



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.)

Municipio de Teorama
Departamento de Norte 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	Rol en el proyecto
William Felipe Melo Zipacon	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Joan Sebastián Gutiérrez Díaz	Profesional de apoyo a la investigación
Jose Otoniel Parra Posada	Profesional de apoyo a la investigación
Jairo Rojas Molina	Investigador máster
Gonzalo Rodriguez Borray	Investigador máster
Jairo Mantilla Blanco	Economista
Andres Felipe Zabala Perilla	Investigador máster, economista
Wilman Orley Londoño Salcedo	Profesional de apoyo a la investigación



AGRADECIMIENTOS

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

Al productor, no solo por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, sino también por su disposición, compromiso y dedicación para el buen 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.



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de lulo.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Teorama	5
Exposición del sistema productivo de lulo a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Teorama	9
Zonas del municipio de Teorama con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de lulo	16
Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Teorama, Norte de Santander	20
a. Aplicación de enmiendas orgánicas	21
b. Sistema de riego por goteo	21
Ventajas comparativas de estas tecnologías integradas	23
Otras prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo de lulo en Teorama para disminuir la vulnerabilidad del sistema ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo	25
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de lulo en el municipio de Teorama (Norte de Santander)	33
Dominios de recomendación	33
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos	33
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de lulo en el municipio Teorama	34
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio.....	35
REFERENCIAS.....	38



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.	3
Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Teorama, Norte de Santander.....	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Teorama (periodo 1980-2011).	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de lulo.....	14
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Teorama para el sistema productivo de lulo bajo déficit hídrico en el municipio de Teorama, Norte de Santander.	17
Figura 7. Dinámica de la precipitación y la evapotranspiración del cultivo de referencia para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.	20
Figura 8. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	36
Figura 9. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	37



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Teorama durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Teorama durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 3. Calendario fenológico del sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, para la ventana temporal de análisis mayo- octubre.	15
Tabla 4. Rendimiento del sistema productivo de lulo bajo dos diferentes sistemas de riego y tres tipos de enmienda orgánica, en la parcela de integración en el municipio de Teorama, Norte de Santander.....	23
Tabla 5. Índice de Productividad de Agua (IPA) de dos sistemas de riego en la parcela de integración del sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.....	24
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.	35



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 a mediano y largo plazo. Esto constituye, una propuesta de gestión de técnicas y tecnología a escala local, con proyección municipal, que permite 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. Por ello, se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas, seleccionadas participativamente con productores, e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Norte de Santander fue priorizado, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) en el municipio de Teorama.

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



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo (*Solanum quitoense* Lam.) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Teorama (Norte de Santander), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de Teorama, para la toma de decisiones en el sistema productivo de lulo en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Teorama.
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de lulo

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

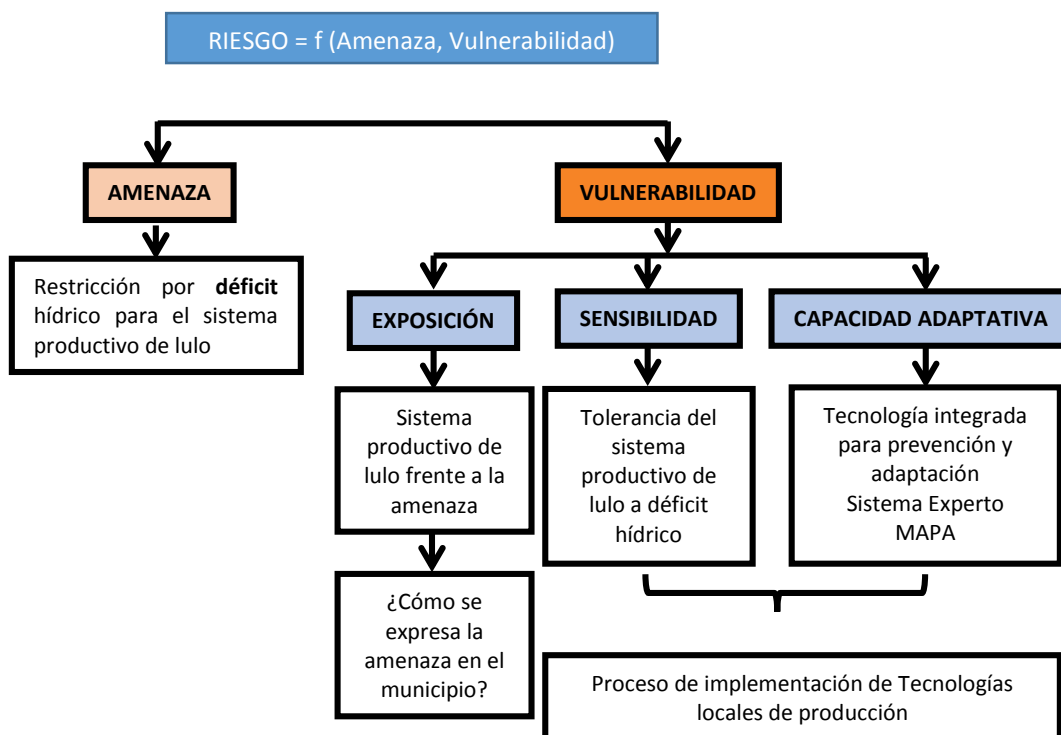


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.



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

A escala departamental: es necesario reconocer la expresión de las amenazas, derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento y la exposición del sistema productivo a dichas amenazas, la cual está dada por la ubicación geográfica y variables biofísicas (subzonas hidrográficas).

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

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

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Teorama

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 paisaje, entre otras variables, determinan la susceptibilidad del territorio a eventos de inundación, sequía extrema, temperaturas altas y bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El municipio de Teorama está influenciado por tres subzonas hidrográficas: río Algodonal (alto Catatumbo), bajo Catatumbo y ríos del suroeste – directos Río de Oro (Corpoica, 2015a). Aunque el municipio se encuentra en altitudes que van de los 0 a 2.500 m.s.n.m, la mayor área se encuentra entre los 500 y 1.000 msnm (Figura 2).

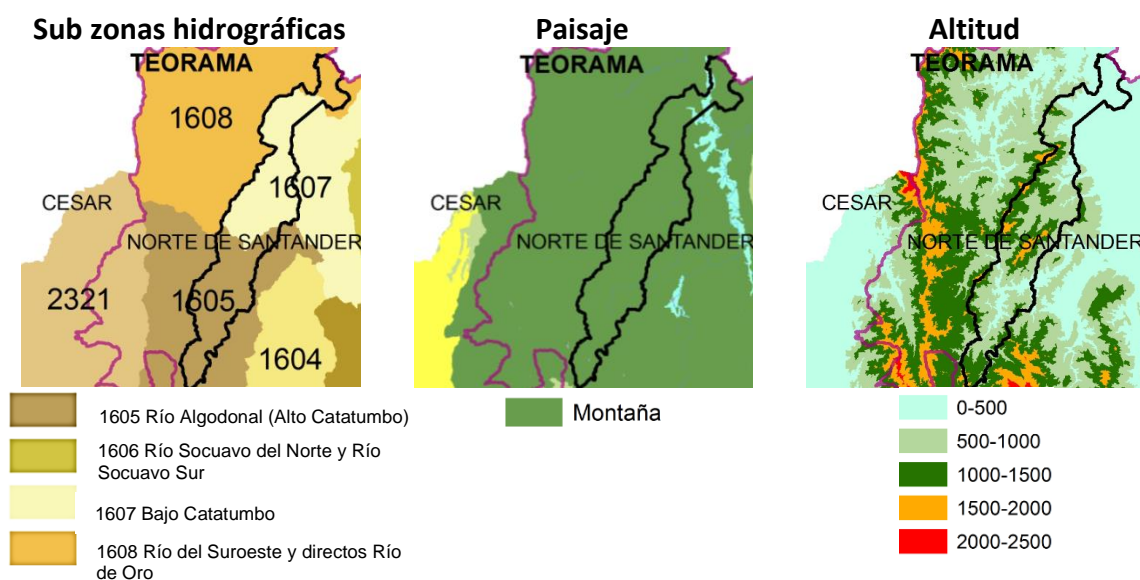


Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Teorama, Norte de Santander.

