



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de mora de Castilla (*Rubus glaucus* Benth)

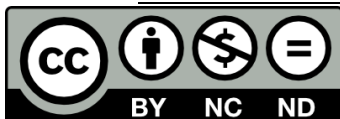
Municipio de Piedecuesta
Departamento de Santander



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	Función en el proyecto
Martha Marina Bolaños Benavides	IPD componente 2 e IP producto 6
Luis Felipe Castelblanco Rivera	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Marisol Gamboa Caballero	Profesional de apoyo a la investigación
Jairo Rojas Molina	Investigador máster y facilitador regional
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. Tibaitatá y 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.



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Identificación del riesgo agroclimático para el sistema productivo.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Piedecuesta	4
. Precipitación	5
. Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña.....	6
. Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas	8
Exposición del sistema productivo de mora de castilla a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Piedecuesta	9
Zonas del municipio de Piedecuesta con mayor y menor riesgo para el sistema productivo de mora de castilla	17
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	19
Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Piedecuesta (Santander)	21
Enfoque integral y planificación de la fertilización.....	23
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas.....	27
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla a déficit hídrico en el suelo	28
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).....	32



Determinación de los dominios de recomendación	32
Características de los dominios de recomendación para el sistema productivo de mora de castilla en Piedecuesta (Santander)	33
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio	34
REFERENCIAS	39



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).....	3
Figura 2. Variables biofísicas: paisajes (izq.), altitud (centro) y subzonas hidrográficas (der.) en el municipio de Piedecuesta (Santander).	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio en el municipio de Piedecuesta, en el periodo 1980-2011.....	6
Figura 4. Aptitud de suelos para el sistema productivo de mora de Castilla en el municipio de Piedecuesta.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta, en condiciones de déficit hídrico, en la ventana de análisis enero-diciembre.	15
Figura 6. Aptitud agroclimática para el sistema productivo de mora de castilla bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico, en el municipio de Piedecuesta.....	18
Figura 7. Valores diarios de precipitación, E_0 y balance hídrico, en milímetros, registrados entre enero y septiembre del 2015 en la parcela de mora de astilla localizada en la vereda Planadas, del municipio de Piedecuesta (Santander).	21
Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).	22
Figura 9. Toma de muestras para análisis de suelos en el sistema productivo de mora de castilla.	24
Figura 10. Registro semanal de la producción de mora por planta.....	27
Figura 11. Cobertura vegetal con arvenses nobles.....	28
Figura 12. Cubierta muerta con residuos de poda.	29
Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	35
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	36
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3.	38



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Piedecuesta durante los eventos El Niño en el periodo 1982-2011	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Piedecuesta durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011	8
Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de mora de castilla en una condición de déficit hídrico, en el municipio de Piedecuesta (Santander).....	16
Tabla 4. Parámetros físico-químicos de la gallinaza.	26
Tabla 5. Parámetros químicos del lombricompost	26
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de mora en el municipio de Piedecuesta (Santander).....	34



INTRODUCCIÓN

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

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

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Piedecuesta, en el departamento de Santander.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth), frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Piedecuesta (Santander) mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

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 mora de castilla 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.

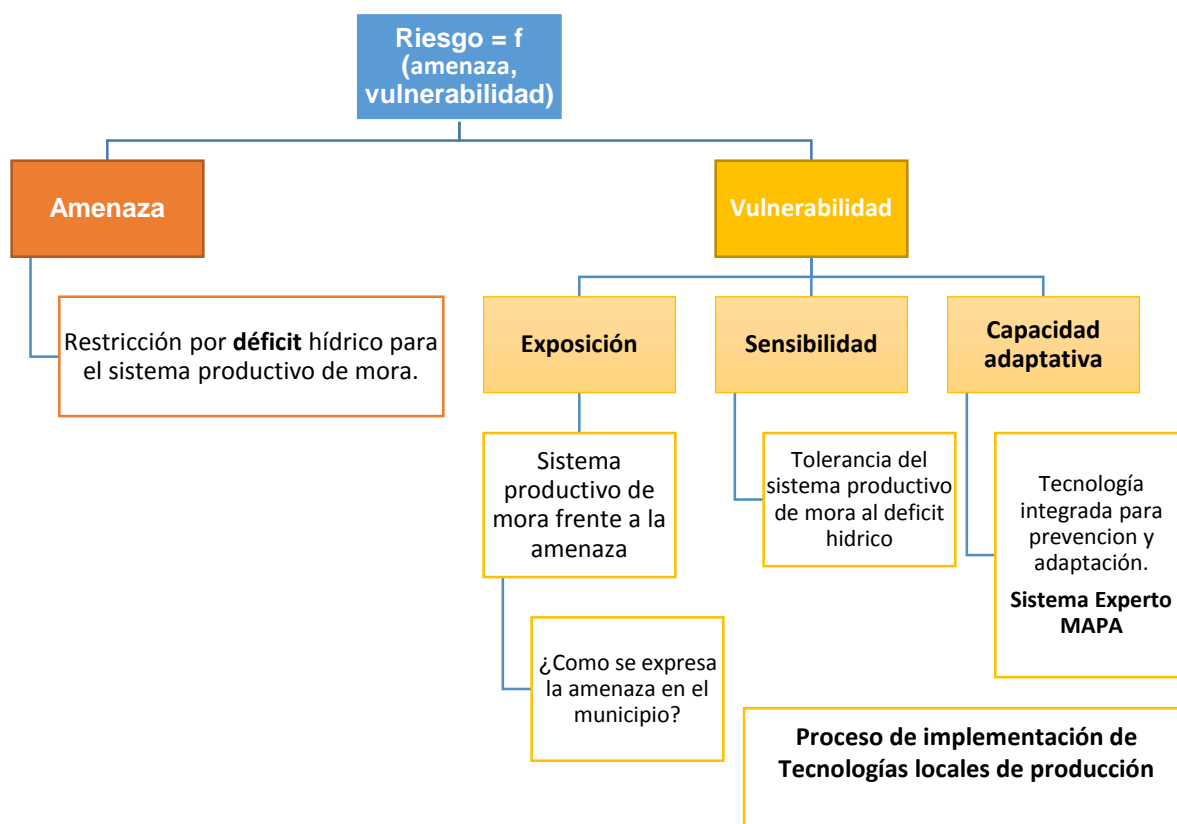


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).



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 las variables climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración $[ET_0]$).

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

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

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Piedecuesta

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.

El municipio de Piedecuesta se encuentra influenciado por cuatro zonas hidrográficas: al nororiente, por el río Chitagá; al noroccidente, por el río Lebrija y otros directos al Magdalena; al suroccidente, por el río Sogamoso, y al oriente, por el río Chicamocha (Corpoica, 2015a). El municipio tiene alta susceptibilidad territorial a deslizamientos

debido a que predominan paisajes montañosos (30.795 ha) y lomeríos (17.512 ha), con pendientes que varían entre 0% y 75%; 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 (500 a 4.000 m s. n. m.), 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).

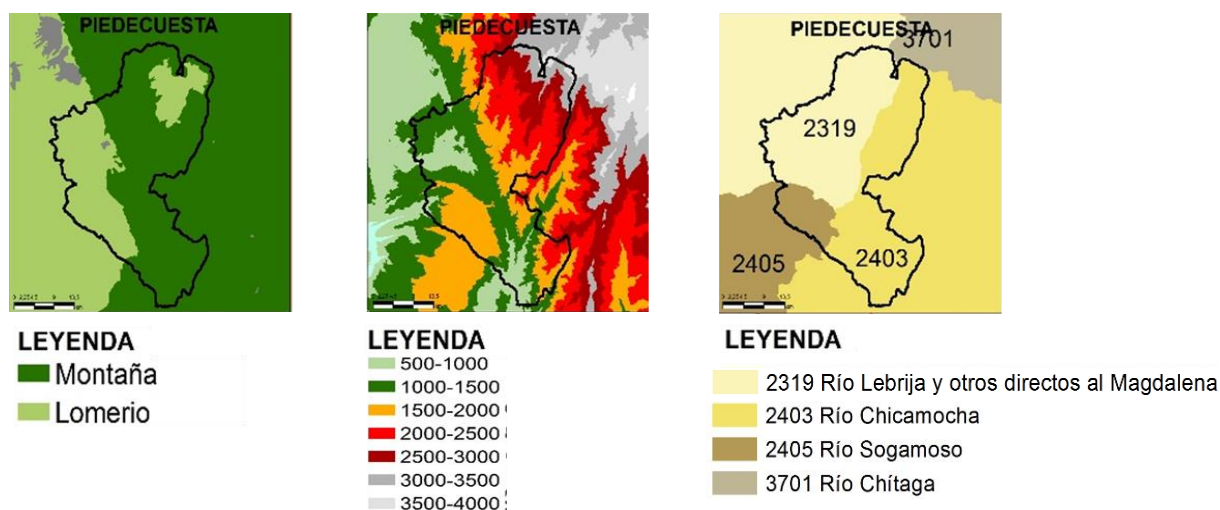


Figura 2. Variables biofísicas: paisajes (izq.), altitud (centro) y subzonas hidrográficas (der.) en el municipio de Piedecuesta (Santander).

