y la aptitud de los suelos para el sistema productivo.



LEYENDA

Categoría

- 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 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 de Ataco para el cultivo del cacao bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico. Fuente: Corpoica (2015b).



Las categorías de aptitud agroclimática identificadas por Corpoica (2015b) para el sistema productivo del cacao en Ataco fueron las siguientes:

- **Nicho productivo óptimo o con leves restricciones:** (tono verde oscuro) estas áreas ocupan el 5,9 % (5984 ha) del área total del municipio (101.425 ha). Presentan una aptitud de suelos óptima, con leves restricciones por profundidad efectiva. Las probabilidades a déficit hídrico son bajas.
- **Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo:** (tono verde claro) ocupa un área del 9,6 % (9737 ha) del área total del municipio (101.425 ha), con suelos con aptitud óptima condicionada a prácticas de manejo y/o conservación de suelos; especialmente por profundidad efectiva y textura se deben realizar aportes de materia orgánica para mejorar las condiciones de aireación en el suelo.
- **Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico:** (amarillo claro) ocupan el 2,2 % (2231 ha) del área total del municipio, con suelos óptimos o con leves restricciones a profundidad efectiva o textura y alta exposición a déficit hídrico.
- **Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación, y alta exposición a déficit hídrico:** ocupan el 4,3 % (4361 ha) del área total del municipio y son suelos condicionados a prácticas de manejo.
- **Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico:** ocupan el 9,8 % (9939 ha) del área total del municipio (101.425 ha) y corresponden al casco urbano.
- **Áreas con suelos no aptos:** ocupan el 68,2 % (69.172 ha) del área total del municipio (101.425 ha) y son áreas no aptas para el cultivo por estar a altura superiores a 1200 msnm.

Para mayor información sobre la aptitud agroclimática del sistema productivo del cacao en Ataco, consulte el SE-MAPA.



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

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

Información agrometeorológica: 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 (tiempo meteorológico), obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo, obtenidos del seguimiento de la humedad por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos, resultado del seguimiento del desarrollo y crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas, tales como labores culturales y control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al sistema productivo, como excesos y deficiencias de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal de los periodos de crecimiento, épocas de siembra y tiempos de cosecha.

El registro de datos meteorológicos en la finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperaturas máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden analizarse durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas fenológicas críticas, y relacionarse con las exigencias climáticas del sistema productivo, las necesidades hídricas, el manejo fitosanitario y los rendimientos.³

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

Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del cacao ante condiciones de déficit hídrico del suelo en Ataco

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas con potencial de reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo del cacao en Ataco. Algunas de estas opciones tecnológicas fueron validadas en una parcela de integración entre los meses de marzo del 2015 y mayo del 2016, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico. En la figura 7 se observa que la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue mayor a la precipitación en la mayor parte del período de evaluación, lo que indica la existencia de condiciones de estrés atmosférico.

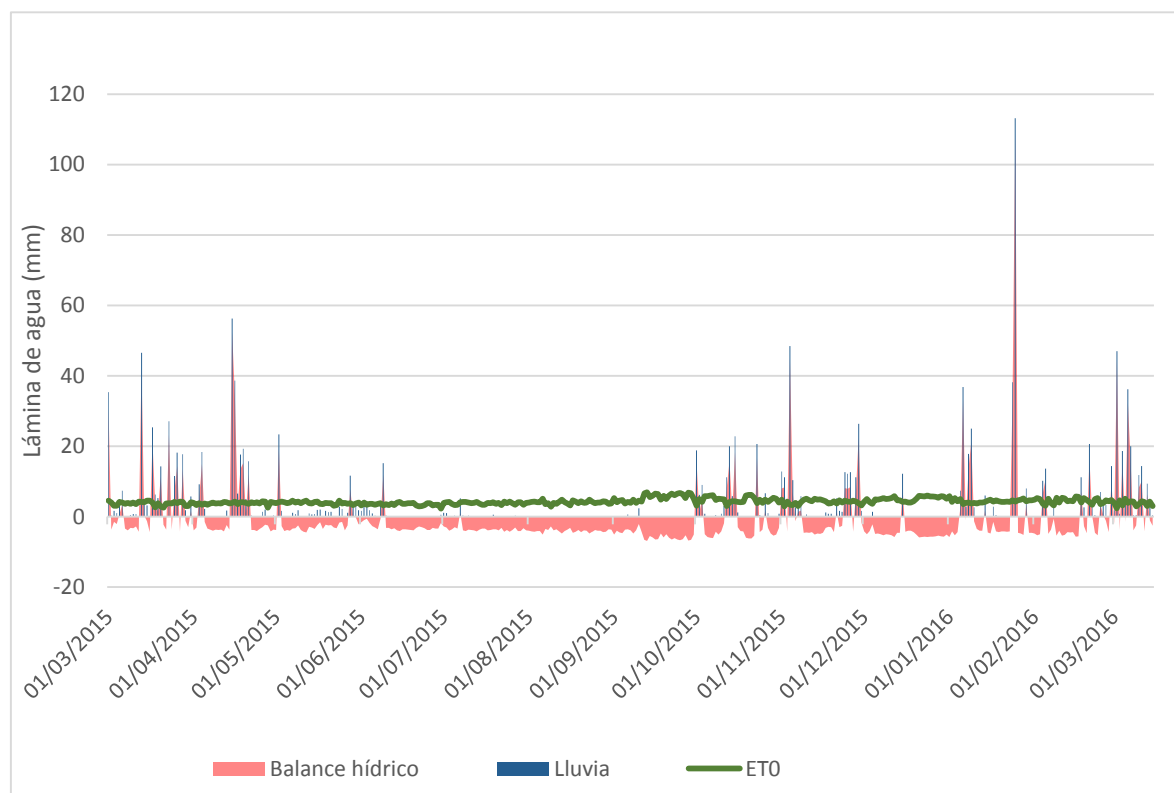
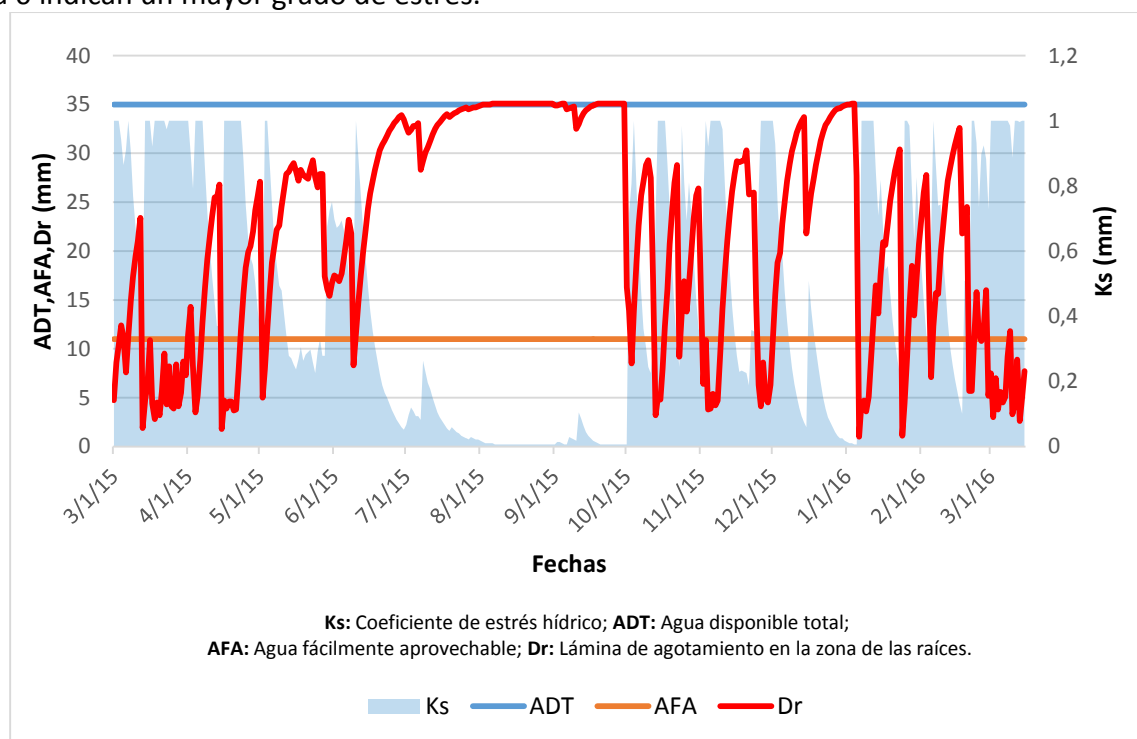