Fuente: Corpoica (2015a).

Lo segundo a revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980 – 2011), con lo cual, es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer los rangos en los que las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos.

Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de Teorama (Norte de Santander), se destacan las siguientes variables climáticas:

Precipitación: en la Figura 3, se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Teorama, la línea verde representa la precipitación promedio y, las barras rojas y azules, la precipitación durante los eventos de mayor variabilidad asociados a ENSO: El Niño (1997) y La Niña (2010) (Corpoica, 2015a).

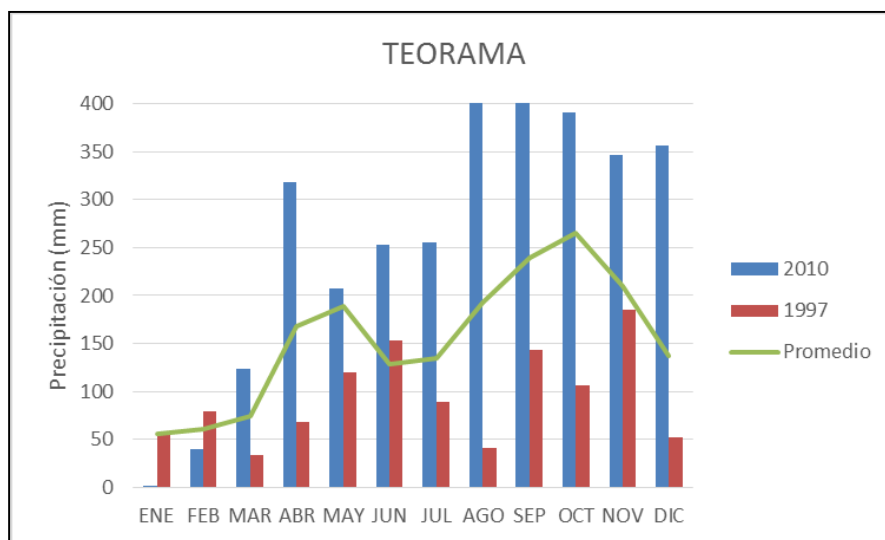


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Teorama (periodo 1980-2011).
Fuente: Corpoica (2015a).

Se observa una distribución bimodal con dos temporadas de lluvias (trimestres MAM y SON), una temporada de menores precipitaciones a mitad de año (JJA) y una temporada seca en el trimestre DEF. Es así como se puede interpretar que, frente a fenómenos de variabilidad asociada a déficit hídrico, los meses de mayor riesgo de impacto negativo sobre la productividad son aquellos en los que normalmente se presentan lluvias y producto del evento de variabilidad estas se reducen. Así, el trimestre SON sería crítico ante una condición de déficit hídrico, período en el cual los productores podrían no estar preparados para afrontar la falta de humedad en el suelo, aunque el periodo crítico sería mayor si el fenómeno de variabilidad se extiende por varios meses o si se intensifica en los meses de precipitaciones bajas.

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permite determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

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

Con base en la información presentada en la Tabla 1, se interpreta que en el municipio de Teorama (Norte de Santander) se han presentado disminuciones de lluvias de hasta 27 % en eventos, El Niño (mayo 2002 - marzo 2003) asociados a valores ONI que varían 0,9 y 2,5, mientras que en eventos La Niña el aumento de precipitaciones puede alcanzar hasta el 38 % (julio 2010 - abril 2011) con rango de valor ONI entre - 0,7 y -1,9 (Tabla 2).

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

Periodo	May 1982 - Jun 1983	Ago 1986 - Feb 1988	May 1991 - Jun 1992	May 1994 - Mar 1995	May 1997 - May 1998	May 2002 - Mar 2003	Jun 2004 - Feb 2005	Ago 2006 - Ene 2007	Jul 2009 - Abr 2010
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI	2.3	1.6	1.8	1.3	2.5	1.5	0.9	1.1	1.8
Anomalía	-6 %	-4 %	-18 %	-8 %	-14 %	-27 %	0 %	5 %	-20 %

Fuente: Corpoica (2015a).

¹ 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.

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

Periodo	Oct 1984 - Sep 1985	May 1988 - May 1989	Sep 1995 - Mar 1996	Jul 1998 - Jun 2000	Oct 2000 - Feb 2001	Sep 2007 - May 2008	Jul 2010 - Abr 2011
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mínimo Valor ONI	-1.1	-1.9	-0.7	-1.6	-0.7	-1.4	-1.4
Anomalía	4 %	36 %	15 %	22 %	4 %	-3 %	38 %

Fuente: Corpoica (2015a).

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

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: con la cartografía temática del proyecto MAPA, se puede identificar: susceptibilidad a exceso hídrico bajo eventos La Niña, susceptibilidad a déficit hídrico bajo eventos El Niño, susceptibilidad biofísica a inundación, afectación de la capacidad fotosintética de cubiertas vegetales, analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI), áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) y cuerpos de agua que se contraen bajo eventos de sequía (contracción de cuerpos de agua).

Para mayor información sobre susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas consultar el sistema experto SE - MAPA

