



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

Municipio de San Vicente de Chucurí
Departamento de Santander



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	Cargo
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador PhD
Miguel Ángel Pabón Morales	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Jairo Rojas Molina	Investigador máster
Andrés Felipe Zabala Perilla	Investigador máster, economista
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. La Suiza 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.



CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Riesgo agroclimático en el sistema productivo.....	3
SECCIÓN 1: Factores que definen el riesgo agroclimático	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en San Vicente de Chucurí.....	4
Exposición del cultivo de cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Vicente de Chucurí	9
Zonas del municipio con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de cacao	16
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica en la finca.....	17
SECCIÓN 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao ante condiciones de déficit hídrico del suelo, en el municipio de	19
San Vicente de Chucurí (Santander)	19
Fertilización integrada:.....	21
Implementación de un sistema de riego por goteo	22
Ventajas comparativas de las tecnologías integradas	24
Manejo de coberturas:.....	28
SECCIÓN 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de cacao en el municipio de 30 San Vicente de Chucurí (Santander)	30
Determinación de los dominios de recomendación	30
Características de los dominios de recomendación para los productores de cacao en San Vicente de Chucurí	31



Implementación de las opciones tecnológicas para cada dominio de recomendación	33
REFERENCIAS	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo del cacao en San Vicente de Chucurí (Santander).	3
Figura 2. Variables biofísicas de San Vicente de Chucurí. Subzonas hidrográficas (izquierda), paisaje (centro) y altitud (derecha).....	5
Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en San Vicente de Chucurí (en el periodo 1980-2011).	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo del cacao en San Vicente de Chucurí.	10
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del cultivo del cacao en San Vicente de Chucurí, bajo condiciones de déficit hídrico, en el intervalo de tiempo enero-diciembre..	13
Figura 6. Aptitud agroclimática de San Vicente de Chucurí, para el cultivo del cacao, bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.....	16
Figura 7. Balance hídrico atmosférico diario registrado durante el periodo de evaluación de la parcela de integración del cacao.	19
Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo del cacao, de San Vicente de Chucurí.....	20
Figura 9. Instalación del sistema de riego por goteo en el sistema productivo del cacao: A) cabezal principal. B) Módulos de riego. C) Conexión de la tubería. D) Laterales de riego. .	23
Figura 10. Estructuras reproductivas de la planta de cacao: A) Iniciación de botones florales. B) Frutos de cacao formados.....	24
Figura 11. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.	34
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.	35



Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3. 36

Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 4. 37



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en San Vicente de Chucurí 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 San Vicente de Chucurí durante los eventos de <i>La Niña</i> en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 3. Calendario fenológico de la fase reproductiva del cultivo de cacao bajo condiciones de déficit hídrico, en San Vicente de Chucurí	15
Tabla 4. Plan de fertilización anual para la parcela de integración del sistema productivo del cacao	22
Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo del cacao en San Vicente de Chucurí.....	32



INTRODUCCIÓN

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

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios de 18 departamentos del país. Para ello se desarrollaron parcelas de integración para 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con agricultores, e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Santander fue priorizado, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí.

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 San Vicente de Chucurí, en el departamento de Santander.



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 San Vicente de Chucurí, Santander, mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- a) Exponer información agroclimática del municipio de San Vicente de Chucurí (Santander) para la toma de decisiones en el sistema productivo de cacao en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- b) 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 San Vicente de Chucurí (Santander).
- c) Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí.

Riesgo agroclimático en el sistema productivo

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. En la figura 1 se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad del sistema productivo del cacao ante las 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.

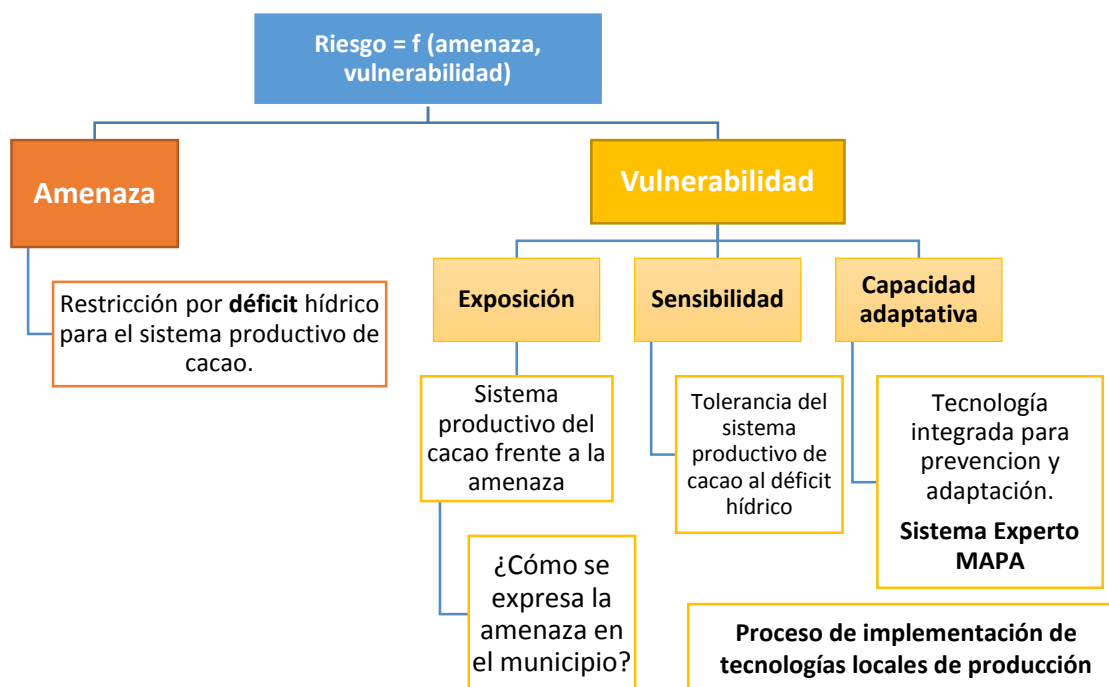


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo del cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander).

SECCIÓN 1: Factores que definen el riesgo agroclimático

A escala departamental: es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por la ubicación geográfica, las variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y 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 la información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altitud y paisajes) y climáticas (estaciones meteorológicas, distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración $[ET_0]$ y), 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 del riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal consultar el sistema experto SE - MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en San Vicente de Chucurí

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

El municipio de San Vicente de Chucurí se encuentra influenciado por tres zonas hidrográficas: los ríos Carare, Lebrija y otros directos al Magdalena, y Sogamoso (Corpoica, 2015a). A pesar de que el municipio presenta algunas áreas con paisaje de piedemonte (5097 ha) y valle (10.344 ha), se presenta una alta susceptibilidad territorial a deslizamiento, debido a que predominan paisajes montañosos (57.361 ha) y lomeríos (36.886 ha), con pendientes que varían entre 0 % y 75 %; estas características también dificultan el manejo técnico del cultivo.

Otro de los aspectos a tener en cuenta es el amplio rango altitudinal presente en el municipio (0 a 3000 msnm), razón por la cual existen diferentes pisos térmicos, incrementando el riesgo agroclimático, debido a su relación directa con la variación climática (figura 2).

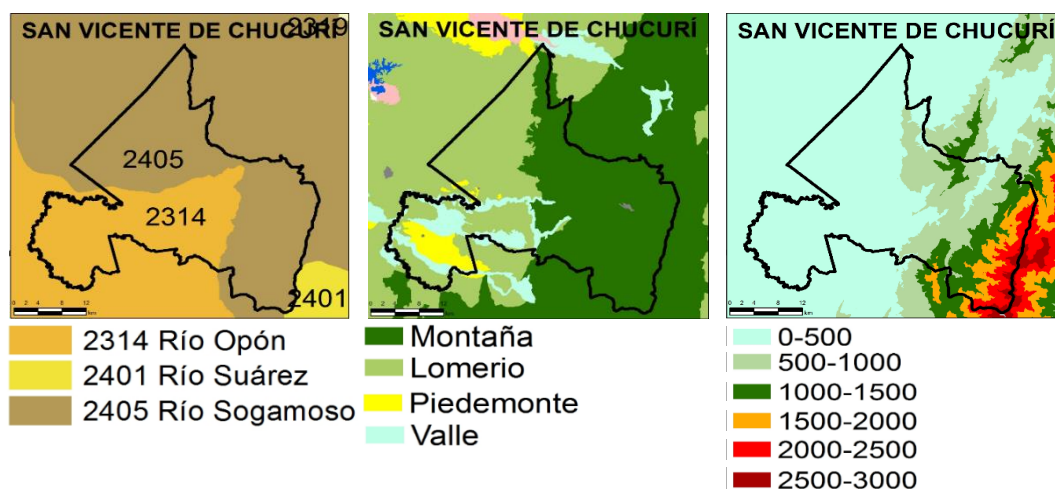


Figura 2. Variables biofísicas del municipio de San Vicente de Chucurí, Santander. Subzonas hidrográficas (izq.), paisaje (centro) y altitud (der.).
Fuente: Corpoica (2015a).

