



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Coliflor (*Brassica oleracea* L. var. Botrytis)

Municipio de Paipa
Departamento de Boyacá



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Agosto 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
Néstor Aldemar Rincón Torres	Profesional de apoyo a la investigación
Gustavo Octavio García Gómez	Facilitador regional
Juan Carlos Rojas Bustos	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.



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 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

ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá).....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Paipa (Boyacá)	4
Exposición del sistema productivo de coliflor a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Paipa (Boyacá)	9
Zonas del municipio de Paipa con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de coliflor.....	16
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	17
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Paipa (Boyacá)	18
1. Preparación de suelos.....	21
2. Uso eficiente del agua mediante un sistema de riego por microaspersión	21
3. Selección de material vegetal:	22
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	23



Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Paipa (Boyacá)	26
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre.....	29
los productores de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá)	29
Dominio de recomendación	29
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos.....	30
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá).....	31
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	32

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá), durante condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Paipa (Boyacá). Subzonas hidrográficas, altitud y paisaje.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Paipa (1980-2011).	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema experto de coliflor en el municipio de Paipa en condiciones restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis diciembre-mayo.....	14
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Paipa para el sistema productivo de coliflor en condiciones de déficit en el suelo (Diciembre-febrero).....	16
Figura 7. a.) Balance hídrico atmosférico y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá) entre los meses de agosto y noviembre de 2015, segundo ciclo.....	20
Figura 8. Microaspersor mini wobbler utilizado en la parcela de integración.....	22
Figura 9. Variedades de coliflor. Izquierda: Casablanca. Centro: Skysalker. Derecha: Pamplona F1 (Bejo 2624). Fuente: Corpoica, 2016.....	23
Figura 10. Izquierda. Sistema de riego por microaspersión. Derecha: Sistema de riego por aspersión.	24



Figura 11. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y de capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio uno.	33
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio dos.	34
Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio tres.	36
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha). Para los productores del dominio cuatro.	37



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Paipa durante los eventos El Niño en el período 1980-2011.....	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Paipa durante los eventos La Niña en el período 1980-2011.	8
Tabla 3. Comparación del uso del agua y rendimiento en kilogramos pella de coliflor sistemas de riego microaspersión y aspersión.....	24
Tabla 4. Comparación agronómica de tres variedades de coliflor utilizadas en la parcela de integración con dos sistemas de riego (microaspersión y aspersión).....	25
Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá)	31



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático construido, como concepto novedoso, por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA), contiene herramientas de referencia que sustentan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos, y contribuir a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a escalas locales, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre el sistema productivo.

Según este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial y temporal de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios de 18 departamentos del país. En este sentido, se desarrollaron parcelas de integración para cada uno de los 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con productores, e integrar experiencias y conocimientos de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo en escenarios locales. Para el departamento de Boyacá, el Fondo Adaptación priorizó el sistema productivo de coliflor (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) en el municipio de Paipa.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten a asistentes técnicos, productores y tomadores de decisiones a escala municipal, orientar la planificación de acciones para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en Paipa (Boyacá).



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en el municipio de Paipa (Boyacá) mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá)

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) 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 sensibilidad del sistema productivo de coliflor. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de coliflor frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas para la prevención y adaptación que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo, de acuerdo a las características socioeconómicas y técnicas de los productores locales.

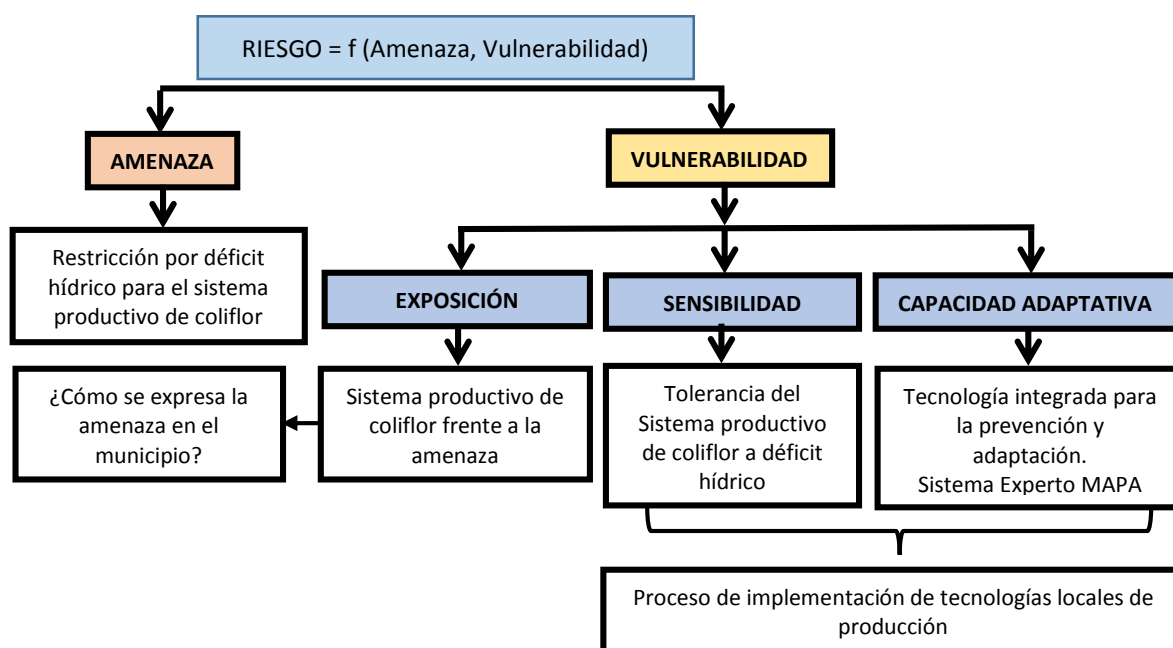


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático, para el sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá), durante condiciones de déficit hídrico en el suelo.



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

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

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

Para mayor información sobre el riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE) MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Paipa (Boyacá)

Para analizar las amenazas derivadas de la variabilidad climática, lo primero que se debe hacer es identificar aquellos aspectos biofísicos que hacen 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, sequía extrema, temperaturas altas y bajas, que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El municipio de Paipa está influenciado por dos subzonas hidrográficas que lo rodean: el río Chicamocha y el río Suárez. Su altitud varía entre 2000 y 3500 m s. n. m. y sus paisajes presentan montaña en un 90 %, y 10 % corresponde a altiplanicie y valle (Figura 2).

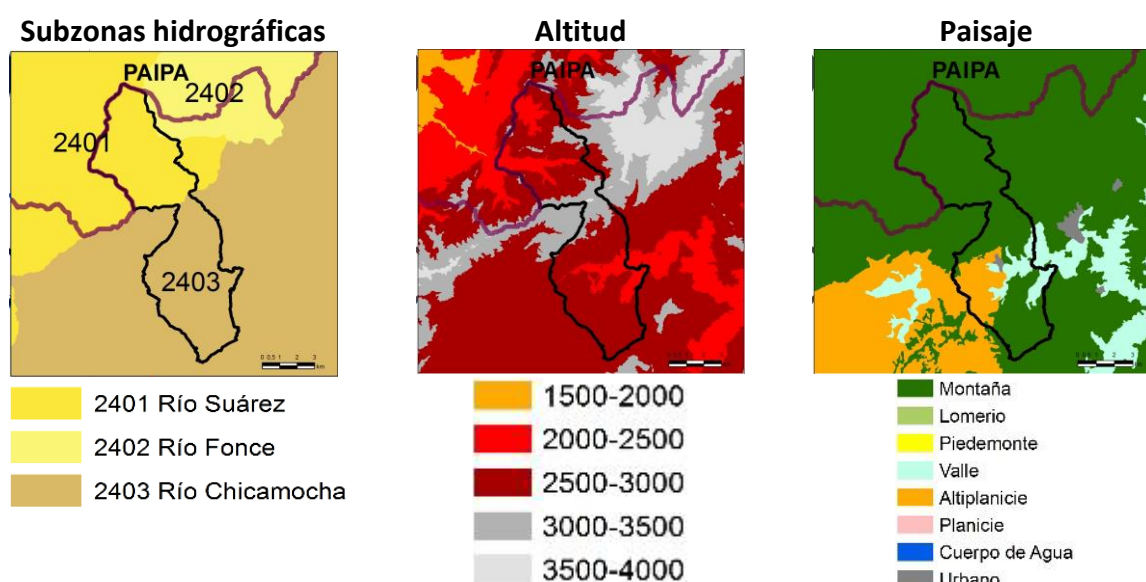


Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Paipa (Boyacá). Subzonas hidrográficas, altitud y paisaje.

Fuente: Corpoica (2015a).

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

Precipitación: en la Figura 3, se muestra la dinámica de la precipitación para el municipio de Paipa (Boyacá). La línea verde representa la precipitación promedio, las barras rojas la precipitación durante el evento El Niño de 1992 y las barras azules la precipitación en el evento de variabilidad climática La Niña de 2011.