Figura 7. Balance hídrico del sistema productivo del cacao en Ataco entre los meses de marzo del 2015 y mayo del 2016.

En la Figura 8 se describe la dinámica del agua en el suelo durante el período de evaluación del sistema productivo del cacao. Se observa que la lámina de agotamiento en la zona de raíces (Dr) es mayor que el agua fácilmente aprovechable (AFA, agua disponible para las plantas) durante la mayor parte del periodo de evaluación (julio, agosto y septiembre del 2015). Este comportamiento indica que durante todo el ciclo del cultivo, excepto algunos días de alta precipitación, se presentaron condiciones de déficit hídrico agrícola. La condición de déficit hídrico también se refleja en el coeficiente de estrés hídrico (Ks), en el cual el valor 1 indica condiciones óptimas de humedad, mientras que valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.



Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo del cacao en Ataco, en condiciones de déficit hídrico:

1. Sistema de riego por goteo

Se fundamenta en usar eficientemente el agua, de acuerdo con el requerimiento del cultivo y con las condiciones climáticas de la zona, aplicando el volumen de agua en los momentos y frecuencias requeridas, mejorando la adaptación del sistema productivo a las condiciones de déficit de humedad en el suelo y optimizando el uso del recurso hídrico.

Es importante considerar dos elementos para un adecuado manejo del riego: 1) La determinación de las láminas de riego, de acuerdo con el balance hídrico, preferiblemente diario, y 2) La selección e implementación del diseño hidráulico de un sistema de riego eficiente, para este caso un sistema de riego por goteo localizado (figura 9).



Figura 9. Instalación del sistema de riego por goteo: A. Tanque de reserva del agua de 25.000 litros. B. Módulo con filtro de discos. C. Ubicación de goteros/árbol. D. Funcionamiento del riego.

Para la parcela de integración de cacao en el municipio de Ataco se evaluó un sistema de riego por goteo durante el período de diciembre del 2015 a mayo del 2016. Se utilizó una lámina de riego por árbol de 45,94 litros/día. La frecuencia de riego fue de dos días, para una densidad de siembra de 1100 árboles/ha.

2. Manejo integrado de enfermedades

De acuerdo con los resultados del informe de línea base (Corpoica, 2014), uno de los limitantes presentados en el sistema productivo del cacao en Ataco es la incidencias de enfermedades, principalmente Monilia (*Moniliophthora roreri*) y Escoba de bruja (*Monillioptora pernicioso*).

El manejo integrado de enfermedades se basó en la identificación de estados iniciales de la enfermedad, luego se priorizaron los manejos de acuerdo con el ciclo de vida del patógeno y las condiciones ambientales presentadas en la zona; el control cultural realizado para cada una de estas enfermedades en la parcela de integración fue el siguiente:

- **Monilia (*Moniliophthora roreri*):** Semanalmente se revisó cada árbol, identificando estructuras afectadas por Monilia (frutos). Los estados avanzados de la enfermedad (frutos esporulados) fueron retirados en bolsas de papel con cal, con el fin de evitar el vuelo de esporas; posteriormente, al lado del árbol se realizó un hueco donde fueron depositadas las bolsas (figura 10). En los estados iniciales de la enfermedad (protuberancias y lesiones), los frutos fueron retirados y arrojados en el suelo, luego se cubrieron con cal, suelo y hojarasca.

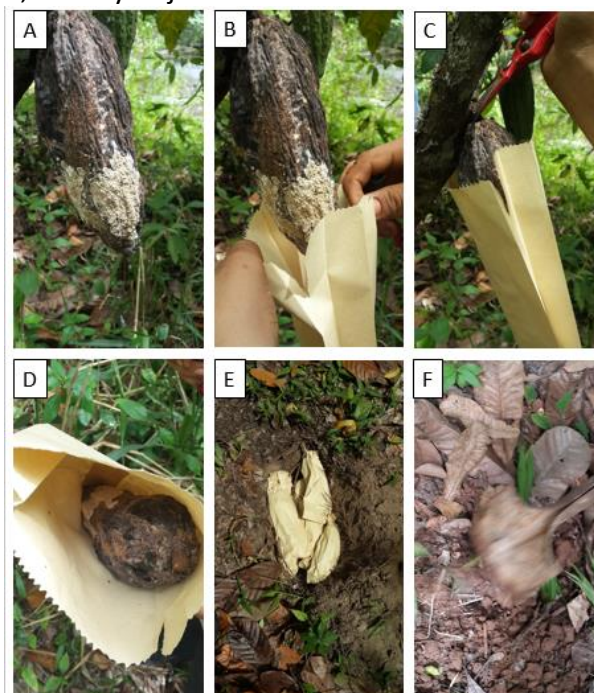


Figura 10. Eliminación de mazorcas contaminadas por Monilia en estado de esporulación. A, B y C. Proceso del corte y embolsado de mazorcas con esporas de Monilia. D. Fruto contaminado en bolsa de papel con cal. E. Eliminación de material contaminado. F. Cubrimiento con hojarasca.