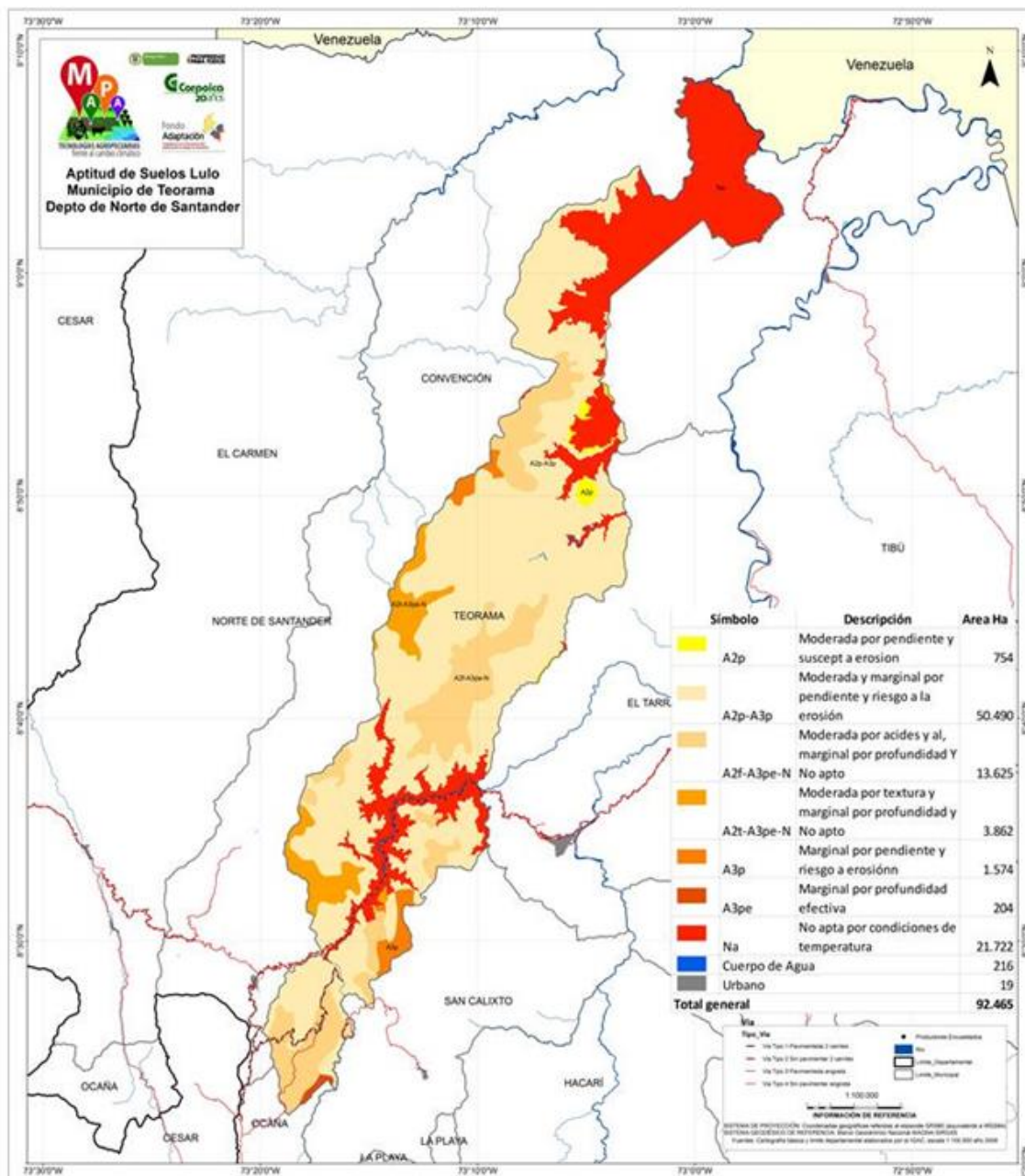


Exposición del sistema productivo de lulo a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Teorama

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 a su ubicación en el municipio.

Para evaluar la exposición se debe identificar:

- a. **En el mapa de aptitud de suelos del municipio:** las limitaciones de los suelos en el municipio. Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad (principalmente propiedades químicas), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, textura). Es preciso mencionar que la escala de análisis espacial es 1:100.000 (Figura 4).











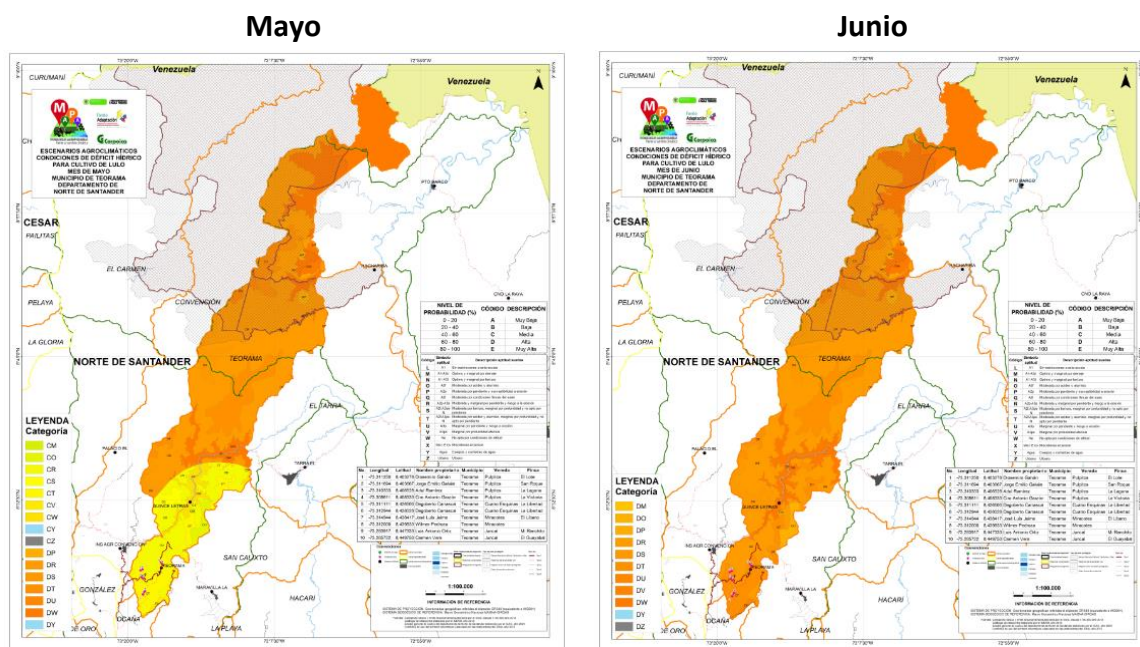
Símbolo	Descripción	Área (ha)
	A2p	Moderada por pendiente y susceptibilidad a erosión
	A2p-A3p	Moderada y marginal por pendiente y riesgo a la erosión
	A2f-A3pe-N	Moderada por acidez y aluminio, marginal por profundidad y No apto
	A2t-A3pe-N	Moderada por textura y marginal por profundidad y No apto
	A3p	Marginal por pendiente y riesgo a erosión
	A3pe	Marginal por profundidad efectiva
	Na	No apta por condiciones de temperatura
	Cuerpo de Agua	
		216

Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama.
Fuente: Corpoica (2015b).

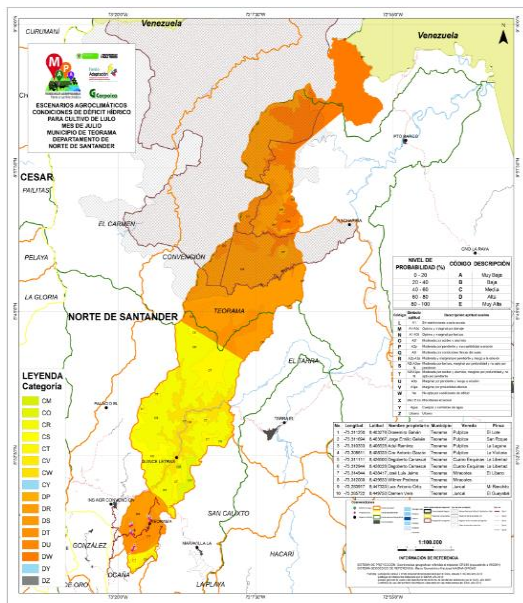
Para tener en cuenta. El municipio de Teorama presenta cerca de 34 % de su área con suelos cuya aptitud para el lulo es moderada, debido a las condiciones de pendiente, acidez y tipo de textura. La mayor parte de los suelos con aptitud moderada, se encuentran en unidades cartográficas asociadas a suelos no aptos o con aptitud muy restringida (Corpoica, 2015b).

Una tercera parte del municipio es clasificada con aptitud marginal, principalmente por pendientes muy fuertes, susceptibilidad a erosión y en gran parte ligados a suelos muy superficiales, por lo cual, se dificulta el manejo del sistema productivo de lulo. Las zonas No aptas presentaron principalmente altitudes inferiores a las requeridas, condiciones extremas de pendientes y suelos muy superficiales, abarcando un 30 % de los suelos bajo categoría “No apta” (Na) (Corpoica, 2015b).

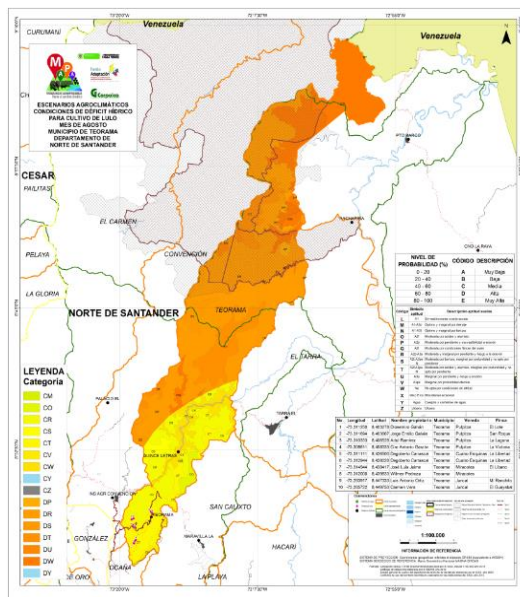
- b. En los mapas de escenarios agroclimáticos (Figura 5): la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico del suelo para el sistema productivo de lulo, con base en el cálculo del índice de severidad de sequía de Palmer (1965), bajo una condición de sequía resultó: media (tono amarillo, 40 – 60 %) y alta (tono naranja, 60 - 80 %), de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica del cultivo (Tabla 3) (Corpoica, 2015b).