En el departamento de Boyacá existen tres grupos o patrones de lluvias (conglomerados), y corresponden espacialmente con tres zonas geográficas: el altiplano Cundiboyacense, el Valle del Magdalena y el Piedemonte Llanero. El municipio de Paipa se encuentra en el

conglomerado tres (altiplano Cundiboyacense). En esta agrupación, el promedio de precipitación es de 900 mm/año, siendo la zona de menores lluvias de Boyacá.

En la Figura 3 se observa que el efecto de reducción de las lluvias en el fenómeno de El Niño es una generalidad para todos los meses del año, registrando reducciones de 50 mm en marzo y abril y 119 mm en octubre. En contraste, durante el evento La Niña se presentan incrementos en las precipitaciones con respecto al promedio multianual. El aumento más drástico se presentó en el mes de abril, con 185 mm por encima del promedio multianual.

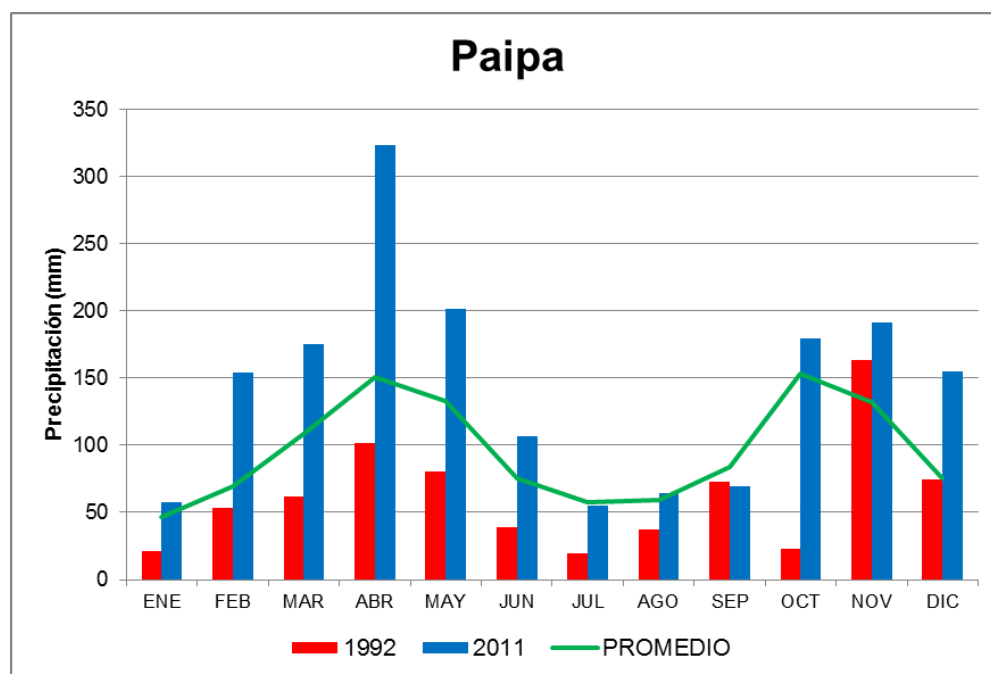


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el municipio de Paipa (1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a).

Los valores del Índice Oceánico El Niño (ONI) y de las anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permiten determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:



- a. El valor de la anomalía indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- b. El valor del ONI¹: el cual indica qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

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

Las Tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos El Niño-Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años (1980-2011) y constituyen información de referencia que permiten analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio. Durante este período, se presentaron nueve eventos El Niño, con duraciones de entre seis y 19 meses, y siete eventos La Niña con duraciones entre cinco y 24 meses. Tres eventos El Niño tuvieron intensidad fuerte, tres moderada y tres débil. De otro lado, dos eventos La Niña presentaron intensidad fuerte y los cinco restantes intensidad débil.

En la Tabla 1, se observa que, cuando han ocurrido eventos El Niño en el municipio de Paipa, se han presentado reducciones en la precipitación entre 1 % y 28 %. Los máximos valores ONI registrados oscilan entre 0,9 y 2,5. La duración máxima de un evento El Niño en Paipa fue de 19 meses; intervalo de tiempo comprendido entre agosto de 1986 y febrero de 1988. Sin embargo, durante este período la reducción en la precipitación fue la menor que se ha presentado cuando ocurre un evento El Niño en el municipio (1 %).

¹ El ONI expresa la magnitud de aumento o disminución de la temperatura promedio de la superficie Océano Pacífico ecuatorial. Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5 °C es un evento La Niña, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos. 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 y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

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

Período	Inicio	May. 1982	Ago. 1986	May. 1991	May. 1994	May. 1997	May. 2002	Jun. 2004	Ago. 2006	Jul. 2009
	Fin	Jun. 1983	Feb. 1988	Jun. 1992	Mar. 1993	May. 1998	Mar. 2003	Feb. 2005	Ene. 2007	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		-16 %	-1 %	-28 %	-7 %	-20 %	-18 %	-2 %	-12 %	-9 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Por otra parte, en cinco de los siete eventos La Niña, la precipitación presentó aumentos por encima del valor promedio; llegando a incrementos mayores al 46 % en el período 2010-2011, última ola invernal que tuvo graves afectaciones en el territorio nacional (Tabla 2). Sin embargo, en los eventos La Niña de 1984-1985 y 2000-2001 se presentó disminución en la cantidad de precipitación; siendo bastante notoria la reducción en el último período nombrado, con una anomalía negativa de -38% e intensidad débil (ONI: -0,7).

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

Período	Inicio	Oct. 1984	May. 1988	Sep. 1995	Jul. 1998	Oct. 2000	Sep. 2007	Jul. 2010
	Fin	Sep. 1985	May. 1989	Mar. 1996	Jun. 2000	Feb. 2001	May. 2008	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		-7 %	22 %	6 %	18 %	-38 %	9 %	46 %

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), los vientos de la cordillera andina 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, susceptibilidad a déficit hídrico durante en eventos El Niño, susceptibilidad a inundación 2010 – 2011, susceptibilidad biofísica a inundación, afectación de la capacidad fotosintética analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI) y áreas que se anegan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de los cuerpos de agua) o presentan déficit hídrico en condiciones de sequía (contracción de los cuerpos de agua).

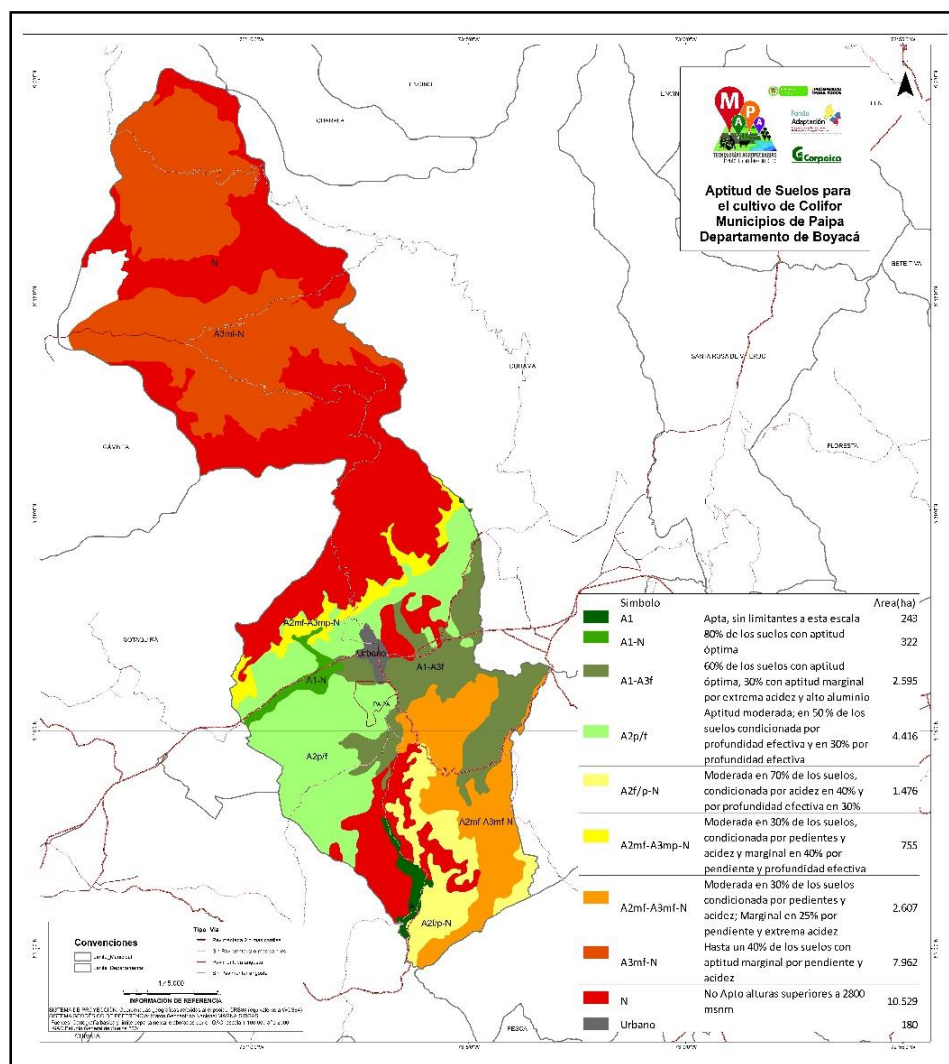
Para mayor información sobre susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el SE-MAPA