- **Fitoftora (*Phytophthora sp*):** por ser un habitante natural del suelo, todos los frutos retirados por esta enfermedad fueron depositados en baldes con cal, que posteriormente fueron arrojados en una calicata fuera del lote. Los controles para esta enfermedad se deben realizar cada cuatro a cinco días, debido a la duración del ciclo de este microorganismo (cinco días) (Vos et al, 2003).
- **Escoba de bruja (*Monillioptora perniciosa*):** las estructuras infectadas (flores, yemas y frutos) fueron retiradas, el tejido se raspó hasta encontrar tejido aparentemente sano (blanco), posteriormente la herida fue cubierta con una pasta cicatrizante a base de fungicida e insecticida y las estructuras infectadas se depositaron en baldes con cal, para luego ser arrojados en una calicata fuera del lote (figura 11).



Figura 11. Proceso de manejo cultural de Escoba de bruja: A. Escoba de bruja en cojín floral, en estado avanzado. B. Corte de la Escoba de bruja hasta encontrar tejido aparentemente sano. C. Aplicación de cicatrizante en el tejido expuesto por la cirugía. D. Eliminación en baldes plásticos con cal. E. Eliminación de material contaminado en calicata. F. Adición de cal al Material contaminado.

Todas las herramientas utilizadas fueron desinfectadas con hipoclorito de sodio al 5,25 %, con el fin de evitar la diseminación de inóculo.

Otras recomendaciones generales para el manejo integrado de enfermedades

- Uso de materiales tolerantes. Si en la zona la enfermedad es abundante, se recomienda sembrar clones que tengan por lo menos un padre resistente, o en las mezclas de híbridos deben asegurarse que algunos tengan los padres resistentes.
- Regulación de la sombra definitiva del cacaotal para que permita mayor paso de luz y aire (30 % - 40 %).
- Podar el cacao moderadamente cuantas veces sea necesario, para mantener el árbol aireado y con poca humedad ambiental.
- No permitir que el agua se empoce o forme charcos, los cuales favorecen el desarrollo de enfermedades. Regular, abrir y limpiar los drenajes.
- Revisar la plantación en forma permanente, de tal manera que las mazorcas afectadas por Monilia sean destruidas antes de que produzcan esporas, que transmiten la enfermedad a otros frutos. La recolección debe hacerse cada cinco a siete días o antes, es decir, regresar al mismo árbol a los cinco días o menos.
- Mantener al día las labores de fertilización, de acuerdo con los requerimientos nutricionales del cultivo y teniendo en cuenta los resultados del análisis de suelos.

Ventajas comparativas de estos materiales vegetales en condiciones de déficit hídrico

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

1. Sistema de riego por goteo

En las figuras 11 y 12 se presentan los resultados de la producción de flores y frutos, antes y después de la implementación del sistema de riego por goteo.

La diferencia entre tratamientos para la producción de flores se empezó a evidenciar desde octubre, siendo más marcada a partir de enero, un mes después de la instalación del riego por goteo en el tratamiento Corpoica. En la figura 12 se observa que la producción de flores se incrementó en un promedio de 215 % y la de frutos en un promedio de 192 %, con respecto al manejo del productor (figura 13). El principal factor frente a esta respuesta fue el uso del riego, debido a que el cacao es una planta que presenta respuesta fisiológica hidroperiódica, lo cual quiere decir que la disponibilidad de agua es el principal factor que determina la apertura de brotes vegetativos y estimula la floración (Omolaja et al, 2009). El menor número de flores se obtuvo en los meses de agosto-septiembre, lo cual coincide con la temporada con menores precipitaciones y aumento de la temperatura por encima del rango óptimo para el cultivo de cacao (déficit hídrico).

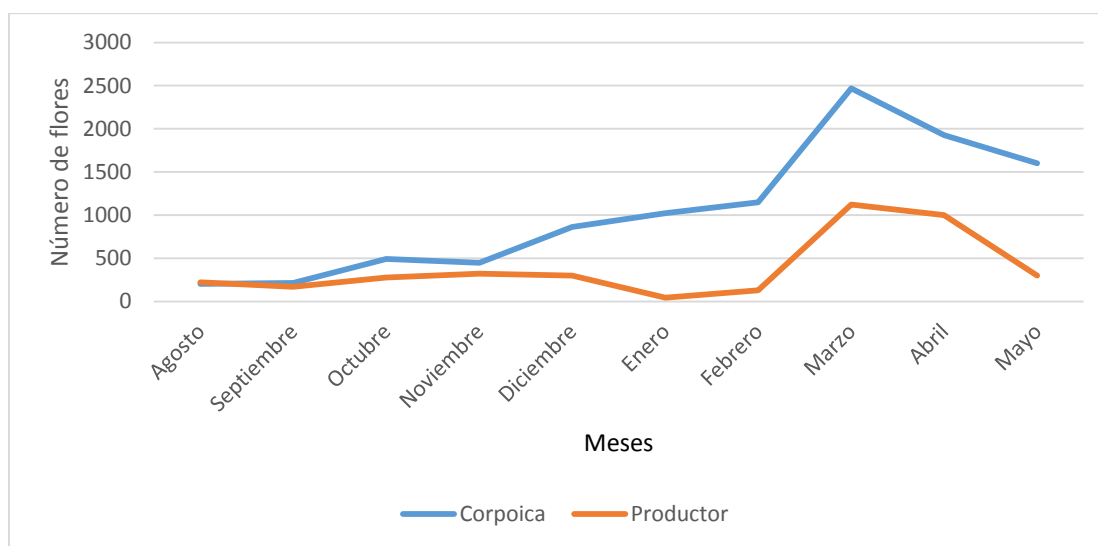


Figura 12. Producción de flores mensual antes y después de la implementación de riego por goteo en la parcela de integración de cacao en Ataco.