El siguiente punto a tener en cuenta es la disponibilidad de las series climáticas (1980-2011) con las que es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y así conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presentan fenómenos asociados a variabilidad climática. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de San Vicente de Chucurí se destacan:

Precipitación: En la Figura 3 se muestra el comportamiento de la precipitación para el municipio de San Vicente de Chucurí. La línea verde representa la precipitación promedio; las barras rojas y azules representan la precipitación durante eventos de variabilidad climática asociados a El Niño-Oscilación del Sur (ENSO): El Niño (1983) y La Niña (1982), respectivamente (Corpoica, 2015a). Durante los eventos de El Niño se observa una disminución de las lluvias durante todos los meses con respecto al promedio multianual, siendo más notoria en el primer trimestre y en el segundo semestre del año, afectando principalmente al pico de lluvias esperado para los meses de septiembre y octubre. Durante los eventos de La Niña se observó un aumento de la precipitación, marcado principalmente durante los primeros meses del año.

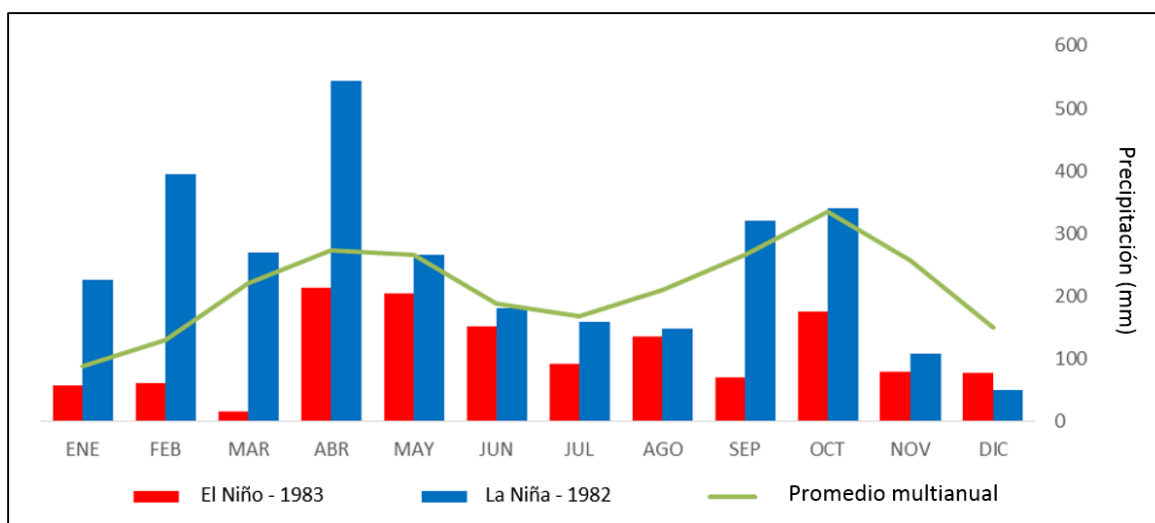


Figura 3. Precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en municipio de San Vicente de Chucurí (en el periodo 1980-2011).
Fuente: Corpoica (2015a).

- **Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI por sus siglas en inglés) y anomalías climáticas en eventos de El Niño o La Niña:** Permite determinar la intensidad y duración de un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:
 - a. El valor de la anomalía en porcentaje: indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.

- b. El valor del Índice Oceánico El Niño¹ (ONI) indica qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. 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 el comportamiento de los fenómenos asociados a ENSO en los últimos 32 años, en el municipio de San Vicente de Chucurí; lo anterior es útil cuando se presenta una alerta temprana de ocurrencia de este fenómeno.

En la tabla 1 se observa que en el municipio, durante escenarios El Niño, las precipitaciones pueden reducirse entre 9% y 38%, presentando valores ONI entre 1,6 y 2,3. La reducción de la lluvia se presentó en el periodo entre mayo de 1991 y junio de 1992, con una reducción del 38%.

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

Inicio	Mayo. 82	Ago. 86	Mayo. 91	Mayo. 94	Mayo. 97	Mayo. 02	Jun. 04	Ago. 06	Jul. 09
Fin	Jun. 83	Feb. 88	Jun. 92	Mar. 95	Mayo. 98	Mar. 03	Feb. 05	Ene. 07	Abr. 10
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Valor ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-24%	4 %	-38 %	-22 %	-15 %	-26 %	-18 %	4 %	-9 %

Fuente: Corpoica (2015a).

¹ Cuando la variación supera valores de 0.5, durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0.5, también de forma consecutiva en cinco meses, es un evento La Niña. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml, permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

De la misma forma, en la tabla 2 se observa que en o durante el fenómeno de La Niña, las precipitaciones aumentaron, desde 11% hasta 67%, siendo este último el mayor aumento registrado en la precipitación del municipio (Julio 2010 a Abril 2011), con un valor ONI de -1,4.

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

Inicio	Oct. 84	May. 88	Sep. 95	Jun. 98	Oct. 00	Sep. 07	Jul. 10
Fin	Sep. 85	May. 89	mar-96	Julio 00	Feb. 01	may-08	abr-11
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Valor ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	11%	12%	-8%	22%	-3%	11%	67%

Fuente: Corpoica (2015a).

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

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

Para mayor información de la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas consultar el SE – MAPA

Exposición del cultivo de cacao a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Vicente de Chucurí

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

- a) **Las limitantes para el cultivo en el municipio:** revisando el mapa de aptitud de suelos para el sistema productivo (1:100.000), es importante tener en cuenta que algunas limitantes biofísicas no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, textura) (figura 4).

De acuerdo con el análisis realizado al departamento de Santander, los suelos de San Vicente de Chucurí presentan una aptitud restringida para el cultivo de cacao, debido principalmente a las condiciones de acidez extrema ligadas a alta saturación de aluminio, poca profundidad efectiva y restricciones por drenaje. Con base en la evaluación de los requerimientos edáficos del cultivo, se determinaron 5022 ha aproximadas de suelos con aptitud óptima (4,5 % del área total del municipio).

Aproximadamente el 72,6 % de los suelos presentan condiciones restrictivas y se clasifican con aptitud marginal (A3); aunque presenta limitaciones o características por debajo de las tolerables, pueden ser posibles de adecuar con la aplicación de insumos o de tecnología. El 22,7 % del municipio presenta condiciones no aptas para el cacao, ya sea por pendientes (mayores al 50 %), suelos muy superficiales limitados por contacto lítico o fragmentos de rocas y, en algunos casos afloramientos rocosos (Corpoica, 2015b).

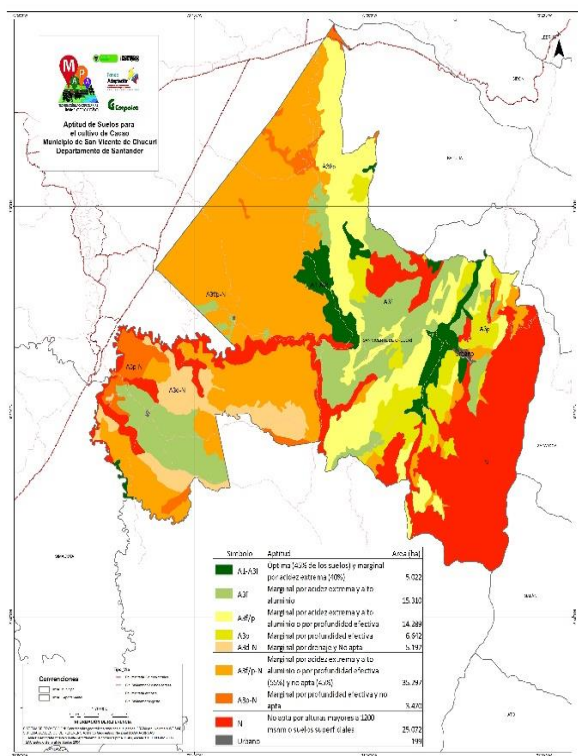
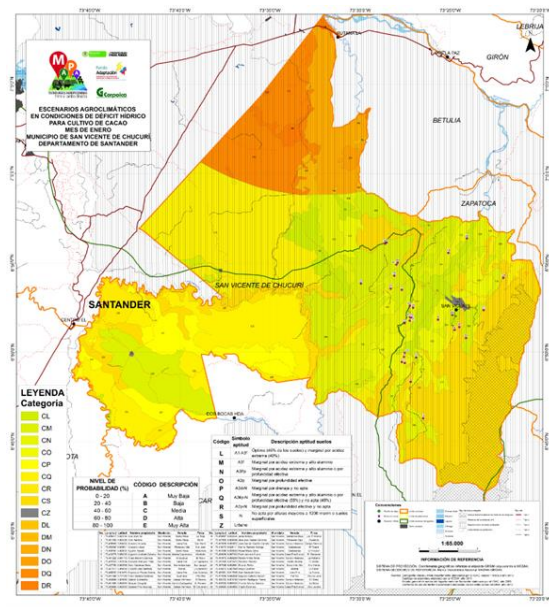


Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí.
Fuente:Corpoica (2015b).