Exposición del sistema productivo de coliflor a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Paipa (Boyacá)

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 el caso del sistema productivo de coliflor en Paipa, la exposición se analizó con base en la aptitud de suelos para el sistema productivo y la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Para evaluar la exposición, se debe identificar:

- En el mapa de aptitud de suelos (Figura 4) se presentan las limitaciones de los suelos del municipio. Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejar (propiedades químicas del suelo), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas). Cabe mencionar que, la escala de análisis espacial utilizada fue 1:100.000.**












Símbolo	Aptitud	Área (ha)
 A1	Óptima sin limitaciones a esta escala	243
 A1-N	80 % de suelos con aptitud óptima	322
 A1-A3f	60 % de los suelos con aptitud óptima, 30 % con aptitud marginal por extrema acidez y alto aluminio	2.595
 A2p/f	Aptitud moderada; en 50 % de los suelos condicionados por profundidad efectiva y 30 % por profundidad efectiva	4.416
 A2f/p-N	Moderada en 70 % de los suelos, condicionados por acidez en 40 % y por profundidad efectiva 30% de los suelos	1.476
 A2mf-A3mp-N	Moderada en 30 % de los suelos, condicionados por pendientes y acidez y marginal en 40 % y por pendiente y profundidad efectiva	755
 A2mf-A3mf-N	Moderada en 30 % de los suelos, condicionados por pendientes y acidez y marginal en 25 % y por pendiente y extrema acidez	2.607
 A3mf-N	Hasta un 40 % de los suelos con aptitud marginal por pendiente y acidez	7.962
 Na	Suelos no aptos por condiciones de altitud	10.529
Total general		30.905

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

Para tener en cuenta. El municipio de Paipa presenta aproximadamente 3160 ha de suelos con aptitud óptima “A1” para el sistema productivo de coliflor; es decir, tan solo un 10,22 % de la extensión territorial del municipio.

La mayor parte los suelos de Paipa están asociados a aptitud marginal por extrema acidez o a suelos no aptos. Con aptitud moderada “A2” se estiman unas 9254 ha (cerca del 29,94% del municipio), condicionados algunos por profundidad efectiva, pendientes y/o acidez.



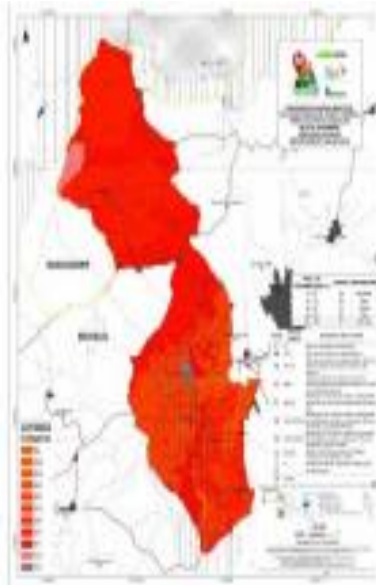
La zona sur del municipio presenta las mejores condiciones para el sistema productivo de coliflor, donde hay suelos clasificados con aptitud óptima (A1) o moderada (A2). Se estiman unas 7962 ha con aptitud marginal (25,76 % de la superficie) restringidos por valores extremos de acidez y pendientes.

10529 ha (34,06 % de las tierras del municipio) ubicadas en la zona norte se consideran no aptos para coliflor, por condiciones de relieve, altitud y clima, (clases A3) (Corpoica, 2015b).

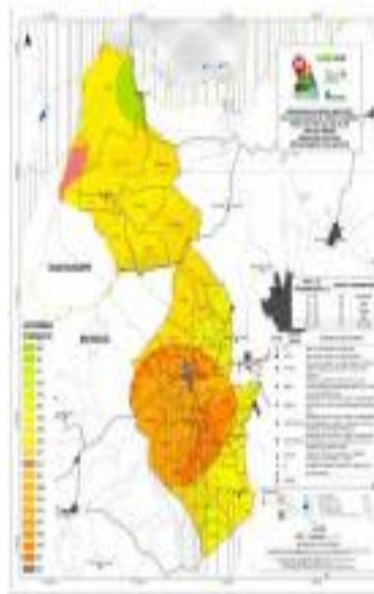
- b. Mapas de escenarios agroclimáticos:** de acuerdo con el Índice de Severidad de Sequía de Palmer² (Palmer, 1965), durante una condición de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Paipa se presentaron probabilidades bajas (tono verde, 20–40 %), medias (tono amarillo 40–60 %) altas (tono naranja, 60–80 %) y muy altas (tono rojo, 80–100 %) de ocurrencia de condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico, de acuerdo a cada etapa fenológica.

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

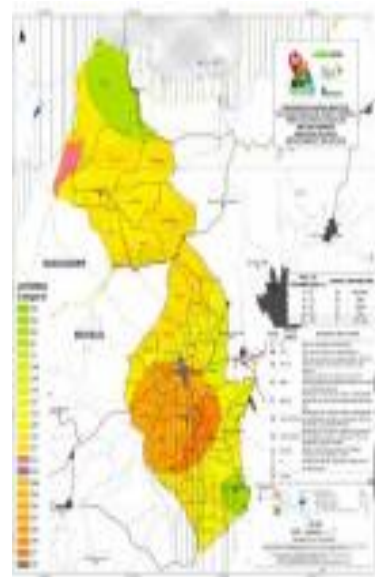
DICIEMBRE



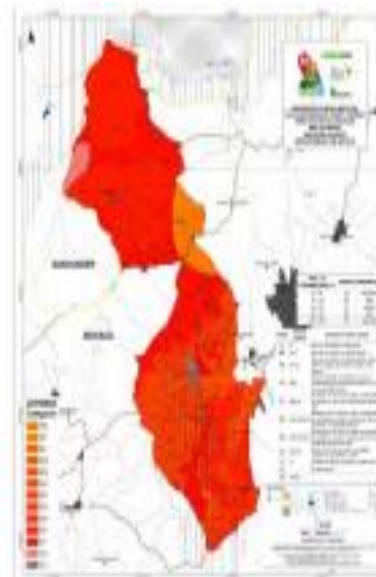
ENERO



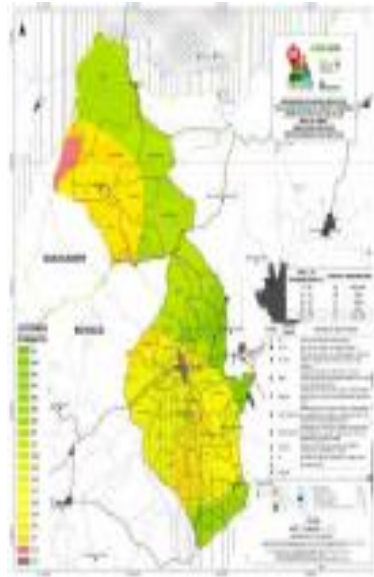
FEBRERO



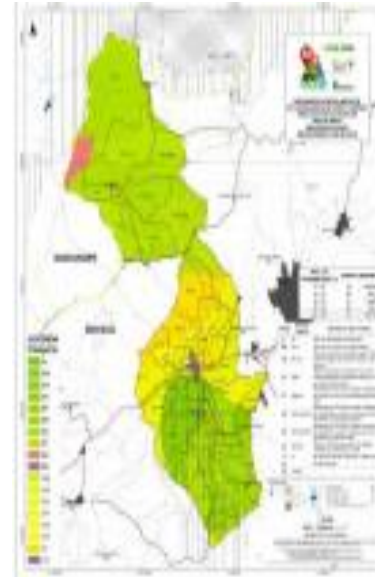
MARZO



ABRIL



MAYO



Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud de suelos
L	A1	Apto sin límites a esta escala
M	A1- N	80 % de los suelos con aptitud óptima
N	A1-A3f	60 % de los suelos con aptitud óptima, 30 % con aptitud marginal por extrema acidez y elevado aluminio
O	A2p/f	Aptitud moderada; en 50 % de los suelos condicionada por acidez y 30% por profundidad efectiva
P	A2p/f-N	Moderada en 70 % de los suelos, condicionada por acidez en 40 % y por profundidad efectiva en 30 %
Q	A2mf- A3mp-N	Moderada en 30 % de los suelos, condicionadas por pendientes y acidez y marginal en 40 % por pendiente y profundidad efectiva
R	A2mf- A3mf-N	Moderada en 30 % de los suelos condicionado por pendientes y acidez; marginal 25 % por pendiente y extrema acidez
S	A3mf-N	Hasta un 40 % de los suelos con aptitud marginal por pendiente y acidez
T	N	No apto por alturas superiores a 2800 m s.n.m.
U		Sin Información
Z		Zona urbana

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

BL
 BM
 BN
 BO
 BP
 BR
 BS
 BT
 BU
 BZ
 CM
 CN
 CO
 CP
 CQ
 CR
 CT
 CZ
 EL
 EM
 EN
 EO
 EP
 EQ
 ER
 ES
 ET
 EU
 EZ

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema experto de coliflor en el municipio de Paipa en condiciones restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis diciembre-mayo.
Fuente: Corpoica (2015b).



Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de 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 presentan una o varias etapas fenológicas específicas de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia.

En los meses de diciembre y marzo hay muy alta probabilidad de déficit hídrico para coliflor en todo el municipio. Particularmente, en la ventana de mayores precipitaciones (marzo – mayo) persiste alta probabilidad de déficit hídrico para el sistema productivo hacia el sur del municipio, en las veredas Tinguavita, Canocas, Canoas, La Esperanza, La Playa, Río Arriba, Cruz de Murola, Tunal y Mirabal. Las más bajas probabilidades de déficit hídrico se presentan predominantemente en los meses de abril y mayo.

Durante todo el año se presentan plantaciones en estado trasplante, vegetativo y cosecha, debido a las dinámicas del mercado del producto (flujo constante de demanda) y a la corta duración del ciclo de vida de esta especie (4 meses después del trasplante). En consecuencia, durante todas las etapas fenológicas del cultivo se presentarán afectaciones en los meses de alta o muy alta probabilidad de déficit hídrico.

Para tener en cuenta. El déficit hídrico puede generar efectos negativos sobre el rendimiento ya que se requiere humedad por encima del 50 % de capacidad de campo desde el momento de siembra hasta su cosecha. La mayor demanda de agua está en la época de formación de la cabeza y las dos semanas posteriores al trasplante; un déficit en estas etapas reduce los rendimientos (PROMOSTA, 2005). Un fuerte déficit hídrico genera pérdida de turgencia, marchitamiento, cierre de estomas y disminución de fotosíntesis (Venegas, 2013).

Durante déficit hídrico se incrementa la acción de perforadores del follaje como *Ancognatha scarabaeoides*, barrenador del tallo (*Helulla phidialis*), polillas (*Plutella xylostella*, *Hellula undalis*), mosca subterránea (*Chortophilla brassicae*), mosca blanca (*Aleurodes brassicae*), falsa potra (*Ceuthorrhynchus pleurostigma*) y el pulgón ceroso de las crucíferas (*Brevicoryne brassicae*) (Londoño, 2006; Aguirre & Piraneque, 2013).

Zonas del municipio de Paipa con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de coliflor

El mapa de aptitud agroclimática del municipio de Paipa para el sistema productivo de coliflor integra la exposición mensual a deficiencias hídricas para el sistema productivo y la aptitud de los suelos (Figura 6). Se identificaron cinco categorías de aptitud agroclimática para el sistema productivo de coliflor con los siguientes porcentajes de ocupación:

Aptitud agroclimática	Exposición	% área del municipio
Nicho productivo óptimo o con leves restricciones	Muy baja	0,7
Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos	Baja	17,1
Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico	Media	1,1
Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico	Alta	20,4
Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico	Muy alta	60,0
Sin información	Sin datos	0,7

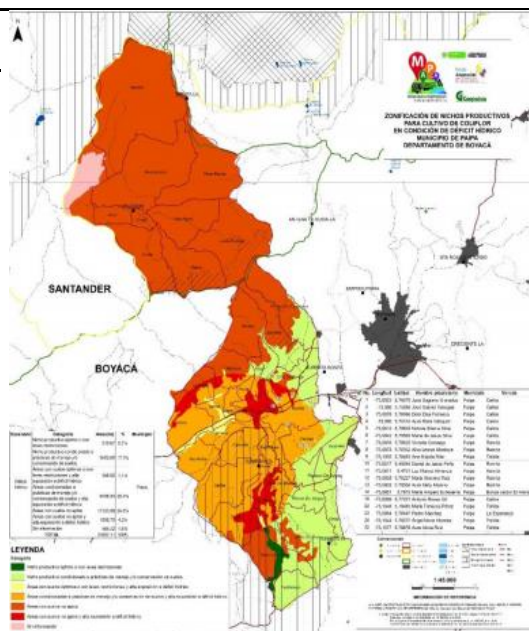


Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Paipa para el sistema productivo de coliflor en condiciones de déficit en el suelo (Diciembre-febrero).

Fuente: Corpoica (2015b).

Después de áreas con suelos no aptos, predominan áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico (20,4 % del área total municipal) en donde hay alta probabilidad (60–80 %) de déficit hídrico para el sistema productivo. Pese a que hay suelos que podrían ser empleados para el establecimiento del sistema productivo, la excesiva pérdida de humedad del suelo restringe su uso debido a los efectos negativos sobre la sanidad vegetal, la fisiología y el rendimiento del sistema productivo (Corpoica, 2015b).



Las áreas categorizadas como “nicho productivo condicionado a prácticas de manejo” se consideran de menor riesgo agroclimático debido a su baja propensión a déficit de agua y a su suelo que puede mejorarse mediante manejos agronómicos adecuados.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá), consulte 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 la toma de decisiones en la planificación agropecuaria, para la identificación de riesgos asociados y para relacionar diferentes sistemas productivos a la climatología de cualquier área y mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica. Esta información 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 (clima): obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo, por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas en laboratorio.
- Fenología: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas, 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: períodos 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 (temperaturas máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del cultivo (principalmente en etapas fenológicas críticas) y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos³.

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Paipa (Boyacá)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas, con potencial para reducir los efectos de déficit hídrico en el suelo sobre el sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas para dos ciclos del sistema productivo; el primero entre los meses de abril y julio, y el segundo entre los meses de agosto y de noviembre.

En los primeros meses del 2015 hubo disminuciones en las precipitaciones promedio del municipio, lo que contribuyó a la compactación en los suelos y, en consecuencia, produjo “abotonamiento” en las plantas de coliflor (formación de pellas pequeñas), causado por una restricción en el desarrollo vegetativo y radicular de la planta (Wurr & Fellows, 1984; Booi, 1990).

³ 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 el análisis en su sistema productivo.



Por lo anterior, los resultados de producción y rendimiento del primer ciclo permitieron plantear la siembra de coliflor bajo otras condiciones edáficas. La información climática registrada y las pruebas físicas de suelo que se ejecutaron permitieron establecer la importancia de realizar labranza para la siembra de coliflor cuando se han presentado previamente largos períodos de déficit hídrico en el suelo.

En cuanto a la dinámica climática de la parcela de integración, en la segunda ventana de análisis, la Figura 7a muestra que en los meses de septiembre y octubre la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue superior a la precipitación, lo cual, posiblemente, es un indicador de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo.

Por su parte, la Figura 7b presenta el comportamiento de las láminas de agua disponible, agua fácilmente aprovechable y agotamiento, en el suelo de la parcela de integración durante el segundo período de evaluación. Si bien, el contenido de agua en el suelo o agua disponible corresponde a la fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, la planta sólo puede hacer uso efectivo del agua fácilmente aprovechable, la cual hace referencia al agua almacenada en los mesoporos del suelo.

En ese sentido, cuando el agotamiento de agua supera el agua fácilmente aprovechable, se presentan condiciones de déficit hídrico del suelo. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que, desde la mitad de agosto hasta finales de octubre de 2015, se presentó déficit hídrico en el suelo de la parcela de integración en Paipa, coincidiendo con el período de desarrollo de las estructuras vegetativas y la formación del órgano floral.