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 presentan nuevamente estos fenómenos. En la información empleada para el análisis climático del municipio de Piedecuesta se destacan:

✓ Precipitación

La figura 3 muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Piedecuesta. La línea verde representa la precipitación promedio, y las barras rojas y azules, la precipitación durante eventos de variabilidad asociadas a ENOS (El Niño-Oscilación del Sur): El Niño (1985) y La Niña (2010) (Corpoica, 2015a). En condiciones normales, las lluvias anuales

promedio en el municipio de Piedecuesta alcanzan 1.525 mm, con picos máximos en los meses de mayo y octubre (172 y 183 mm respectivamente). Durante eventos El Niño se observa una marcada reducción de la precipitación, principalmente entre los meses de mayo y agosto, lo cual afecta principalmente el pico de lluvias que se espera para esta temporada. El Niño presenta variaciones para 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.

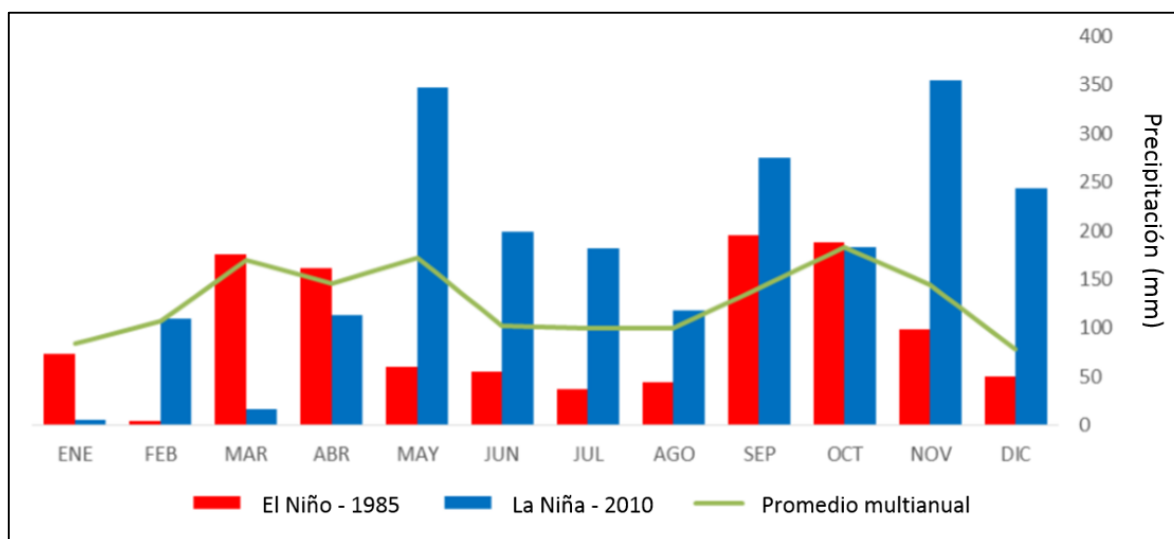


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio en el municipio de Piedecuesta, en el periodo 1980-2011.

Fuente: Corpoica (2015a).

✓ **Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos 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:

- 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 calcula 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 el municipio de Piedecuesta, información que resulta útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de este fenómeno.

Se observa que, durante eventos El Niño, en el municipio de Piedecuesta las precipitaciones se pueden reducir entre un 2% y un 20%, con valores ONI entre 1,6 y 2,3. Las anomalías de lluvias más intensas se presentaron en el periodo comprendido entre mayo de 1991 y junio de 1992, con una reducción del 20%. En Piedecuesta se presentaron aumentos de las lluvias de 26% y de 13% en los eventos El Niño de 2004-2005 y 2006-2007 respectivamente (tabla 1).

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Piedecuesta durante los eventos 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 (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	-17 %	-2 %	-20 %	-8 %	9 %	-17 %	26 %	13 %	4 %

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 El Niño, y cuando los valores son menores a -0,5, también en forma consecutiva en cinco meses, es un evento 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 La Niña, las precipitaciones pueden aumentar desde un 2% hasta un 47%, siendo este último el mayor aumento registrado en la precipitación del municipio (julio de 2010 a abril de 2011), con un valor ONI de -1,4.

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Piedecuesta 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	Jul. 00	Feb. 01	May. 08	Abr. 11
Duración (meses)	12	13	7	24	5	9	10
Valor ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-17 %	2 %	14 %	9 %	-22 %	33 %	47 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Se debe tener en cuenta que la temperatura de 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 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.



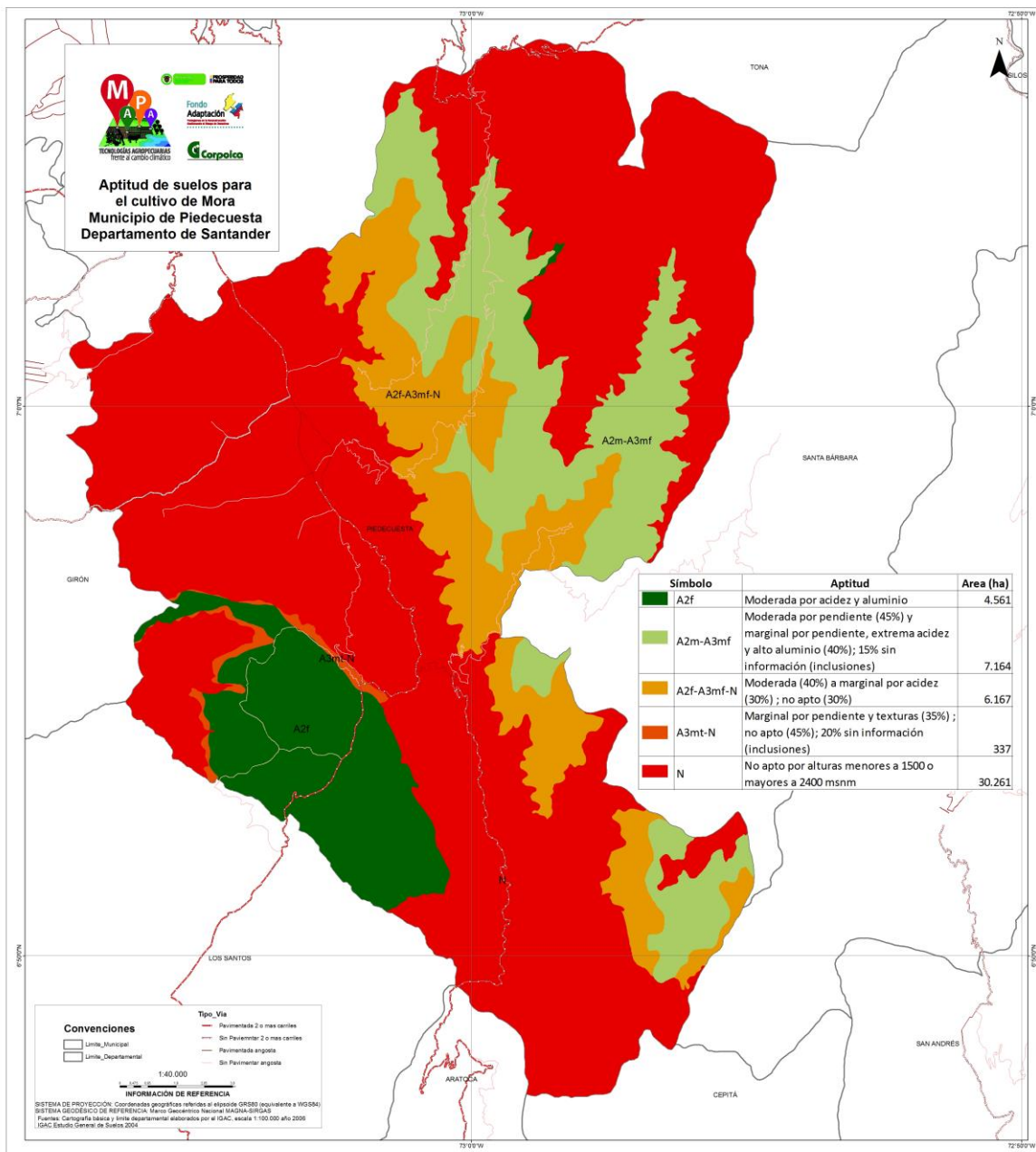
Para mayor información la susceptibilidad del municipio de Piedecuesta a amenazas climáticas consultar el SE - MAPA

Exposición del sistema productivo de mora de castilla a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Piedecuesta

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por 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:

- **Las limitantes para el sistema productivo en el municipio:** Debe revisarse el mapa de aptitud de suelos (figura 4, escala 1:100.000). Es importante tener en cuenta que algunas limitantes biofísicas, tales como altitud, pendientes excesivamente inclinadas y texturas, no se pueden modificar.