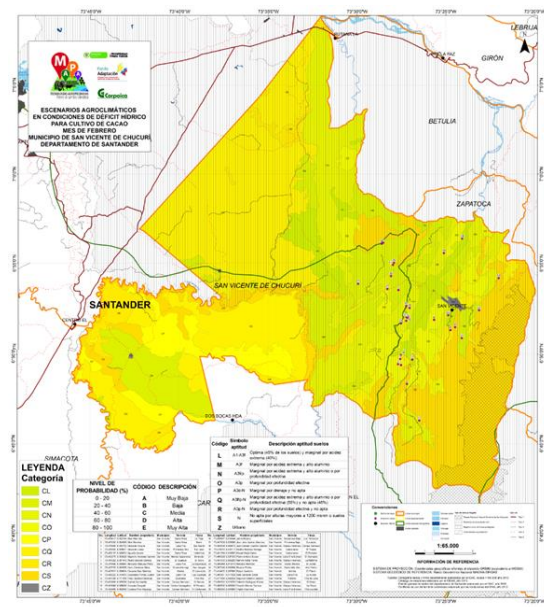
- b. La probabilidad de déficit hídrico para el cultivo:** en los mapas de escenarios agroclimáticos (Figura 5), de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica. Esta probabilidad puede ser baja o muy baja (tonos verdes), media (tonos amarillos), alta (tonos naranja) o muy alta (tonos rojos). Los excesos y déficit de agua en el suelo tienen mayor impacto en ciertas etapas fenológicas de desarrollo de los cultivos (Tabla 3), así mismo se expresan en mayor grado en partes específicas del territorio, por lo tanto, es importante saber en qué intervalo de tiempo y en cuales sectores del municipio es más probable que una condición restrictiva ocurra.

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad a escases de agua en el suelo para el cultivo en un intervalo de tiempo. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo a los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como marco de referencia porque la escala de los datos no es de alta precisión.

