



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de aguacate (*Persea americana* Mill)

Municipio de Fresno
Departamento de Tolima



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Octubre de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	Función en el proyecto
Sair Jaramillo Bonilla	Profesional de apoyo a la investigación
Kristiel Navarro Barreto	Profesional de apoyo a la investigación
Juan José Rivera Varón	Investigador máster
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigadora Ph. D.
Julián David Gómez Castillo	Profesional de apoyo a la investigación
Luis Felipe Castelblanco Rivera	Profesional de apoyo a la investigación
William Felipe Melo Zipacón	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Orlando Acosta Buitrago	Investigador máster
Carlos Andrés Aguirre Correa	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



AGRADECIMIENTOS

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

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

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Nataima y Tibaitatá que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

A los integrantes de los distintos productos del proyecto MAPA, quienes realizaron aportes conceptuales para la construcción del Plan de Manejo Agroclimático Integrado.

Finalmente, a todas aquellas personas que participaron en las diferentes actividades del proyecto MAPA.



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Fresno.....	4
Exposición del sistema productivo de aguacate a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Fresno	10
Zonas del municipio de Fresno con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de aguacate.....	15
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 aguacate ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Fresno (Tolima).....	19
Prácticas de manejo y conservación de cobertura del suelo	21
Manejo integrado de la fertilización.....	21



Ventajas comparativas de estas tecnologías en condiciones de déficit hídrico.....	23
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de Aguacate en el Municipio de Fresno	31
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar el déficit hídrico en el sistema productivo de aguacate.....	31
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de aguacate en el municipio Fresno.....	32
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	34
Referencias	42



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno (departamento del Tolima) bajo condiciones de déficit hídrico en suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Fresno.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el periodo 1980-2011, en el municipio de Fresno.	7
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo de aguacate en el municipio de Fresno....	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de aguacate bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico, en la ventana de análisis diciembre-agosto en el municipio de Fresno.	15
Figura 6. Aptitud agroclimática para el cultivo de aguacate bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico en el municipio de Fresno.....	16
Figura 7. Balance hídrico atmosférico diario durante el periodo octubre 2015-junio de 2016, en la parcela de integración del sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno.	19
Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo de aguacate, entre los meses de octubre de 2015 y junio de 2016 en el municipio de Fresno.	20
Figura 9. Cobertura de 15 cm de altura (izquierda) y cobertura bajo MT (derecha).	21
Figura 10. Aplicación de fertilizantes en arboles de aguacate. Parcela de integración, Fresno.	22
Figura 11. Manejo de la cobertura vegetal en la parcela con los tratamientos OT y MT....	24



Figura 12. Acumulación mulch, material vegetal y contenido de materia orgánica del suelo en la parcela de integración en Fresno.	25
Figura 13. Árbol en producción (izquierda) y frutos cosechados de primera calidad (derecha) del tratamiento OT en la parcela de integración de aguacate en Fresno.....	26
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	34
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	36
Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3	37
Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 4	39
Figura 18. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 5.	40



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del Índice Oceánico del Niño (ONI) y anomalías de precipitación en el municipio de Fresno - Tolima durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011	8
Tabla 2. Duración, valor del Índice Oceánico del Niño (ONI) y anomalías de precipitación en el municipio de Fresno - Tolima durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011	9
Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de aguacate en el municipio de Fresno.....	12
Tabla 4. Características físico químicas del suelo de la parcela de integración de aguacate (Fresno-Tolima).....	23
Tabla 5. Plan de fertilización según análisis de suelos.....	23
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno (Tolima).	33



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido en el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimático - MAPA, como concepto novedoso, contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para el sistema productivo, permitiendo generar capacidad adaptativa en el mediano y largo plazo, es decir, como 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.

Con 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. Para 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 sobre estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo, a escala local. Para el departamento de Tolima fue priorizado, por el fondo de adaptación, el cultivo de Aguacate en el municipio de Fresno.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para mejorar o generar la capacidad adaptativa del sistema productivo de Aguacate a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Fresno, en el departamento del Tolima.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Fresno (Tolima), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate

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 la exposición, la sensibilidad de la especie vegetal al estrés hídrico y la capacidad adaptativa del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. 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 adaptativa del sistema productivo de aguacate frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas para la prevención y adaptación, las cuales se implementan en el sistema productivo de acuerdo con las características socioeconómicas de los productores locales.

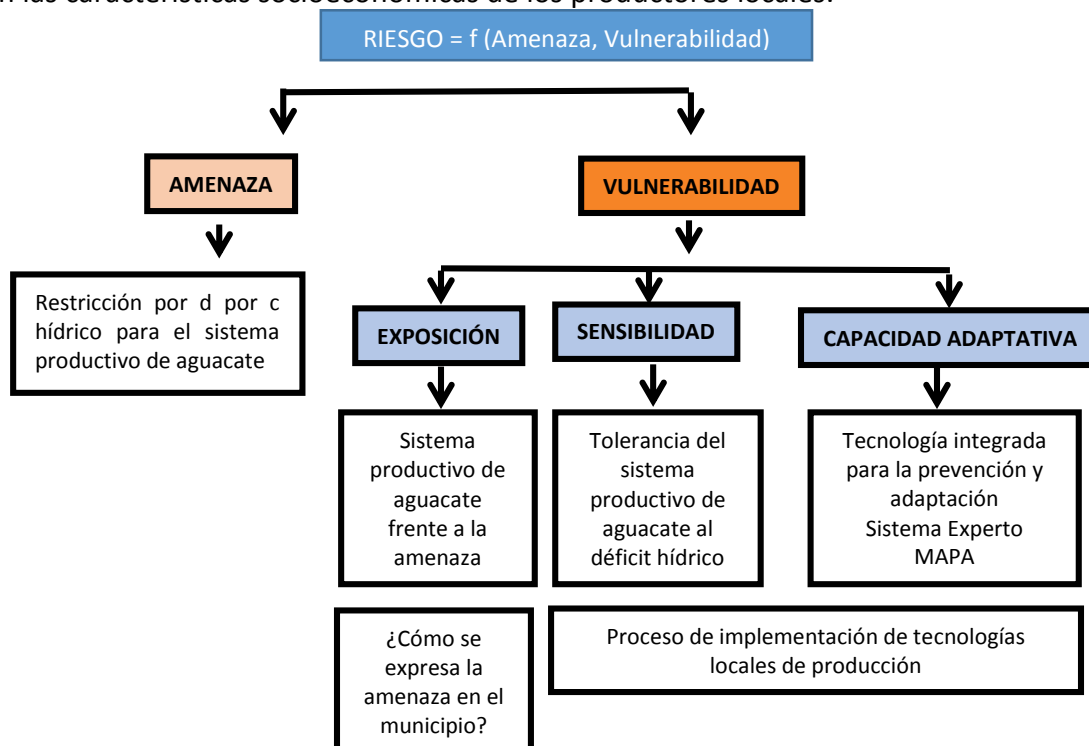


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno (departamento del Tolima) bajo condiciones de déficit hídrico en suelo.



Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático

A escala departamental es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración [ET_0]).

A escala municipal el riesgo se puede analizar mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altitud, 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 temperatura, susceptibilidad a exceso 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 consultar el sistema experto (SE)-MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Fresno

Para analizar las amenazas derivadas de la variabilidad climática, se deben identificar los aspectos biofísicos que contribuyen a que algunas zonas o sectores del municipio sean más susceptibles a amenazas climáticas. La altitud y paisaje, entre otras variables, determinan la susceptibilidad del territorio ante eventos de inundación, sequía extrema, y temperaturas altas y bajas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El departamento del Tolima cuenta con 20 subzonas hidrográficas que se extienden hasta los departamentos de Huila, Cundinamarca, Valle, Quindío, Risaralda y Caldas. Con una cobertura total de 2.411.508 ha Fresno se encuentra entre las subzonas del río Gualí (2301) y el río Guarinó (2302); con una altitud entre 500 y 2500 msnm, lo cual tiene una relación

directa con altas temperaturas medias; y predominan paisajes montañosos y pendientes pronunciadas, que sumado a manejo tecnológico no apropiados y a la pérdida de agua por escorrentía, genera susceptibilidad a deslizamientos durante eventos La Niña y promueve condiciones de déficit hídrico. Sin embargo, el municipio de Fresno presenta una capacidad de uso de suelos que favorece los sistemas agroforestales (figura 2).

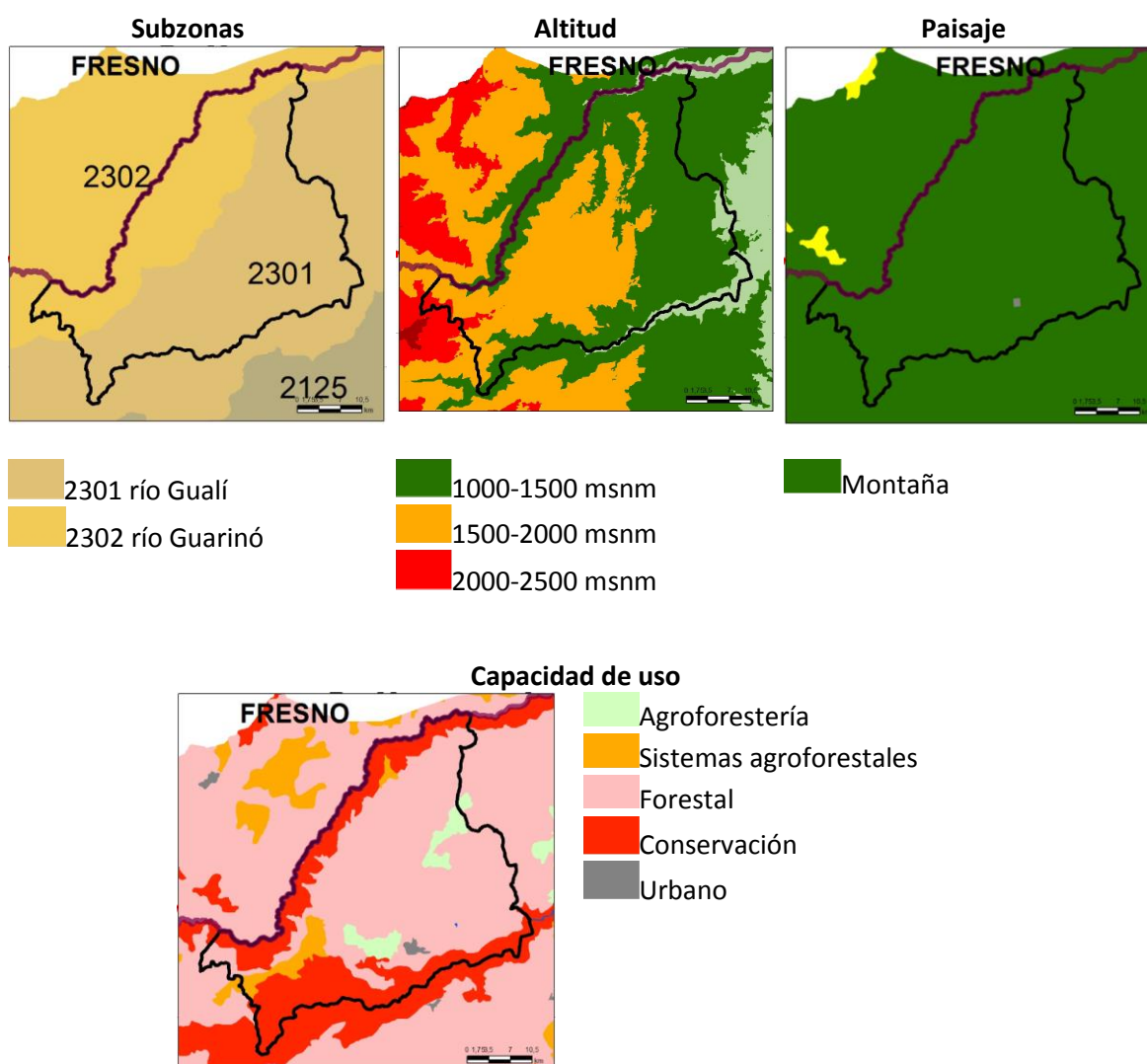


Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Fresno.
Fuente: Corpoica (2015a).