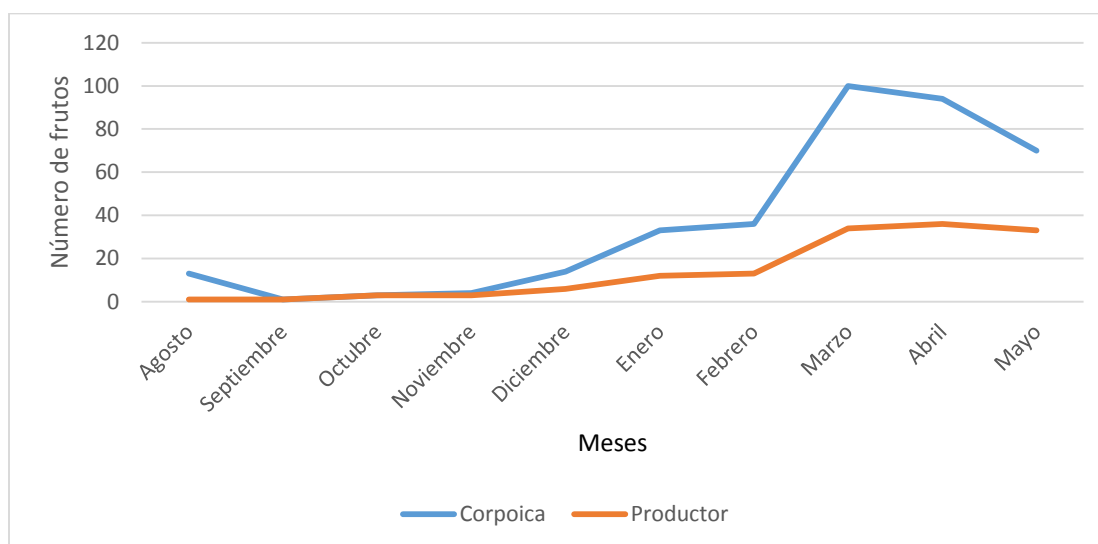


Figura 13. Producción de frutos mensual antes y después de la implementación de riego por goteo en la parcela de integración de cacao en Ataco.

2. Manejo integrado de enfermedades

La incidencia de Monilia en el tratamiento de Corpoica mantuvo valores inferiores al tratamiento del productor durante todo el período de evaluación.

La incidencia de Escoba de bruja mantuvo un promedio superior del 50 % durante todo el período de evaluación, mientras que la incidencia en el tratamiento de Corpoica se redujo en valores por debajo del 20 % (tabla 4).

Los valores de incidencia de fitopftora aumentaron por encima del 5 % en los meses que se presentaron precipitaciones (marzo a mayo del 2016), teniendo en cuenta que es un microorganismo que se favorece bajo condiciones de humedad superiores al 80 % y alturas superiores a 1000 msnm (Guest, 2007), (Tabla 4).

Tabla 4. Incidencia de las enfermedades evaluadas en la parcela de integración del cacao en Ataco

Fecha	Monilia (<i>Monilia roleri</i>)		Escobas de bruja (<i>Monillioptophora pernicioso</i>)		Fitopftora (<i>Phytophthora</i> sp.)	
	Corpoica	Productor	Corpoica	Productor	Corpoica	Productor
Mar 15	10	21	53	77	20	0
Abr 15	17	25	57	88	20	10
May 15	12	18	32	80	8	17
Jun 15	4	19	49	96	0	0
Jul 15	4	17	35	77	1	3
Ago 15	0	15	27	91	0	0
Sep 15	0	29	27	93	0	0
Oct 15	0	5	8	82	0	0
Nov 15	0	0	0	69	0	0
Dic 15	0	3	4	24	0	0
Ene 16	0	0	27	83	0	0
Feb 16	0	2	20	68	7	3
Mar 16	0	0	8	75	2	8
Abr 16	0	5	13	58	0	9
May 16	0	5	22	58	7	13

La importancia de la afectación de enfermedades se ve reflejada directamente en la producción de cacao, afectando variables de rendimiento como el índice de mazorca (IM); para la parcela de integración se realizó el cálculo de IM, encontrando que el número de mazorcas afectadas por esta enfermedad fue de 34 para alcanzar 1 kg de grano seco, mientras que para mazorcas sanas el IM fue de 25 mazorcas.

Otras prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo del cacao en Ataco para disminuir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo del cacao en Ataco, se pueden desarrollar prácticas culturales y técnicas, y tecnologías que aumenten la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas están contenidas en el sistema experto, con aplicación potencial en condiciones restrictivas por humedad en el suelo.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo y que complementan las opciones tecnológicas de riego e inducción floral:

1. Fertilización integrada

Esta opción tecnológica permite disminuir los efectos negativos sobre el sistema productivo, aportando nutrientes minerales a través de la fertilización química, y aumentando la fertilidad natural del suelo mediante la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del mismo con la aplicación de enmiendas orgánicas.

Para la implementación de un sistema de nutrición se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Análisis químico y físico de suelos.
- Material sembrado (variedad).
- Extracción de nutrientes según la variedad establecida.
- Exposición del cultivo (asociación con forestales o cultivo en plena exposición).
- Edad del cultivo.
- Épocas de fertilización (condiciones ambientales).

Se debe realizar un análisis químico del suelo para identificar su contenido nutricional o las necesidades de correcciones de pH. Según los análisis realizados en la parcela de integración de cacao, el suelo tiene un contenido de materia orgánica bajo (2,64 %), motivo por el cual se realizó una adición de lombricompost de 2 kg/planta, con el fin de acondicionar el suelo para la fertilización, que se realizó fraccionada cada tres meses, con el fin de mejorar la absorción de nutrientes. A continuación se describen los elementos utilizados en la parcela de integración de cacao, según el resultado de análisis de suelos:

Tabla 5. Insumos utilizados para realizar el preabonado y la fertilización/aplicación

Preabonado		Fertilización	
Fuente	dosis g /planta	Fuente fertilizante	dosis g/planta
Lombricompost	2000	Urea	80
Fertilización		KCl	53
Fuente fertilizante	dosis g/planta	Sulfato de Ca	37
DAP	50	Kieserita	40
Bórax	3		
Sulfato de zinc	7		

Ventajas de la fertilización

- Mejora las condiciones químicas del suelo.
- Produce plantas con mayor tolerancia a la variabilidad climática (déficit hídrico).
- Aumento de la producción.
- Mejora la tolerancia a los ataques de plagas y enfermedades.
- Disminuye los abortos de flores y frutos.

2. Renovación de copa

Entre las principales causas que afectan la producción de cacao en Ataco está la avanzada edad de las plantaciones, motivo por el cual presentan baja o nula productividad; por otra parte, la avanzada edad de las plantaciones motiva que presenten una mayor susceptibilidad a ataque de plagas y enfermedades, especialmente de Escoba de bruja, que se presentan con mayor proporción en árboles viejos (Gómez y García, 2014). Este proceso se debe realizar en árboles de avanzada edad (mayores de 25 años) y con bajas producciones (menos de 0,5 kg/año de grano seco). Además, es prioritario eliminar árboles con alta incidencia de Escoba de bruja. Se ha encontrado que estas plantaciones tienen un buen potencial de respuesta a la aplicación de prácticas de manejo en podas como alternativa para rehabilitar su ciclo productivo (Báez, 2008).

Los aspectos que se deben tener en cuenta para la implementación de las podas son los siguientes:

- Identificación del material sembrado.
- Edad del cultivo.
- Saber si el cultivo está asociado o no.
- Estado sanitario del cultivo.