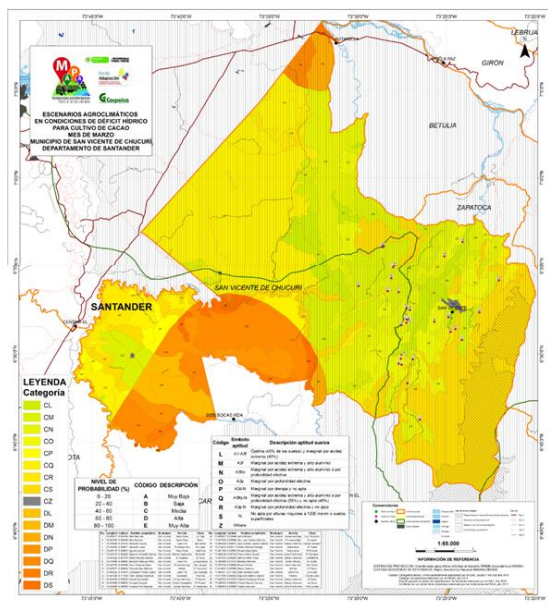
Enero



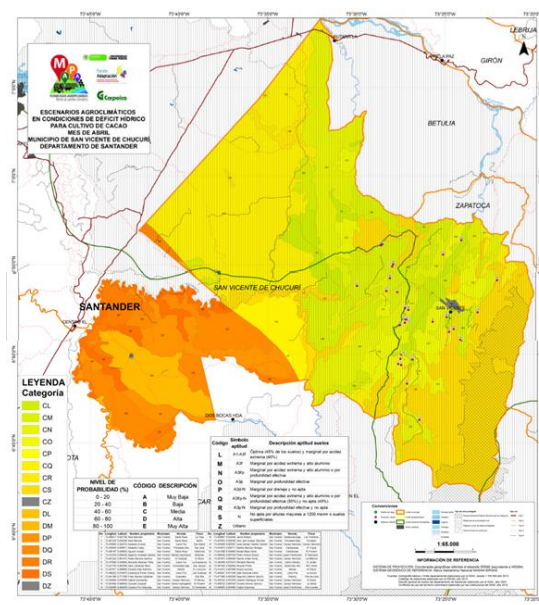
Febrero



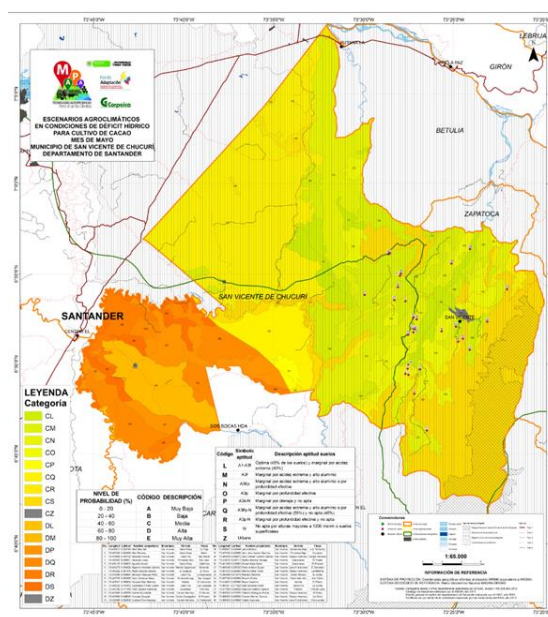
Marzo



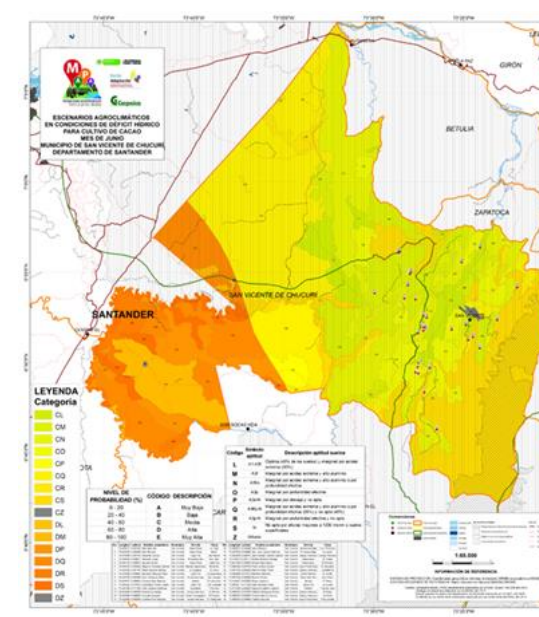
Abril



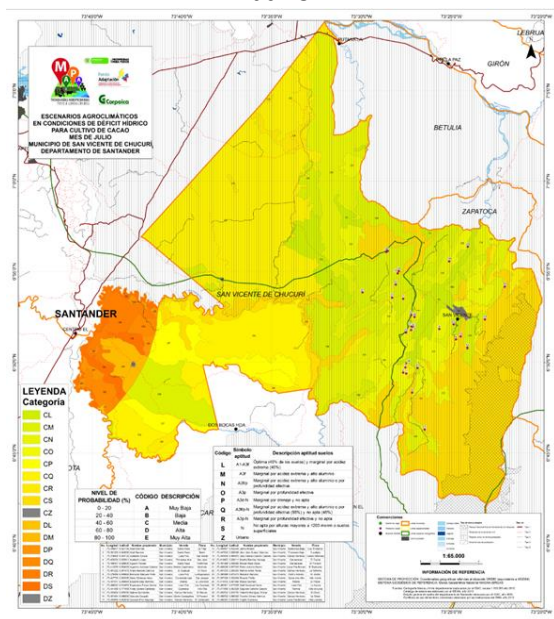
Mayo



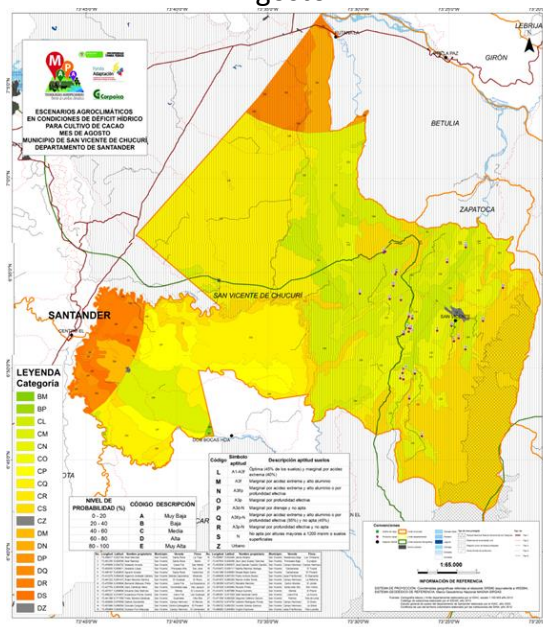
Junio



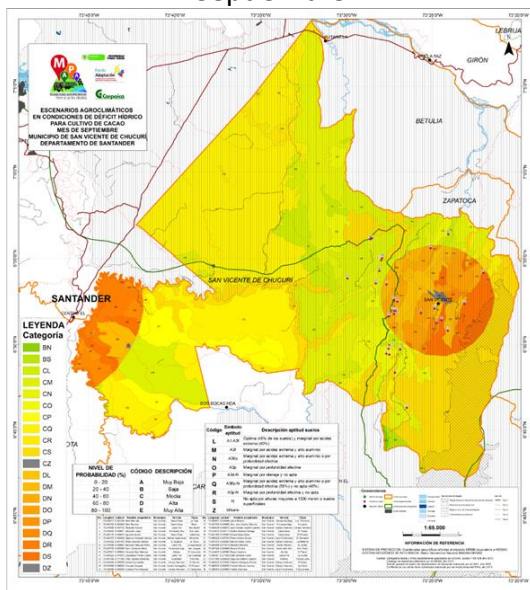
Julio



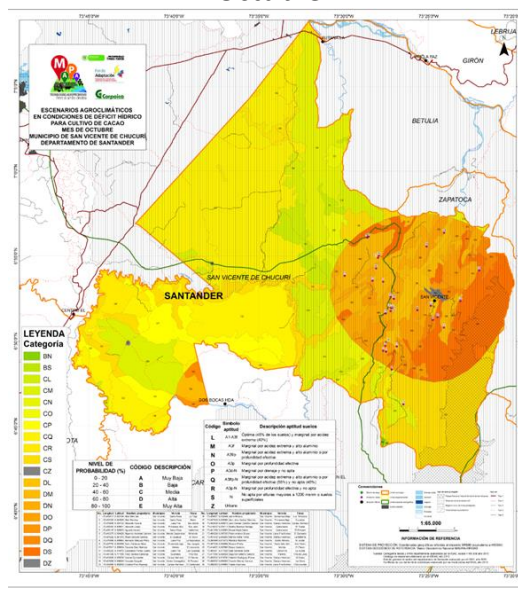
Agosto



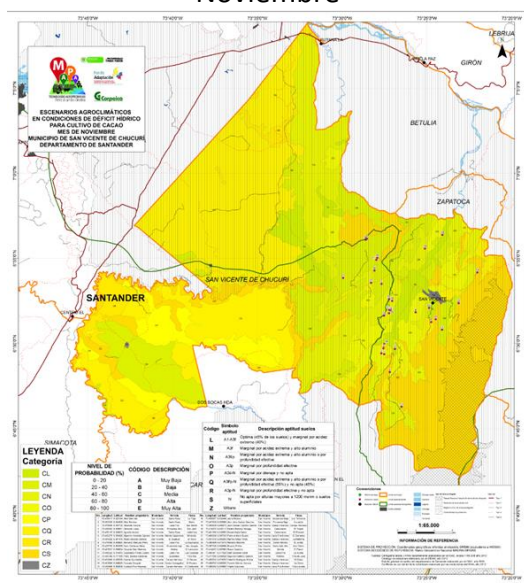
Septiembre



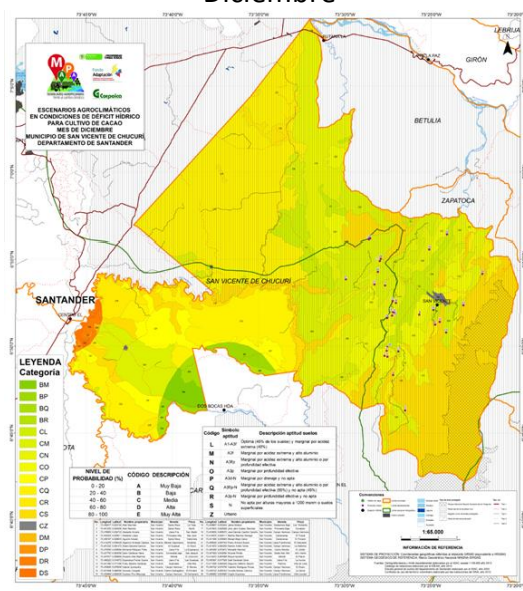
Octubre



Noviembre



Diciembre



LEYENDA Categoría

BM	CR
BN	CS
BP	CZ
BQ	DL
BR	DM
BS	DN
CL	DO
CM	DP
CN	DQ
CO	DR
CP	DS
CQ	DZ

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1-A3f	Óptima (45% de los suelos) y marginal por acidez extrema (40%)
M	A3f	Marginal por acidez extrema y alto aluminio
N	A3f/p	Marginal por acidez extrema y alto aluminio o por profundidad efectiva
O	A3p	Marginal por profundidad efectiva
P	A3d-N	Marginal por drenaje y no apta
Q	A3f/p-N	Marginal por acidez extrema y alto aluminio o por profundidad efectiva (55%) y no apta (45%)
R	A3p-N	Marginal por profundidad efectiva y no apta
S	N	No apta por alturas mayores a 1200 msnm o suelos superficiales
Z	Urbano	

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 para el sistema productivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí cambiar condiciones de déficit hídrico, en el intervalo de tiempo Enero – Diciembre. Fuente: Corpoica (2015b).

De acuerdo con el análisis realizado al municipio de San Vicente de Chucurí (Santander), siguiendo la metodología propuesta por Palmer, (1965), se observó que en la mayor parte del territorio y durante todos los meses del análisis se puede presentar una probabilidad media (tono amarillo, 40-60 %) de ocurrencia de déficit hídrico para el sistema productivo de cacao. Durante el intervalo comprendido entre marzo y septiembre se presenta alta

probabilidad de déficit hídrico (60-80 %) en buena parte del área del municipio; este intervalo coincide con los periodos de floración y desarrollo de fruto, presentando mayor riesgo para las plantas.

En condiciones de déficit hídrico en el suelo, la fenología de la planta de cacao se ve afectada, modificando el periodo de floración, el cual es altamente influenciado por las lluvias. Durante condiciones normales, la floración se presenta en los meses de mayo y junio, y septiembre y octubre; sin embargo, en condiciones de déficit hídrico se presenta en los meses de agosto a septiembre, y de noviembre a diciembre (Tabla 3). Lo anterior influye en la duración del desarrollo de los frutos y, por consiguiente, en la cosecha (Corpoica, 2015b).

Tabla 3. Calendario fenológico de la fase reproductiva para el cultivo de cacao cambiar condiciones de déficit hídrico, en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander). Fuente: (Corpoica, 2015b).

Descripción	Ago				Sep				Oct				Nov				Dic				Ene				Feb				Mar				Abr			
	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																																				
Desarrollo y formación del fruto																																				
Cosecha																																				

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

Resulta oportuno analizar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de San Vicente de Chucurí para el sistema productivo de cacao (Figura 6). Este mapa resume la exposición mensual a déficit hídrico para el sistema productivo de cacao y la aptitud de los suelos en el municipio. Como se observa en la figura 6, solo una zona al suroccidente del municipio puede presentar afectación por esta condición hídrica, mientras que la mayor parte del municipio presenta baja exposición, es decir menor riesgo agroclimático.

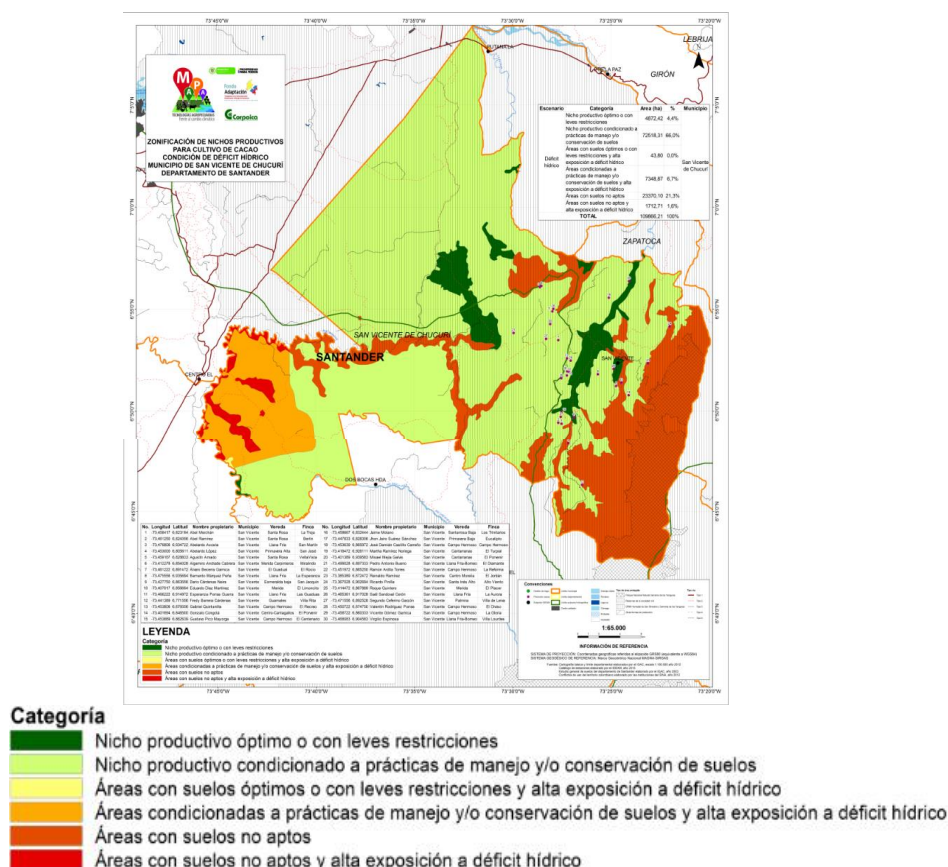


Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de San Vicente de Chucurí para el cultivo de cacao en condiciones de déficit hídrico.