Además de los aspectos biofísicos, también es necesario revisar los análisis disponibles de las series climáticas, que para este estudio se manejó entre los años 1980 y 2011, con lo cual es posible evaluar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y así conocer los rangos en los cuales pueden cambiar las variables climáticas cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Esto permitiría, por ejemplo, reconocer la intensidad y frecuencia de eventos de exceso o reducción de lluvias asociados a El Niño-Southern Oscillation (ENSO) e identificar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. De la información empleada para el análisis climático del municipio de Fresno se destacan la precipitación, el valor del índice oceánico El Niño y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña, y susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas.

Precipitación

En la figura 3 se muestra el comportamiento de la precipitación para el municipio de Fresno; la línea verde representa la precipitación promedio multianual y, las barras rojas y azules representan la precipitación durante eventos de variabilidad climática asociados a ENSO (El Niño-Oscilación del Sur): El Niño (1992) y La Niña (2011), respectivamente (Corpoica, 2015a). Durante el evento El Niño se observa una reducción de las precipitaciones (anomalías negativas) marcadas principalmente en los meses de junio y julio, meses de menores precipitaciones de acuerdo con el promedio multianual; de igual forma se registraron reducciones importantes de la precipitación en los meses de marzo, abril y octubre, en los cuales se espera normalmente la temporada de lluvias. Para el evento La Niña se presentaron incrementos en la precipitación en los meses de febrero a abril, noviembre y diciembre, intensificando la temporada de lluvias.

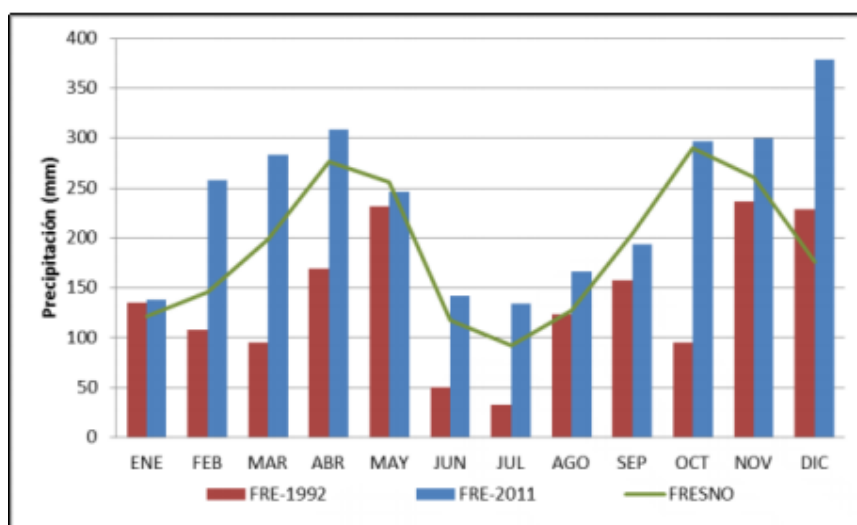


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en el periodo 1980-2011, en el municipio de Fresno.
Fuente: Corpoica (2015a).

Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña

Estas variables permiten determinar la intensidad de un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe analizar:

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

¹ Este índice, que permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona, puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: <http://bit.ly/29LNC2H>

Los valores ONI permiten analizar la evolución de este tipo de fenómenos. Se calcula con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura en °C del océano Pacífico (5°N-5°S, 120-170°O).

Las tablas 1 y 2 muestran cómo se han comportado los fenómenos asociados a El Niño-Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años, y constituyen información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

En el municipio de Fresno, la mayor reducción en la precipitación fue de -42% la cual se presentó de mayo de 1991 a junio de 1992, con un máximo valor ONI de 1,8. Sin embargo, fue entre mayo de 1997 a mayo de 1998 que se presentó el valor ONI más alto en esta serie el cual correspondió a 2,5 y la disminución de la lluvia fue de hasta un 22 % con respecto al promedio multianual. Por otra parte, la mayor duración de este fenómeno correspondió a 19 meses y se presentó entre agosto 1986 a febrero de 1988 en donde el valor ONI fue de 1,6 y la anomalía de -25 % (tabla 1).

Tabla 1. Duración, valor del Índice Oceánico del Niño (ONI) y anomalías de precipitación en el municipio de Fresno 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	-7 %	-25 %	-42 %	-10 %	-22 %	-21 %	4 %	11 %	-22 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Por otra parte, durante el evento La Niña de septiembre de 2007 a mayo de 2008 la mayor anomalía de la precipitación fue de 38 % con un valor máximo ONI de -1,4. No obstante, el evento con mayor duración se presentó entre julio de 1998 a junio de 2000 y fue de 24 meses, con una anomalía de 14 % y un valor máximo ONI de -1,6 (tabla 2).

Tabla 2. Duración, valor del Índice Oceánico del Niño (ONI) y anomalías de precipitación en el municipio de Fresno 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	-17 %	29 %	4 %	14 %	-6 %	38 %	23 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Se debe tener en cuenta que la variabilidad climática asociada a los eventos El Niño y La Niña no es la única causa de alteración del patrón estacional de la lluvia. En consecuencia es importante considerar otros factores, como por ejemplo, la circulación valle-montaña y ascensos orográficos, dado que Fresno se ubica entre la cordillera central y oriental y esto condiciona el régimen de precipitación a factores muy locales.

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

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



Exposición del sistema productivo de aguacate a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Fresno

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por suelo y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición del sistema productivo varía en función del tiempo y de su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición se debe identificar:

- a. **Las limitaciones de los suelos:** El mapa de aptitud de suelo en el que se muestran las propiedades físicas o químicas del suelo limitantes para el cultivo de aguacate. Algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad, por ejemplo mediante la fertilización o aplicación de enmiendas, mientras que otras no pueden modificarse, tales como altitud, pendientes excesivamente inclinadas y texturas. La escala de análisis espacial es 1:100.000.

Para tener en cuenta: El municipio de Fresno cuenta con suelos potencialmente óptimos para el cultivo del aguacate con 14.787 ha equivalente al 67,7 % del área total del municipio. Por otra parte, el 32,2 % corresponde a áreas moderadas y marginales por pendiente y acidez; y el 0,1 % está ocupado por la zona urbana del municipio (figura 4) (Corpoica, 2015b).

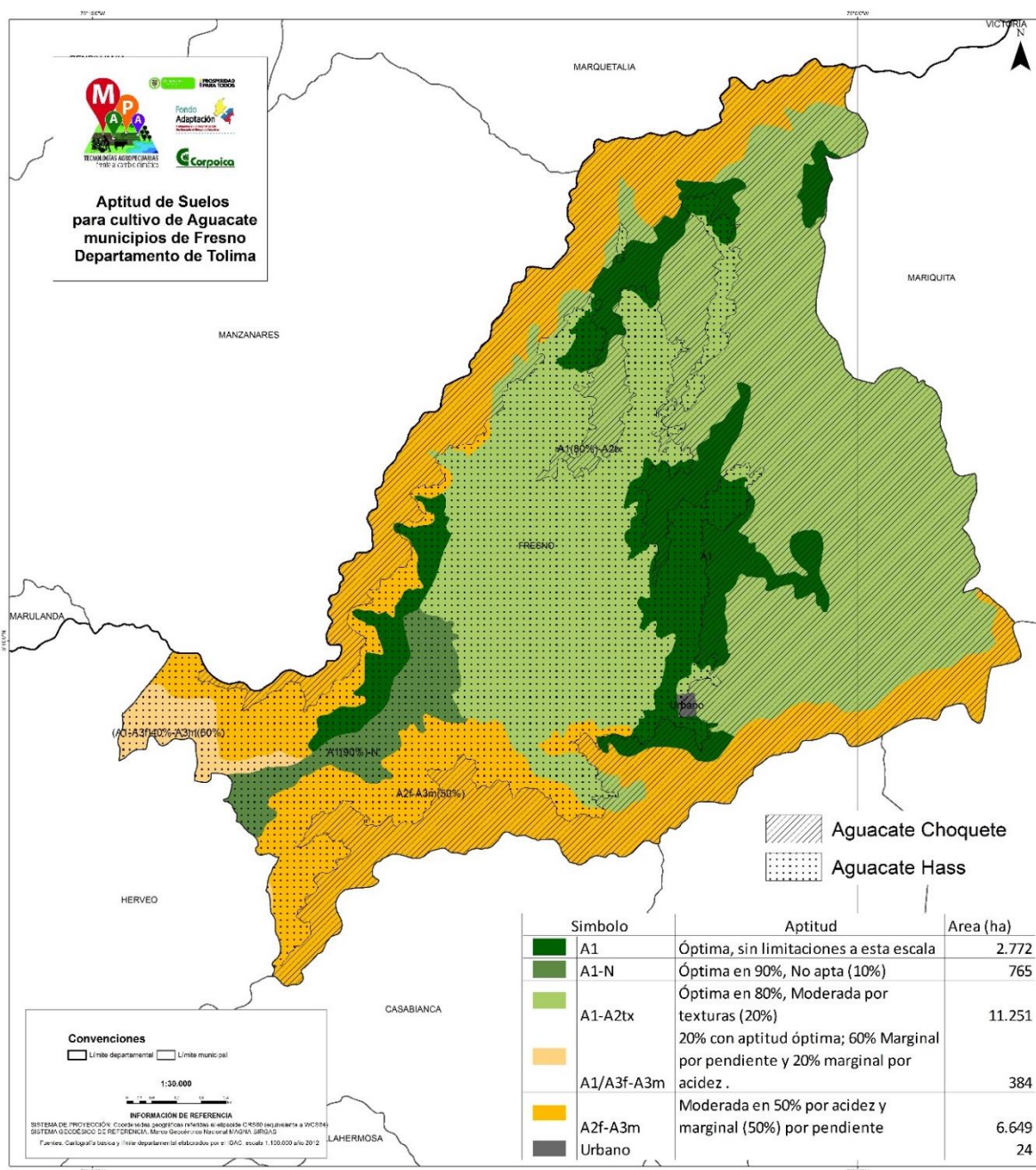


Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo de aguacate en el municipio de Fresno.
Fuente: Corpoica (2015b).

b. **La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico** se calcula a través del índice de severidad de sequía de Palmer (Palmer, 1965), esta se puede observar en la figura 5 y el análisis se hace a través de ventanas temporales, que para el caso del aguacate corresponde a diciembre-agosto, meses que coinciden con la época de producción (tabla 3). Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa de desarrollo acorde al calendario fenológico local e indica las áreas con menor o mayor probabilidad a déficit hídrico en el suelo para el cultivo.