La rehabilitación de la finca puede hacerse por áreas o secciones en forma escalonada, por años, empezando por las plantaciones menos productivas.

El descope consiste en hacer una poda fuerte al árbol de cacao, aproximadamente el 70 % de la copa se elimina para permitir la formación de nuevos brotes. Estos serán seleccionados, considerando que el tipo de crecimiento de los nuevos brotes sea de forma horizontal, hacia la parte externa de la copa (crecimiento plagiotrópico). Esta renovación también puede complementarse mediante la injertación de nuevas copas, utilizando para ello yemas de clones seleccionados y altamente productivos.

Los árboles de más de 40 años deben cortarse a 30 cm, debido al alto grado de lignificación de sus troncos, lo cual no permite un adecuado anclaje de los nuevos brotes. Los árboles que tienen entre 35 y 25 años, con troncos menos lignificados, pueden ser cortados a 1 m. Mientras que los árboles con menos de 25 años y en condiciones aceptables, pero que debido a su mal manejo no producen lo suficiente, deben ser cortados a 2 m de altura.

3. Uso de sombrío transitorio y definitivo

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 productiva.

Dada su acción térmica, la luz directa del sol afecta de forma negativa las plantas de cacao, incrementando su evapotranspiración. Este fenómeno se incrementa en condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa, por lo cual es importante el uso de sombrío en condiciones de déficit hídrico, que sirve como regulador térmico y luminoso, disminuyendo la pérdida de agua por evapotranspiración y la incidencia de plagas. Adicionalmente, los cultivos asociados como sombrío permiten la obtención de beneficios económicos agregados para el productor.

El sistema agroforestal incluye la asociación de dos o más especies en un área determinada, siendo una característica importante la ubicación de especies maderables en conjunto con otras especies vegetales de porte medio como cultivos transitorios (por ejemplo: el plátano). Este sistema garantiza interacciones ecológicas y económicas de tipo continuo (cobertura del 100 % del área).

Para la implementación de un sistema agroforestal se debe tener en cuenta:

- Condiciones ambientales.
- Características físicas y químicas del suelo.
- Tipo de sombrío (transitorio o permanente).
- Plano de distribución de los tipos de sombrío.
- Materiales forestales de la zona.

El sombrío transitorio es aquel que se asocia a las plantas de cacao durante los primeros tres años, época en la cual el cacao está en su fase de crecimiento o improductiva, por lo cual se recomienda su 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) Como referencia, si se va a utilizar plátano, debe sembrarse, como mínimo, a la misma distancia del cacao.

Los árboles que acompañan y protegen al cacao durante su etapa productiva se denominan permanentes, se utilizan de porte alto (más elevado que el cacao), en lo posible de utilidad económica y con beneficios para el suelo; existen maderables, frutales y algunas especies industriales. Se destacan el cedro (*Cedrela odorata*), el cedro cebollo (*Cedrela montana*), el nogal (*Cordia alliodora*), el búcaro o cachimbo (*Erythrina glauca*), el cámbulo (*Erythrina poeppigiana*), el iguá o cedro amarillo (*Pseudosamanea guachapele*), el melina (*Gmelina arborea*), el teca (*Tectona grandis*), el borojó (*Borojoa patinoi*) y el zapote (*Matisia cordata*). 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, que acorde con las condiciones ambientales, topografía y de suelo, realice la recomendación.

3. Materiales genéticamente potenciales

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

La manera recomendada de sembrar el cacao es a través de injertación, ya sea directamente en campo o en vivero. En esta fase es de gran importancia seleccionar el material vegetal a utilizar, patrón e injerto.

Para patrón se recomienda el uso de plantas más rústicas, con un crecimiento prolífico de raíces y tolerantes a condiciones adversas en suelo; Palencia et al (2007), reportan como buenos materiales para usar en patronaje los siguientes clones de cacao: PA 121, IMC 67, PA 46, P7, y PA150, los cuales reportan tolerancia a condiciones abióticas limitantes por humedad y pH, así como a enfermedades de suelo como fitoftora y ceratosistis.

En cuanto al injerto, que será el que formará la copa del árbol, la selección del material debe estar encaminada a buscar la mayor productividad en las condiciones ambientales predominantes en el municipio, y tolerancia a enfermedades de follaje y frutos como Monilla y Escoba de bruja. De acuerdo con Palencia et al. (2009), los mejores comportamientos para copa se han visto en los siguientes clones: ICS 1, ICS 39, ICS 60, ICS

78, ICS 95, TSH 565, TSH 812, IMC 67, CCN 51, EET 8, SCC 59 y SCC 61. Destacan la alta eficiencia productiva de los clones: ICS-1, ICS-95, ICS-39 y TSH-565, y la resistencia a Escoba de bruja del clon TSH-565. Materiales con baja incidencia a Monilia son: FLE 3, FSA 13, FTA 1, IMC 67, SCC 61, FTA 2, TSH 792, TSH 812, ICS 6 y FSA 11.

Es recomendable tener en una parcela de cacao más de cinco clones diferentes, de origen amazónico, criollo y trinatrio, con características de fino aroma y sabor. El orden de ubicación debe ser de acuerdo con la sanidad y compatibilidad que presente cada clon in situ. Según estudios realizados por Aránzazu et al. (2008), se pueden incluir los siguientes materiales en el momento de diseñar modelos de siembra, dado que garantizan una mejor eficiencia en la polinización:

- Materiales donadores de polen (compatibilidad paterna): IMC 67, CCN 51, TSH 565, ICS 6 y CAU 43.
Materiales con mayor disposición a aceptar polen (compatibilidad materna): ICS 95, TSH 565, TSH 792, TSH 812 e ICS 6.

Una vez determinada la compatibilidad sexual de los materiales, conociendo las principales características de interés, es necesario contar con la asesoría de un asistente técnico, que en común acuerdo con el productor diseñen el modelo de siembra según sus necesidades (distribución y tipo de material), teniendo en cuenta las condiciones de altura y ambientales (temperatura, precipitaciones y humedad relativa).



Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo del cacao en Ataco, consultar el SE-MAPA.

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los determinantes del riesgo agroclimático. La primera se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas, y la segunda, a la interacción del 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 ante el riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

A continuación se ofrecen 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 de Ataco

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 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 y no ser consideradas como un criterio único o una receta rígida.

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

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes con las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática



limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad y 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 la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio, con respecto a la adopción de las tecnologías, se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del cacao en Ataco

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 los grados de exposición y sensibilidad, y la capacidad adaptativa ante un evento climático limitante para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es baja para todos los dominios, exceptuando el dominio 3, que tiene una susceptibilidad alta. El grado de sensibilidad de la producción al déficit hídrico es moderado para todos, siendo el primer dominio el único que tiene una sensibilidad baja, aunque la capacidad adaptativa de los productores ante esta situación es moderada en general.