Para tener en cuenta: De acuerdo con el análisis realizado al departamento de Santander, en el cual se empleó la metodología propuesta por la FAO (1976), el municipio de Piedecuesta no presenta suelos óptimos o ideales para el establecimiento del sistema productivo de mora de castilla, dado que la mayor parte del territorio (62,4%) corresponde a suelos limitados en su mayoría por condiciones de altura (menores a 1.500 o mayores a 2.400 msnm). Sin embargo, el municipio presenta suelos de aptitud moderada (36,9% del territorio) y marginales (0,7% del territorio) para este sistema productivo, los cuales, a pesar de estar limitados por condiciones de acidez o pendiente, no están totalmente restringidos, y el cultivo puede establecerse con manejos de suelo adecuados.








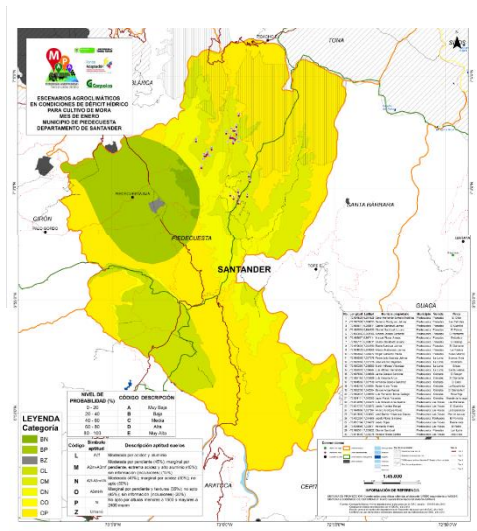
SÍMBOLO	APTITUD	ÁREA (ha)
	A2f Moderada por acidez y aluminio.	4.561
	A2m-A3mf Moderada por pendiente (45%) y marginal por pendiente, extrema acidez y alto aluminio (40%); 15% sin información (inclusiones).	7.164
	A2f-A3mf-N Moderada (40%) a marginal por acidez (30%); no apto (30%).	6.167
	A3mt-N Marginal por pendiente y texturas (35%); no apto (45%); 20% sin información (inclusiones).	337
	N Suelos no aptos por alturas menores a 1.500 o mayores a 2.400 m s. n. m.	30.261

Figura 4. Aptitud de suelos para el sistema productivo de mora de Castilla en el municipio de Piedecuesta.

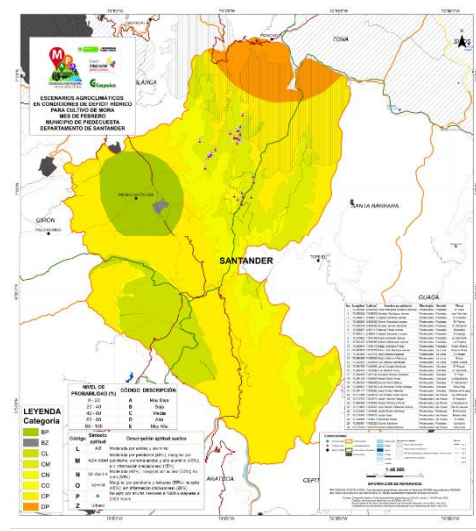
Fuente: Corpoica (2015b).

- **La probabilidad de déficit hídrico para el sistema productivo, de acuerdo con el mes de siembra o etapa fenológica:** La cual se puede identificar en los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5). Esta probabilidad puede ser baja o muy baja (tonos verdes), media (tonos amarillos), alta (tonos naranja) o muy alta (tonos rojos). El exceso o déficit de agua en el suelo tienen un 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 época y en qué sectores del municipio es más probable la ocurrencia de una condición restrictiva.