Se identificaron cinco categorías de aptitud agroclimática para el cultivo del cacao, con los siguientes porcentajes de ocupación:

- ✓ Nicho productivo óptimo con leves restricciones: 4,4 % (4872 ha).
- ✓ Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos: 66 % (72.518 ha).
- ✓ Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico: 43 ha.
- ✓ Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo, conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico: 6,7 % (7349 ha).
- ✓ Área con suelos no aptos: 21,3 % (23.370 ha).
- ✓ Área con suelos no aptos y con alta exposición a déficit hídrico: 1,6 % (1713 ha).

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander) consultar el SE – MAPA

Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica en la finca

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

Información agrometeorológica:² Por otro lado, la información agrometeorológica puede emplearse para mejorar la toma de decisiones operativas en el manejo de sistemas productivos. La Guía de Prácticas Agrometeorológicas, de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), indica que la información que debe ser proporcionada a los agricultores para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

² En el siguiente link puede encontrar información sobre gestión de la información agroclimática: <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>. En la Cartilla

- c. **Datos referidos al estado de la atmósfera:** emplear una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- d. **Datos referidos al estado del suelo:** monitorear la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- e. **Fenología y rendimiento de los cultivos:** hacer seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- f. **Prácticas agrícolas empleadas:** labores culturales, control de plagas, de enfermedades y malezas.
- g. **Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura:** eventos limitantes que afectan al cultivo, tales como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- h. **Distribución temporal y de cultivos:** periodos de crecimiento y épocas de siembra y cosecha.

El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos (temperaturas máximas, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación), de ser posible a escala diaria. Estas variables fueron analizadas durante el ciclo del sistema productivo y se relacionaron con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos, principalmente en etapas fenológicas críticas (más susceptibles a condiciones limitantes).

Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cacao ante condiciones de déficit hídrico del suelo, en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo del sistema productivo de cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí. Estas opciones tecnológicas fueron validadas en el periodo comprendido entre los meses de mayo y octubre, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico (Figura 7), y agrícola (Figura 8) en el municipio.

En la figura 7 se observa el balance hídrico atmosférico diario para el municipio de San Vicente de Chucurí durante el periodo comprendido entre el mes de mayo e inicios del mes de noviembre. Se observa que durante la mayor parte de este periodo, se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico, en el cual la evapotranspiración (E_{t0}) es mayor que la precipitación.

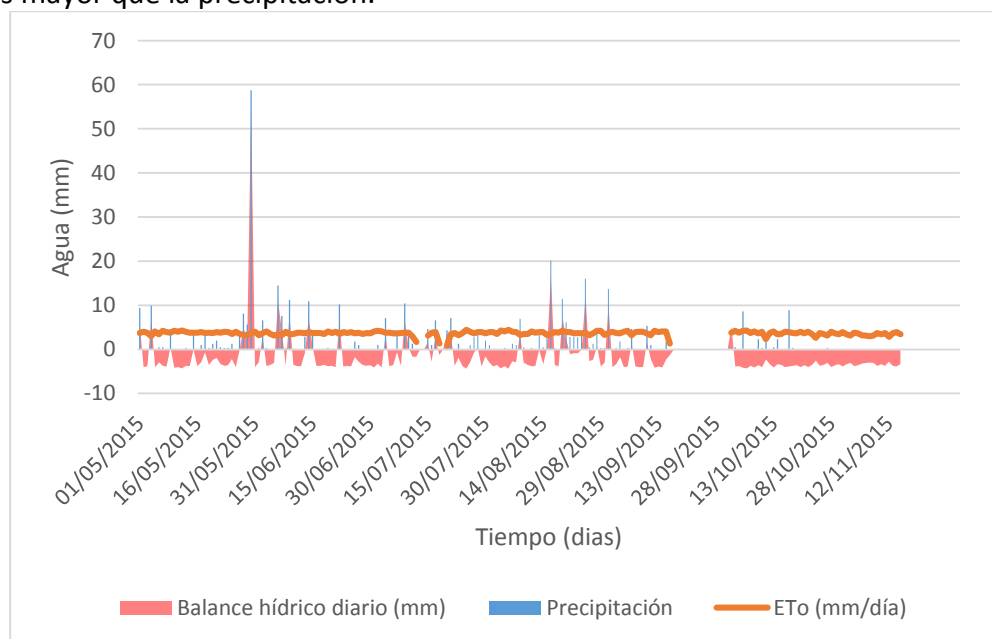


Figura 7. Balance hídrico atmosférico diario, registrado durante el periodo de evaluación de la parcela de integración de cacao.

Fuente: (Corpoica, 2015c).

Adicionalmente, en la Figura 8 se presenta el balance hídrico agrícola del sistema productivo de cacao, que describe la dinámica del agua en el suelo durante el periodo de evaluación de la parcela de integración. Se observa que la lámina de agotamiento en la zona de raíces (Dr) (agua que se extrae del suelo) es mayor que el agua fácilmente aprovechable (AFA) (agua disponible para las plantas) durante la mayor parte del periodo comprendido entre marzo y octubre de 2015. Este comportamiento indica que durante la mayor parte del tiempo de validación de las opciones tecnológicas, exceptuando algunos días de alta precipitación, se presentaron condiciones de déficit hídrico agrícola en el suelo para el sistema productivo de cacao; esta condición se hace especialmente crítica en el periodo entre septiembre y noviembre, época en la cual la lámina de agotamiento se acerca más al agua disponible total en el suelo (ADT). 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.

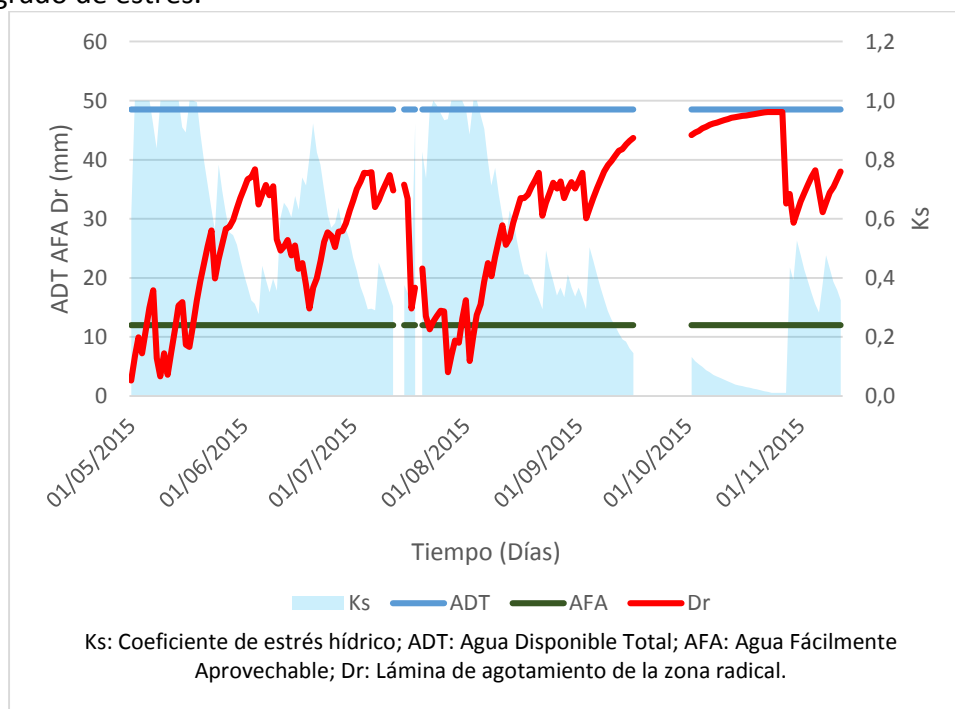


Figura 8. Balance hídrico agrícola sistema productivo de cacao, en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander).

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de cacao de San Vicente de Chucurí (Santander):

Fertilización integrada:

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

De acuerdo con los resultados del análisis de suelo realizado en la parcela de integración en el municipio de San Vicente de Chucurí, se determinó el plan de fertilización adecuado para el cultivo de cacao. Se inició con la aplicación de cal agrícola, como enmienda, con el fin de ajustar el pH a un valor óptimo para el desarrollo de las plantas, dado que en el análisis de suelos se obtuvo un valor de 5,06 el cual está catalogado como moderado a restringido para el cultivo de cacao (Corpoica, 2015b). Para la aplicación del fertilizante se usó la técnica conocida como “golpe”, en la cual se suministra el fertilizante en hoyos pequeños (5 a 10 cm de profundidad) ubicados alrededor de la gotera de la planta; una vez fueron añadidos los fertilizantes químicos, se cubrieron con materia orgánica. La cantidad de fertilizante a utilizar fue calculada mediante el requerimiento nutricional del cultivo, que de acuerdo con Uribe y Méndez (1998) es de 150-90-200 kg.ha⁻¹ de N, P₂O₅, K₂O para elementos mayores; y el resultado del análisis de suelos, en el que se encontraron valores bajos de fósforo, potasio, azufre, zinc y boro; de igual forma, se encontraron valores bajos de materia orgánica y valores restrictivos de aluminio intercambiable.