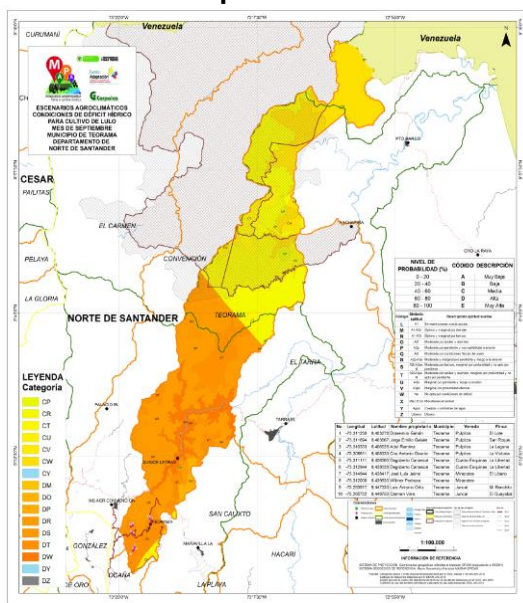
Julio



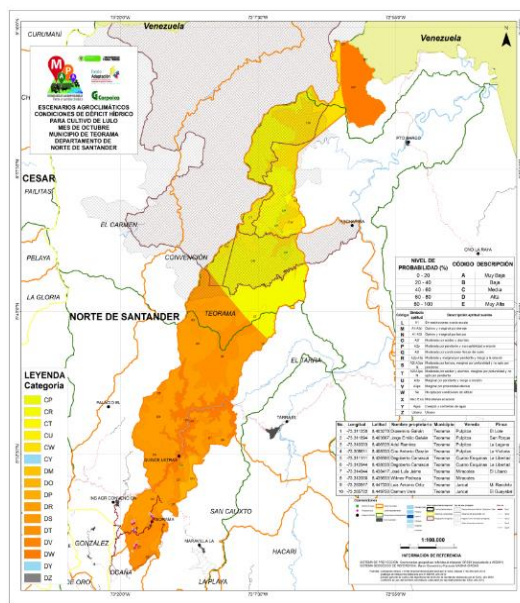
Agosto



Septiembre



Octubre



Categoría de interpretación

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

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1	Sin restricciones a esta escala
M	A1-A3d	Óptimo y marginal por drenaje
N	A1-A3t	Óptimo y marginal por textura
O	A2f	Moderada por acidez y aluminio
P	A2p	Moderada por pendiente y susceptibilidad a erosión
Q	A2t	Moderada por condiciones físicas del suelo
R	A2p-A3p	Moderada y marginal por pendiente y riesgo a la erosión
S	A2t-A3pe-N	Moderada por textura, marginal por profundidad y no apto por pendiente
T	A2f-A3pe-N	Moderada por acidez y aluminio, marginal por profundidad y no apto por pendiente
U	A3p	Marginal por pendiente y riesgo a erosión
V	A3pe	Marginal por profundidad efectiva
W	Na	No apta por condiciones de altitud
X	Misc Eros	Misceláneo erosional
Y	Agua	Cuerpos y corrientes de agua
Z	Urbano	Urbano

CM
CO
CR
CS
CT
CV
CW
CY
CZ
DP
DR
DS
DT
DU
DW
DY

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, bajo condiciones restrictivas de déficit hídrico en la ventana de análisis mayo - octubre.

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta. Se observa que en todos los meses se presenta exposición a déficit hídrico (tonos amarillos y naranjas), lo cual indica susceptibilidad del sistema productivo en etapas de floración y desarrollo del fruto, es decir, que el contenido de humedad del suelo genera restricciones para el sistema productivo.

Tabla 3. Calendario fenológico del sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, para la ventana temporal de análisis mayo- octubre.

Etapas fenológicas	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Yema floral a apertura de flor																								
Floración																								
Apertura de flor a formación de frutos																								
Formación de frutos a madurez completa																								
Cosecha																								

Fuente: Corpoica (2015b).

El estrés hídrico causado por el déficit de agua en el sistema productivo podría generar pérdidas importantes en la producción, ya que la disminución de las lluvias y aumento de las temperaturas pueden inducir la disminución del contenido de agua en la planta. Un fuerte estrés genera la pérdida de turgencia, marchitamiento, cierre de estomas y disminución de fotosíntesis. Asimismo, se puede presentar caída de botón floral y frutos recién cuajados, frutos de tamaño pequeño y coloración deficiente, además de una mayor susceptibilidad a que se presenten problemas fitosanitarios (Corpoica, 2015b).

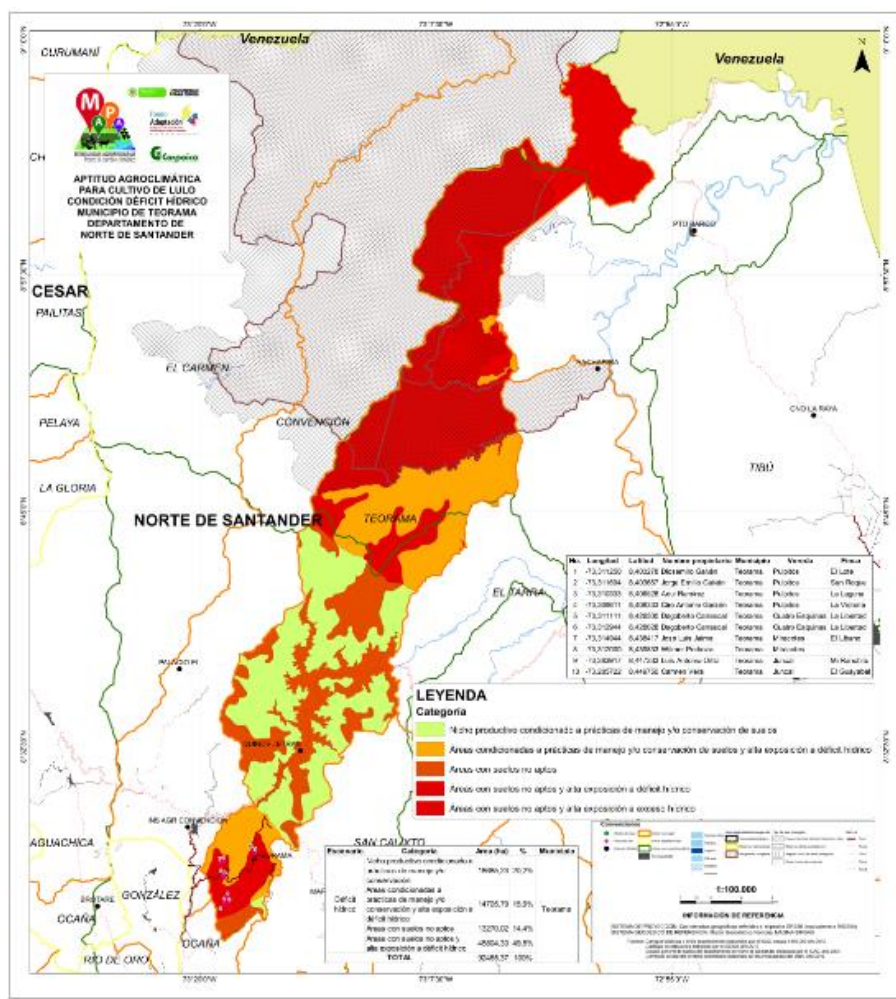
Los mapas de *escenarios agroclimáticos* indican las áreas con menor y mayor probabilidad a deficiencias de agua en el suelo para el sistema productivo en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo a los calendarios fenológicos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

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

Para dar esta respuesta, se debe observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de Teorama para el sistema productivo de lulo (Figura 6). Este mapa integra la exposición a déficit hídrico del sistema productivo y la aptitud de los suelos.