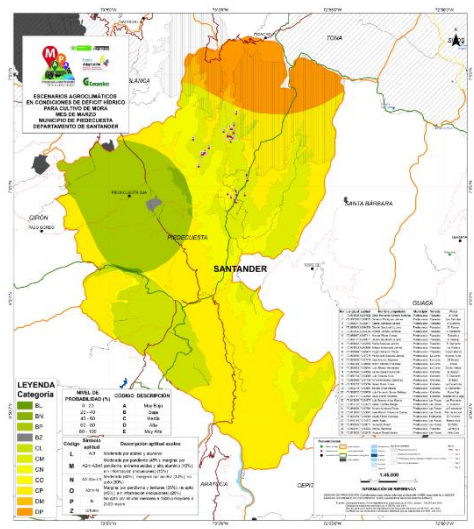
Enero



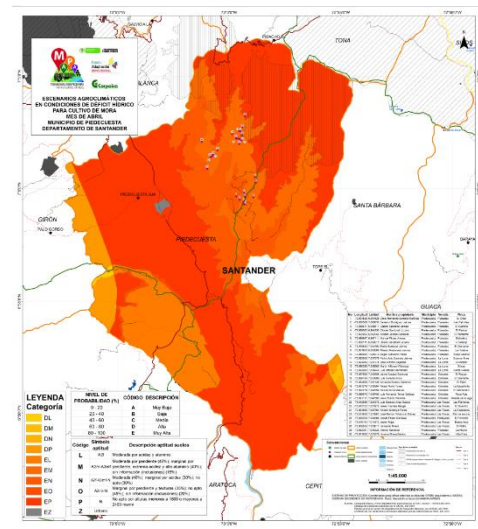
Febrero



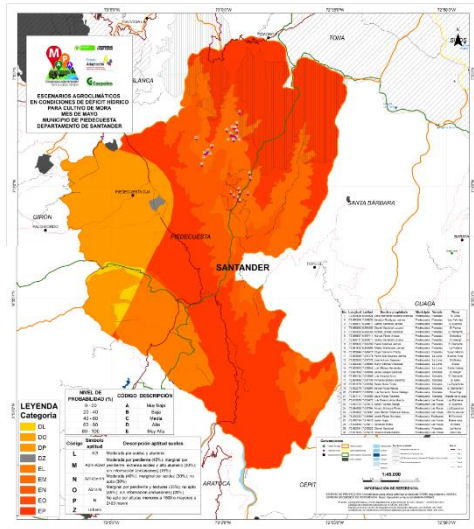
Marzo



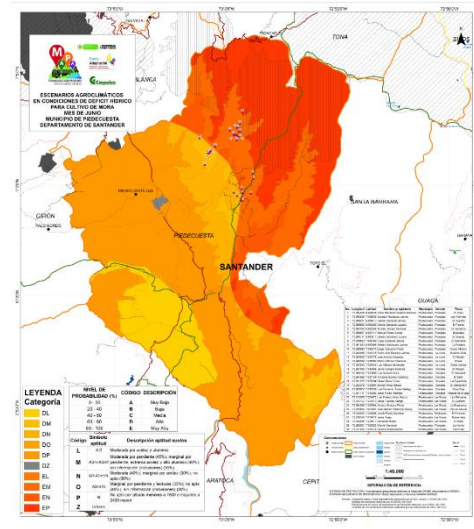
Abril



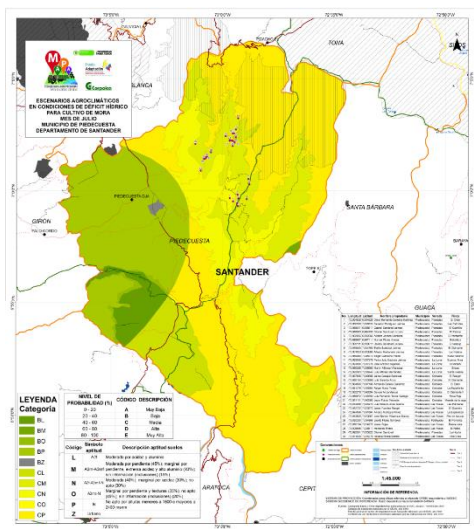
Mavo



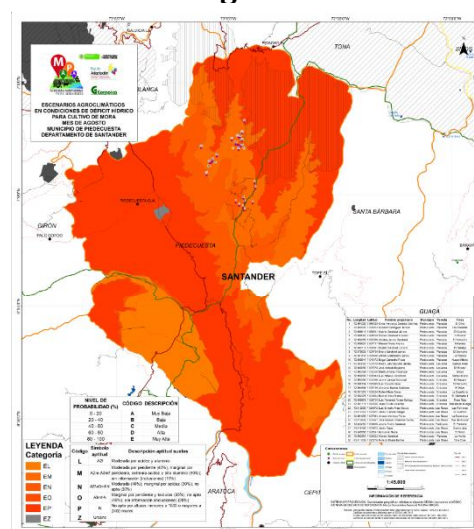
Junio



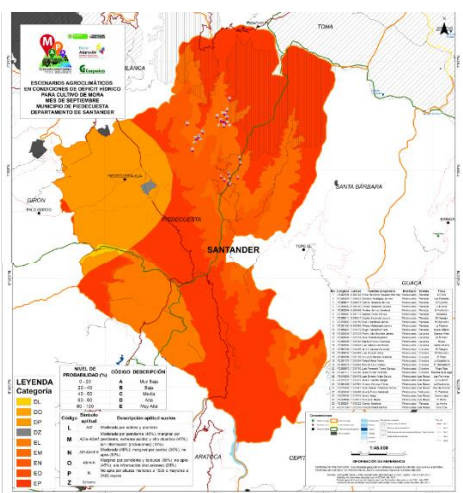
Julio



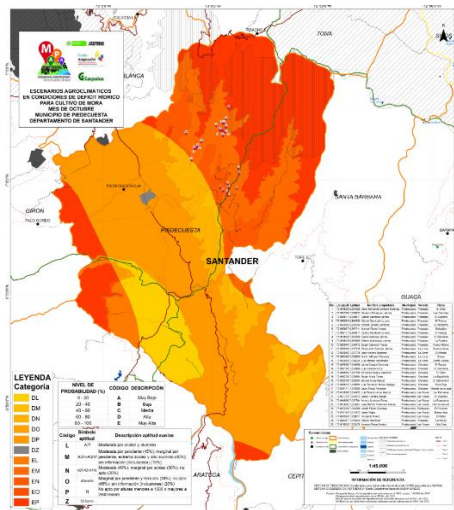
Agosto



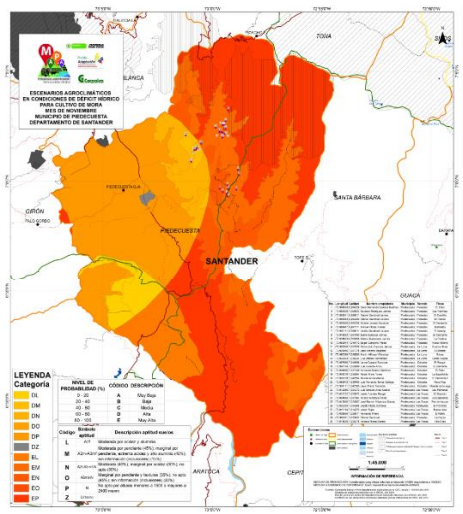
Septiembre



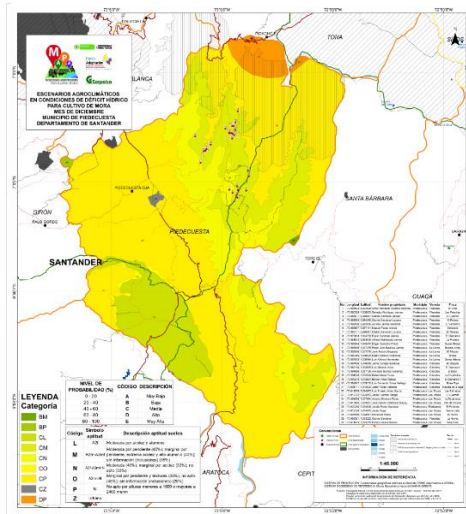
Octubre



Noviembre



Diciembre



LEYENDA Categoría

DL	DL
DM	DM
DN	DN
DO	DO
DP	DP
DZ	DZ
EL	EL
EM	EM
EN	EN
EP	EP
EO	EO
EP	EP
BL	BL
BM	BM
BO	BO
BP	BP
BZ	BZ
CL	CL
CM	CM
CN	CN
CO	CO
CP	CP

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	A2f	Moderada por acidez y aluminio
M	A2m-A3mf	Moderada por pendiente (45%); marginal por pendiente, extrema acidez y alto aluminio (40%); sin información (inclusiones) (15%)
N	A2f-A3mf-N	Moderada (40%); marginal por acidez (30%); no apto (30%)
O	A3mt-N	Marginal por pendiente y texturas (35%); no apto (45%); sin información (inclusiones) (20%)
P	N	No apto por alturas menores a 1500 o mayores a 2400 msnm
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta, en condiciones de déficit hídrico, en la ventana de análisis enero-diciembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

De acuerdo con el análisis realizado al municipio de Piedecuesta (Santander), siguiendo la metodología propuesta por Palmer, (1965), se observó que en la mayor parte de la ventana de análisis (meses de abril, mayo, junio, agosto, septiembre, octubre y noviembre) la probabilidad de ocurrencia de un evento de déficit hídrico es alta o muy alta (entre 60 y 100%). En los meses restantes (diciembre, marzo y julio) se puede identificar un área, la centro-occidental del municipio, donde persisten las probabilidades bajas de déficit hídrico para el cultivo de mora de castilla (20% a 40%, tonos verdes), correspondiente a las veredas Guatiguara, Ruitoque, La Mata, Mensuli, Barro Blanco, Pajonal, Monte Redondo, Mesitas de San Javier, La Navarra, Granadillo, Las Amarillas, Los Llanitos, Los Colorados, La Fratiguera, El Canelo, El Polo, Zaragoza y El Guamo.

En periodos de déficit hídrico, las temporadas de floración (emisión floral y apretura de flor) se presentan en dos épocas: de marzo a junio y de agosto a noviembre, con una

duración de tres semanas (tabla 3), tiempo considerablemente menor al de la floración en condiciones normales (10 y 13 semanas), lo cual ocasiona la formación de un menor número de flores y, por consiguiente, un menor número de frutos. En eventos de reducción de la precipitación se disminuyen considerablemente los niveles de producción, debido a que el cultivo requiere cerca de 75% de agua para mantener una buena producción de flores y formación de frutos.

Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de mora de castilla en una condición de déficit hídrico, en el municipio de Piedecuesta (Santander)

Descripción del estado fenológico	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
Emisión floral																																								
Apertura de flor																																								
Formación de fruto																																								
Maduración																																								
Cosechas																																								

Fuente: Corpoica (2015b).

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad a de deficiencias de agua en el suelo para el cultivo, 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.

Zonas del municipio de Piedecuesta con mayor y menor riesgo para el sistema productivo de mora de castilla

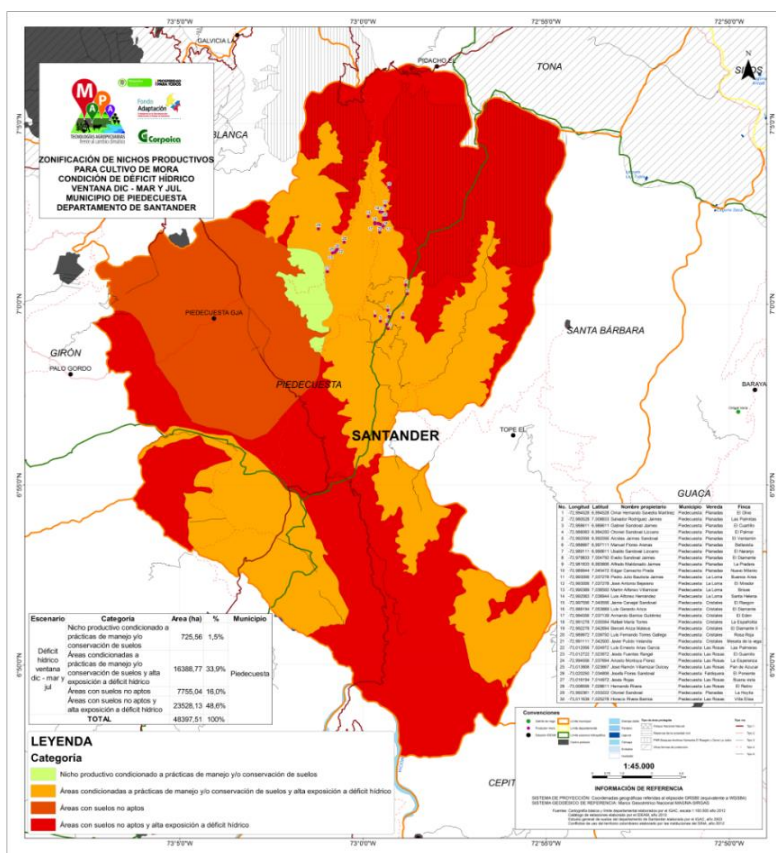
Para realizar este análisis se debe observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de Piedecuesta para el sistema productivo de mora de castilla (figura 6). Este mapa resume la exposición mensual a déficit hídrico y la aptitud de los suelos en el municipio para el sistema productivo de mora de castilla.