Finalmente, la última columna de la tabla 6 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera para la implementación de un riego por goteo y para el manejo integrado de plagas y enfermedades para un periodo de diez años. Esta viabilidad se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso las opciones son viables para todos los dominios, exceptuando el segundo dominio.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación del sistema productivo del cacao en Ataco

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores que comercializan en el mercado local, menos de la mitad de la finca sembrada con cacao y sensibilidad baja a un déficit hídrico.	Baja	Baja	Media	Viable con restricciones
2. Productores que comercializan en el mercado local, están asociados y tienen sensibilidad baja a un déficit hídrico.	Baja	Media	Media	No viable
3. Productores no asociados y tienen una alta exposición a un déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable
4. Productores que comercializan en un acopio rural, tienen la mayoría de la finca sembrada en cacao y están expuestos a un déficit hídrico bajo.	Baja	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación

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

Dominio 1

El dominio de recomendación uno incluye productores que realizan fertilización a las cacaoteras, aplican buenas prácticas para el control de plagas y enfermedades, y no solo siembran cacao en sus fincas, ya que poseen una buena agrodiversidad y fertilizan; por estas razones, este dominio tiene una sensibilidad baja ante un escenario de déficit hídrico. Además, tienen un bajo acceso a la información climática, muy baja asistencia técnica en sus cultivos, no cuentan con fuentes de ingreso diferentes a las agropecuarias ni presencia institucional; debido a esto tienen una baja capacidad de adaptación (figura 14).

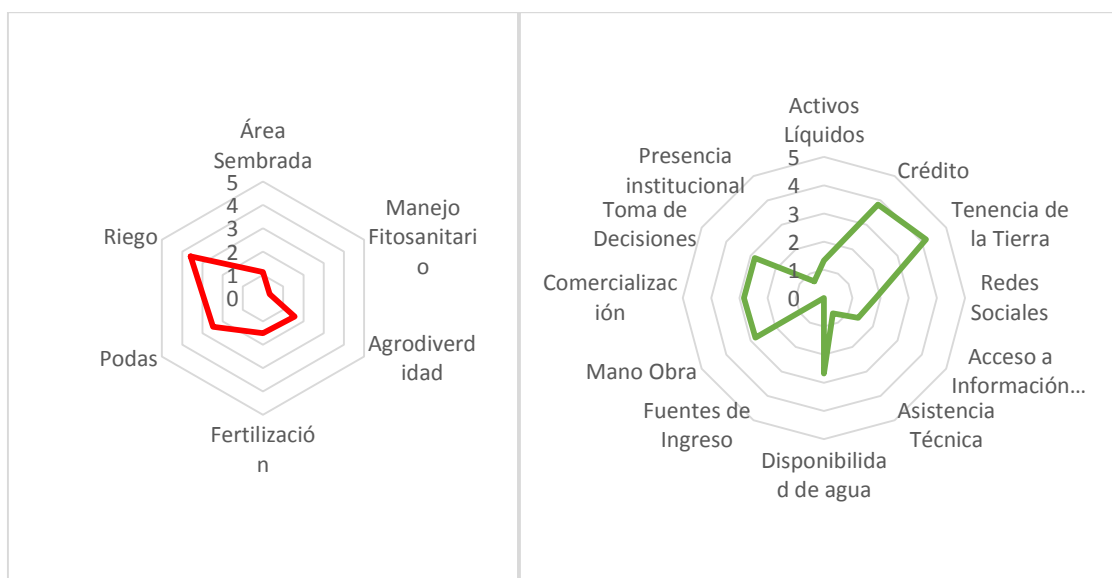


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del dominio de recomendación uno.

El dominio de recomendación uno está conformado por productores que tienen entre 3 y 28 hectáreas de terreno. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para diez años), la integración al sistema productivo de las opciones tecnológicas riego por goteo, y manejo integrado de plagas y enfermedades resulta viable financieramente, dado que al incrementar la producción se puede aumentar la rentabilidad del sistema.

Ante las condiciones de agrupamiento (tabla 6), se tiene que para un productor representativo de este dominio (con 15,5 hectáreas), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente a cultivos ya establecidos. En términos prácticos, se debe iniciar con la instalación del riego en una pequeña parte del predio, correspondiente a 3,9



ha. El productor debe adquirir crédito por el 67 % del costo del riego para lograr la implantación del área ya mencionada. Debido a la baja producción y a la edad del cultivo, no se recomienda una ampliación de la implementación en los períodos subsecuentes, a menos que la acumulación de capital, por el aumento de la productividad con el riego y el control de plagas y enfermedades, así lo permita.

Por otra parte, dado que la implementación del sistema de riego incrementa la humedad del suelo, lo que a su vez genera un ambiente favorable para la propagación de enfermedades, es prioritario implementar conjuntamente un manejo de plagas y enfermedades por medio de prácticas culturales. Estas prácticas no representan un elevado costo de inversión, en tanto son intensivas en mano de obra, sobre todo al inicio de su implementación, debido a que un manejo cuidadoso y constante puede reducir el tiempo de cada control, al bajar la presión de los patógenos en el cultivo. La opción del control de plagas y enfermedades es viable en toda el área sembrada, para incrementar la producción y calidad del fruto, pero debe implementarse necesariamente en el área con riego.

Dominio 2

El dominio de recomendación dos incluye a productores que no realizan una fertilización adecuada y no cuentan con sistema de riego o almacenamiento de agua adecuados, pero aplican algún tipo de manejo fitosanitario, por lo que presentan una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico. De la misma forma, son productores que tienen muy bajos activos líquidos, no cuentan con asistencia técnica o es muy deficiente y no cubre sus necesidades, pero tienen una disponibilidad de agua moderada, son dueños de sus predios y disponen de canales de comercialización susceptibles de mejorar; se encuentran en un grupo con una capacidad media de adaptación (figura 15).