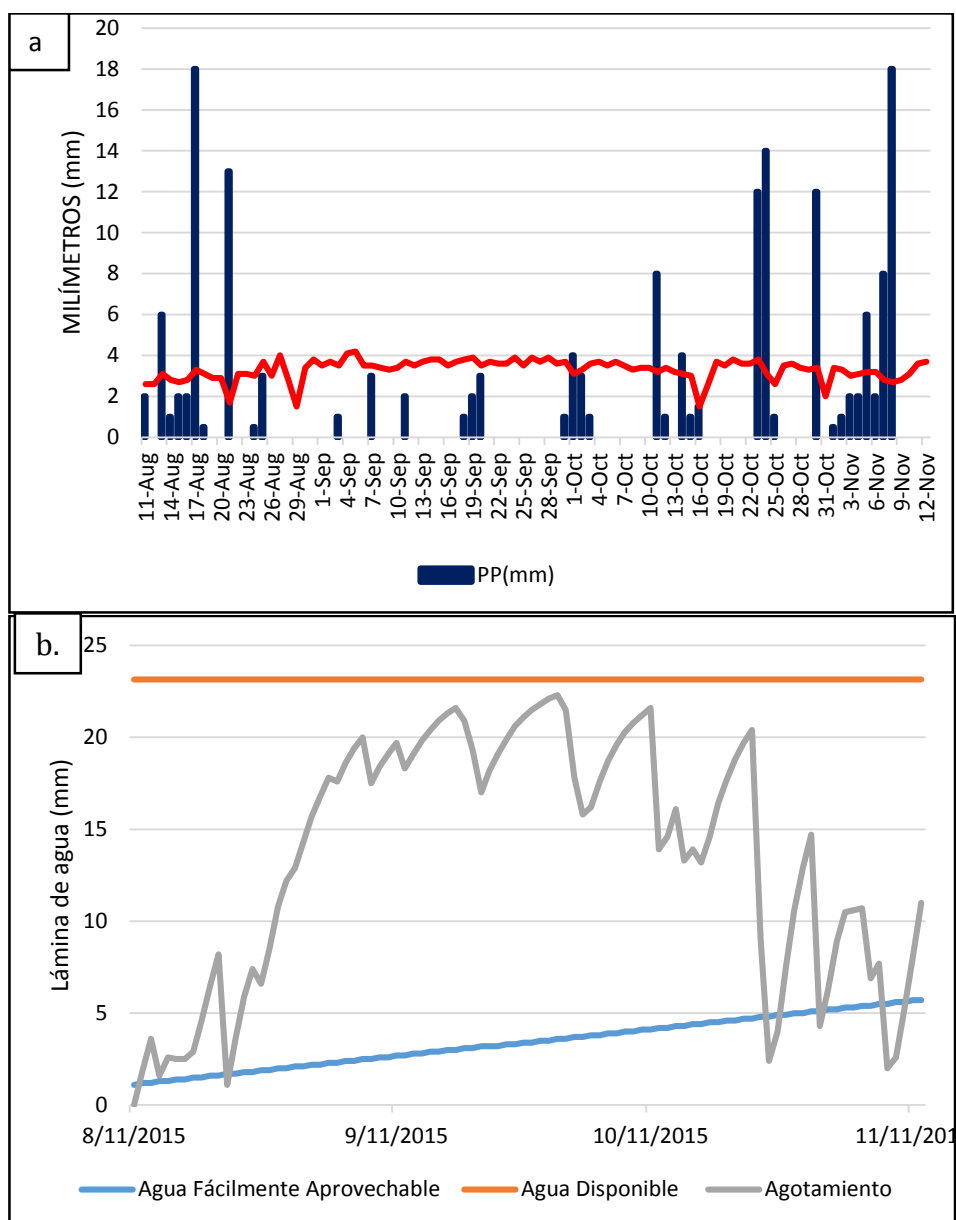


Figura 7. a.) Balance hídrico atmosférico y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá) entre los meses de agosto y noviembre de 2015, segundo ciclo.

Fuente: Corpoica (2016).



Dado que la condición de déficit hídrico es recurrente en esta zona, principalmente en los meses de marzo y diciembre, y, a su vez, es un factor restrictivo para el sistema productivo de coliflor, a continuación se presentan recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas y validadas, con el fin de disminuir la vulnerabilidad y generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de coliflor en Paipa, a condiciones de déficit hídrico en el suelo:

1. Preparación de suelos

La compactación de algunos suelos en el municipio de Paipa, por manejo inadecuado, afecta la disponibilidad del agua para la planta en épocas de sequía, debido a que las raíces no pueden penetrar libremente en el suelo, absorber el agua y los nutrientes, lo que limita el crecimiento normal y la producción de la pella. Por lo anterior, previo a la siembra y al establecimiento del sistema productivo de coliflor, es recomendable realizar un análisis físico de suelo que determine la velocidad de infiltración del agua en el perfil del suelo y el nivel de compactación.

La descompactación del suelo con arado de cincel es una opción que contrarresta dicha condición y mejora las propiedades físicas del suelo para el adecuado desarrollo radical de las plantas de coliflor, ya que permite romper capas duras o compactadas de suelo, sin invertir horizontes subsuperficiales. Además, aumenta la infiltración del agua lluvia, mejora la conservación de la humedad y reduce la erosión (FAO, 1997).

Para suelos muy compactados, como los arcillosos, lo más práctico es realizar dos pases de arado. El primero superficialmente y el segundo con mayor profundidad de acabado y diagonal al primero para no superponer trayectorias. En suelos francos con poca humedad, la profundidad de arado oscila entre los 15 o 20 cm y, a medida que aumenta la humedad, debe aumentar la profundidad sin llegar a pasar los 30 cm (Carrasco y Riquelme, 1999).

2. Uso eficiente del agua mediante un sistema de riego por microaspersión

El sistema de riego por microaspersión utiliza una acción rotatoria del microaspersor que ofrece un patrón de riego uniforme sobre una determinada área de cobertura. Su rociado similar a la lluvia tiene una pérdida muy baja por evaporación y el tamaño de gota permite minimizar el riesgo de aumento en la severidad de enfermedades, ya que evita la acumulación de agua por períodos largos en las plantas (Figura 8).



Figura 8. Microaspersor mini wobbler utilizado en la parcela de integración.
Fuente: Corpoica, 2016.

Las características del sistema de riego por microaspersión validado por Corpoica fueron: cinco microaspersores mini wobbler de Senninger ensamblados en elevadores a una distancia de 50 cm sobre el suelo y separados de 7,10 m de distancia entre ellos. Se instaló un manómetro para medir la presión del sistema y evitar que superara valores de 20 psi durante todos los riegos. Con esta presión el sistema alcanza un diámetro húmedo de 9 m.

3. Selección de material vegetal:

En la selección del material se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las características fenotípicas y genotípicas de las plantas. Deben adaptarse a las condiciones agroclimáticas del entorno y a las exigencias del mercado.
- Teniendo en cuenta que existen materiales certificados de coliflor, se deben seleccionar plantas que presenten las mejores características en cuanto a rendimiento, tolerancia o resistencia a enfermedades y plagas, y formas y tamaños de la pella. A continuación, se presentan los materiales evaluados:

Casablanca: material de gran uniformidad de planta y pella, de color blanco y compacto. Ausencia de amarillamiento y daño mecánico en la pella, con alta calidad de producto. Excelente rendimiento y se puede sembrar durante todo el año, excepto en las épocas y zonas donde ocurren heladas (Figura 9, izquierda).

Skywalker: coliflor híbrido de ciclo intermedio, vigorosa pella, grande y blanca intensa. Excelente uniformidad a cosecha, distancia de trasplante recomendada 0,6 X 0,6 m, con

rendimiento promedio: 25 a 28 t.ha⁻¹. Excelente auto-envoltura de la pella para protección del sol. Adecuado sistema radicular que evita el volcamiento de la pella, ciclo promedio de 85 a 90 días (Figura 9, centro).

Pamplona F1 (Bejo 2624): coliflor híbrido de follaje muy vigoroso, de ciclo intermedio, de pella blanca, pesada, compacta y bien formada, adecuada cobertura de pella para mantener color. Buena sanidad en época lluviosa (Figura 9, derecha).

El material Casablanca es el que se siembra en la zona de Paipa y Duitama, el material Skywalker se maneja en la zona de Duitama y el híbrido Pamplona es un material poco reconocido por los agricultores del municipio, pero con alto potencial de adaptación a las condiciones de la zona.



Figura 9. Variedades de coliflor. Izquierda: Casablanca. Centro: Skysalker. Derecha: Pamplona F1 (Bejo 2624). Fuente: Corpoica, 2016.

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

- **Manejo de suelo**

La aplicación de prácticas de descompactación mediante la implementación de arado de cincel mejoró la velocidad de infiltración de agua en la parcela de integración. De acuerdo con los reportes de Bonnet, citado por Murcia (2015), la velocidad de infiltración pasó de ser muy lenta (0,6 cm.h⁻¹) en el primer ciclo a rápida (7,7 cm.h⁻¹) en el segundo (Corpoica, 2016).

- **Sistema de riego por microaspersión**

Al utilizar el sistema de riego por microaspersión con cinco microaspersores se aplican 31 920 l.h⁻¹ para 1250 plantas en 250 m², generando un ahorro de agua de 41,7 % (22.800 l), aproximadamente, en comparación con el riego por aspersión (Tabla 3) (Corpoica, 2016).

Tabla 3. Comparación del uso del agua y rendimiento en kilogramos pella de coliflor sistemas de riego microaspersión y aspersión.

VARIABLE	SISTEMA DE RIEGO	
	MICROASPERSIÓN	ASPERSIÓN
Agua utilizada para 1250 plantas de coliflor desde el trasplante hasta el inicio de cosecha	31 920 litros	54 720 litros
Rendimiento de la pella en 250 m ²	1.106 kg	1.092 kg

Fuente: Corpoica (2016).

En la Figura 10 se presentan el arreglo espacial de las plantas de coliflor utilizado en la parcela de integración y la ubicación de los sistemas de riego por microaspersión y aspersión (tradicional de los productores de la zona). Se observa que después de haber realizado la labor de riego de las plantas no se presentó encharcamiento en las calles ubicadas entre las camas del cultivo donde se implementó la opción tecnológica (microaspersores) en comparación con el sistema tradicional (aspersores). Con esto se evidencian un mayor uso eficiente del recurso hídrico y menores cantidades de pérdidas de agua.



Figura 10. Izquierda. Sistema de riego por microaspersión. Derecha: Sistema de riego por aspersión.

Fuente: Corpoica (2016).