Como se observa en la figura 6, a pesar que en el municipio predominan las áreas con suelos no aptos y con alta exposición a déficit hídrico bajo una condición de déficit hídrico, es posible identificar un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo, que ocupa el 1,5% (725 ha) del municipio y tiene influencia en las veredas Granadillo, Las Amarillas y Los Llanitos. En esta área, la probabilidad de que deficiencias de agua puedan limitar el desarrollo del cultivo es baja (20-40%), y adicionalmente, los suelos presentan aptitud moderada para el cultivo.

Se registraron áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico (33,9%). Sin embargo, a pesar de que estos suelos podrían emplearse para el establecimiento del cultivo, las excesivas pérdidas de humedad restringen su uso, debido a los efectos negativos de dichas pérdidas sobre el sistema productivo.

El resto del área total del municipio presenta condiciones no aptas para el sistema productivo de mora y se distribuyen de la siguiente manera:

- . Áreas con suelos no aptos: 16%
- . Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: 48,6%



LEYENDA

Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- 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 para el sistema productivo de mora de castilla bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico, en el municipio de Piedecuesta.



Para mayor información sobre aptitud agroclimática sistema productivo de mora en el municipio de Piedecuesta consultar el SE - MAPA

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

Información agroclimática

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

Información agrometeorológica²

Por otro lado, la información meteorológica 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 productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (meteorológicos), obtenidos mediante una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo como resultado de medir su humedad y del uso de medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos, mediante el seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.

² <http://bit.ly/29P68Zg>



- Prácticas agrícolas empleadas, tales como labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos limitantes que afectan el cultivo, tales como excesos y déficits de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal de los cultivos: periodos de crecimiento y épocas de siembra y de cosecha.

El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos (temperatura máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación), de ser posible a escala diaria. Estas variables serán analizadas durante el ciclo del sistema productivo y se relacionarán 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 mora de castilla ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Piedecuesta (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 tiene sobre el sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander). Estas opciones tecnológicas fueron validadas durante los meses de marzo-diciembre del 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico en la parcela de integración, como se puede observar en la figura 7.

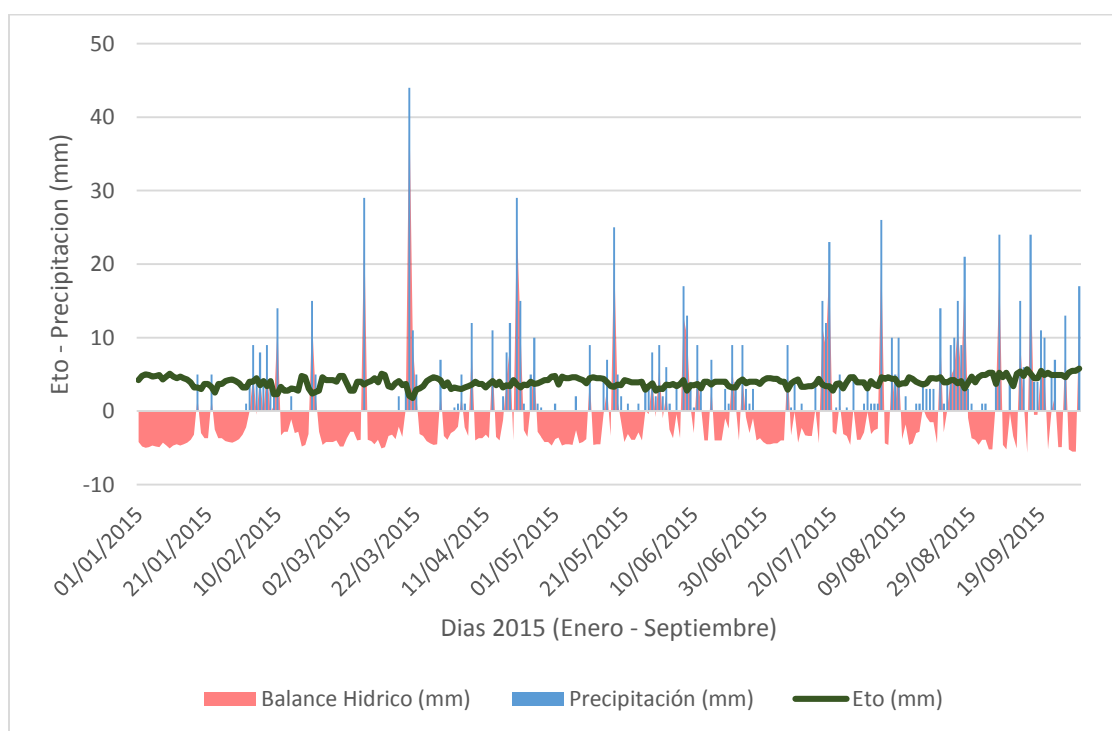


Figura 7. Valores diarios de precipitación, E_t y balance hídrico, en milímetros, registrados entre enero y septiembre del 2015 en la parcela de mora de astilla localizada en la vereda Planadas, del municipio de Piedecuesta (Santander).

En la figura 8 se presentan los datos del balance hídrico agrícola del sistema productivo de mora de castilla, 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 evaluado. 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 mora de castilla. 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, y valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.

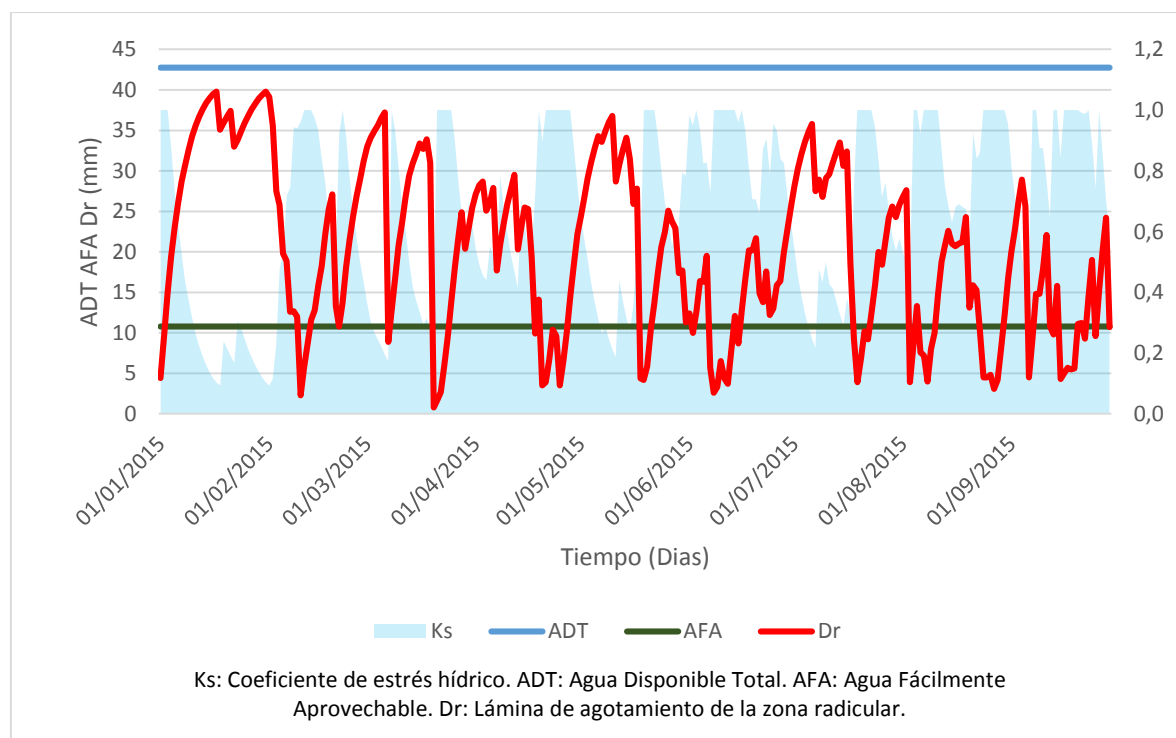


Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).