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

- **Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos** (tono verde claro) ocupan el 20,2 % (18.685 ha) del área total municipal (92.465 ha). Estas áreas presentan suelos asociados con aptitudes moderadas y marginales por drenaje, textura, acidez, pendientes y riesgo a la erosión y condiciones de humedad en el suelo sin limitaciones para el sistema productivo de lulo.
- **Áreas con suelos no aptos** (tono naranja oscuro) ocupan el 14,4 % (13.270 ha) del área total municipal. Estas áreas presentan suelos marginales por textura, profundidad efectiva muy superficial, con riesgo a la erosión, altitud (< 500 m) y misceláneo erosionado. En estas áreas se incluyeron los cuerpos y corrientes de agua y la zona urbana.
- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico** (tono naranja claro) ocupan el 15,9 % (14.706 ha) del área total municipal. Para el sistema productivo de lulo, estas áreas presentan suelos con aptitud óptima y marginal por drenaje, textura, acidez, pendientes, riesgo a la erosión y condiciones de humedad en el suelo desfavorables para el establecimiento y desarrollo del sistema productivo.
- **Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico** (tono rojo) ocupan el 49,5 % (45.804 ha) del área total municipal. Estas áreas presentan suelos marginales por textura, profundidad efectiva, pendientes, riesgo a la erosión, altitud (< 500 m) y misceláneo erosionado; adicionalmente presentaron alto riesgo por deficiencias de agua en el suelo. En estas áreas se incluyen cuerpos y corrientes de agua y la zona urbana.



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
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Teorama para el sistema productivo de lulo bajo déficit hídrico en el municipio de Teorama, Norte de Santander.

Fuente: Corpoica (2015b).



Para mayor información sobre aptitud agroclimática para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama (Norte de Santander) consultar el SE - MAPA

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

Información agroclimática²: la información climática puede emplearse para la toma de decisiones en la planificación agropecuaria, para la identificación de riesgos asociados, para relacionar diferentes sistemas productivos a la climatología de cualquier área y mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

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

- Datos referidos al estado de la atmósfera (meteorológicos): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento a la humedad del suelo, por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.

² En la Cartilla “Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales” (<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.) podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo.



- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos: seguimiento del desarrollo y crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas, seguimiento, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al sistema productivo tales como excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos.
- Distribución temporal: periodos de crecimiento, épocas de siembra, cosecha.
- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

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

Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Teorama, Norte de Santander

En esta sección, se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas validadas, con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico atmosférico tiene sobre el sistema productivo de lulo, en el municipio de Teorama (Norte de Santander). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas en la parcela de integración desarrollada por el proyecto MAPA, entre los meses de marzo de 2014 y enero de 2015. Los meses en los cuales se presentaron condiciones más intensas de déficit hídrico atmosférico diario, fueron junio y julio de 2014 y enero de 2015, esto debido al fenómeno de El Niño sucedido en el año 2015, aunque entre marzo y mayo también hubo periodos de déficit (Figura 7).

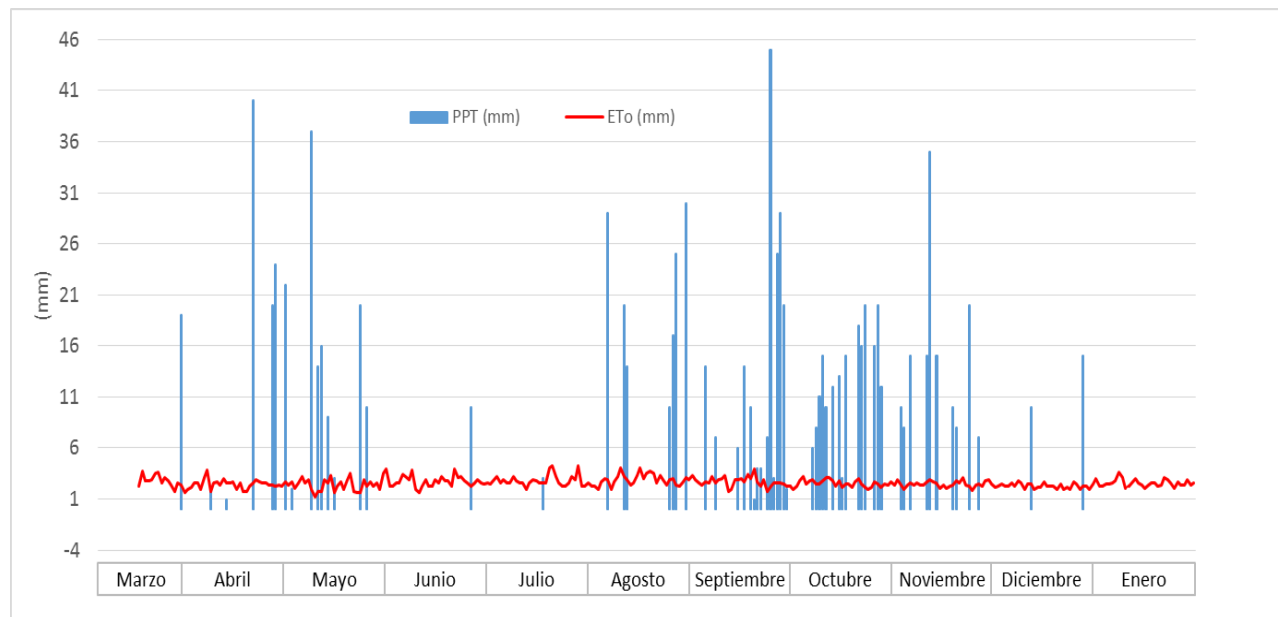


Figura 7. Dinámica de la precipitación y la evapotranspiración del cultivo de referencia para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.

Fuente: Corpoica (2015c).

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo en Teorama (Norte de Santander) ante condiciones de déficit hídrico:

a. Aplicación de enmiendas orgánicas

- La calidad de las enmiendas orgánicas es la característica de mayor interés, ya que de esta depende el efecto benéfico sobre las propiedades del suelo y el rendimiento de los cultivos. Enmiendas de mala calidad pueden ocasionar problemas sanitarios por nematodos o incluso, salmonella.
- La dosis y tipo de enmienda orgánica depende del contenido de materia orgánica del suelo, por lo cual, es necesario realizar previamente un análisis de suelo.
- Aunque en la región se utiliza convencionalmente gallinaza cruda, existen otros materiales orgánicos madurados, como el compost o el lombricompost. Los cuales pueden ser preparados en las fincas con materiales o subproductos de cosechas o explotaciones pecuarias.
- Para sistemas productivos establecidos se puede realizar la aplicación fraccionada de aproximadamente 6 kg de enmienda por planta. En la parcela de integración de lulo se realizó el fraccionamiento en tres aplicaciones, separadas por dos meses cada una (Corpoica, 2015c).
- La aplicación se debe realizar en media luna, perpendicular a la pendiente en el área proyectada por la planta, realizando tapado de la enmienda con suelo o cobertura viva para evitar pérdida por lavado.

b. Sistema de riego por goteo

- La cantidad de agua a regar depende del balance hídrico, entre la precipitación y la evapotranspiración.
- Considerando un sistema productivo establecido a una distancia de siembra de 3m entre surcos y 2,5m entre plantas (1.333 plantas/ha), asumiendo una evapotranspiración de 5 mm.día^{-1} , un porcentaje de cobertura del 50 % y un coeficiente de cultivo (Kc) de 0,9, el requerimiento diario de agua para cada planta de lulo es de 18 litros.

- El diseño hidráulico y la definición de frecuencias de riego es específico para cada lote. Sin embargo, se propone un aproximado utilizando una línea de goteo que provea de tres goteros por planta, con un caudal de 4 l.h^{-1} cada uno, así se puede obtener un caudal total de 12 l.h^{-1} , por lo cual, en días con precipitaciones inferiores a 8 mm, se debe hacer riego durante aproximadamente 1,5 horas.
- Para la instalación del sistema de riego se realizó un análisis químico de agua. Por ello, se tomó una muestra de agua del reservorio principal para determinar sus características físicas químicas y de acuerdo con estas, su aptitud para riego. Se encontró que el agua tiene pH ligeramente ácido (6,58), dada la presencia de bicarbonatos. No se evidenciaron problemas por salinidad, sodicidad, teniendo en cuenta los valores de conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos, sodio o cloruros. Existe baja probabilidad de toxicidad por cloruros, sodio, boro o bicarbonatos. En conclusión, el agua era apta para uso agrícola y se sugirió utilizar correctores de pH como el ácido cítrico para su acondicionamiento, especialmente para la aplicación de agroquímicos.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de lulo en Teorama (Norte de Santander) consultar el sistema experto SE-MAPA

Ventajas comparativas de estas tecnologías integradas

Las ventajas comparativas están presentadas bajo una condición restrictiva de humedad en suelo.