• Material vegetal

El híbrido de coliflor Skywalker con el sistema de riego por microaspersión fue la combinación de opciones tecnológicas que presentó los mejores resultados en la mayoría de las variables evaluadas (Tabla 4). Este híbrido reportó, para las condiciones agroclimáticas del municipio de Paipa (Boyacá), el mayor crecimiento en altura de planta con 51 cm de altura a los 79 días después de trasplante, el mejor diámetro, el segundo mejor peso de la pella y el segundo mejor rendimiento en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. En cuanto a calidad, Skywalker fue el híbrido que presentó 100% de calidad primera junto con el híbrido Pamplona, ambos con el sistema de riego por microaspersión. Así mismo, las pellas presentaron la forma achatada y de color blanco, características exigidas por el mercado.

Tabla 4. Comparación agronómica de tres variedades de coliflor utilizadas en la parcela de integración con dos sistemas de riego (microaspersión y aspersión).

Variable	Aspersión			Microaspersión		
	Casablanca	Skywalker	Pamplona	Casablanca	Skywalker	Pamplona
Altura (cm)	45	50	47	44,4	51	45
Diámetro de la pella (cm)	14,4	13,9	13,7	13,9	14,5	13,9
Peso de pella	942,6	828	854	840	925,3	890
Rendimiento ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)	47,13	41,3	42,6	42	46,26	44,6
Primera Calidad	72	93,3	40	86,6	100	100
Segunda Calidad	28	6,7	60	13,4	0	0

Fuente: Corpoica (2016).

Es importante mencionar que el sistema de riego que produjo mejores rendimientos fue la microaspersión, con un promedio de $44,14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, en comparación con el sistema de aspersión, el cual presentó un rendimiento de $43,71 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.



Estas ventajas comparativas se presentaron durante una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo y pueden ser utilizadas como marco de referencia. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente fueron validadas en un área con suelos no aptos, por lo cual, deben ser ajustadas de acuerdo a la zona de aptitud agroclimática del municipio.

Para mayor información sobre las tecnologías de riego por microaspersión y materiales vegetales, consulte el SE-MAPA

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Paipa (Boyacá)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá), se pueden desarrollar prácticas culturales e implementar tecnología que aumentan la capacidad adaptativa del sistema.

A continuación, se presenta una práctica, con potencial aplicación en condiciones de déficit hídrico, complementaria a las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

Manejo integrado de la polilla dorso de diamante

En épocas de sequía, en el sistema productivo de coliflor, se aumenta la presencia de plagas como polilla (*Plutella xylostella*). Dicha plaga afecta la calidad de la coliflor, por lo que es necesario implementar métodos de control que permitan mantener la población en niveles bajos. Como manejo de la plaga, se recomienda hacer rotación con cultivos diferentes a las crucíferas, eliminar malezas hospederas en las que se desarrolla el insecto; por ejemplo, la guasca (*Galinsoga parviflora*), bolsa de pastor (*Capsella bursapastoris*) (SARH,1993).

También se recomienda realizar monitoreo frecuente y, dependiendo del umbral de acción (una larva o rastros de la presencia de esta por cada diez plantas monitoreadas), se debe aplicar un producto biológico compuesto de la bacteria *Bacillus thuringiensis* Var.



Kurstaki y, cuando el ataque es muy alto, combinar con agroquímicos recomendados para el manejo de la polilla dorso de diamante y de baja categoría toxicológica en crucíferas. Algunos ingredientes activos recomendados son: fenilpirazol y algunos piretroides como permetrina, respetando los períodos de carencia y reentrada. A su vez, se deben rotar los ingredientes activos para evitar que el insecto genere resistencia y hacer un seguimiento periódico del estado sanitario de las plantas basado en muestreos semanales para detectar focos y niveles poblacionales que superen los umbrales de daño económico (una larva o rastros de la presencia de esta por cada diez plantas monitoreadas) y, con ello, tomar decisiones frente al manejo que se deba implementar.

Frente a amenazas potenciales de exceso hídrico en suelo, es importante desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la guía metodológica del presente plan, apoyándose en la información disponible en el Sistema Experto MAPA; de tal forma que se pueda llegar a la gestión de opciones tecnológicas adaptativas frente a dichas condiciones climáticas. A continuación se presentan prácticas que pueden ser implementadas durante condiciones de exceso hídrico.

Redes de drenaje

En la época de exceso de lluvia y de acuerdo a la textura del suelo, es muy probable que el agua se acumule en el sistema productivo hasta el punto de inundarse. Se recomienda hacer redes de drenaje para evitar la inundación, ya que el crecimiento de las plantas de coliflor en condiciones de anegamiento durante un tiempo prolongado se retrasa, especialmente en el período de desarrollo vegetativo.

El drenaje consiste en la remoción por medios naturales o artificiales del exceso de agua acumulado en la superficie o a lo largo del perfil del suelo. Tiene como objetivo controlar la circulación del agua en el suelo, de tal forma que los poros queden libres de exceso de agua, lo que permite la presencia de aire necesario para el desarrollo normal de la mayoría de plantas cultivadas, los procesos microbiológicos y la formación de suelos (Cisneros, 2005). Además, controla y reduce la salinización que se presenta en tierras con drenaje natural insuficiente (FAO, 1997).

Las redes de drenaje consisten en zanjas que encausan la lluvia hacia un destino que permita evacuarla del cultivo. En el caso de hortalizas, se hace realizando camas altas



(entre 30 y 50 cm) y con curvas de nivel, para que el agua drene por las calles, hacia una fuente de almacenamiento o donde no afecte ningún sistema productivo.

Manejo integrado de enfermedades

El manejo de enfermedades es importante, principalmente en épocas de lluvia, ya que aumenta la humedad relativa y se genera el ambiente ideal para su desarrollo. El sistema productivo de coliflor en el municipio de Paipa se ha visto afectado por diferentes patógenos, lo que ha aumentado las pérdidas económicas y provocando indisposición de los agricultores a producir hortalizas en la zona.

Dentro de las enfermedades más comunes en época de lluvia para las plantas de coliflor, se encuentran la hernia de las crucíferas, mildew veloso, botrytis y bacterias como *Erwinia spp.* Estas enfermedades se pueden manejar de manera preventiva a partir de la densidad de siembra, manejo adecuado del riego y drenaje, rotación de cultivos, aplicación de productos biológicos, recolección de residuos de cosecha (Forero, 2012).

Se recomienda hacer monitoreos semanales, para evaluar la eficiencia del control preventivo. Si la severidad de la enfermedad es alta, se debe pensar en realizar aplicaciones controladas y recomendadas de productos químicos sintéticos como última opción, para su disminución y manejo.

No se recomienda utilizar plántulas procedentes de zonas donde se haya presentado la hernia de las crucíferas. Dado que el hongo se puede diseminar o llegar a los campos, por el uso de agua de riego contaminada procedente de otras fincas o veredas donde se ha presentado la enfermedad, se debe recurrir a fuentes de agua que estén libres del patógeno (Forero, 2012).

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá), consulte el SE-MAPA

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son 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 responde solo a criterios técnicos, sino también económicos, sociales y culturales, dado que un sistema productivo está constituido, 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 coliflor en el municipio de Paipa (Boyacá)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores et al., 2008), aunque su efectividad cambia de finca en finca. 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 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, la cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones viables relativas a las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios, se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o exceso 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 coliflor en Paipa (Boyacá)

En la Tabla 5 se presentan los dominios de recomendación para Paipa con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro, se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad (del sistema productivo) y la capacidad adaptativa (del productor) ante una condición de déficit hídrico, para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es baja para los productores de los dominios uno y dos; y alta para los productores de los dominios tres y cuatro; se resalta que estos últimos dominios son los que demandan la implementación prioritaria de medidas que mitiguen los efectos negativos asociados a la condición de déficit hídrico. El grado de sensibilidad que presentan los sistemas productivos de coliflor de los productores de Paipa ante una condición de déficit hídrico es medio para todos los dominios. Por su parte la capacidad adaptativa es media para los dominios uno, dos y tres, y es baja para el dominio cuatro.

En la última columna de la tabla se muestran los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de la variedad Skywalker asociada a un esquema de riego por microaspersión (sección dos del documento), de acuerdo a las características de los productores de cada dominio, estableciendo, además, proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso, la implementación de este esquema de producción es viable para todos los productores.

Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con baja exposición a déficit hídrico, con mano de obra laboral familiar, propietarios de los	Baja	Media	Media	Viable

predios de tamaños entre 0,02 y 4 ha.

2. Productores con baja exposición a déficit hídrico, con mano de obra contratada, predios en arriendo de tamaños entre 0,17 y 3 ha.

3. Productores con alta exposición a déficit hídrico, con mano de obra laboral familiar y propietarios de los predios.

4. Productores con alta exposición a déficit hídrico, con mano de obra contratada y propietarios de los predios de tamaños entre 0,05 y 3,6 ha.