Fuente: Corpoica (2015c).



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 mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander).

Enfoque integral y planificación de la fertilización

Para mantener la capacidad productiva de los suelos es necesario generar una integración entre prácticas de fertilización vegetal y de mejoramiento de las condiciones físicas, químicas y biológicas de los suelos, que permitan un balance entre los elementos nutritivos existentes en el suelo y los requeridos por las plantas de cultivo.

Para tal fin se propone un enfoque integral de la fertilización basada en la combinación de prácticas como el manejo integrado de fertilizantes y la adición de materias orgánicas habilitadas.

1. Manejo integrado de fertilizantes

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

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

- **Análisis de suelos**

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

La metodología propuesta por Corpoica (2005) para la toma de muestra de suelo comprende: (1) Tomar submuestras en puntos trazados en zigzag, con cubrimiento del área total del lote, para que el muestreo sea representativo. (2) Para la toma de cada submuestra se debe limpiar un área aproximada de 0,04 m² (20 cm x 20 cm) a una profundidad de 3 cm de la superficie, con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica y otro tipo de residuos. (3) Cavar un hueco en forma de V, del ancho de una pala, a una profundidad de entre 20 y 30 cm. (4) Extraer una muestra de 2 a 3 cm de grosor de la pared del orificio, con

una pala limpia; descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la muestra en un balde plástico limpio (figura 9). (5) Una vez tomadas todas las submuestras, mezclarlas y, finalmente, seleccionar un kilogramo aproximadamente, el cual se debe empaquetar en una bolsa plástica bien identificada con el nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de cultivo y número del lote. Esta muestra debe enviarse a un laboratorio certificado para que le sea practicado un correcto análisis.



Figura 9. Toma de muestras para análisis de suelos en el sistema productivo de mora de castilla.
Fuente: Corpoica (2015c).

- **Análisis de la información**

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

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



- **Ejecución y seguimiento**

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

2. Adición de materia orgánica compostada

Esta práctica consiste en la integración de materias orgánicas compostadas al suelo. Para el caso de la parcela de integración se utilizaron dos fuentes de materia orgánica: gallinaza compostada y lombricompost. La materia orgánica usada como fertilizante puede mejorar algunas de las propiedades del suelo, como la capacidad de intercambio catiónico, la retención de agua, la estructura del suelo y la promoción de la actividad biológica (Morales, 2002).

Antes de ser incorporada al suelo, la materia orgánica proveniente de excretas animales debe someterse a un proceso de compostaje en el cual se eliminan microorganismos que pueden resultar patógenos para plantas, humanos y animales, se establece la concentración de nutrientes y se reduzca la producción de compuestos sulfurados, causantes de malos olores (Estrada M. , 2005).

Cada material con potencial para ser usado como fertilizante orgánico tiene características diferenciadas, las cuales deben analizarse antes de su incorporación al suelo.

- **Gallinaza compostada**

La gallinaza es un abono orgánico formado a partir del excremento de aves de corral. La principal característica de la gallinaza compostada como fertilizante es su alto aporte de nutrimentos para las plantas; adicionalmente, sirve como mejorador del suelo, que aumenta principalmente su capacidad de retención de agua. Sin embargo, el uso de gallinazas frescas puede producir efectos adversos en suelo y plantas, razón por la cual se recomienda el compostaje (Estrada M. , 2005).

En términos generales, la gallinaza compostada puede presentar las siguientes características:

Tabla 4. Parámetros físico-químicos de la gallinaza.

Parámetros	Rango
pH (unidades)	8-9
Humedad (g Humedad/g M)	01-02
Sólidos Volátiles (g SV/g M)	02-04
D.Q.O (mg O ₂ /g M)	200-500
D.B. O (mg O ₂ /g M ₉)	200-400
Nitrógeno Total (mg N/g M)	3-12
Nitrógeno Amoniacal (mg NH ₃ /g M)	3-7
Fósforo (mg P/g M)	5-25
Nitratos (mg NO ₃ /g M)	2-16

Fuente: Estrada (2005).

- **Lombricompost**

El lombricompost, también llamado *vermicompost*, es un abono orgánico resultante de los procesos digestivos de algunas especies de lombriz de tierra. La cantidad y disponibilidad de nutrientes que contiene depende directamente de las características del material que se use para alimentar las lombrices (algunos de estos materiales se especifican en la tabla 5). Adicionalmente, el lombricompost posee una gran cantidad de microorganismos y sustancias promotoras del crecimiento vegetal.

Tabla 5. Parámetros químicos del lombricompost

Tipo de sustrato	% humedad	pH	%C	%N	%P	%K	C/N
Residuo de café	61	6,5	19	1,5	0,7	0,4	13
Desechos domésticos	46	7,1	35	2,2	1,9	1,2	16
Estiércol bovino	58	7,1	12	1,7	1,6	1,4	7

Fuente: Henríquez *et al*, 2003

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas

De acuerdo con la información recolectada en la parcela de integración de Corpoica (2015c), el uso del enfoque integral de fertilización (aplicación de fertilizantes orgánicos y fertilizante químico basada en análisis de suelos) en el sistema productivo de mora de castilla ante una condición de estrés hídrico incrementó los rendimientos en un 22% con el uso de lombricompost y en un 30% con el uso de gallinaza compostada, en comparación con el manejo que se le da tradicionalmente al sistema productivo.



Figura 10. Registro semanal de la producción de mora por planta.
Fuente: Corpoica (2015c).

De igual forma, se encontró que mediante el uso de las opciones tecnológicas se obtuvieron frutos más grandes en comparación con los del lote manejado de la forma tradicional en la zona, con un incremento en el diámetro ecuatorial de 16% con el uso de lombricompost y de 18% con el uso de gallinaza.

También se encontró que las plantas con mayor disponibilidad de nutrientes presentan mejores respuestas adaptativas ante condiciones de estrés abiótico, como el déficit hídrico, y que la materia orgánica funciona como un mejorador de suelos, que aumenta la capacidad de los mismos para retener agua e incrementa la actividad de organismos benéficos —como las micorrizas—, los cuales pueden mejorar las relaciones plantas-suelo-agua (Nicholls & Altieri, 2012).

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla a déficit hídrico en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumenten la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, al igual que para el escenario de exceso de humedad, están contenidas en el Sistema Experto.

Coberturas vegetales

La cobertura de los suelos se emplea para dar solución a diferentes inconvenientes que se pueden presentar en los cultivos, entre los que se encuentran el crecimiento de malezas o arvenses, que pueden ser focos de plagas o enfermedades.

Las coberturas ayudan a regular la humedad en el suelo, la temperatura, la promoción de biodiversidad microbiana en el suelo y el control de plagas.

Una manera efectiva de generar una cobertura vegetal entre las calles del cultivo de mora de castilla es seleccionar y permitir el crecimiento de arvenses nobles.



Figura 11. Cobertura vegetal con arvenses nobles.

Fuente: Corpoica (2015c).

De acuerdo con Gómez (1990), citado por Salazar e Hincapié (2007), las arvenses nobles son plantas de porte bajo; crecimiento rastrero o decumbente; con raíz fasciculada, rala superficial o pivotante rala; que brindan cubrimiento denso del suelo; que lo protegen de la energía erosiva de la lluvia y no interfieren con el desarrollo y producción del cultivo si no están presentes en la zona de raíces; adicionalmente, estas plantas generan un microclima a nivel de suelo, que, en condiciones de déficit hídrico, reduce la

pérdida 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).

Cubierta muerta

Es una capa delgada o un colchón de cualquier material orgánico, que no se incorpora, sino que se deja en la superficie del terreno, y se forma de materiales de origen vegetal, como plantas de malezas cortadas o rastrojo cercano al cultivo. Para el caso de la mora, se pudo utilizar el material vegetal producto de la poda de las plantas, como se hizo en la parcela de integración, en la cual el residuo vegetal de la poda fue picado y dejado como cobertura muerta, con una aplicación en Drench de microorganismos eficientes (ME), con el fin de acelerar su compostaje y reducir la población de posibles patógenos (Figura 12).