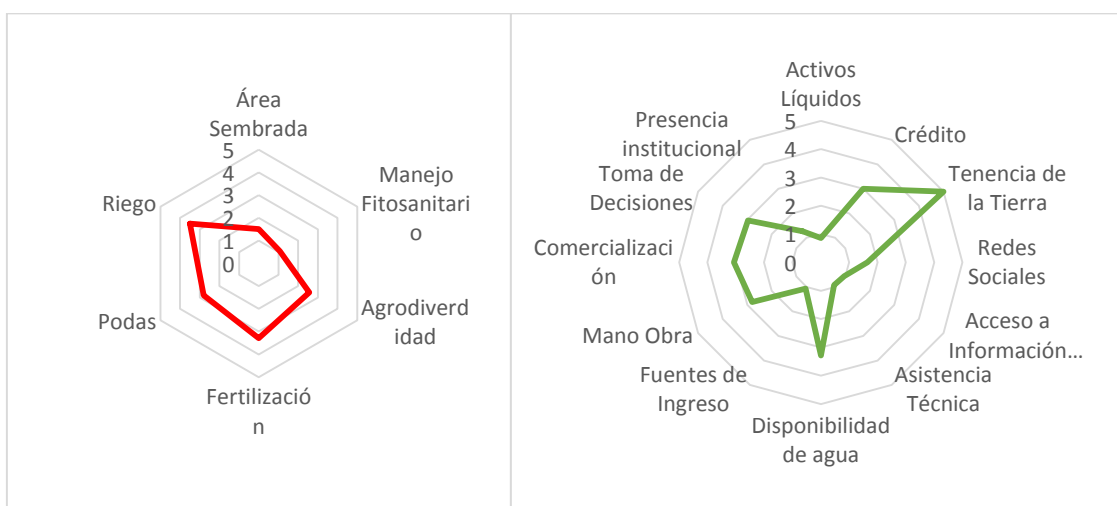


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del dominio de recomendación dos.

El dominio de recomendación dos está conformado por productores que tienen entre 3 y 12 hectáreas de terreno. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para cinco años), no es viable financieramente integrar simultáneamente el sistema el riego por goteo y el manejo integrado de plagas y enfermedades. No es posible implementar en él un riego por goteo, debido a los altos costos que dicha tecnología implica, sumado a los bajos activos que posee el productor, que además no cuenta con crédito.

La opción del control de plagas y enfermedades por medio de prácticas culturales es viable, debido a que no demanda un incremento importante en los costos y requiere, principalmente, de mano de obra, en especial al inicio de la implementación; posteriormente se puede reducir el tiempo de cada control, al bajar la presión de los patógenos sobre el cultivo.

Dominio 3

El dominio de recomendación tres incluye a productores que no realizan todas las clases de podas, no cuentan con sistema de riego o almacenamiento de agua, pero hacen manejo fitosanitario y tienen otros cultivos, por lo que presentan una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico. Estos productores son dueños de sus fincas, acceden a crédito y, aunque de forma limitada, a información de eventos en el municipio a través de los diferentes medios de comunicación; estas condiciones los ubican en un nivel de capacidad media de adaptación (Figura 16).

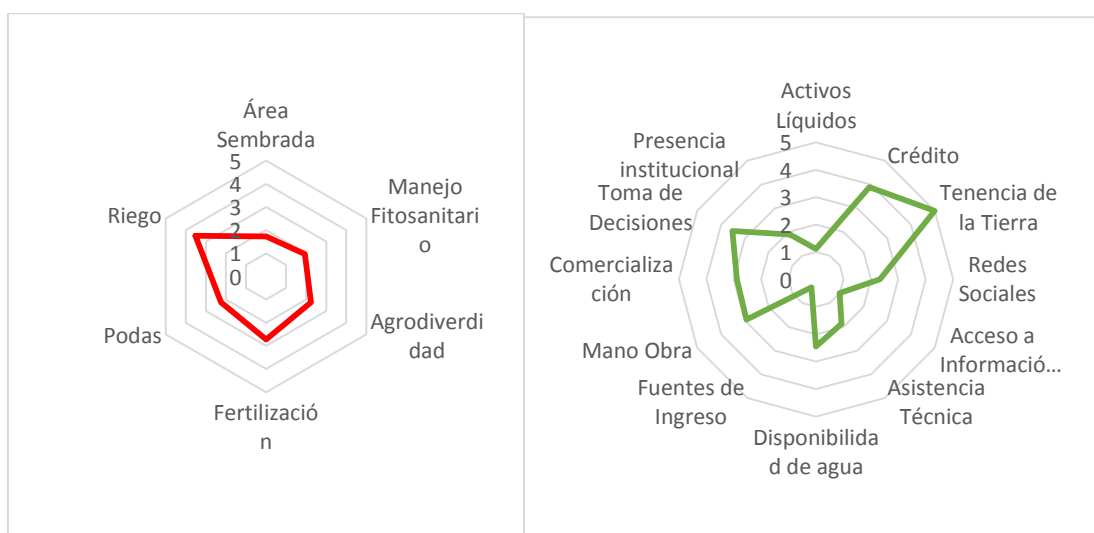


Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del dominio de recomendación tres.

El dominio de recomendación tres está conformado por productores que tienen entre un 2 y 42 hectáreas de terreno. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para diez años), integrar al sistema productivo el riego por goteo y el manejo integrado de plagas y enfermedades resulta viable financieramente y permite soportar la condición de déficit hídrico. Al aumentar la producción se puede incrementar financieramente la rentabilidad del sistema ante la variabilidad climática.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), para un productor representativo (con 12,6 ha), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente a cultivos ya establecidos. En términos prácticos, se debe iniciar con el instalación del riego en 2,7 ha; en el segundo año, el productor con los ingresos adicionales incrementará el área instalada hasta 2,8 ha; en el séptimo año, con los ingresos adicionales, se logra expandir el área de riego hasta las 3 ha, donde se debe mantener hasta el décimo año.

Debido a los altos costos y al mayor requerimiento de mano de obra, se imposibilita la implementación del riego en un área mayor, a menos que los productores accedan a recursos financieros cuantiosos, lo que les permitiría instalar el riego en un área mayor. La implementación de la tecnología es prioritaria en este caso, debido a que los productores de este dominio están ubicados en zonas de exposición alta a déficit hídrico.

Por otra parte, dado que la implementación del sistema de riego incrementa la humedad del suelo, lo que a su vez genera un ambiente favorable para la propagación de

enfermedades, es prioritario implementar conjuntamente un manejo de plagas y enfermedades por medio de prácticas culturales. Estas prácticas no representan un elevado costo de inversión, en tanto son intensivas en mano de obra, sobre todo al inicio de su implementación, debido a que un manejo cuidadoso y constante puede reducir el tiempo de cada control, al bajar la presión de los patógenos sobre el cultivo. La opción del control de plagas y enfermedades es viable en toda el área sembrada para incrementar la producción y calidad del fruto, pero debe implementarse necesariamente en el área con riego.

Dominio 4

El dominio de recomendación cuatro incluye productores que tienen la mayoría de su predio sembrado con cacao; si bien cuentan con una diversidad de cultivos, no tienen problemas fitosanitarios pero si de riego; por todo esto presentan una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico. De la misma forma, son productores que tienen pocos activos líquidos y baja disponibilidad de agua, tanto como fuentes hídricas o como lluvia durante todo el año; no obstante, tienen acceso a crédito y son propietarios de los predios; se encuentran en un grupo con una capacidad media de adaptación (figura 17).