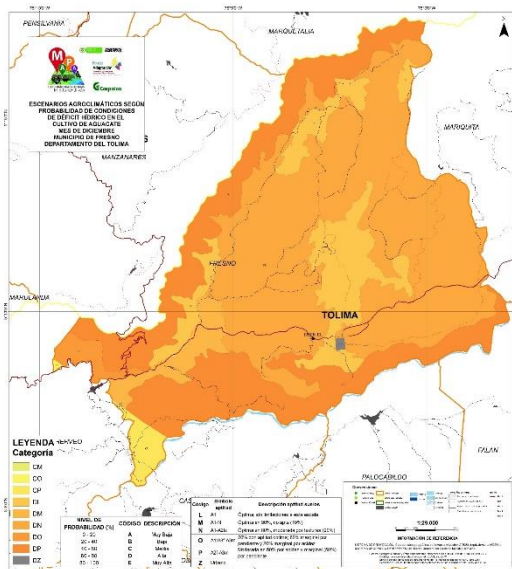
Tabla 3. Calendario fenológico del cultivo de aguacate en el municipio de Fresno

Etapa fenológica	Dic.				Ene.				Feb.				Mar.				Abr.				May.				Jun.				Jul.				Ago.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Desarrollo yema																																				
Desarrollo órgano floral																																				
Floración																																				
Desarrollo fruto																																				

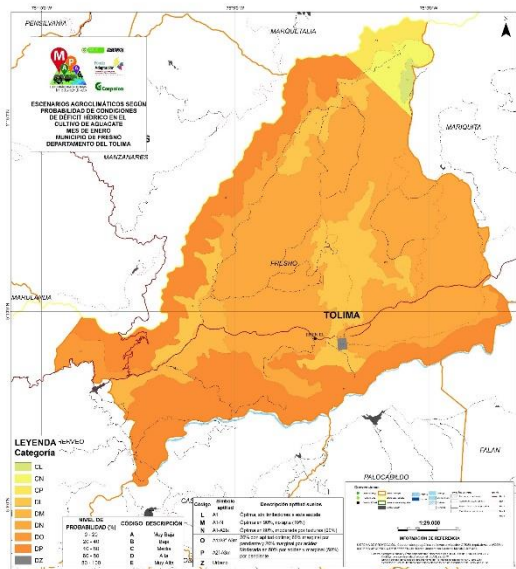
En la mayor parte del municipio se observa predominio de probabilidad alta de déficit hídrico en el suelo en los meses de diciembre y enero (60-80%, tonos naranjas); es decir que en las etapas de formación de yemas y desarrollo del órgano floral, se puede presentar estrés hídrico lo cual afectaría el desarrollo de estructuras reproductivas (Corpoica, 2015b). En los demás meses predomina la probabilidad media (40-60 %, tonos amarillos), que al coincidir con las etapas de floración y desarrollo del fruto, principalmente, puede afectar el llenado del fruto y también generar dificultades fitosanitarias.

A partir de los registros climáticos de los últimos 32 años (1980 - 2011) se realizó el cálculo del balance hídrico con el índice de Severidad de Sequía de Palmer, para obtener mes a mes la probabilidad de ocurrencia del déficit hídrico. Con base en estos resultados se realizaron los mapas de escenarios agroclimáticos los cuales indican las áreas con menor y mayor probabilidad a deficiencias de agua en el suelo para el sistema productivo en las ventanas de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una o varias etapas fenológicas de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como marco de referencia (Corpoica, 2015b)