La fertilización se realizó fraccionada cada tres meses, durante el ciclo productivo del cultivo. El plan de fertilización usado en la parcela de integración de Corpoica se describe en la Tabla 4:

Tabla 4. Plan de fertilización anual para la parcela de integración sistema productivo de cacao

Producto	Dosis (g/árbol)	N° total de árboles	Cantidad total de fertilizante (kg)	Cantidad de fertilizante (kg.ha ⁻¹)
Urea	200	150	30	222
DAP	480	150	72	533
K ₂ SO ₄	190	150	29	211
Agrimins	200	150	30	222
Abonissa**	2000	150	300	2222
Cal agrícola	1000	150	150	1111

*Densidad de siembra 1111 plantas/ha

** Para mayor información sobre el abono orgánico ABONISSA KIKES consultar:

[HTTP://WWW.AGRO20.COM/PHOTO/ORGANICOS-ABONISSA?CONTEXT=POPULAR](http://www.agro20.com/photo/organicos-abonissa?context=popular)

Implementación de un sistema de riego por goteo

La implementación de un sistema de riego localizado por goteo permite la tecnificación del cultivo, con un ahorro entre el 40 y 60% de agua respecto a los sistemas tradicionales de riego y una reducción significativa de la mano de obra empleada (Figura 9), al controlar la frecuencia y la cantidad de agua aplicada. Con este sistema se estabiliza la humedad reduciendo las variaciones, las cuales causan estrés a las plantas afectando el crecimiento y la producción.

Para calcular las necesidades de riego del cultivo es necesario tener en cuenta el requerimiento hídrico de las plantas para su óptimo desarrollo, las condiciones de textura y estructura del suelo, las pérdidas de agua por evapotranspiración (ETc) y las ganancias de humedad del suelo por precipitación (Ppt).

Con la implementación de la información de los factores edafológicos y climatológicos se pudo establecer el diseño del sistema de riego, determinando las necesidades hídricas del cultivo, es decir, se calculó la cantidad de agua que necesitó para su normal desarrollo sin ocasionarle un déficit hídrico. Para el diseño hidráulico del sistema de riego se necesita

determinar el conjunto de accesorios y equipos requeridos para trasladar la cantidad de agua, calculada con antelación, desde la fuente hasta el área destinada al riego.

Para el caso específico de la parcela de integración se utilizaron dos emisores por árbol a una distancia entre ellos de 1,5 m y a una distancia del tronco del árbol de 0,75 m cada uno, donde se encuentra el lugar de desarrollo radical más importante. El intervalo entre riegos o frecuencia de riego fue de dos días, con una cantidad de agua diaria de 39 l/árbol.



Figura 9. Instalación del sistema de riego por goteo en el sistema productivo de cacao: A) cabezal principal B) módulos de riego C) conexión tubería D) laterales de riego.

Ventajas comparativas de las tecnologías integradas

De acuerdo con los resultados observados en la parcela de integración, la implementación de las dos opciones tecnológicas combinadas tuvo un efecto notoriamente positivo sobre la productividad del cultivo.

La implementación de las opciones tecnológicas incrementó en un 37 % la cantidad de botones florales activos (figura 10^a) por metro de rama, en comparación con los árboles con el manejo tradicional que se le da en el municipio. El factor determinante frente a esta respuesta fue el uso del riego, debido a que el cacao es una planta que presenta respuestas fisiológicas hidroperiodicas, lo cual quiere decir que la presencia de lluvias es el factor climático que determina la apertura de brotes vegetativos, y estimula la floración (Omolaja et al, 2009).



Figura 10. Estructuras reproductivas de la planta de cacao A. Iniciación de botones florales; B. Frutos de cacao formados.

La formación promedio de frutos (Figura 10B) por árbol tuvo un incremento aproximado de 100% en comparación con la formación de frutos de los árboles que no contaban con las opciones de riego y plan de fertilización integral. De igual forma, se redujo de 26% a 18% la cantidad de frutos abortados en promedio por árbol; con lo cual se puede deducir que, teniendo en cuenta el incremento en la formación de frutos y la reducción de caída de frutos una condición de déficit hídrico atmosférico, la producción total del cultivo se puede incrementar hasta en un 121%. El clon de cacao CCN51 posee rendimientos potenciales cercanos a los 3000 kg.ha⁻¹ (Carrion, 2012), por lo cual se puede decir que con

un manejo adecuado, y prácticas agrícolas como riego y fertilización, los rendimientos se puede incrementar significativamente.

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

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo del cacao en el municipio de San Vicente de Chucurí (Santander), se desarrollaron prácticas culturales, 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 déficit hídrico en el suelo, y que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

Captación y aprovechamiento de agua³:

- El cacao es un cultivo que depende de la disponibilidad del recurso hídrico para completar satisfactoriamente sus etapas vegetativas y reproductivas, por lo que es recomendable implementar técnicas de captación y uso de aguas lluvia; con lo cual se puede asegurar la disponibilidad del recurso en épocas en las cuales, por condiciones climáticas, no se tenga acceso al recurso.
- La captación de agua de lluvia es la recolección o cosecha de la escorrentía superficial para propósitos de producción agropecuaria y forestal. Las prácticas de captación de lluvia además disminuyen el riesgo de erosión al disminuir la escorrentía libre del agua sobre las tierras.
- Existen diferentes procedimientos o técnicas para recolectar agua lluvia, las cuales buscan aumentar la disponibilidad de agua en la finca. Dichas técnicas se pueden agrupar en

³ Para mayor información sobre esta tecnología se puede revisar el “manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia” escrito por la FAO.

<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s00.pdf>

microcaptación, macrocaptación, toma directa de fuentes hídricas (ríos, quebradas, pozos cercanos), cosecha de agua de techos de vivienda o estructuras de la finca, captación de aguas subterráneas y freáticas y captación de agua atmosférica. El método a utilizar depende de la cantidad de agua que requiera el sistema productivo y de la disponibilidad de recursos del productor. La finalidad es poder almacenar agua que se obtiene en épocas de lluvia y utilizarla en época seca, pero de manera eficiente y racional.

- Las características de la cosecha de agua lluvia son:
 1. Se recogen aguas que escurren por la superficie del suelo desde áreas de captación de corta longitud.
 2. La esorrentía recogida se almacena en el perfil de suelo.
 3. La longitud de área de captación suele estar entre 1 - 30 m para microcuencas o de 30 - 200 m para sistemas de captación externa de larga pendiente.
 4. La relación entre el área destinada a la entrada del agua y el área de recepción es normalmente de 1:1 a 3:1 para microcuencas o de 2:1 a 10:1 para sistemas de captación externa de larga pendiente.
 5. Algunos ejemplos son las microcuencas, caballones según curvas de nivel para árboles y cultivos herbáceos y caballones semicirculares para pastizales, caballones trapezoidales y de piedra según curvas de nivel para cultivos agrícolas.
- Los aspectos más importantes a considerarse para el diseño son: la capacidad, ubicación y tipo de reservorio, lo cual se determina dependiendo de la cantidad de lluvia.

Incorporación de materia orgánica al suelo

La incorporación de materia orgánica en el suelo tiene varios efectos positivos: Sirve como fuente de nutrientes y microorganismos disponibles para las plantas de cultivo, mejora las condiciones de los suelos como la capacidad de intercambio catiónico, densidad aparente, capacidad de retención de humedad, y aumenta la actividad biológica del suelo.

Antes de realizar la incorporación de cualquier fuente de materia orgánica, se debe contar con la asesoría de un técnico o ingeniero agrónomo capacitado y experimentado en agricultura ecológica u orgánica, el cual determinara la fuente, las cantidades y la forma de aplicación de la materia orgánica adecuada para el sistema productivo, dependiendo de las condiciones climáticas y edáficas propias de cada finca.

Es importante tener en cuenta que algunas fuentes de materia orgánica, como los excrementos animales, debe pasar por un proceso de compostaje, en el cual se realiza una descomposición parcial del material orgánico, se eliminan posibles organismos patógenos, y se estabiliza la concentración de los elementos nutritivos. La utilización de fuentes crudas como gallinaza y otras excretas animales, de materia orgánica, puede desencadenar en la aparición de problemas sanitarios, tanto para el cultivo como para los consumidores.

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. Dada su acción térmica, la luz directa del sol afecta de forma negativamente las plantas de cacao, incrementando la evapotranspiración de plantas. Este fenómeno se incrementa en condiciones de altas temperaturas y baja humedad relativa, por lo cual se recomienda la asociación del cultivo con plantas que proporcionen sombrío al cultivo. Adicionalmente, los cultivos asociados permiten la obtención de beneficios económicos adicionales 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, y otras especies vegetales de porte medio y cambiar como cultivos transitorios (ej: plátano, maíz). Este sistema garantiza interacciones ecológicas y económicas, de tipo continuo (cobertura del 100% del área) o zonal (presenta los componentes separados).
- Se debe regular el sombrío, máximo usar 50% de sombra, con el objeto de hacer aclareos a la plantación, permitiendo la entrada de la luz y aire, regulando la humedad del ambiente y del suelo, Corpoica (2015c) reportó el establecimiento de un sistema agroforestal de cacao con sombrío transitorio de plátano, y sombrío perenne de madera.

- Los modelos de siembra sugeridos incluyen la asociación cultivos semestrales, como plátano (Hartón o Dominico Hartón) como sombrío transitorio, y especies maderables (Guayacan, Teca, Nogal, Acacia, Abarco). Las distancia de siembra pueden variar en un arreglo transitorio 3 x 2 triangulo o 3x3 triangulo, y maderables 15x3 o 18x3 (barreras instaladas siempre con orientación de acuerdo a la dirección promedio del viento).