Baja	Media	Media	Viable
Alta	Media	Media	Viable
Alta	Media	Baja	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Los productores del dominio uno, se encuentran ubicados en zonas con un grado de exposición bajo ante una condición de déficit hídrico; es decir, se encuentran en nichos que son productivos para el sistema productivo de coliflor, pero condicionados a prácticas de manejo. La sensibilidad de los cultivos de los productores de este dominio a condiciones de déficit hídrico es de grado medio; esto se debe a la insuficiente diversificación de los cultivos de los que provienen los ingresos del productor; así mismo, a la insuficiencia en las medias orientadas al manejo fitosanitario. Finalmente, la capacidad de adaptación ante condición de déficit hídrico de los productores de este dominio es de grado medio, pues son productores con un buen nivel de acceso a crédito bancario, tienen

buena disponibilidad de mano de obra familiar y buena disposición de información climática. No obstante, son productores que deben mejorar la calidad y la disponibilidad de asistencia técnica en campo, y buscar canales que mejoren los acuerdos de compra del producto (Figura 11).

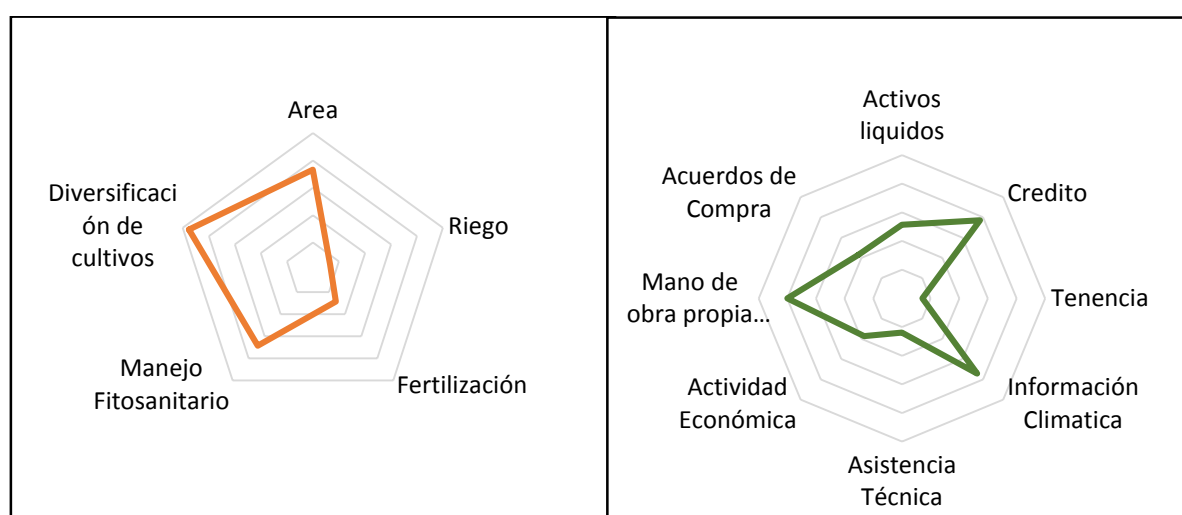


Figura 11. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y de capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio uno.

En virtud de que los productores de este dominio se encuentran ubicados en zonas con exposición baja ante una condición de déficit hídrico, la adopción de un esquema de producción bajo la implementación de semilla Skywalker, asociada a riego por microaspersión contribuyen al fortalecimiento financiero del sistema productivo y en menor medida a la mitigación de los efectos negativos de la condición climática adversa.

De acuerdo al análisis económico, resultado de la modelación y de la evaluación de las condiciones socioeconómicas, la implementación del esquema productivo propuesto es viable, de acuerdo al comportamiento del capital financiero acumulable asociado. En concreto, se prevé que, para los productores de este dominio, dadas las condiciones socioeconómicas; aquellos productores con producciones pequeñas (menores a 0,06 ha) puedan implementar a la tecnología sin necesidad de acceder a crédito bancario. Para los demás, se recomienda, en caso de ser necesario, accedan a créditos bancarios, de los cuales se espera puedan ser pagados con facilidad mediante el incremento en los excedentes asociados al nuevo esquema de producción.

Por otra parte, es de resaltar que la implementación de las tecnologías propuestas se ve favorecida en términos de viabilidad económica, gracias a la disponibilidad de recursos de los productores, en específico, a la condición de que los productores de este dominio sean propietarios de los predios y que tengan buena disponibilidad de mano de obra familiar para realizar sus actividades productivas.

Dominio 2

Los productores de este dominio están ubicados en zonas con bajo grado de exposición ante una condición de déficit hídrico; es decir que se encuentran en nichos que son favorables para el sistema productivo de coliflor, pero condicionados a prácticas de manejo. Los cultivos de coliflor de los productores del dominio dos tienen un grado medio de sensibilidad ante la condición de déficit hídrico, lo que se debe principalmente a que estos productores no cuentan con sistema de riego y tienen esquemas de producción con actividades insuficientes para la nutrición y el manejo fitosanitario. Finalmente, la capacidad de adaptación de estos productores es media, en donde se aprecia la necesidad de mejorar las condiciones de asistencia técnica de calidad en campo y los acuerdos de compra (Figura 12).

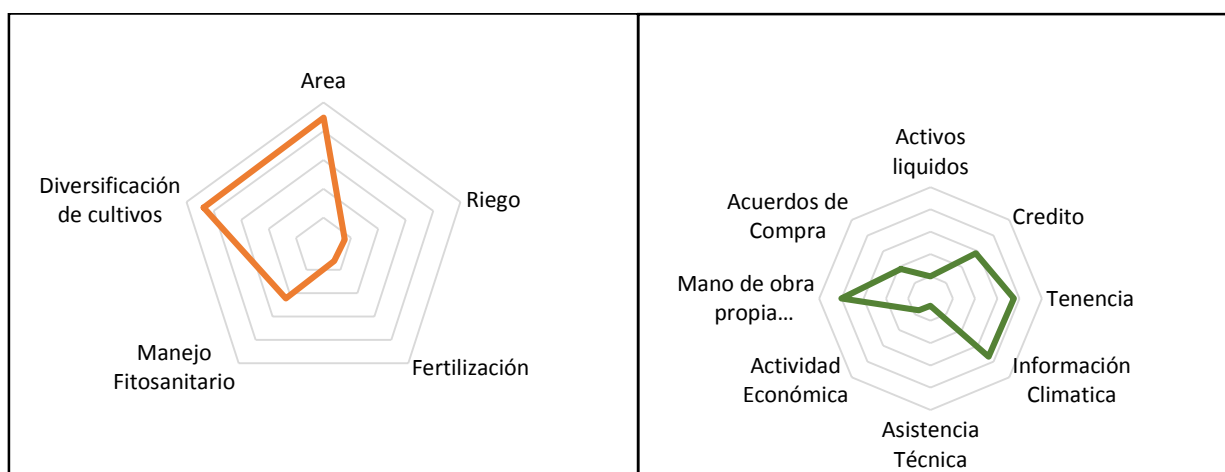


Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio dos.

Los productores del dominio dos se encuentran ubicados en zonas de baja exposición agroclimática ante una condición de déficit hídrico. En este sentido, se resalta que la recomendación asociada a estos productores tiene un carácter de fortalecimiento



financiero y en menor medida de mitigación de los efectos negativos asociados a la condición climática adversa antes mencionada.

El análisis económico muestra que la implementación de las tecnologías propuestas es viable de acuerdo al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Dadas las características socioeconómicas de los productores de este dominio, se prevé que sea necesario el acceso a crédito bancario para la implementación inicial de las tecnologías; no obstante, se espera que los excedentes adicionales asociados a la nueva producción permitirán pagar el endeudamiento con facilidad.

Los productores de este dominio presentan una mayor necesidad de acceso a crédito, en virtud tener mayor contratación de mano de obra y tener falta de propiedad sobre los predios, además de falta de activos líquidos.

Dominio 3

Los productores de este dominio están ubicados en zonas de exposición alta ante una condición de déficit hídrico; en otras palabras, se encuentran ubicados en áreas con suelos no aptos para la producción de coliflor o muy condicionados a prácticas de manejo. Esto implica que este conjunto de productores demanda de manera prioritaria la implementación de tecnologías que permitan una mayor adaptación a épocas de déficit hídrico.

Adicionalmente, la sensibilidad del cultivo a épocas con esta condición climática es media, explicada por el insuficiente esquema de manejo fitosanitario y la falta de diversidad de cultivos en la finca, ya que predominan los de hortalizas. La capacidad de adaptación también es media, lo que se explica porque son productores con un buen nivel de acceso a crédito, información climática y mayor cantidad de integrantes de la familia que trabajan en la finca, pero una deficiente presencia de asistencia técnica de calidad en campo (Figura 13).