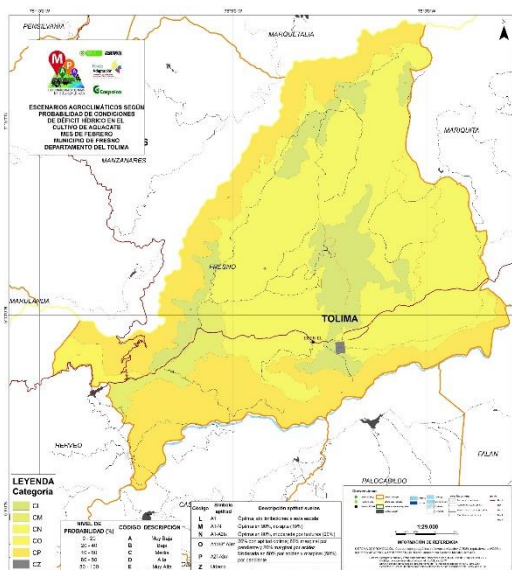
Diciembre



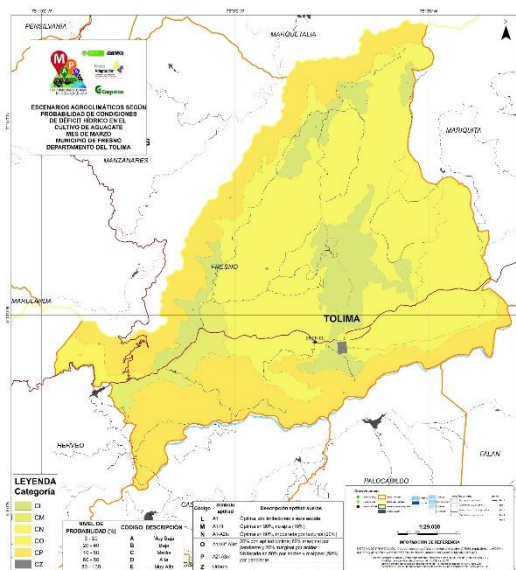
Enero



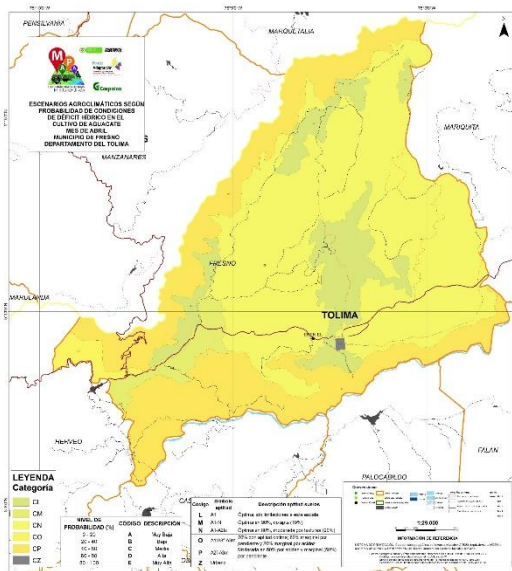
Febrero



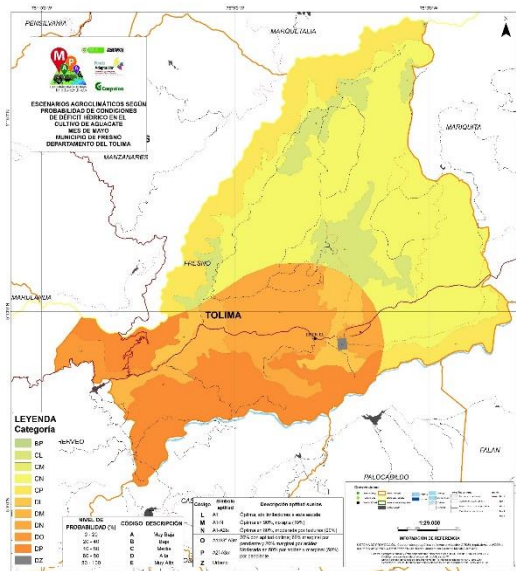
Marzo



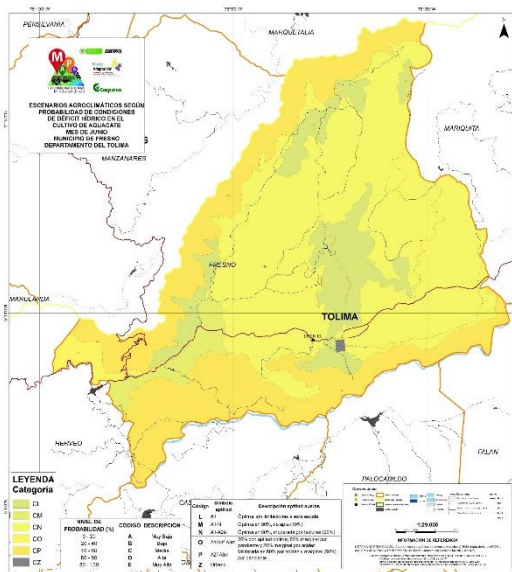
Abril



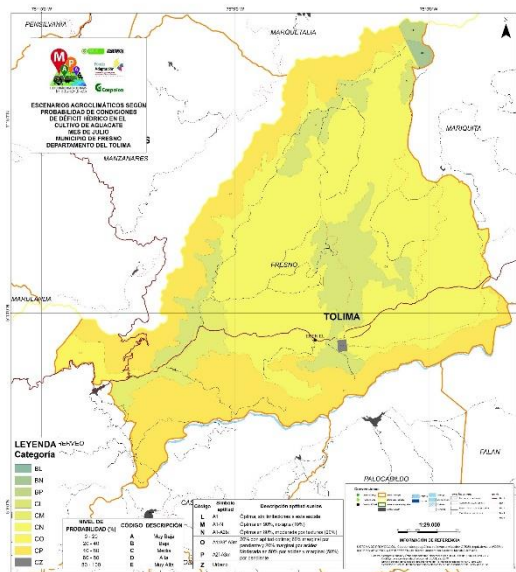
Mayo



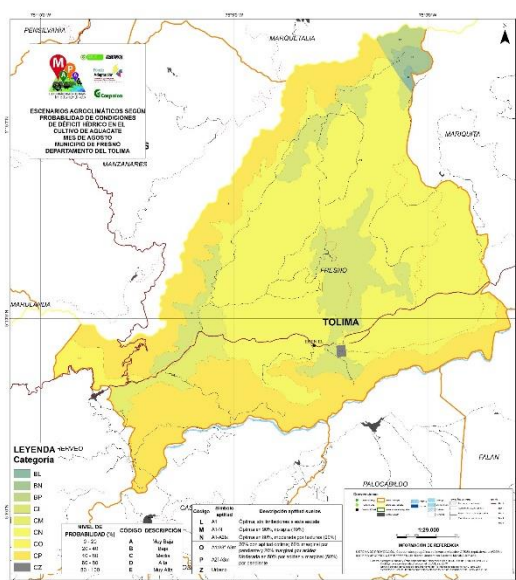
Junio



Julio



Agosto



CM	BL
CO	BN
CP	BP
DL	CL
DM	CM
DN	CN
DO	CO
DP	CP
DZ	CZ

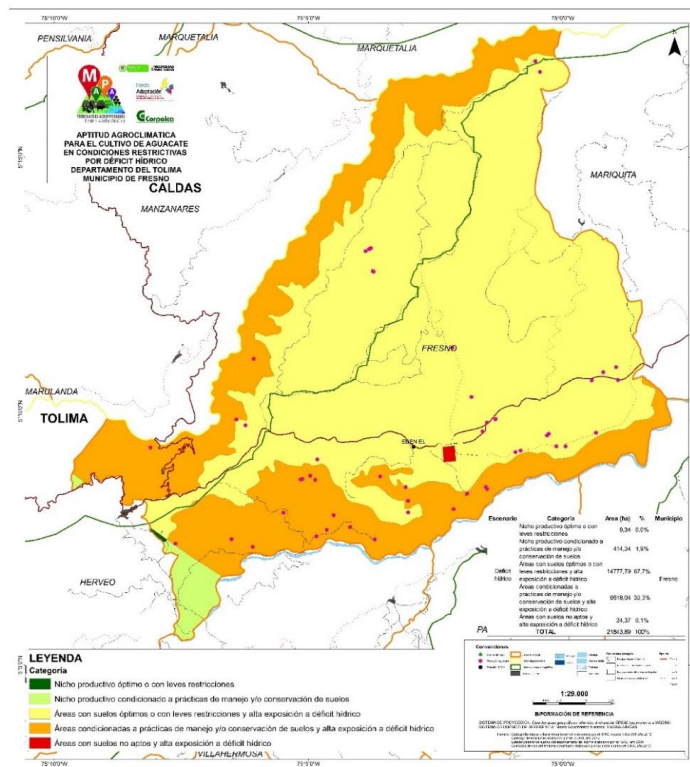
Probabilidad de déficit hídrico en suelo	Código	Descripción
0-20	A	Muy baja
20-40	B	Baja
40-60	C	Media
60-80	D	Alta
80-100	E	Muy alta

Código	Símbolo de la aptitud	Descripción de la aptitud de los suelos
L	A1	Óptima, sin restricciones a esta escala.
M	A1-N	Óptima en un 90 %.
N	A1-A2-tx	Óptima en 80 % y 20 % moderada por textura.
O	A1/A3f-A3m	Óptima en 20 %, 60 % marginal por pendiente y 20 % marginal por acidez.
P	A2f-A3m	Moderada por acidez en 50 % y marginal por pendiente en 50 %.
Z		Urbano

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de aguacate bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico, en la ventana de análisis diciembre-agosto en el municipio de Fresno. Fuente: Corpoica (2015b).

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

El mapa de aptitud agroclimática del municipio de Fresno para el cultivo de aguacate (figura 6) integra la exposición periódica a condiciones de déficit hídrico para el sistema productivo y la aptitud de los suelos.



- Nicho productivo óptimo o con leves restricciones.**
- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos.**
- Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico.**
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo o conservación de suelos, y alta exposición a déficit hídrico.**
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico.**

Figura 6. Aptitud agroclimática para el cultivo de aguacate bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico en el municipio de Fresno.

Fuente: Corpoica (2015b).

Las aptitudes agroclimáticas identificadas para el municipio de Fresno, fueron:

- Nicho productivo óptimo o con leves restricciones.** Corresponde a menos del 1 % del municipio (9,3 ha). Son suelos sin limitaciones pero con probabilidades de déficit hídrico que varían desde bajas (20-40 %) hasta altas (60-80 %).

- **Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo o conservación de suelos.** Corresponde al 1,9 % del municipio (414,3 ha). Son suelos limitados por acidez o pendiente, y con probabilidad de déficit hídrico de hasta 80 %.
- **Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones, y alta exposición a déficit hídrico.** Ocupa el 67,7 % del municipio (14.777,8 ha) y en esta área se presenta alta probabilidad (60-80 %) de déficit hídrico en el suelo. Pese a que hay suelos que podrían ser empleados para el establecimiento del cultivo, la excesiva pérdida de humedad del suelo restringe su uso debido a los efectos negativos sobre la sanidad vegetal, fisiología y productividad del cultivo.
- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo o conservación de suelos, y alta exposición a déficit hídrico,** corresponde aproximadamente a 6618,0 ha (30,3%) en las cuales hay suelos con restricciones por texturas o por acidez, y media a alta probabilidad de deficiencias hídricas (40-80 %).
- **Áreas con suelos no aptos.** Corresponde al 0,1 % (24,4 ha %) del área total del municipio, en la cual se ubica el área urbana del municipio.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno, consulte el SE-MAPA.

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

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



Información agrometeorológica: Esta 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 proporcionarse a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente.

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

El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperaturas máxima, mínima y media; precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden analizarse durante el ciclo del sistema productivo, principalmente en etapas fenológicas críticas, y relacionarse con las exigencias climáticas del sistema productivo, las necesidades hídricas, el manejo fitosanitario y los rendimientos².

² En la *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo. Consúltela en <http://bit.ly/29P68Zg>

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

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas validadas con potencial para reducir los efectos de las condiciones restrictivas de humedad en el suelo sobre el sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno (Tolima). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas en una parcela de integración entre los meses de octubre de 2015 y junio de 2016, donde se realizó la evaluación en un huerto con mezcla de árboles de aguacate de las variedades de Lorena, choquette y común.

Los balances hídricos, permiten analizar la disponibilidad de agua para el cultivo de aguacate, por lo que fueron utilizados como herramientas para integrar y analizar las variables climáticas registradas durante el desarrollo de la parcela de integración. Se encontró que en el periodo de análisis se presentó déficit hídrico atmosférico, es decir que la evapotranspiración de referencia (E_t_o) fue mayor a la precipitación (figura 7).

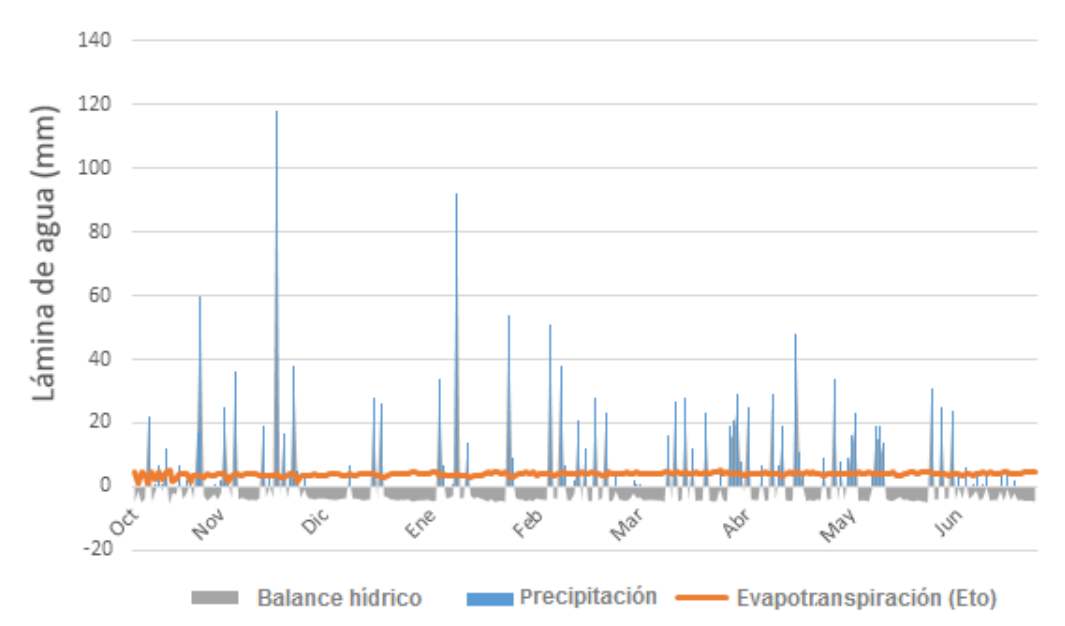


Figura 7. Balance hídrico atmosférico diario durante el periodo octubre 2015-junio de 2016, en la parcela de integración del sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno.

En la figura 8 se presentan los resultados del balance hídrico agrícola del sistema productivo de aguacate, que describe la dinámica del agua en el suelo durante el periodo de evaluación de la parcela de integración. Se observa que la lámina de agotamiento en la zona de raíces (Dr: agua que se extrae del suelo) es mayor que el agua fácilmente aprovechable (AFA: agua disponible para las plantas) durante la mayor parte del periodo evaluado. En consecuencia después de superar el AFA el agua está fuertemente retenida en el suelo, lo que ocasiona una baja absorción de agua por parte de los árboles y en consecuencia un alto estrés hídrico durante la producción de aguacate.