Figura 12. Cubierta muerta con residuos de poda.
Fuente: Corpoica (2015c).

Terrazas

Esta es una técnica usada en zonas predominantemente de ladera, como es el caso de Piedecuesta. Consiste en la construcción de escalones de tamaño adecuado para el desarrollo del cultivo, de forma que la pendiente natural es transformada en escalones horizontales; esto impide que el agua sea arrastrada por escorrentía superficial y permite que penetre en el suelo (Sociedad EIAS, 2003).

Este arreglo de suelo reduce la cantidad de agua que se puede perder por escorrentía en condiciones de ladera, manteniéndola por un mayor periodo de tiempo en la zona de

cultivo. Adicionalmente, ayuda a reducir la erosión del suelo causada por el agua de escorrentía en condiciones de altas precipitaciones y facilita la realización de diversas labores del cultivo, como la poda, la fertilización y la cosecha.

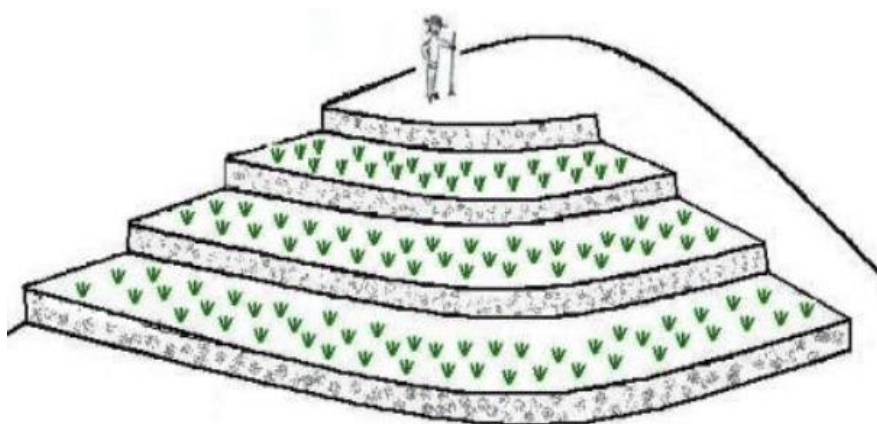


Figura 13. Construcción de terrazas en zonas de ladera.
Fuente: Sociedad EIAS (2003).

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de mora de Castilla en el municipio de Piedecuesta, consulte el SE – MAPA.

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los factores 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. La capacidad adaptativa se aumenta con la implementación de opciones tecnologías integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos,



dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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



Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de mora de castilla en el municipio de Piedecuesta (Santander)

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores con características socioeconómicas relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores et al., 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo. En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y 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 financieramente viables y definir 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 fórmula rígida.

Determinación de los dominios de recomendación

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información obtenida de encuestas aplicadas a los 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 analizar 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 y genera diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de la información climática de los municipios se elaboran mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o exceso hídrico y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios, entonces, se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y en la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación para el sistema productivo de mora de castilla en Piedecuesta (Santander)

En la tabla 6 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas 2, 3 y 4 se presenta el grado de exposición, el grado de sensibilidad y la capacidad adaptativa de cada dominio ante un evento climático limitante.

Se observa que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es media para todos los dominios, al igual que la sensibilidad del sistema y la capacidad de adaptación de los productores al evento climático de déficit hídrico. Sin embargo, con excepción de los productores del primer dominio que tienen mejor capacidad de adaptarse a dicha condición climática, lo que indica que este sistema productivo tiene características bastante homogéneas.

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 plan de fertilización basado en herramientas diagnósticas (análisis de suelos), que difiere del

manejo tradicional que hace el agricultor. 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.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de mora en el municipio de Piedecuesta (Santander)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con densidades de siembra de hasta 11.000 plantas por hectárea y edades de cultivo que oscilan entre los veinte y los cincuenta años.	Media	Media	Baja	Viable
2. Productores en condición de “mediería”, en ningún caso son propietarios del predio donde cultivan mora.	Media	Media	Media	Viable
3. Productores con densidades de siembra inferiores a 4.000 plantas por hectárea y edades promedio de 20 años.	Media	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

En general, debido a que todos los productores tienen grado de exposición medio frente a un evento de déficit hídrico, no existe un dominio de recomendación que tenga prelación para ser intervenido. La diferenciación entre dominios se encuentra orientada por la tipificación por características; según esta, no se encontraron mayores diferencias en la variable tierra, los parámetros de mano de obra y costos son los mismos para los diferentes modelos y el óptimo reportado mantiene el mismo comportamiento en los tres dominios definidos.

Dominio 1

La sensibilidad del cultivo a eventos de déficit hídrico es media, afectada por la densidad de la siembra y el limitado acceso a riego. Estas características podrían incrementar los

costos y/o disminuir el potencial de la opción tecnológica propuesta (planes de fertilización basados en herramientas diagnósticas), y por tal motivo deben ser aspectos de manejo prioritario en el interior de los cultivos. Asimismo, la frecuencia de la poda es relativamente alta, lo que podría restringir la capacidad de los planes de fertilización para incrementar la rentabilidad de cultivo, dado que, a mayor nivel de masa foliar, menor puede ser el aprovechamiento en términos de llenado de fruto.

La capacidad de adaptación de los productores de ese dominio se ve fortalecida por la suficiencia en términos de mano de obra. También existe un nivel medio de acceso a crédito y, en menor medida, ingresos provenientes de actividades extraprediales. De los indicadores evaluados, el único que juega en contra de la posible adaptación es el tipo de tenencia de la tierra, debido a que limita la posibilidad de adaptarse mediante el desplazamiento hacia zonas con mejores condiciones técnicas (figura 13).

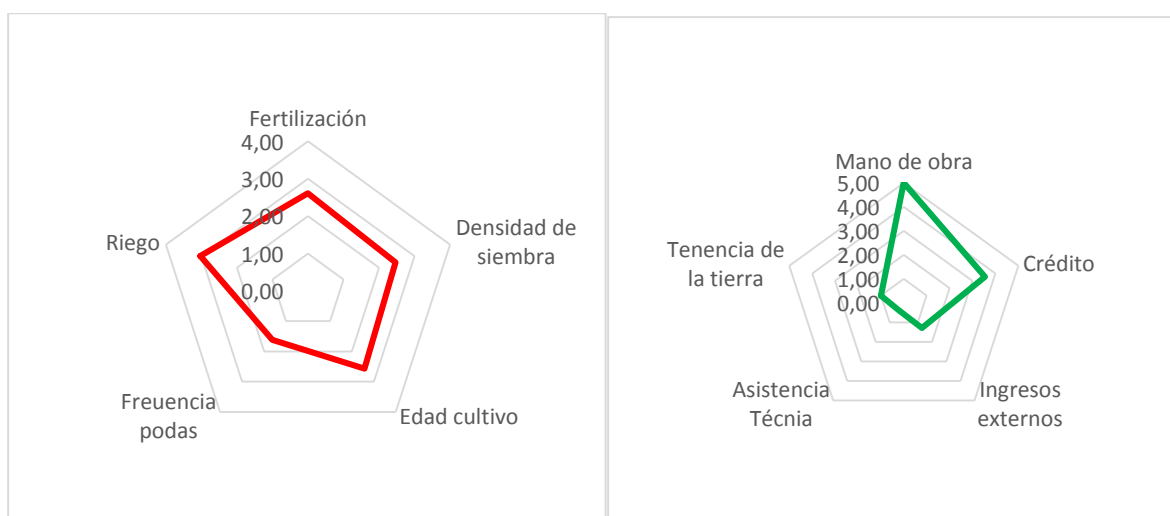


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

Los resultados del análisis microeconómico indican que, para 8 ha y un periodo de 3 años, la implementación debe hacerse progresivamente, mediante la siembra inicial de 3,4 ha con manejo convencional del agricultor (sin opción tecnológica), y a partir del segundo año, la incorporación de la opción tecnológica en toda el área de siembra. En lo referente al flujo de mano de obra, durante el primer año la familia podrá vender cerca de la tercera parte de los jornales disponibles y acumular capital para preparar la implementación de la

tecnología. En el segundo año deberá contratar mano de obra externa para cubrir las labores del cultivo.

Dominio 2

La sensibilidad del cultivo en este dominio es media, fortalecida por cultivos relativamente nuevos y una buena frecuencia de podas. Sin embargo, también tiene altas densidades de siembra, bajo acceso a riego agrícola y bajos niveles de fertilización tanto química como orgánica.