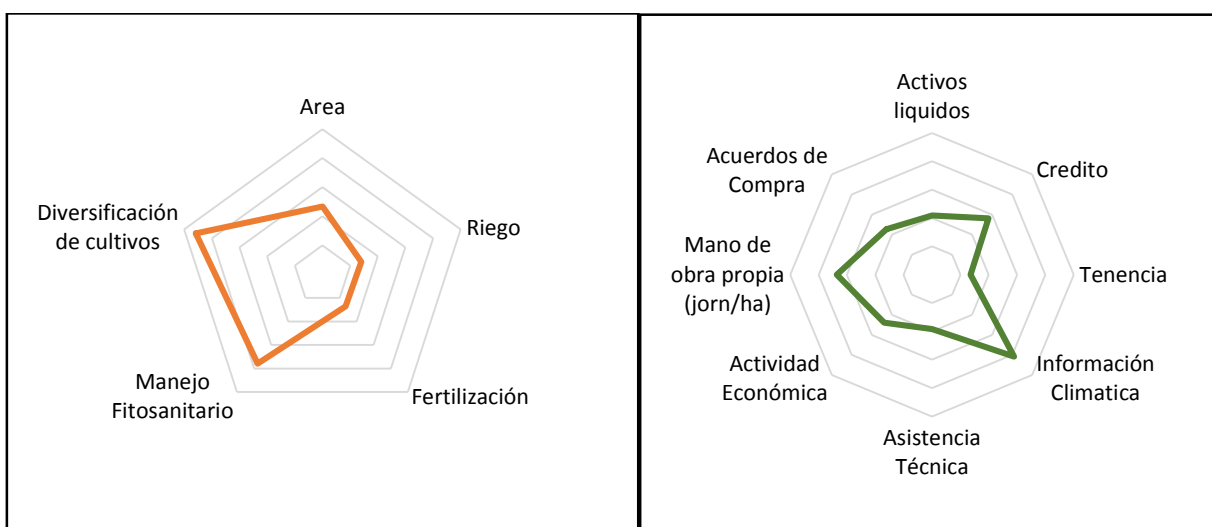


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio tres.

Los productores que conforman el dominio de recomendación tres, al estar ubicados en zonas con alto grado de exposición a condiciones de déficit hídrico, demandan la implementación de tecnologías con prioridad con el fin de mitigar los efectos adversos de dicha condición climática. En este sentido, a partir del análisis económico, se obtuvieron resultados similares a los encontrados para el dominio de recomendación uno, dada la similitud en las condiciones de disponibilidad de mano de obra familiar y de propiedad de la tierra.

Nuevamente, resulta viable la implementación tecnológica de las tecnologías propuestas, no obstante, la diferencia en este grupo radica en el tamaño de los predios de los productores (son de mayor área), lo que posibilita una mayor disposición de área sembrada en coliflor.

Dominio 4

Los productores de este dominio están ubicados en zonas de exposición alta, ante una condición de déficit hídrico, en otras palabras, se encuentran ubicados en áreas con suelos no aptos para la producción de coliflor, o muy condicionados a prácticas de manejo. Esto implica que este conjunto de productores demanda de manera prioritaria la implementación de tecnologías que permitan una mayor adaptación a épocas de déficit

hídrico. La sensibilidad de los cultivos de coliflor de los productores de este dominio es media, explicada por el hecho de que el área de los predios está en mayor medida dedicada a la siembra de coliflor, lo que aumenta la dependencia a este cultivo. La capacidad de adaptación de estos productores es baja, de donde se sugiere la búsqueda de mayor y mejor acceso a asistencia técnica, menor dependencia económica de actividades solo agropecuarias, aumento de activos líquidos (Figura 14).

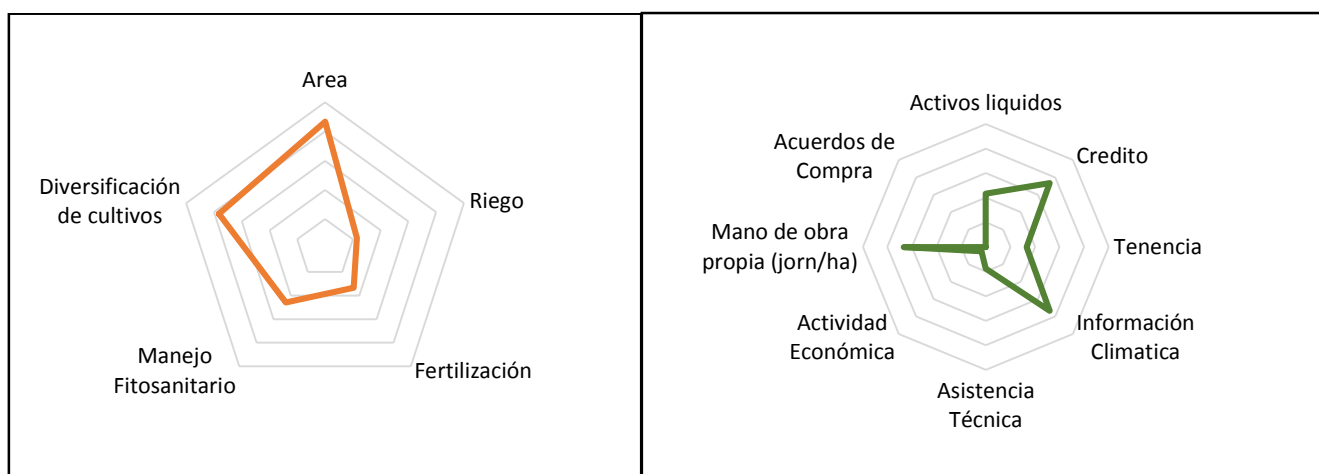


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha). Para los productores del dominio cuatro.

Los productores de este dominio, al encontrarse en zonas con grado de exposición alto ante condiciones de déficit hídrico, requieren la implementación de tecnologías de manera prioritaria en búsqueda de mitigar los efectos adversos de dicha condición climática, más aún si se tiene en cuenta el bajo nivel de capacidad de adaptación que presentan los productores.

En este sentido, el análisis económico muestra que la implementación de las tecnologías propuestas es viable de acuerdo al comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Dadas las características socioeconómicas de los productores de este dominio, se prevé que sea necesario el acceso a crédito bancario para la implementación inicial de las tecnologías, no obstante, se espera que los excedentes adicionales asociados a la nueva producción, permitirán pagar el endeudamiento con facilidad y se recomienda que conforme incrementen los ingresos de los productores, se amplíe el área de producción haciendo más eficiente la producción en estos predios.



Finamente se resalta que los productores de este dominio presentan una mayor necesidad de acceso a crédito, en virtud tener mayor contratación de mano de obra y tener falta de propiedad sobre los predios, además de falta de activos líquidos.

REFERENCIAS

- Aguirre, F., & Piraneque, N. (2013). *Horticultura*. Recuperado de http://datateca.unad.edu.co/contenidos/201618/formato_modulos_unad_201618.pdf.
- Booij, R. (1990). Influence of transplant size and raising temperature on cauliflower curd weight. *Jorurnal Gartenbauwissenschaft* 55(3), 103-109.
- Carrasco, J., & Riquelme, J. (1999). El arado de cincel: Implemento implemento que ayuda a conservar los suelos, mejora la porosidad, elimina el pie de arado. Instituto de Investigaciones Agropecuarias-INIA. *Boletín informativo N°88*. 4p.
- Cisneros, R. (2005). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. México: Universidad Autónoma de San Luís de Potosí.
- Corpoica. (2015a). *Informe del Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos, Departamento de Boyacá*. Mosquera: Corpoica.
- Corpoica. (2015b). *Informe del Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática de pastos para ovinos (Sora), pastos para ganadería de leche (Tibasosa) y coliflor (Paipa)*. Mosquera: Corpoica.
- Corpoica. (2016). *Informe final de la parcela de integración del sistema productivo de coliflor, municipio de Paipa, Departamento del Boyacá*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al al Cambio Climático.
- Corpoica-CIAT. (2015). Informe: Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Boyacá 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.

- FAO. (1997). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Boletín de Tierras y Aguas de la FAO*. 209
- Forero, M. (2012). Las enfermedades en los cultivos de hortalizas. En: *Manual del cultivo de hortalizas*. Bogotá: Produmedios.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge, UK: Cambridge University Press.
- Londoño, Z. (2006). Manejo integrado de plagas. En J. E. Jaramillo N, & C. A. Díaz D, *El cultivo de las crucíferas crucíferas - Brócoli, Coliflor, Repollo, Col China* (pp. 75-97). Rionegro-Antioquia.
- Murcia. (Julio de 2015). Factores a tener en cuenta en la selección diseño y montaje de un sistema de riego – Aspersión. Presentación oral. Tibasosa, Boyacá: Corpoica.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: OMM.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. *Res. Paper*, (45)58.
- PROMOSTA. (2005). El cultivo de la coliflor (*Brassic oleracea* var. *Botrytis*). Recuperado de <http://gamis.zamorano.edu/gamis/es/Docs/hortalizas/coliflor.pdf>
- Secretaria de Agricultura y Recursos Hidráulicos. (1993). Manejo integrado de la polilla dorso de diamante en el Bajío México.
- Venegas, J. (2013). Evaluación de inductores de resistencia, para el control de lepidópteros y tolerancia a estrés hídrico en brócoli (*Brassica oleracea* L. var. *italica*) y en *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. Cumbaya, Pichincha (Tesis de grado). Quito: UCE.
- Wurr, D., & Fellows, J. (1984). Cauliflower buttoning. The role of transplant size. *Journal of Horticultural Science*, 59(3), 419-29.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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