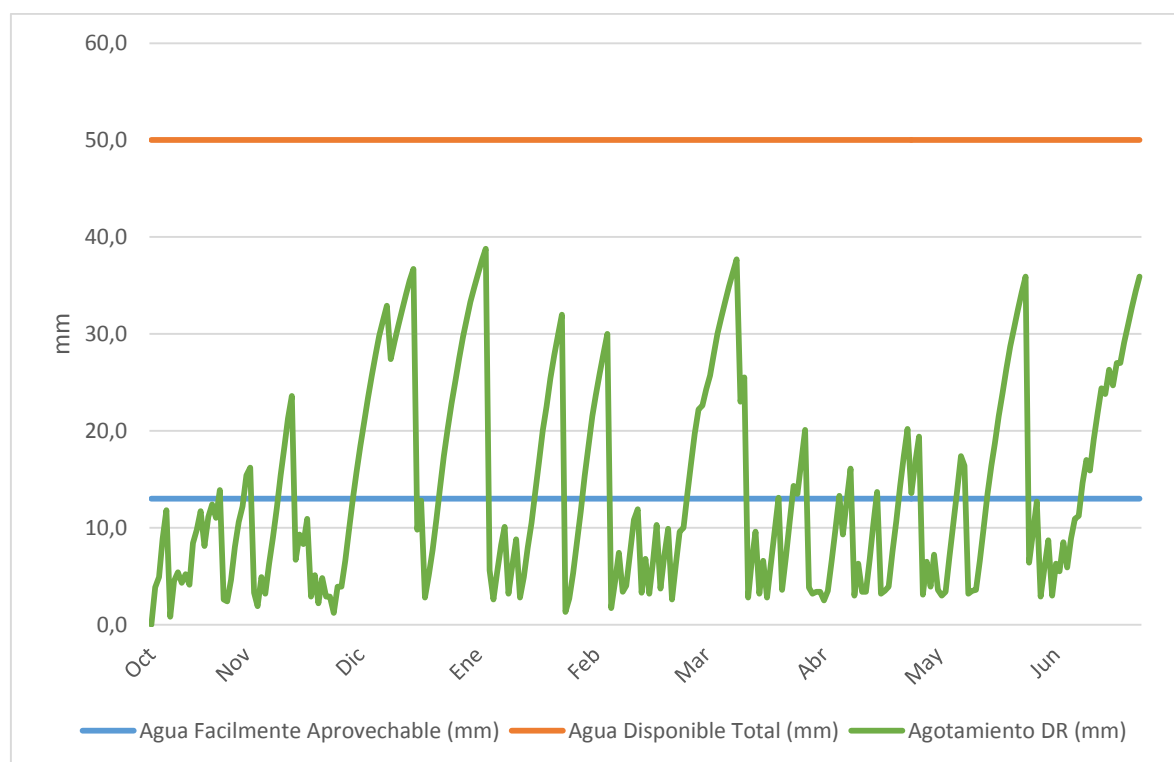


Figura 8. Balance hídrico agrícola del sistema productivo de aguacate, entre los meses de octubre de 2015 y junio de 2016 en el municipio de Fresno.

Dado que la condición de déficit hídrico fue recurrente en esta zona y es un factor restrictivo para el sistema productivo de aguacate, a continuación se presentan las recomendaciones para implementar dos opciones tecnológicas integradas, con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de aguacate en Fresno.

Prácticas de manejo y conservación de cobertura del suelo

Las coberturas vegetales ayudan a regular la temperatura y humedad del suelo, generando ambientes que promueven el incremento de la diversidad de micro y meso fauna, al ser una importante fuente de materia orgánica (Brunel-Seguel, 2011). Adicionalmente, ayuda a disminuir la erosión y degradación del suelo que se da como consecuencia del impacto directo de las gotas de lluvia sobre el mismo.

La recomendación para incluir coberturas vegetales en el cultivo de aguacate es permitir el crecimiento de las especies vegetales acompañantes al cultivo, a un máximo de 15 cm, realizando un control mecánico de las mismas a esta altura, procurando no dejar el suelo descubierto (figura 9). Adicionalmente dejar los residuos de la poda en el lote. En el manejo tradicional (MT) se realiza el corte a ras de suelo y los residuos de poda son retirados.



Figura 9. Cobertura de 15 cm de altura (izquierda) y cobertura bajo MT (derecha).

Manejo integrado de la fertilización

La fertilización balanceada, específica y oportuna permite suplir los requerimientos nutricionales en épocas críticas tanto de elementos mayores y secundarios, como de micronutrientes esenciales, aminoácidos o sustancias bioestimulantes y hormonales. Permite acortar o retardar ciclos en la planta e inducir etapas fenológicas específicas, contrarrestar condiciones de estrés abiótico en la planta y contribuye a la sanidad vegetal y a la calidad de la cosecha.

La recomendación de fertilización para el sistema productivo de aguacate establecido en la parcela de integración se realizó con base en el análisis de suelo, pero además se tuvieron en cuenta, los requerimientos del sistema productivo y el estado fenológico del mismo. Para obtener la muestra de suelo se realizó una mezcla de submuestras obtenidas aleatoriamente en el lote, la cual se envió al laboratorio para su respectivo análisis.



Figura 10. Aplicación de fertilizantes en árboles de aguacate. Parcela de integración, Fresno.

De acuerdo con el requerimiento reportado y el resultado del análisis de suelo realizado (Tabla 4), se generó un plan de fertilización específico para las condiciones de suelo de la parcela de integración; el cual se presenta en la tabla 5.

Tabla 4. Características físico químicas del suelo de la parcela de integración de aguacate en Fresno

DETERMINACIÓN ANALÍTICA	MÉTODO	UNIDAD	VALOR
Textura al tacto	Organoléptico		Limoso
pH	Potenciómetro		5,65
Conductividad eléctrica	Conductividad	Ds/m	0,26
Materia orgánica (MO)	Walker & Black	%	14,87
Fósforo disponible (P) Bray II	Bray II	mg/kg	8,64
Azufre disponible (S)	Fosfato monobásico de calcio	mg/kg	12,04
Acidez intercambiable (Al + H)	KCL	Cmol ₍₊₎ /kg	0
Aluminio intercambiable (Al)	KCL	Cmol ₍₊₎ /kg	0
Calcio intercambiable (Ca)	Acetato de amonio	Cmol ₍₊₎ /kg	2,28
Magnesio intercambiable (Mg)	Acetato de amonio	Cmol ₍₊₎ /kg	1,17
Potasio intercambiable (K)	Acetato de amonio	Cmol ₍₊₎ /kg	0,26
Sodio intercambiable (Na)	Acetato de amonio	Cmol ₍₊₎ /kg	0,03
Capacidad de intercambio catiónico (CICE)	Suma de cationes	Cmol ₍₊₎ /kg	3,74
Hierro disponible (Fe) Olsen	Olsen modificado	mg/kg	68,80
Manganeso disponible (Mn) Olsen	Olsen modificado	mg/kg	3,20
Zinc disponible (Zn) Olsen	Olsen modificado	mg/kg	1,90
Cobre disponible (Cu) Olsen	Olsen Modificado	mg/kg	9,50
Boro disponible (B)	Fosfato monobásico de Ca	mg/kg	0,09

Tabla 5. Plan de fertilización según análisis de suelos para la parcela de integración de aguacate en Fresno

Fuente	Dosis (g/árbol)	Frecuencia
10-30-10	320	Cada seis meses, a la gotera del árbol, más 50 % de abono orgánico.
Sulfato de calcio	480	
Borato de sodio decahidratado	32	
Sulfato de zinc	96	
14-4-23	800	Cada tres meses, en corona, a la gotera del árbol.
Sulfato de magnesio	190	
Lombricompost	15000	Manual en la gotera del árbol
Micorrizas	500	Manual en la gotera del árbol

Ventajas comparativas de estas tecnologías en condiciones de déficit hídrico

A continuación se describen las ventajas comparativas que presentaron las opciones tecnológicas (OT) implementadas en el sistema productivo de aguacate bajo una condición de déficit hídrico. Estas OT son prácticas sencillas que junto a un manejo agronómico integrado del cultivo resultan ser una herramienta útil para enfrentar los efectos negativos del déficit hídrico, reducir las pérdidas de frutos de aguacate, disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo y generar capacidad adaptativa en el corto, mediano o largo plazo.

El manejo de la cobertura vegetal del suelo mejoró notablemente las condiciones en la parcela (Figura 11). Al respecto se evaluó el índice de Shannon (Pla, 2006) y los resultados mostraron que el manejo de la cobertura a 15 cm de altura permite mantener viable las plantas existentes y la proliferación de nuevas especies, incrementando así la diversidad.



Figura 11. Manejo de la cobertura vegetal en la parcela con los tratamientos OT y MT.
Fuente: Corpoica (2016).

De acuerdo con el índice de Shannon, en el lote en el cual se implementó la cobertura vegetal se encontró un 8 % más de diversidad de especies comparada con el manejo tradicional, y 1,86 veces más la cantidad de especies contadas. Se ha reportado que el aumento de la densidad de las arvenses reduce el espacio existente entre ellas incrementando la competencia entre las mismas, por lo cual el efecto competitivo de cada

arvense decrece con cada aumento de la densidad de la población (Arcila, Farfán, Moreno, Salazar, & Hincapié, 2007).

Con la implementación de la cobertura vegetal se aumentó la acumulación de *mulch*, material orgánico en descomposición y la biomasa en el suelo. De igual forma el contenido de humedad gravimétrica fue mayor en los primeros 5 centímetros de profundidad en la parcela con esta opción tecnológica, en comparación con el lote con manejo tradicional; se ha observado que con el uso de coberturas vivas se conserva la humedad del suelo durante épocas de déficit hídrico, existiendo una reducción de 1/3 a 1/4 de la pérdida de humedad por evaporación, una mayor tasa de infiltración y una mayor aireación del suelo (Tukey y Schoff, 1963).

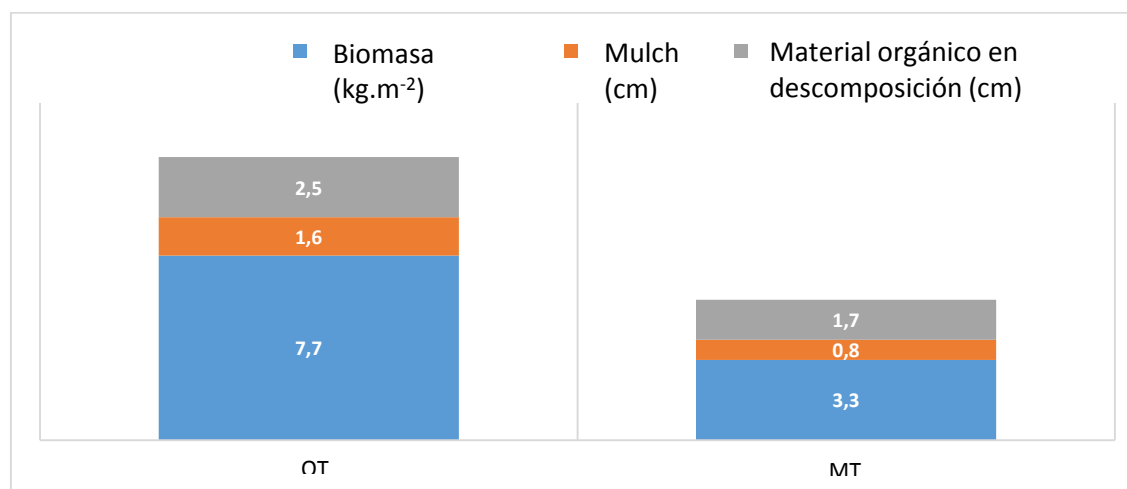


Figura 12. Acumulación mulch, material vegetal y contenido de materia orgánica del suelo en la parcela de integración en Fresno.

Fuente: Corpoica (2016).

Otras ventajas del manejo y conservación de cobertura del suelo

- Evita la pérdida de humedad en el suelo por efectos del viento y reduce el poder erosivo por las gotas de lluvia.
- Mejora la infiltración y reduce la velocidad del agua de escorrentía.