Con base en la información obtenida en la parcela de integración se encontró que el sistema de riego por goteo puede incrementar hasta en un 26,4 % el rendimiento del sistema productivo (Tabla 4). Es importante mencionar que son reconocidas las desventajas fitosanitarias que resultan del uso de materiales orgánicos crudos, entre ellos, la carga de organismos fitoparásitos. Por el contrario, los efectos de las enmiendas orgánicas de calidad, se ven en la mejora de la fertilidad del suelo, en el acondicionamiento físico del suelo a corto plazo, como mejor estructura y mejora de la actividad biológica. A largo plazo, se aumenta la disponibilidad de nutrientes, especialmente, de aquellos que como N, P, S y micronutrientes tienen una dinámica muy ligada a la materia orgánica del suelo.

Tabla 4. Rendimiento del sistema productivo de lulo bajo dos diferentes sistemas de riego y tres tipos de enmienda orgánica, en la parcela de integración en el municipio de Teorama, Norte de Santander.

Tratamiento		Rendimiento		
		kg/planta	kg.ha ⁻¹	No. Canastillas (25 kg c/u)
Riego manual con manguera	Gallinaza Cruda	4,8a	6.373,4	255
	Gallinaza compostada	4,6a	6.165,1	247
	Lombricompost	4,4a	5.859,6	234
Riego por goteo	Gallinaza Cruda	5,9b	7.914,7	317
	Gallinaza compostada	6,3b	8.345,1	334
	Lombricompost	6,6b	8.733,9	349

Promedios con letra común no son significativamente diferentes ($p > 0,05$)

. Fuente: Corpoica (2015c).

La eficiencia en el uso del agua en el sistema productivo aumenta con el sistema de riego por goteo (Tabla 5), requiriéndose menor cantidad de agua por kilogramo de fruta producida. Esta es una ventaja comparativa, altamente representativa, en condiciones de déficit hídrico.

Tabla 5. Índice de Productividad de Agua (IPA) de dos sistemas de riego en la parcela de integración del sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.

Sistema de riego	Rendimiento kg.ha ⁻¹	Lámina de agua aplicada l.ha ⁻¹	IPA* l.kg ⁻¹
Sistema de riego con manguera	6.132,7	5.430.642	886
Sistema de riego por goteo	8.331,3	5.482.096	658

*Índice de Productividad de Agua (IPA) expresa la cantidad de agua gastada o consumida para la producción de 1 Kg de fruta fresca.

Fuente: Corpoica (2015c).

Asimismo, la incidencia de problemas sanitarios como el pasador de fruto (*Neoleucinodes elegantalis*) fue menor en el sistema de riego por goteo (48,9 %), en comparación con el sistema de riego manual con manguera (64,4 %).

Con el sistema de riego por goteo también se disminuyó el tiempo de la labor a 1,5 h.ha⁻¹ comparado con 5,7 h.ha⁻¹ que se emplean con el riego manual, lo cual significa un ahorro en mano de obra, extrapolado a una hectárea, de alrededor de 0,53 jornales/día.

La práctica de riego aplicada oportunamente y en cantidades adecuadas, junto con un buen manejo agronómico, aumenta la resiliencia del sistema productivo a estrés hídrico (déficit) y disminuye la incidencia de problemas fitosanitarios.

Otras prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo de lulo en Teorama para disminuir la vulnerabilidad del sistema ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, al igual que para una condición 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:

Uso de semilla o plántulas de buena calidad

- Es importante contar con material de propagación de lulo de buena calidad al momento de establecer el sistema productivo. Para multiplicar el lulo por semilla es importante obtener, esta última, de frutos de calidad provenientes de plantas en adecuadas condiciones sanitarias, uniformes en tamaño, color y con el grado de madurez adecuado.
- Las semillas deben contar con características como sanidad, limpieza, viabilidad y vigor. Una vez seleccionadas las semillas, es recomendable multiplicar las plantas en semillero para su posterior trasplante a sitio definitivo en campo, con el fin de brindar las condiciones adecuadas para su desarrollo inicial. Para el sistema productivo de lulo se pueden emplear bandejas de germinación, que permitan un mejor manejo en la obtención de las plántulas.
- Durante la plantulación se puede realizar biofertilización, a partir de inoculación con micorrizas. Numerosos estudios han descrito que la inoculación micorrízica produce beneficios en los cultivos: estimulación del enraizamiento y crecimiento de las plántulas, mejora de la supervivencia y desarrollo durante la aclimatación de plantas microropagadas, reducción de los requerimientos externos en fósforo, incremento de la tolerancia de las plantas al ataque de patógenos que afectan la raíz, mejora la

tolerancia por estrés abióticos, precocidad en la floración y fructificación, incremento en la producción de frutos y uniformidad en la producción (Sieverding, 1991; Sánchez, 1999; Barea y Azcón, 1991).

- Casierra et al. (2013), reportan que las especies de *micorrizas Acaulospora mellea*, *Scutellospora heterogama*, *Glomus* sp. La inoculación de las plantas con la micorriza, se realizó al momento del transplante del semillero a las bolsas de 4 kg, colocando una cantidad del producto que contenía las micorrizas, de manera que cerca de las raíces quedara una cantidad aproximada a 200 esporas del hongo. La forma de aplicación dependerá del producto comercial empleado.
- Durante el desarrollo de las plántulas se recomienda la aplicación de productos biológicos (*Trichoderma* sp.) para prevenir el desarrollo de hongos fitopatógenos. Puede aplicarse nuevamente este biocontrolador al tallo y raíz cuando, las plantas tengan entre cuatro y cinco hojas verdaderas, es decir, cuando se realiza el trasplante a campo. La dilución del bioproducto dependerá de la concentración de esporas, la cual, varía entre los productos comerciales.

Manejo de la fertilidad del suelo

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 y cantidad de fertilizantes a utilizar, así como los tiempos de aplicación de los mismos.

El proceso para generar 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 de esta forma determinar la disponibilidad de nutrientes en la zona en la cual se establecerá el sistema productivo, para generar 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) toma de submuestras en puntos trazados en zig-zag, que permita

cubrir el área total del lote para que el muestreo sea representativo. (2) para la toma de cada submuestra se debe limpiar un área aproximada de 0,04 m² (20cm x 20 cm) a una profundidad de 3 cm de la superficie, con el fin de eliminar tejidos vegetales, residuos frescos de material orgánico y otro tipo de residuos. (3) realizar un hueco en forma “V” del ancho de una pala a una profundidad de 20 a 30 cm. (4) extraer una muestra de 2 a 3 cm de grosor de la pared del orificio con una pala limpia, descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la muestra en un balde plástico limpio. (5) Una vez tomadas todas las submuestras, se mezclan y, por último, se selecciona un kilogramo aproximadamente, el cual se debe empacar en una bolsa plástica bien identificada: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de cultivo y número del lote.

Esta muestra debe ser enviada a un laboratorio certificado para realizar un correcto análisis.

Particularmente, el lulo es sensible a las deficiencias de boro y magnesio, la falta de fósforo retrasa la maduración y causa la malformación de las semillas. El encalado es pertinente cuando el pH está por debajo de 5,2, por posibles limitantes por aluminio intercambiable. Bernal (2009) reporta que el lulo extrae 100 kg.ha⁻¹ de N, 35 de P₂O₅, 100 de K₂O, 25 de MgO y 20 kg.ha⁻¹ de S.