La principal característica de este dominio es la capacidad de adaptación que le otorga el tipo de tenencia de la tierra. En general, son agricultores que trabajan en mediería y tienen la posibilidad de desplazarse por la zona de cultivos en búsqueda de opciones que se adapten a sus necesidades técnicas y/o climáticas. En todos los casos, son sistemas trabajados en su totalidad por mano de obra familiar y con niveles medios para acceder a créditos agrícolas. Debe hacerse claridad en que la adopción de la opción tecnológica está condicionada a que los contratos de mediería duren al menos el mismo tiempo de los periodos contemplados por el modelo (3 años). Los demás indicadores de adaptación, acceso a asistencia técnica e ingresos extraprediales aparecen en niveles bajos, lo que hace que la adopción de la tecnología deba ser financiada, en un alto porcentaje, por el flujo de caja que pueda generar el cultivo de mora de castilla (figura 14).

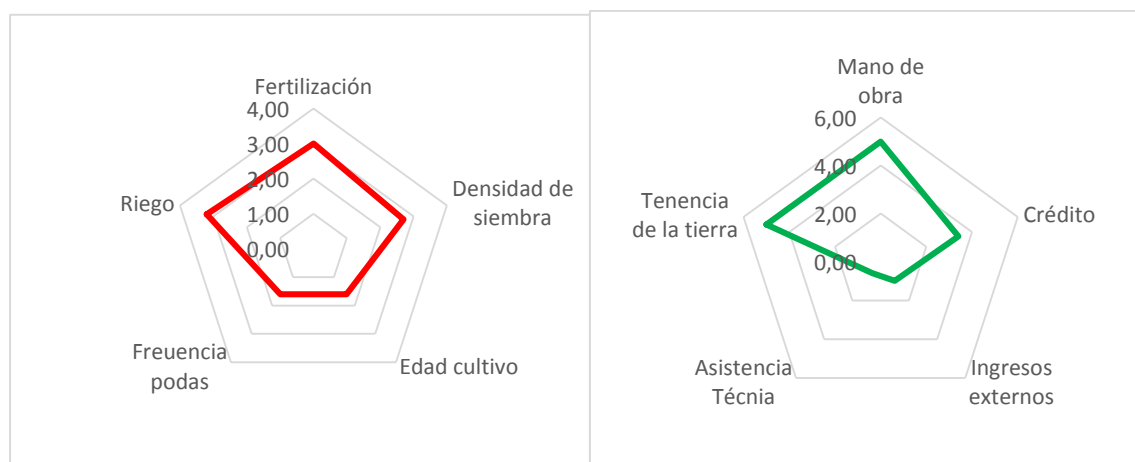


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.



Los resultados del análisis microeconómico indican que, para 8 ha y un periodo de 3 años, la implementación debe hacerse progresivamente, mediante la siembra inicial de 3,4 ha con manejo convencional del agricultor (sin opción tecnológica), y a partir del segundo año, incorporación de la opción tecnológica en toda el área de siembra. En lo referente al flujo de mano de obra, durante el primer año la familia podrá vender cerca de la tercera parte de los jornales disponibles y acumular capital para preparar la implementación de la tecnología. En el segundo año deberá contratar mano de obra externa para cubrir las labores del cultivo.

Dominio 3

La sensibilidad a déficit hídrico se agudiza y llega a un nivel alto por la ausencia de riego agrícola, la avanzada edad de los cultivos (hasta 20 años) y la falta de aplicación de fertilizantes químicos y/u orgánicos. Aunque la falta de fertilización es cubierta por la opción tecnológica, deben resolverse factores como el riego y la renovación de los cultivos, con miras a optimizar la absorción de los insumos aplicados. Los indicadores restantes, frecuencia de podas y densidad de siembra aparecen en niveles relativamente bajos y no serían un inconveniente para realizar los planes de fertilización.

En términos de adaptación de los productores, no se reporta acceso a asistencia técnica, y el tipo de tenencia limita la posibilidad de adaptarse mediante el desplazamiento hacia zonas con mejores condiciones técnicas. En general, todos los agricultores utilizan mano de obra familiar para las actividades del cultivo, hecho que facilita la adopción de nuevas tecnologías y prácticas en el mismo y reduce los costos de producción y el riesgo de no cubrir actividades por falta de mano de obra en el mercado local. Se reportan altos niveles de acceso a crédito y niveles medios de ingresos externos, por lo que se puede indicar la posibilidad de contar con fuentes de financiación para implementar la opción tecnológica propuesta (figura 15).

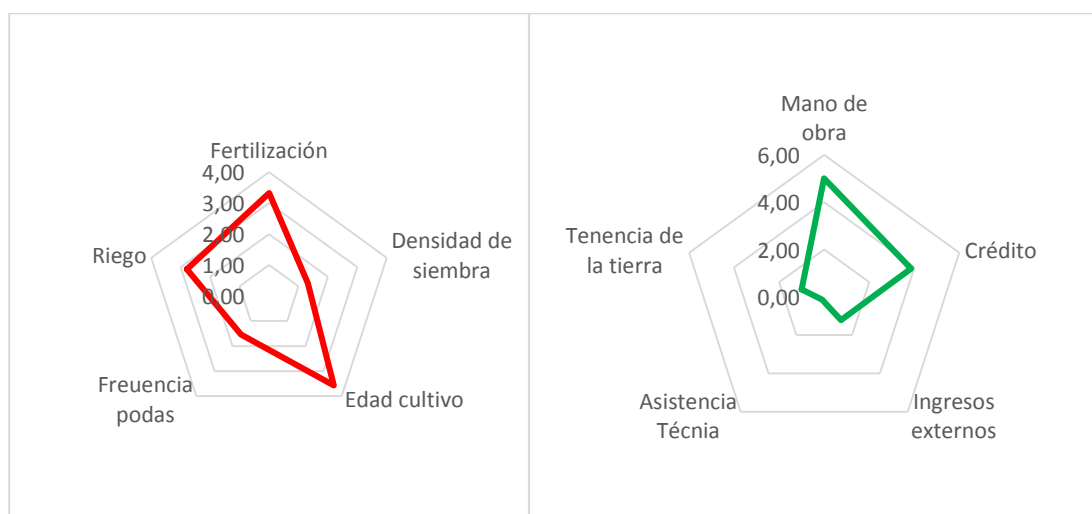


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3.

Los resultados del análisis microeconómico indican que, para 8 ha y un periodo de 3 años, la implementación debe hacerse progresivamente, mediante la siembra inicial de 3,4 ha con manejo convencional del agricultor (sin opción tecnológica), y a partir del segundo año, la incorporación de la opción tecnológica en toda el área de siembra. En lo referente al flujo de mano de obra, durante el primer año la familia podrá vender cerca de la tercera parte de los jornales disponibles y acumular capital para preparar la implementación de la tecnología. En el segundo año deberá contratar mano de obra externa para cubrir las labores del cultivo.



REFERENCIAS

- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica, *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y Valles interandinos* (pp. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto de Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*. Mosquera, Cundinamarca.
- 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 de Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*.
- Corpoica. (2015c). *Informe final: Parcela de integración del sistema productivo mora, municipio de Piedecuesta, departamento de Santander. Proyecto de 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 Fondo Adaptación y CORPOICA No. 002-2013*. Mosquera.
- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. *Revista Lasallista de Investigación*, 2(1), 43-48.
- FAO. (1976). A framework for land evaluation. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Soils bulletin*, 32.



- Henríquez, C., Mora, L., & ACCS. (2003). *Produciendo abono de lombriz*. Costa Rica: Imprenta Nacional.
- IITA - FAO. (2000). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos*. Roma: FAO.
- IPCC. (2012). *Managing the risk of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge U.K.: 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.
- Morales, F. (2002). Manejo agroecológico del suelo en sistemas andinos. En *Agroecología: El camino hacia una agricultura sustentable*. Argentina: Ediciones Científicas Americanas.
- Nicholls, C., & Altieri, M. (Junio de 2012). *Estrategias agroecológicas para incrementar la resiliencia*. Recuperado de <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/latin-america/del-campo-del-agricultor-a-rio-20/cambio-climatico>
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought. Research paper N.º 45*. Washington: Department of Commerce. Weather Bureau.
- Salazar, L., & Hincapié, E. (2007). Las arvenses y su manejo en los cafetales. En *Sistemas de producción de café en Colombia* (pp. 102-130). Chinchiná, Caldas: Blanecolor Ltda.
- Sociedad EIAS. (2003). *Manual de conservación de aguas y suelos. Instructivo # 2: Terrazas agrícolas y forestales*. Land care in desertification affected areas. Talca: Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Talca.



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>