- “Las coberturas en aguacate establecen condiciones especiales en el suelo, que favorecen el desarrollo de los árboles y la producción del cultivo. Algunos trabajos indican que el tamaño del árbol y la producción son mayores con coberturas que con la aplicación de herbicidas” (Bernal et al., 2013).
- La cobertura del suelo reduce las pérdidas de agua por evaporación mediante al funcionar como una capa aislante. Así se disminuye la temperatura de la superficie del suelo y elimina los efectos del viento.
- La acumulación de materia orgánica permite mantener la humedad, aumentar el crecimiento de las raíces, reducir la evapotranspiración, mejorar y estabilizar la estructura del suelo, y la liberación de nutrientes. (Gomero & Velásquez, 1999).
- La cobertura del suelo tiene una acción protectora por la interceptación y absorción del impacto directo de la gota de lluvia, previniendo así el sellado de la superficie y preservando la estructura del suelo inmediatamente por debajo de la misma; en consecuencia con el aumento de la cobertura del suelo se reduce tanto la desagregación como el movimiento del suelo por la salpicadura de la lluvia (FAO, 2000).

Con el manejo integrado de la fertilización hubo aumentó la longitud, el diámetro de los frutos y el peso de frutos en 3,4% y 7,1% para las variedades Lorena y Choquette, respectivamente. La producción obtenida en la parcela de integración fue de 3330,26 y 2693,48 kg para OT y MT, respectivamente, obteniendo un aumento del 26,6 % con la implementación de las opciones tecnológicas (Figura 13).



Figura 13. Árbol en producción (izquierda) y frutos cosechados de primera calidad (derecha) del tratamiento OT en la parcela de integración de aguacate en Fresno.



Otras ventajas del manejo integrado de la fertilización

- Los nutrientes cumplen funciones esenciales que determinan el desempeño vegetal y controlan en muy buena parte el potencial de la producción.
- La materia orgánica incrementa la eficiencia en el reciclaje de nutrientes y ayuda a la sustentabilidad de condiciones físicas favorables en los suelos.
- La incorporación de hojarasca y ramas secas al pie de los árboles mejora las propiedades físicas del suelo, su capacidad de retención de humedad.
- De acuerdo con Kolmans y Vásquez (1996) la integración entre fuentes fertilizantes químicas y orgánicas fomenta las asociaciones entre los habitantes naturales del suelo y las raíces de las plantas.
- “Disminuye la susceptibilidad a plagas y enfermedades, al activar el metabolismo mediante sustancias orgánicas, la absorción de sustancias de defensa y antibióticos del humus, llevando al mejoramiento del rendimiento y sanidad vegetal” (Kolmans & Vásquez, 1996).
- Los materiales orgánicos así como las fuentes inorgánicas de fertilización son recursos valiosos para mejorar las condiciones físico-químicas del suelo y restaurar su productividad aumentando la disponibilidad de nutrientes en este (Tamayo & Muñoz, 1997).
- Los materiales orgánicos empleados como complemento a la nutrición mejoran la estructura del suelo, la retención de humedad del suelo, actúan como fertilizantes de liberación lenta, incrementan la capacidad del suelos para almacenar nutrientes y son fuente moderada de nitrógeno, fósforo y potasio, y de algunos micro nutrientes (Salazar-García, 2002).

Prácticas para disminuir la vulnerabilidad a condiciones restrictivas de humedad en el suelo del sistema productivo de aguacate en Fresno

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate se pueden implementar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente.



Cosecha de agua

Consiste en la recolección de agua lluvia y su desviación a estanques naturales, artificiales o depósitos para captar, almacenar, conservar y manejar el agua de escorrentía superficial y atender la demanda de los sistemas productivos en los periodos de baja o nula precipitación (FAO, 2000b).

El déficit hídrico en el suelo genera la pérdida de flores y frutos en el cultivo de aguacate, en especial durante el cuajado del fruto y su madurez fisiológica. Por lo tanto, es importante determinar los requerimientos hídricos del sistema productivo en el periodo de máxima demanda para la estimación de la cantidad de agua a captar (ICA, 2012).

La recolección de agua lluvia además:

- Permite la producción de los sistemas en zonas de déficit hídrico en el suelo mejorando la economía de los productores.
- Contribuye al uso eficiente del agua con el fin de mejorar la resiliencia del sistema productivo ante los efectos del cambio climático.
- Proporciona agua con bajos contenidos de sales.
- Disminuye la erosión al reducir el flujo de agua sobre el suelo (escorrentía superficial).

Sistema de riego

Para la instalación de un sistema de riego es importante conocer las propiedades físicas del suelo (capacidad de retención de humedad, densidad aparente, textura y velocidad de infiltración), la densidad y el tipo de siembra, la profundidad efectiva del cultivo, el área a regar, la calidad del agua para riego y las condiciones del clima (precipitación, temperatura, evapotranspiración). Adicionalmente, es necesario contar con un diseño previo basado en el levantamiento topográfico del lote y disponibilidad de fuentes de agua, de la tubería principal y secundaria de riego, y los laterales de riego con los emisores.

- Un sistema de riego debe ser producto del diseño agronómico e hidráulico ajustado a las condiciones específicas del cultivo. De acuerdo con estas consideraciones se determina el sistema de riego (por surcos, microaspersión o goteo) y su eficiencia (del 70 %, 80 % y 95 %) respectivamente.



- Se debe considerar que frente a condiciones climáticas restrictivas, como disminución de las precipitaciones y déficit hídrico en suelo, se sugiere utilizar un sistema de riego de alta eficiencia. El riego por goteo es un método de irrigación utilizado en las zonas secas pues reduce al mínimo la utilización de agua.

Manejo integrado de plagas (*Thrips* sp)

En épocas de déficit hídrico el crecimiento, desarrollo y supervivencia de los *thrips* es favorecido por las altas temperaturas, en consecuencia aumenta su incidencia en hojas y frutos, inhibe la fecundación de flores produciendo su caída y disminuye el rendimiento de los árboles (Barragán et al., 2010).

El manejo integrado de trips en el sistema productivo de aguacate se basa en el diagnóstico, pronóstico, prevención y combinación de métodos de control con técnicas que contribuyan a fomentar una agricultura sostenible y amigable con el medio ambiente (Bernal & Díaz, 2005). Un adecuado manejo de los trips contribuye con:

- Disminución de la densidad de poblaciones nocivas.
- Protección del follaje y frutos, en especial de la superficie de la cascara.
- Evita la atrofia y el aborto de los frutos aumentando la producción y rendimientos del sistema productivo.
- Disminución del impacto ambiental y sostenibilidad del sistema productivo.
- Racionalización de insumos químicos de acuerdo a dosis correcta y aplicaciones a tiempo.
- Integración de varios métodos de control.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de aguacate en Fresno, consulte el SE-MAPA



Como se expuso en las secciones 1 y 2 la amenaza y la vulnerabilidad son los determinantes del riesgo agroclimático. La primera se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas, y la segunda a la interacción del grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última 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 ofrecen algunos criterios técnicos y 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 Aguacate en el Municipio de Fresno

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, Leyva, & Varela, 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 o grupo de productores se formulan recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico, con el fin de identificar la viabilidad financiera de las tecnologías propuestas y la forma de implementarlas según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.). Estas recomendaciones apoyan la toma de decisiones de los asistentes técnicos, las cuales deben ser ajustadas a las particularidades de cada zona.

Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar el déficit hídrico en el sistema productivo de aguacate

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de las 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. Mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes a las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo; la información de las encuestas también se emplea para efectuar el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos.



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 determina para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, lo que permite generar diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y, esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. De esta manera los dominios 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 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 aguacate en el municipio Fresno

En la tabla 6 se pueden observar los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presenta para cada dominio el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante un evento climático limitante.

La exposición del sistema productivo al déficit hídrico en general es alta para todos los productores y, es media para los dominios 2 y 4. Por otra parte, los dominios presentan un nivel medio respecto al grado de sensibilidad del sistema productivo al déficit hídrico y la capacidad adaptativa de los productores a esta situación, lo que indica que este sistema productivo tiene características homogéneas.

Finalmente, la última columna de la tabla 6 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del manejo de coberturas y el manejo integrado de la fertilización para un periodo de cinco años. Esta viabilidad se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio, por lo que se establecen 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 condiciones de déficit hídrico en el sistema productivo de aguacate en el municipio de Fresno.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de la opción tecnológica
1. Productores con acceso a crédito, con cultivos asociados y con un alto grado de exposición a déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable
2. Productores con acceso a crédito, con cultivos asociados y con un grado mediano de exposición a déficit hídrico.	Media	Media	Media	Viable
3. Productores con lotes ondulados, cultivos asociados y un alto grado de exposición a déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable
4. Productores con lotes ondulados, cultivos asociados y un grado medio de exposición a déficit hídrico.	Media	Media	Media	Viable
5. Productores con lotes ondulados, presencia de monocultivo de aguacate y un alto grado de exposición a déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Para este dominio la sensibilidad del sistema productivo es media debido a que los productores llevan a cabo muy pocas podas y fertilizaciones, y no realizan análisis de suelos. Sin embargo, tienen acceso a riego y, baja área sembrada en aguacate y alta agrobiodiversidad debido a que sus cultivos de aguacate están asociados con frutales. Asimismo la capacidad de adaptación de estos productores es media porque no cuentan con asistencia técnica ni fuentes de ingreso adicionales a las del cultivo, pero sí acceden a crédito y son propietarios de los predios (Figura 14).

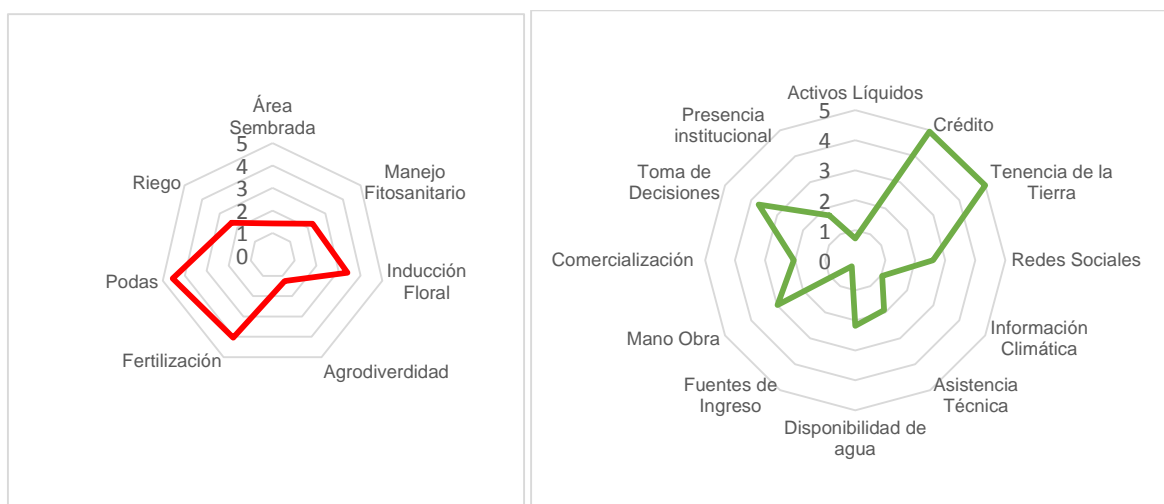


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

El dominio de recomendación 1 está conformado por los productores que tienen entre 2 y 6 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico estimado para cinco años, al integrar al sistema productivo el manejo de coberturas y un manejo integrado de la fertilización, resulta viable financieramente y permite aumentar la resistencia del sistema ante la condición de déficit hídrico. El sistema productivo es altamente sensible a la oscilación de precios, lo cual es consecuencia de la estacionalidad del cultivo y a su condición agroclimática; de otra parte al aumentar la producción tanto en términos de cantidad como de calidad, puede aumentar la rentabilidad del sistema ante la variabilidad climática.