- **Análisis de la información:** se deben seguir recomendaciones del técnico o agrónomo, para la definición del tipo de fertilizantes a emplear, cantidades y frecuencias de aplicación, con el fin de garantizar que las plantas puedan disponer de los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento, desarrollo y productividad. Esta determinación debe involucrar los siguientes aspectos: la disponibilidad de los nutrientes en el suelo, el pH, profundidad efectiva de raíces, eficiencia de los fertilizantes y el requerimiento nutricional de la planta de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. De igual forma, la recomendación técnica de la fertilización debe tener en cuenta la condición climática esperada para el periodo de ejecución del sistema productivo

- **Ejecución y seguimiento:** el plan de manejo debe ser ejecutado de acuerdo con la recomendación técnica, teniendo en cuenta las formas de aplicación y los productos a utilizar. Adicionalmente, se debe realizar un seguimiento continuo con el fin de visualizar los resultados del plan de fertilización, y de ser necesario, realizar los respectivos ajustes.

Durante épocas de déficit hídrico se debe disminuir la aplicación de fuentes amoniacales de nitrógeno; así mismo, se debe considerar que la baja disponibilidad de agua en el suelo, limita el movimiento de nutrientes hacia y a través de la planta.

Preparación del terreno

- Dado que, en un escenario de déficit hídrico, se debe evitar al máximo la evaporación de agua del suelo, lo más indicado es realizar prácticas de labranza de conservación para mantener más estables los regímenes de temperatura y humedad del suelo.
- No es recomendable realizar labranza profunda con implementos como disco, dado que voltear el suelo expone la materia orgánica a procesos de mineralización acelerada. Además, con el volteo se incrementa la pérdida de humedad del suelo.
- Se recomienda realizar ahoyado a 50 cm de profundidad, en el cual se incorpora la materia orgánica de buena calidad mezclada con el suelo.
- Se deben emplear coberturas (vivas como las arvenses o muertas como el mulch) para procurar que el suelo no quede expuesto directamente a las condiciones ambientales.

Considerando que el lulo es una especie de sotobosque y que los árboles actúan como “buffer” de cambios en el ambiente (Montagnini et al., 2015), es importante incorporar y realizar un manejo de sombrero de baja densidad, que permita la regulación de microclima y favorezca la dinámica ecosistémica. Así, se puede disminuir la evapotranspiración, aprovechar en mayor medida la humedad del suelo y reducir la incidencia y severidad de problemas fitosanitarios.

Manejo durante la siembra: para la siembra a sitio definitivo, se deben tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Seleccionar las plántulas vigorosas del semillero, que presenten desarrollo uniforme y tengan hojas bien formadas.
- La práctica de biofertilización puede reforzarse en el trasplante.
- Al momento del trasplante se debe garantizar que el suelo esté a capacidad de campo, de manera que las plántulas se establezcan adecuadamente.
- Realizar la siembra en horas de la tarde.
- Sembrar la planta a una profundidad tal que, la base del tallo quede a nivel del suelo.
- Cinco días después de la siembra, revisar el lote para realizar la resiembra en sitios faltantes.
- Realizar aporque para fortalecer el anclaje de la planta.

Frente a amenazas potenciales de exceso hídrico en el suelo, es importante desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan, apoyándose en el SE - MAPA. De tal forma que se pueda llegar a la gestión de opciones tecnológicas adaptativas frente a dichas condiciones climáticas.

A continuación, se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de exceso hídrico en el suelo:

Manejo Integrado de Enfermedades (MIE)

El Manejo Integrado de Enfermedades involucra prácticas como la identificación de los síntomas asociados a insectos y agentes microbianos, vigilancia e implementación de medidas preventivas y curativas, que contribuyen a mantener el nivel de daño de enfermedades y plagas en niveles que no causen afectaciones económicas.

La sanidad del cultivo está determinada por prácticas de manejo preventivas: la selección adecuada del material vegetal de propagación, la ubicación del terreno donde se va a establecer el cultivo teniendo presentes las condiciones de clima, suelo y topografía, el historial del uso del suelo, la disponibilidad del agua y las actividades agrícolas del entorno (ICA, 2011).

Además, es importante tener en cuenta la densidad de siembra del cultivo, ya que una alta densidad en épocas de exceso de humedad puede favorecer la presencia de enfermedades. Un régimen de lluvias excesivo incrementa los contenidos de humedad en aire y suelo, y favorece la diseminación de las estructuras reproductivas de patógenos que afectan los distintos órganos de la planta, reducen la calidad y el rendimiento de las cosechas y originan incrementos en los costos de producción por las medidas de manejo.

Según (ICA, 2011, DANE, 2014), los problemas fitosanitarios limitantes en el sistema productivo de lulo son:

Tizón o gota (*Phytophthora infestans*). Al comienzo de la enfermedad se observan manchas de color amarillo en tallos y hojas, que luego van tomando un color más oscuro, causando la muerte de la parte afectada e incluso de la planta, en casos de ataque severo.

Agalla radical (*Meloidogyne* spp.). Es una enfermedad ocasionada por el ataque de nematodos, favoreciendo la formación de nudos o agallas en las raíces que bloquean el paso del agua y los nutrientes a las demás partes de la planta, originando clorosis o amarillamiento generalizado y de lento desarrollo.

Marchitez vascular (*Fusarium oxysporum*). Se desarrolla al penetrar el hongo por heridas causadas bien sea por el uso de herramientas o por la presencia de nematodos. Se reconoce por un color rosado a morado, que se hace visible cuando se realiza un corte transversal a estructuras de la planta como raíces, tallos o peciolo de las hojas. Causa amarillamiento o clorosis que se presenta de abajo hacia arriba, resultando en la muerte de la planta.

Pudrición algodonosa (*Sclerotinia sclerotiorum*). Se reconoce por el marchitamiento de las hojas y la presencia en los tallos de manchas de color oscuro y de tamaños grandes e irregulares que parten de la base de la planta, cubriéndose posteriormente por una capa parecida al algodón blanco, causando la muerte y momificación de los frutos, así como la muerte de la planta.

Pudrición del tallo (*Sclerotium rolfsii*). La enfermedad ocasiona el volcamiento de las plántulas en el semillero y la muerte de la planta en campo, iniciando desde el cuello de la raíz hasta afectar toda la planta. La pudrición del tallo se presenta principalmente en cultivos ubicados en zonas muy lluviosas y en suelos de textura liviana.

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

El seguimiento al estado de la enfermedad es una práctica fundamental para la toma de decisiones con respecto a momentos oportunos y estrategias para el manejo de problemas fitosanitarios en el sistema productivo. Se recomienda evaluar periódicamente como mínimo el 10 % de la población de plantas, con el fin de identificar la presencia de los síntomas descritos.

La estrategia de manejo de plagas y enfermedades debe ser seleccionada con ayuda del asistente técnico de la zona. Sin embargo, la prevención mediante recolección de partes de plantas afectadas y su correcta disposición fuera del lote es una estrategia fácil y efectiva.

**Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de lulo en Teorama consultar el sistema experto
SE - MAPA**

Como se expuso en la sección 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los dos 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 tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.



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

Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de lulo en el municipio de Teorama (Norte de Santander)

Dominios de recomendación

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

Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo a los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos, que deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.

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

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego, se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante

la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes a las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de la información climática de los municipios, se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios, entonces, se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de lulo en el municipio Teorama

En la Tabla 6, se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro, se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante un evento climático limitante para cada dominio. Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de sequía es alta para todos los productores de este sistema, lo que prioriza el uso de medidas que mitiguen los efectos negativos de un evento climático limitante.

Por otra parte, el grado de sensibilidad que se presenta, es medio para el dominio uno y bajo para el dominio dos. Mientras que la capacidad adaptativa es media para los productores del dominio uno y alta para los productores del dominio dos.