Manejo de coberturas:

Las coberturas de suelo son especialmente importantes en condiciones de déficit hídrico, debido a que ayudan a regular la temperatura del suelo, y reducen las pérdidas de agua por evaporación. Adicionalmente, las coberturas se emplean para controlar el crecimiento de malezas, proteger la biodiversidad microbiana en el suelo, y el control de plagas.

Una manera efectiva de generar una cobertura vegetal entre las calles del cultivo de cacao es seleccionar y permitir el crecimiento de arvenses. De acuerdo Salazar e Hincapié (2007), las arvenses son plantas de porte bajo y rápido crecimiento, con cubrimiento denso del suelo, y que no interfieren con el desarrollo y producción del cultivo; adicionalmente, estas plantas generan un microclima a nivel de suelo, que en condiciones de déficit hídrico reduce las pérdidas de agua, dado que se reduce la evaporación, la temperatura del suelo y el escurrimiento superficial; y se mejoran las condiciones de infiltración y capacidad de retención de agua (IITA-FAO, 2000).

Para mayor información sobre las opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de cacao en el Municipio de San Vicente de Chucurí consultar el SE – MAPA

Como se expuso en las secciones 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 ante el riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también a 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 San Vicente de Chucurí (Santander)

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

Para cada uno de los dominios (grupos de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (Tamaño 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

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

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad, dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos, y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios entonces se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio 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 para los productores de cacao en San Vicente de Chucurí

En la tabla 5 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos tres y cuatro, se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico para cada dominio. Para el sistema de cacao en San Vicente, se reportan cinco dominios, de los cuales el primero se orienta hacia productores ubicados en zona con “muy alta” exposición a eventos climáticos de sequía.

Se puede apreciar que el grado de exposición ante déficit hídrico es muy alto para el caso del dominio uno, y en los demás dominios de recomendación. Por otra parte la sensibilidad ante condición de déficit hídrico del suelo, es alta para todos los dominios, mientras que la capacidad de adaptación es media para los dominios uno y dos y alta para los demás dominios.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la implementación de un plan de fertilización respaldado con un sistema de riego artificial. 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 se reporta que en el dominio 5 la tecnología evaluada no presenta viabilidad financiera, en los demás dominios la tecnología es viable.

Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo cacao en el municipio de San Vicente (Santander).

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera del riego y la fertilización integral
1. Productores caracterizados principalmente por estar ubicados en zonas con alta exposición a condición de déficit hídrico, en general siembran en predios propios.	Muy alta	Alta	Media	Viable
2. Productores cuyos ingresos provienen en 90% o menos de la producción de cacao y que son propietarios de los predios.	Media	Alta	Media	Viable
3. Productores con predios destinados principalmente a la producción de cacao que no son propietarios de los predios.	Baja	Alta	Alta	Viable
4. Productores cuyo ingreso provienen casi en su totalidad del cultivo de cacao y que son propietarios de los predios.	Baja	Alta	Alta	Viable
5. Productores con predios en promedio de 4,5 ha, cuyos ingresos provienen en un rango entre 50% y 90% de actividades diferentes a la producción de cacao.	Baja	N/A	N/A	No viable

Implementación de las opciones tecnológicas para cada dominio de recomendación

Dominio 1

Incluye productores ubicados en zonas con “muy alta” exposición a condición de déficit hídrico, lo que hace que sea prioritaria la toma de medidas que mitiguen los efectos negativos de la condición climática.

La alta sensibilidad de este dominio obedece a la baja adopción de prácticas de manejo como riego agrícola o fertilización (ya sea química, orgánica o ambas), hechos que aunque reducen los costos de producción del cacao, limitan el potencial productivo de los cultivos (especialmente en materiales vegetales clonados), y pueden disminuir la rentabilidad del sistema. Por lo general, son agricultores que combinan en sus predios árboles híbridos con clones, lo que determina, especialmente para el caso de los híbridos, que la edad y el manejo que se las ha dado sea un factor importante en los bajos rendimientos que se presentan en las fincas.

En términos de adaptación, en general los agricultores pertenecientes a este dominio son propietarios de los predios y presentan altos niveles de acceso a crédito agropecuario, hecho que en gran medida permite el acceso a equipos y adecuaciones contemplados en las opciones tecnológicas propuestas.

De acuerdo al análisis microeconómico, para un productor representativo de este dominio (con 6,5 hectáreas), se recomienda implementar la tecnología de manera progresiva en el tiempo, hasta que la totalidad del área sea dispuesta con la opción tecnológica, de acuerdo a como el capital lo permita. No obstante se debe iniciar al menos con el 40% del área de cultivo. Finalmente se estableció que conforme se aumentó el establecimiento de la tecnología propuesta (Riego por goteo y fertilización), la cantidad de jornales requeridos ira disminuyendo, permitiendo al agricultor la venta de estos y aumentar el capital disponible, donde se prevé que el 52% de los jornales podrán ser vendidos.

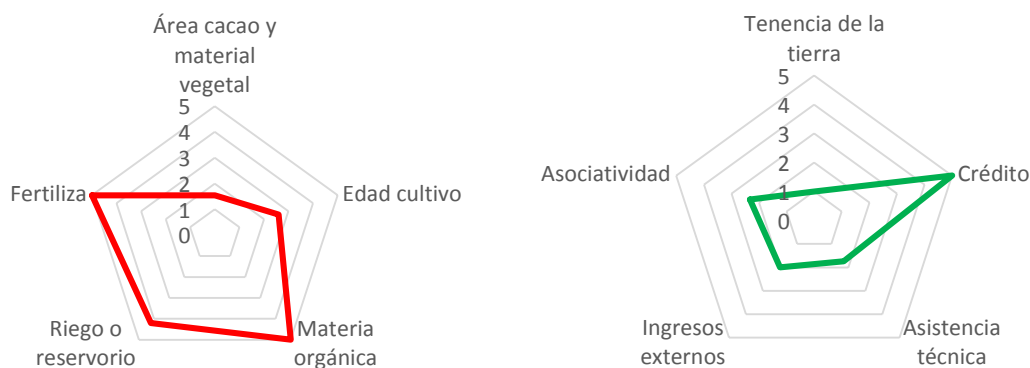


Figura 11. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1

Dominio 2

A este dominio pertenecen los agricultores ubicados en zonas con grado medio exposición a condición de déficit hídrico, además de alto grado de sensibilidad a esta condición climática, pues se ven afectados por la baja adopción de sistemas de riego y de planes de fertilización. Los sistemas productivos de cacao que predominan en este dominio son una mezcla entre árboles híbridos y clones, hecho que genera edades promedio que no superan los 10 años. En su totalidad, los agricultores son propietarios de los predios y poseen áreas de siembra de 20 hectáreas en promedio.

Por otra parte el grado de capacidad de adaptación de este dominio, está influenciado principalmente por el acceso a crédito y por los grados de asociatividad que presentan, hechos que pueden garantizar el acceso a préstamos así como para adoptar la opción tecnológica propuesta (sistemas de riego y planes de fertilización) y la reducción de los costos asociados a la comercialización del cacao. En cuanto a los ingresos, tan solo el 10% de estos son generados a partir de actividades diferentes a la venta de cacao, lo que conlleva a que la adopción gradual de la opción tecnológica deba ser cubierta por la actividad agrícola al interior del predio o en combinación con la capacidad para adquirir recursos provenientes de créditos agrícolas (Figura 12).

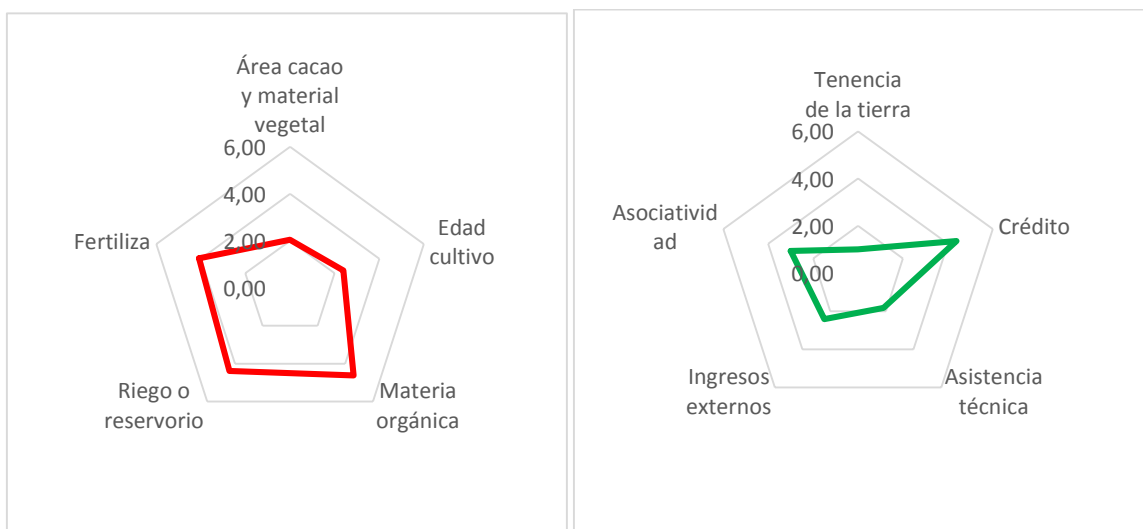


Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2

De acuerdo al análisis microeconómico, para un productor representativo de este dominio (con 20 hectáreas), se recomienda implementar la opción tecnológica de manera progresiva dada la alta inversión asociada. No obstante, se sugiere no iniciar la implementación en menos del 20% del área, donde se prevé que máximo en cuatro años podrá implementarse para la totalidad del predio. En cuanto a la oferta laboral, se prevé que para el segundo año se hará necesaria la contratación de mano de obra en adición a la familiar disponible, pero esta disminuirá una vez implementada la tecnología para la totalidad del predio. Finalmente, dada esta demanda de mano de obra, no se recomienda la venta de jornales familiares a otras actividades diferentes a la producción de cacao.