En consecuencia, la implementación de las tecnologías propuestas es prioritaria para los productores de este dominio debido a su alto grado de exposición a una condición de déficit hídrico.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6) para un productor representativo de este dominio (con 6 ha), la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al control del cultivo ya establecido. Se recomienda implementar el manejo integrado de la fertilización de manera progresiva en el tiempo, de acuerdo a como el capital lo permita, hasta que en la totalidad del área se implemente la opción tecnológica. Se recomienda iniciar con la implementación en 1,8 ha y se espera que con el ingreso adicional generado, en el segundo año se logre implementar en el resto del cultivo.

El manejo de coberturas recomendado para este sistema productivo es de bajo costo debido a que se enfoca en el manejo de la altura de las arvenses que se encuentran en el lote y a que se reduce la mano de obra requerida para el mantenimiento de este. A pesar de los altos costos de los agroinsumos la implementación de la fertilización será rápida y además permite que los productores tengan jornales libres que se pueden vender o utilizar para esta actividad. Sin embargo, es recomendable que los productores de este dominio accedan a un crédito por el 60 % del costo de la implementación para lograr una rápida adopción.

Dominio 2

Para este dominio la sensibilidad del sistema productivo es medio dado que los productores llevan a cabo muy pocas podas y fertilizaciones, pero tienen baja área sembrada en aguacate y buena agrobiodiversidad debido a que sus cultivos se encuentran asociados con frutales. Sumado a lo anterior son productores sin asistencia técnica, no poseen activos líquidos y tienen grandes dificultades para la comercialización de aguacate; no obstante acceden a crédito, son propietarios de sus predios y tienen cierta disponibilidad de agua (Figura 15).

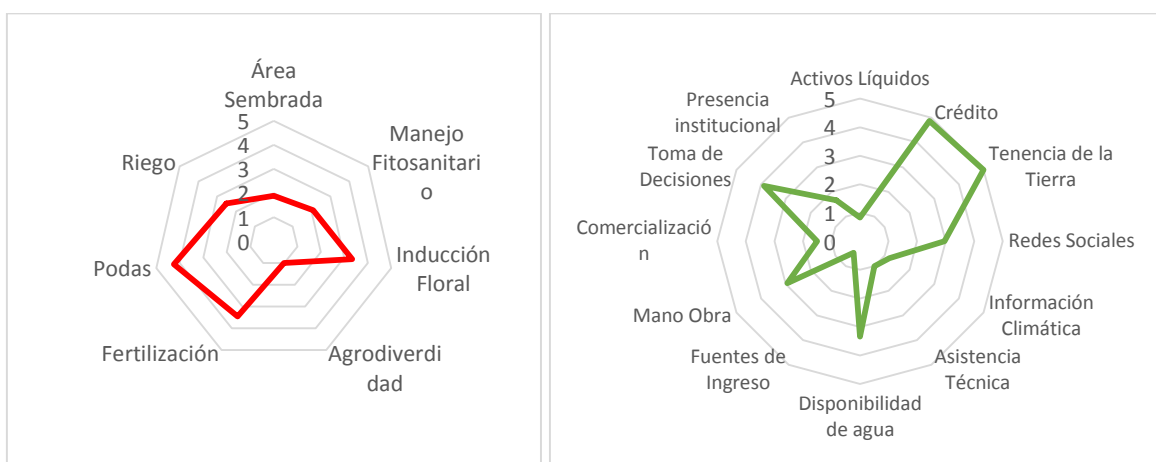


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.

El dominio de recomendación 2 está conformado por productores que tienen entre 3 y 7 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico estimado para cinco años, al integrar al sistema productivo el manejo de coberturas y un manejo integrado de la fertilización, este resulta viable financieramente y permite aumentar la resistencia del sistema ante la condición de déficit hídrico.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), se tiene que para un productor representativo, es decir con 6 ha, la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al control del cultivo ya establecido. Se recomienda implementar el manejo integrado de fertilización de manera progresiva en el tiempo, de acuerdo a como el capital lo permita. Se sugiere iniciar la implementación en 1,8 ha y se espera que con el ingreso adicional generado, para el segundo año se logre implementar en el resto del cultivo.

El manejo de coberturas recomendado para este sistema productivo es de bajo costo debido a que se enfoca en el manejo de la altura de las arvenses que se encuentran en el lote y a que se reduce la mano de obra requerida para el mantenimiento de este. A pesar de los altos costos de los agroinsumos la implementación de la fertilización será rápida y además permite que los productores tengan jornales libres que se pueden vender o utilizar para esta actividad. Sin embargo, es recomendable que los productores de este dominio accedan a un crédito por el 60 % del costo de la implementación para lograr una rápida adopción.

Dominio 3

En este dominio la sensibilidad del sistema productivo es media en tanto los productores llevan a cabo muy pocas podas y fertilizaciones, sin embargo tienen el mejor indicador de área sembrada en aguacate y buena agrobiodiversidad debido a que sus cultivos se encuentra asociados a frutales. De la misma forma, la capacidad de adaptación de estos productores es media ya que no cuentan con una adecuada asistencia técnica en campo ni tampoco tienen acceso a fuentes de agua, poseen pocos activos líquidos y tienen un muy bajo acceso a la información climática; no obstante acceden a crédito, son propietarios de sus predios y se les concede un nivel medio en cuanto a toma de decisiones (figura 16).

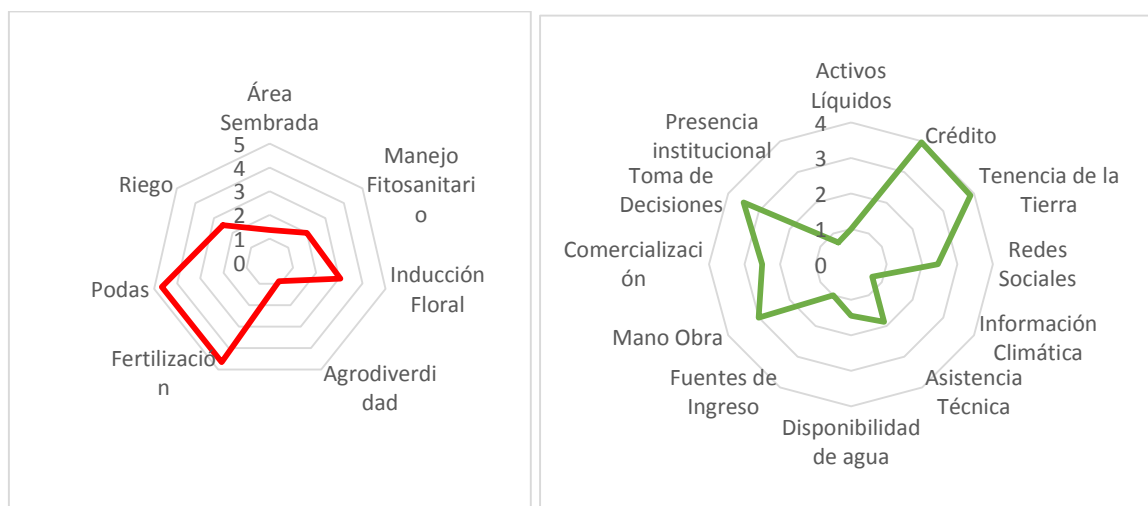


Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3

El dominio de recomendación 3 está conformado por los productores que tienen entre 3 y 12 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico estimado para cinco años, al integrar al sistema productivo el manejo de coberturas y el manejo integrado de la fertilización, las OT resultan viables financieramente y permiten aumentar la resistencia del sistema ante la condición de déficit hídrico.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), se tiene que para un productor representativo, es decir con 7 ha, la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al control del cultivo ya establecido. Se sugiere iniciar el manejo integrado



de fertilización en 1,3 ha y ampliar el área sembrada. En el segundo año será posible, con los ingresos adicionales obtenidos por la implementación, ampliar el área de influencia de las OT a 6,4 ha y en el tercer año la implementación se deberá hacer en todo el cultivo; lo que generará un incremento significativo de los ingresos y de la acumulación de capital. Para los productores de este dominio es prioritaria la implementación de las tecnologías propuestas debido a que sus parcelas se encuentran en zonas de la alta exposición a déficit hídrico.

Dado que el manejo de cobertura se realiza solo a través del control de la altura de las arvenses que se encuentren en el lote, esto no es muy costoso y reduce la cantidad de mano de obra requerida para guadañar el lote, por lo que los productores contarían con más jornales libres, que podrían implementar en la fertilización mixta y el jornaleo en otras fincas. Debido a los altos costos de los agroinsumos se recomienda invertir los ingresos adicionales de la venta de mano de obra en la fertilización mixta de forma escalonada en el cultivo de aguacate. De otro lado, los productores que cuentan con acceso a crédito podrían utilizarlo para una adopción más rápida de las opciones tecnológicas debido a su alta exposición a déficit hídrico.

Dominio 4

Para este dominio la sensibilidad del sistema productivo a una condición de déficit hídrico es media en tanto los productores llevan a cabo muy pocas podas y fertilizaciones, y no realizan análisis de suelos; igualmente tienen baja área sembrada en aguacate pero buena agrobiodiversidad debido a que los cultivos de aguacate se encuentran asociados a frutales. De la misma forma, son productores con capacidad de adaptación media debido a que acceden a crédito y son propietarios de sus predios, no obstante cuentan con una baja asistencia técnica en campo, bajo nivel de activos líquidos y de fuentes de ingreso diferentes a los agropecuarios (Figura 17).