Finalmente, la última columna de la Tabla 6 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de gallinaza asociado al uso de riego por goteo, de acuerdo a las características de los productores de cada dominio,

estableciendo, además, proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso las opciones son viables para todos los dominios.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de lulo en el municipio de Teorama, Norte de Santander.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con áreas disponibles de 5 a 9 ha, alto nivel de exposición a sequía y alta disponibilidad de capital.	Alta	Media	Media	Viable
2. Productores con áreas disponibles de 14 a 20 ha, alto nivel de exposición a sequía y baja disponibilidad de capital.		Baja	Alta	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

El dominio de recomendación uno, incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos condicionados a prácticas de manejo y conservación de los mismos, o en zonas con suelos que no son aptos para la producción agrícola; lo que los sitúa en un grado de exposición alto ante un evento de sequía. Así mismo, debido a las condiciones topográficas de las zonas donde se encuentran ubicados estos productores, y las ineficientes medidas de control de plagas y enfermedades. Los productores del dominio uno, tienen un grado de sensibilidad medio ante un evento de sequía. Finalmente, debido a la falta de información climática, el escaso acceso a crédito y la falta de diversificación en los ingresos, estos productores presentan un grado medio de capacidad adaptativa (Figura 8).

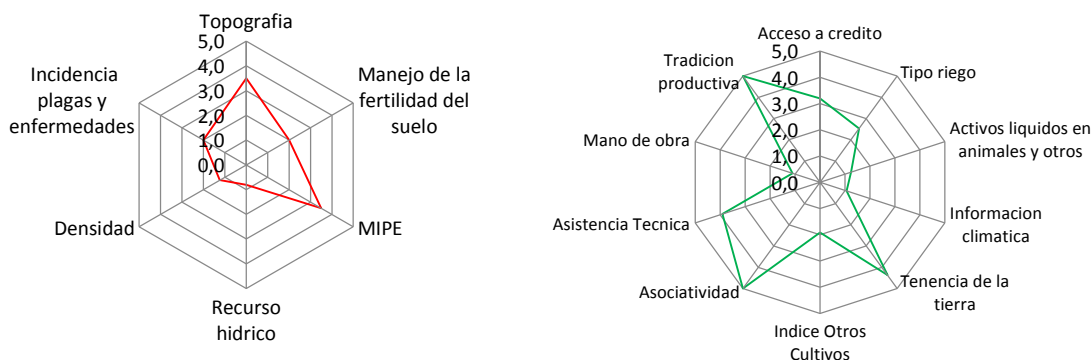


Figura 8. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

De acuerdo con el análisis microeconómico, bajo un evento de sequía la implementación del uso de gallinaza asociado a un sistema de riego por goteo es viable en cuanto al capital financiero asociado a este esquema de producción. En concreto, para los productores de este dominio, se recomienda adoptar la tecnología propuesta (en proporción en un tercio del área disponible).

Adicionalmente, se resalta que, dadas las condiciones de los productores de este dominio, no se espera que se haga necesario el uso de créditos bancarios para realizar esta inversión y que la mano de obra familiar disponible es suficiente para cubrir la demanda, en donde incluso, pueden llegar a venderse jornales que aumenten el capital disponible para el productor.

Dominio 2

El dominio de recomendación dos, incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos condicionados a prácticas de manejo y conservación de los mismos o en zonas con suelos que no son aptos para la producción agrícola; lo que los sitúa en un grado exposición alto ante un evento de sequía. Asimismo, debido a las condiciones topográficas de las zonas donde se encuentran ubicados estos productores, las insuficientes medidas de control de plagas y enfermedades (ligeramente más efectivas que las usadas por los

productores del dominio uno). Los productores del dominio dos tienen un grado de sensibilidad bajo ante un evento de sequía. Finalmente, debido a la condición de tenencia de la tierra, el buen nivel de acceso a crédito y el adecuado grado de asociatividad, estos productores presentan un grado alto de capacidad adaptativa ante un evento de sequía (Figura 9).

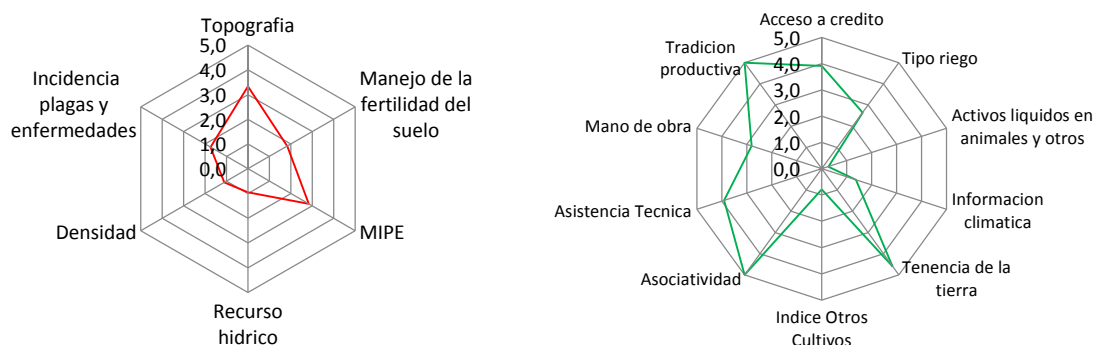


Figura 9. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.

De acuerdo con el análisis microeconómico, bajo un evento de sequía la implementación del uso de gallinaza asociado a un sistema de riego por goteo, es viable, con respecto al capital financiero asociado a este esquema de producción, pero presenta limitaciones. En concreto, para un productor representativo de este dominio se debe adoptar la tecnología propuesta, en donde el área a implementar está sujeta a la disponibilidad de capital por parte del productor, para el cual, en caso de ser necesario, se le sugiere el acceso a crédito. Finalmente, se tiene que la mano de obra familiar disponible es suficiente para cubrir la demanda, incluso, pueden llegar a venderse jornales que aumenten el capital disponible para el productor.



REFERENCIAS

- Barea, J.M., R. Azcón and C. Azcón-Aguilar. (1991). Vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen fixing systems. *Methods Microbiol.* 24, 391-346.
- Bernal, J. (2009). *El lulo*, en López, J., Bernal, J., Tamayo, P. y Gómez, R. (Eds.). *Tecnología para la producción de frutales de clima frío moderado*. Corpoica Produmedios. Colombia. 49- 61 pp.
- Casierra, F., Peña, J., Peñaloza, J. y Roveda, G. (2013). Influencia de la sombra y de las micorrizas sobre el crecimiento de plantas de lulo (*Solanum quitoense* Lam.). *Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient.* 16(1), 61-70.
- Corpoica. (2005). *Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera*. En Manual técnico. *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos* (pp. 1-10). Mosquera, Cundinamarca: Produmedios.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático.
- Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para cebolla (Ocaña y La Playa), lulo (Ábrego y Teorama) y papa (Silos y Mutiscua)*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático.
- Corpoica. (2015c). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Lulo Municipio de Teorama, Departamento de Norte de Santander*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de 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 el CIAT*. (No. 002 – 2013). Derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA.



- DANE. (2014). *El cultivo de lulo (Solanum quitoense Lam.), una fruta agradable y de gran valor nutritivo*. Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria N° 23. Sistema de Información de Precios y Abastecimiento del Sector Agropecuario (SIPSA). 64 p.
- ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo del lulo (Solanum quitoense Lam.). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá: Produmedios.
- IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, UK. Cambridge University Press.
- Lores, A., Leyva, A. y Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). *Sistemas Agroforestales. Funciones Productivas, Socioeconómicas y Ambientales*. En Serie técnica. (Informe técnico 402). CATIE, Turrialba, Costa Rica. Editorial CIPAV, Cali, Colombia. 454 p.
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza. Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. Department of Commerce. Res. Paper, 45.
- Sánchez de P., M. (1999). *Endomicorrizas en agroecosistemas colombianos*. Palmira, Colombia: Universidad Nacional de Colombia,
- Sieverding, E. (1983). *Manual de métodos para la investigación de la micorriza vesiculobuscular en el laboratorio*. Centro Internacional de Agricultura Tropical CIAT, Cali, Colombia.



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>