Dominio 3

Este dominio agrupa productores que se ubican en zonas con baja exposición a condición de déficit hídrico, que trabajan en cultivos que no son propios (medieros). Aunque la movilidad puede ser vista como una ventaja en términos climáticos, debe hacerse claridad que la implementación de sistemas de riego puede condicionarse a la adquisición de equipos que puedan ser removidos con facilidad ante un cambio de predio o a la firma de contratos de mediería que cubran, cuando menos, el tiempo contemplado en el análisis. Esto cambiar lógica que ningún agricultor instalaría un sistema de riego al costo planteado

para utilizarlo en menos periodos que los propuestos por el análisis microeconómico (5 años).

El dominio reúne agricultores con grados medios de asociatividad, bajos niveles de acceso a asistencia técnica pero con posibilidad de acceder a créditos agrícolas, lo que permitiría la adquisición de sistemas de riego y fertilizantes orgánicos y sintéticos.

Los niveles de sensibilidad del dominio son de grado alto, lo que se debe principalmente al bajo uso de sistemas de riego y la baja aplicación de fertilizantes químicos u orgánicos. Este hecho podría explicarse por el tipo de tenencia, son medieros que se desplazan por las zonas realizando labores de cosecha principalmente con bajos niveles de inversión en insumos agrícolas (Figura 13).

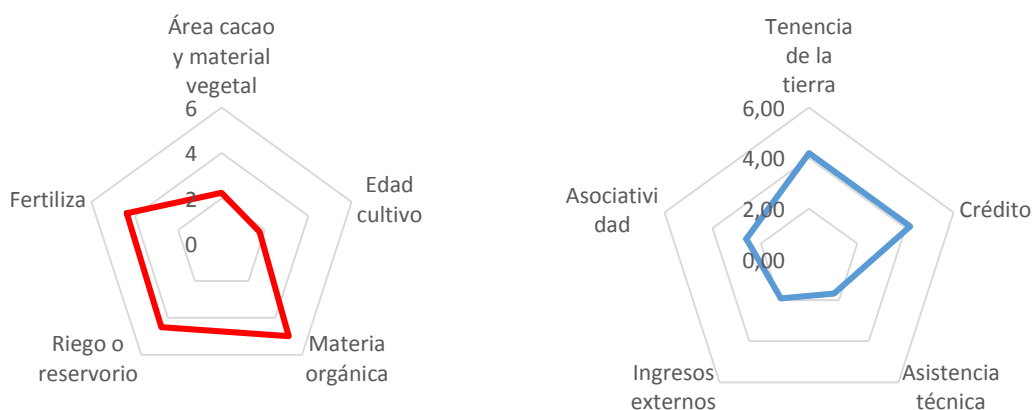


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3.

De acuerdo al análisis microeconómico, para un productor representativo de este dominio (con 15 hectáreas), la implementación de la opción tecnológica resulta viable de acuerdo al comportamiento del capital asociado a este esquema de producción. En concreto se recomienda implementar la opción tecnológica de manera progresiva llegando a destinar 8,5 hectáreas para la producción de cacao (aproximadamente el 60% del área). Sin embargo se resalta que se debe iniciar la implementación en al menos el 20% del área sobre la que se va a producir. Por otra parte, se prevé que conforme incrementa el área de

implementación de la opción tecnológica se hará necesaria la contratación de jornales, por lo que no se sugiere la venta de jornales familiares durante este periodo.

Dominio 4

Productores ubicados en zonas de baja exposición a condición de déficit hídrico, cuya dependencia financiera está al menos en un 90% por la producción de cacao del predio. El área de las fincas de los agricultores no supera las 9 hectáreas y en general mantienen percepción de no ocurrencia eventos climáticos adversos.

Estos productores presentan un alto grado de sensibilidad, lo que se debe a la ausencia de aplicación de fertilizantes y de sistemas artificiales de riego. Se resalta que a diferencia de los dominios anteriores, en este se emplean técnicas de fertilización orgánica. Nuevamente, Los sistemas de producción mezclan árboles híbridos y clones que dan en promedio cultivos con edades inferiores a 10 años.

Finalmente, la capacidad de adaptación es alta, la cual se ve favorecida por variables como el acceso a crédito agrícola y la asistencia técnica especializada, además de que son agricultores con una fuerte tendencia a asociarse para comercializar. Por lo general, son propietarios del cultivo de cacao en el que trabajan (Figura 14).

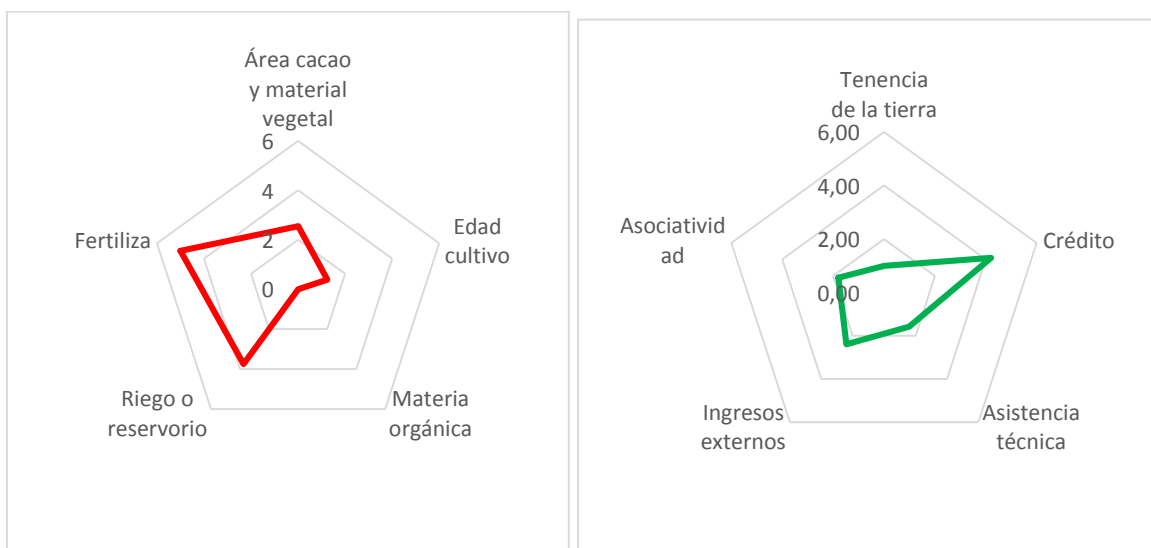


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 4



De acuerdo al análisis microeconómico, para un productor representativo de este dominio (con 6,5 hectáreas), la adopción de la opción tecnológica propuesta resulta viable ante una condición de déficit hídrico. Se recomienda inicialmente la implementación del plan de fertilización junto con la venta de jornales para la acumulación de capital. Una vez realizado esto debe implementar el riego artificial progresivamente, desde el segundo periodo de producción, hasta llegar a la totalidad del área, lo que se prevé no tardará más de cuatro periodos.

Referencias

- Carrion, J. (2012). *Estudio de factibilidad para la producción y comercialización de cacao (Theobroma cacao L.) variedad CCN-51, Jama-Manabí*. Universidad San Francisco de Quito: Tesis de grado, 65 p.
- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica, *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles interandinos* (págs. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe: Dominios de recomendación en el marco de la carta de entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No 002-2013*.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto de Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.
- Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para aguacate (Landázuri), cacao (San Vicente de Chucurí) y mora (Piedecuesta)*. Proyecto: Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.
- Corpoica. (2015c). *Informe final: Parcela de integración del sistema productivo del cacao, municipio de San Vicente de Chucurí, departamento de Santander*. Proyecto: Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático: 36 p.
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. Soils bulletin 32: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 65 p.
- IITA-FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma: FAO.
- 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., & Oyedeji, S. &. (2009). Rainfall and temperature effects on flowering and pollen. *African Crop Science Journal*, Vol. 17, No. 1, pp. 41-48.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological drought*. Department of Commerce. Research Paper No. 45. Washington D.C: Weather Bureau.
- Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Capítulo 5: Las arvenses y su manejo en los cafetales. En *Sistemas de producción de café en Colombia* (págs. 102-130). Chinchiná, Caldas: Blanecolor Ltda.
- Uribe, A., & Méndez, H. y. (1998). Efecto de los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio sobre la producción de cacao en suelo del departamento de Santander. *Suelos Ecuatoriales*, 28: 31-36.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingresa por:

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

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