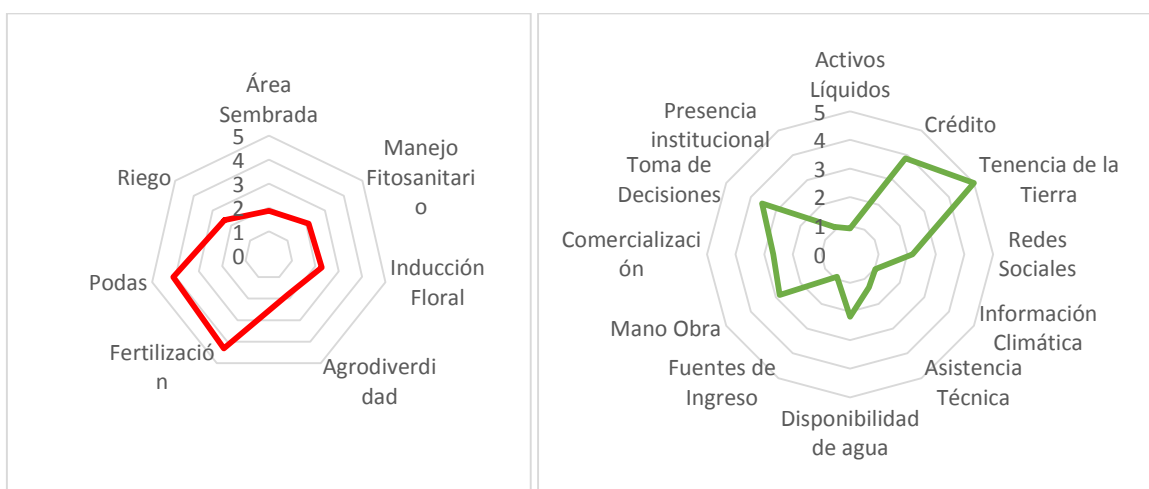


Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 4

El dominio de recomendación 4 está conformado por los productores que tienen entre 3 y 12 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico estimado para cinco años, al integrar al sistema productivo el manejo de coberturas y un plan de fertilización mixta, la implementación de las OT resulta viable financieramente y permite aumentar la resistencia del sistema ante la condición de déficit hídrico.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), se tiene que para un productor representativo, es decir con 7 ha, la implementación de la tecnológica debe estar orientada especialmente al control del cultivo ya establecido. Se sugiere iniciar con el manejo integrado de la fertilización en 1,3 ha y ampliar, con los ingresos adicionales obtenidos por la implementación, a 6,4 ha en el segundo año; de esta manera será posible que en el tercer año se logre la implementación completa. Como consecuencia de la exposición moderada a déficit hídrico que presenta este dominio, es indispensable mejorar la producción y los niveles de ingreso.

El manejo de coberturas recomendado para este sistema productivo es de bajo costo debido a que se enfoca en el manejo de la altura de las arvenses que se encuentran en el lote y a que se reduce la mano de obra requerida para mantenerlo. Esto permite que la implementación de la OT sea rápida y además contribuye en que los productores tengan jornales libres que se podrían vender o utilizar para la fertilización mixta, a pesar del costo de los agroinsumos. Debido a que los productores de este dominio no se encuentran tan

expuestos a un déficit se recomienda una implementación de las OT de forma escalonada y no recurrir a recursos financieros adicionales.

Dominio 5

El dominio de recomendación 5 incluye productores cuyos cultivos presentan una sensibilidad media ante un escenario de déficit hídrico debido a que realizan pocas podas, fertilizan en término medio y tienen alto grado de agrobiodiversidad a pesar que existe la tendencia al monocultivo. De la misma forma, son productores que acceden a crédito, poseen la propiedad sobre los predios y cuentan con un nivel medio de asistencia técnica en campo. Sin embargo, no tienen acceso a la información climática, ni a redes sociales por lo que poseen menor acceso a la información respecto a los otros dominios; en consecuencia se encuentran con una capacidad de adaptación media (Figura 18).

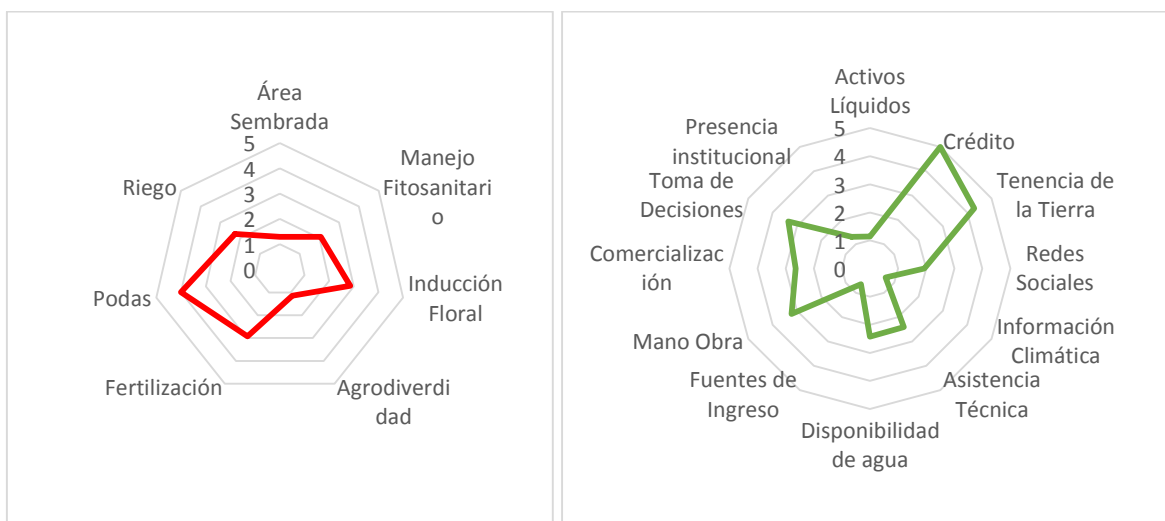


Figura 18. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 5.

El dominio de recomendación 5 está conformado por los productores que tienen entre 3 y 6 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico estimado para cinco años, al integrar al sistema productivo el manejo de coberturas y un plan de fertilización mixta la implementación de las OT resulta viable financieramente y permite aumentar la resistencia del sistema ante condición de déficit hídrico. Por otra parte, el sistema productivo es



altamente sensible a la oscilación de precios lo cual es resultado de la estacionalidad del cultivo y su condición agroclimática. Sin embargo, al incrementarse la producción tanto en términos de cantidad como en calidad puede aumentar la rentabilidad del sistema ante la variabilidad climática.

Dada las condiciones de agrupamiento (tabla 6), se tiene que para un productor representativo, es decir con 4,7 ha, la implementación tecnológica debe estar orientada especialmente al control del cultivo ya establecido. Se sugiere iniciar con el manejo integrado de la fertilización en 2,9 ha y, con el ingreso adicional se logre, en el segundo año implementarlo en el resto del lote. Para este dominio es prioritaria la adopción de las opciones tecnológicas propuestas esto debido a la alta exposición que tiene el sistema al déficit hídrico.

El manejo de coberturas recomendado para este sistema productivo es de bajo costo, debido a que se enfoca en el manejo de la altura de las arvenses que se encuentran en el lote y a que se reduce la mano de obra requerida para mantenerlo. En consecuencia su implementación podría ser rápida y permite que los productores tengan jornales libres que se podrían vender o utilizar para la fertilización mixta. Debido a los altos costos de los agroinsumos se recomienda invertir en estos productos los ingresos adicionales de la venta de mano de obra y adquirir adicionalmente un crédito por el 67 % del valor de los insumos para lograr una adopción más rápida.

Las recomendaciones de cada uno de los dominios se basan en los resultados del análisis de vulnerabilidad y la modelación microeconómica. Los resultados del modelo sugieren el área en la que se debe implementar las tecnologías y el comportamiento del capital para cada dominio. Estas recomendaciones son elementos para la toma de decisiones de los asistentes técnicos y deberán ser ajustadas según el caso.



REFERENCIAS

- Arcila, J., Farfán, F., Moreno, A., Salazar, L. F., & Hincapié, E. (2007). *Sistemas de producción de café en Colombia*. Chinchiná, Caldas: Cenicafé. Recuperado de goo.gl/W5JAPK
- Barragán, E., Carabalí, A., Vanegas, M., Ramírez, L., Monje, B., Varón, E., ... & Naranjo, L.T. (2010). *Informe final proyecto "Opciones biológicas y no convencionales como estrategias para el manejo de trips (Thysanoptera: Thripidae), en aguacate (Persea americana Mill), en los departamentos del Valle del Cauca y Tolima*.
- Bernal, J., & Díaz, C. (Compiladores). (2005). *Tecnología para el cultivo del aguacate. Manual técnico 5*. Rionegro, Antioquia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA. Recuperado de goo.gl/OqMbrK.
- Bernal, E.J., Díaz, D.C., Osorio, T.C., Tamayo, V.A., Osorio, V.W., Córdoba, G.O., ... & Varón, D.E. (2013). *Actualización tecnológica y buenas prácticas agronómicas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Medellín: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria CORPOICA.
- Brunel, N., & Seguel, O. (2011). *Efectos de la erosión en las propiedades del suelo*. *Agro Sur*, 39(1), 1-12. Recuperado de goo.gl/rO6NPv
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-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*.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para Aguacate (Fresno), Cacao (Ataco) y Plátano (Natagaima). Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica. (2016). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Aguacate Municipio de Fresno*,



Departamento de Tolima. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-Corpoica, Centro Internacional de Agricultura Tropical-CIAT. (2015). Informe de Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Atlántico y Bolívar en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y el CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPO.

Food and Agriculture Organization of the United Nations-FAO (1976). *A framework for land evaluation. Soils bulletin, 32*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (2000a). *Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Boletín de tierras y aguas de la FAO Número 8*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/lw8s.pdf>

FAO. (2000b). *Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia experiencias en América Latina*. Santiago de Chile: RLCA/FAO. Recuperado de <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s00.pdf>.

Gomero L., & Velásquez H. (Eds). (1999). *Manejo ecológico de suelos. Conceptos, Experiencias y Técnicas*. Lima: Red de Acción en Alternativas al uso de Agroquímicos-RAAA. Recuperado de goo.gl/cLI65n

Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate Hass (Persea Americana Mill.)*. Medidas para la temporada invernal. Bogotá: Instituto Colombiano Agropecuario. Recuperado de goo.gl/K75Ia4

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.



- Kolmans, E., & Vásquez, D. (1996). *Manual de agricultura ecológica. Una introducción a los principios básicos y su aplicación*. La Habana: Grupo de Agricultura Orgánica de la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales. Recuperado de goo.gl/C5OTME
- Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. *Research Paper No. 45*. Washington: Department of Commerce.
- Pla, L. (2006). Biodiversidad: inferencia basada en el índice de shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. Recuperado de goo.gl/up9rF3
- Salazar-García, S. (2002). *Nutrición del aguacate. Principios y aplicaciones*. Querétaro, México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS).
- Tamayo, V.A. y Muñoz A., R. 1997. Abonamiento orgánico y químico del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en suelos aluviales de clima medio suelos ecuatoriales. Vol.27: 96-99.
- Tukey, R., & Schoff, E. (1963). Influence of different mulching materials upon the soil environment. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science*, 82, 68-76.



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>