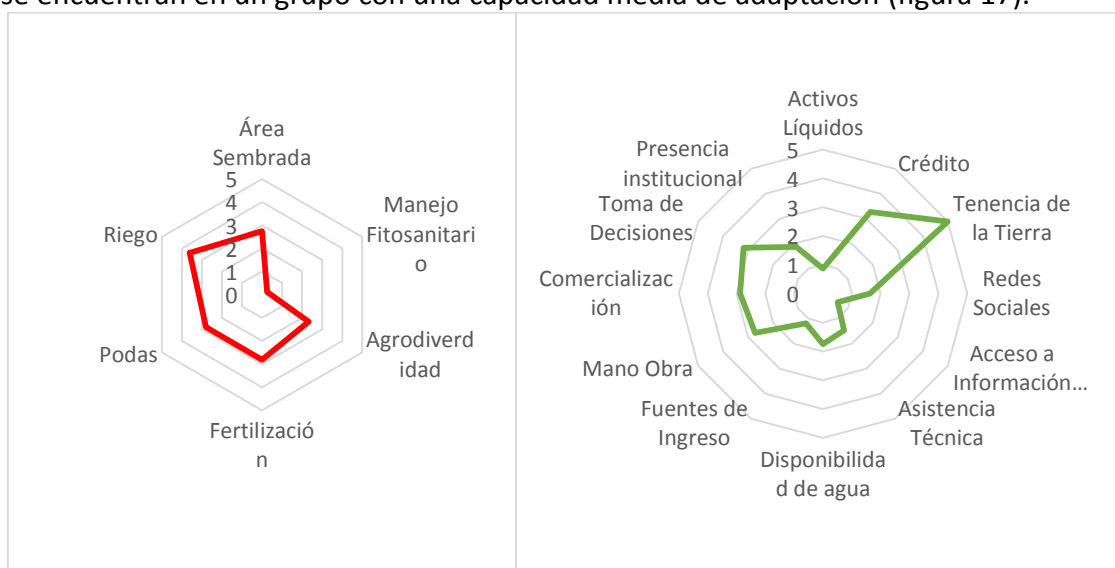


Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) del dominio de recomendación cuatro.



El dominio de recomendación cuatro está conformado por productores que tienen entre 1,5 y 17 hectáreas de terreno. De acuerdo con el análisis microeconómico (estimado para diez años), integrar al sistema productivo el riego por goteo y el manejo integrado de plagas y enfermedades les resulta viable financieramente y les permite soportar la condición de déficit hídrico. Al aumentar la producción se puede incrementar financieramente la rentabilidad del sistema ante la variabilidad climática.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), para un productor representativo (con 5,9 hectáreas), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente a cultivos ya establecidos. En términos prácticos, se debe iniciar con el instalación del riego en 1,4 ha; en el segundo año, el productor, con los ingresos adicionales, incrementa el área instalada hasta 4,3 ha, y en el tercer año instala el riego en 5,9 ha. Los productores deben acceder a un crédito del 70 % de la inversión en la instalación del riego, para lograr una adopción completa.

Por otra parte, dado que la implementación del sistema de riego incrementa la humedad del suelo, lo que a su vez genera un ambiente favorable para la propagación de enfermedades, es prioritario implementar conjuntamente un manejo de plagas y enfermedades por medio de prácticas culturales. Estas prácticas no representan un elevado costo de inversión, en tanto son intensivas en mano de obra, sobre todo al inicio de su implementación, debido a que un manejo cuidadoso y constante puede reducir el tiempo de cada control, al bajar la presión de los patógenos sobre el cultivo. La opción del control de plagas y enfermedades es viable en toda el área sembrada, para incrementar la producción y calidad del fruto, pero debe implementarse necesariamente en el área con riego.



REFERENCIAS

- Aránzazu, F., Martínez, N., & Rincón, D. (2008). *Autocompatibilidad e intercompatibilidad sexual de materiales de cacao. Modelos para el empleo de los materiales de cacao más usados en Colombia utilizando los mejores porcentajes de intercompatibilidad*. Bucaramanga: Unión Temporal Cacao de Colombia-Fedecacao-Corpoica. Pp. 19-24.
- Báez, N. (2008). *Manejo de la arquitectura aérea del árbol de cacao. Poda natural*. Bogotá: Federación Nacional de Cacaoteros. 55 p.
- Corpoica. (2014). *Producto 5: ofertas tecnológicas disponibles para los sistemas productivos priorizados por departamento con potencial para enfrentar el riesgo a eventos climáticos extremos y generar reactivación económica*. Mosquera, Cundinamarca: Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático. Pp 47.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la suceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Mosquera, Cundinamarca. 94 p.: Proyecto de 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 aguacate (Fresno), cacao (Ataco) y plátano (Natagaima)*. Mosquera, Cundinamarca: Proyecto: Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Norte de Santander y Nariño en el marco de la carta de entendimiento 002-2013 1806-1 entre Corpoica y CIAT, derivado del convenio entre el Fondo Adaptación y Corpoica No. 002-2013*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica.
- Fedecacao. (2013). *Guía ambiental para el cultivo de cacao. Segunda edición*. Bogotá: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 126 p.
- Gómez, R., & García, R. (2014). *Paquete tecnológico del cultivo del cacao fino de aroma. Paquetes tecnológicos para cultivos alternativos*. Oficina de las Naciones Unidas de la Droga y el Delito para el Perú y el Ecuador (Unodoc). Pp. 55-66.



- Guest, D. (2007). Black pod: Diverse pathogens with a global impact on cocoa yield. *Phytopathology. University of Sydney. Symposium Cacao Diseases: Important Threats to Chocolate Production Worldwide. Vol. 97, No. 12.*
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate.* Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales, 29(3), 5-10.*
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas.* Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Omolaja, S., Aikpokpodion, P., Oyediji, S., & Vwioko, D. (2009). Rainfall and temperature effects on flowering and pollen productions in cocoa. *African Crop Science Journal, Vol. 17, No. 1, 41-48.*
- Palencia, G., Gómez, R., & Gûiza, O. (2009). *Nuevas tecnologías para instalar viveros y producir clones de cacao (Theobroma cacao L).* Mosquera, Cundinamarca: Corpoica - Federación Nacional de Cacaoteros. 31 p.
- Palencia, G., Gómez, R., & Mejía, L. (2007). *Patrones de cacao (cartilla).* Bucaramanga: Corpoica, E.E. La Suiza, 25 p.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought. Departament of Commerce. Research paper No. 45.* Washington D.C.: Weather Bureau.
- Vos, J., Ritchie, B., & Flood, J. (2003). *Discovery learning about cocoa: an inspiration guide for training facilitator.* CABI Bioscience. 111 p.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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