



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

Municipio de El Tambo
Departamento del Cauca



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Septiembre 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	
Alejandro Jaramillo Laverde	Investigador máster
Soledad Sofía Arredondo	Profesional de apoyo a la investigación
Ana María Trejos Arana	Profesional de apoyo a la investigación
Wilson Trujillo	Profesional de apoyo a la investigación
Diana Lucía Correa	Investigador máster, facilitador regional
Denys Yohana Mora Herrera	Investigador máster, economista
Martha Marina Bolaños	Investigador Ph. D.
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, por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, por su disposición, compromiso y dedicación para el desarrollo de la parcela de integración.

A los asistentes técnicos, que aportaron sus conocimientos locales.

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Palmira, que participaron en las actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Tambo, Cauca.....	4
Exposición del sistema productivo de aguacate Hass a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Tambo (Cauca)	9
Zonas del municipio de El Tambo con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate Hass.....	18
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	20
Manejo y uso eficiente del riego en el cultivo de aguacate Hass.....	24
Recomendaciones para optimizar la fertilización en el cultivo de aguacate Hass	25
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	26
Prácticas adicionales que pueden implementarse dentro del sistema productivo de aguacate Hass en El Tambo para reducir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo	28
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de aguacate Hass en el municipio de El Tambo	32



Dominio de recomendación	32
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de Aguacate en El Tambo	33
Implementar de las opciones tecnológicas en cada dominio.....	34
Referencias	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo (Cauca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de El Tambo, Cauca.....	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio histórico en el municipio de El Tambo (en el periodo 1980-2011).	6
Figura 4. Mapa de aptitud de uso del suelo para el sistema productivo de aguacate en el municipio de El Tambo (Cauca).	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico.	16
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de El Tambo para el sistema productivo de aguacate Hass en condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico. Izquierda. Ventana temporal de análisis enero-junio. Derecha. Ventana temporal de análisis julio-diciembre.	18
Figura 7. (Arriba) Balance hídrico atmosférico y (abajo) balance hídrico agrícola de la parcela de integración del sistema productivo de aguacate Hass en El Tambo (Cauca).	23
Figura 8. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 1.....	35



Figura 9. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 2.....	37
Figura 10. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 3.....	39



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de El Tambo durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de El Tambo durante los eventos de La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo (Cauca) en condiciones de humedad restrictiva por déficit hídrico en el suelo	12
Tabla 4. Extracción de nutrientes (Kg) para un rendimiento de 15 ton/ha.	25
Tabla 5. Plan de nutrición parcela de integración de aguacate Hass en el municipio de El Tambo, Cauca.	26
Tabla 6. Control de plagas y enfermedades en la parcela de integración.	29
Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de Aguacate en el municipio de El Tambo (Cauca).	34



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido como concepto novedoso en el área agropecuaria por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA), contiene herramientas que soportan 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 escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre los sistemas productivos.

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

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate Hass a condiciones restrictivas de humedad en el suelo (condición presentada durante el período de validación de opciones tecnológicas en la parcela de integración), en el municipio de El Tambo (Cauca).



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) var. Hass frente al riesgo agroclimático en el municipio de El Tambo (Cauca) mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de El Tambo (Cauca) para la toma de decisiones en el sistema productivo de aguacate Hass en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate Hass en condiciones de déficit hídrico en el suelo en el municipio de El Tambo (Cauca).
- Proporcionar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y la vulnerabilidad del sistema productivo, que para este caso definida por su exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y la capacidad adaptativa del sistema 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 Hass 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 con las características socioeconómicas de los productores locales.

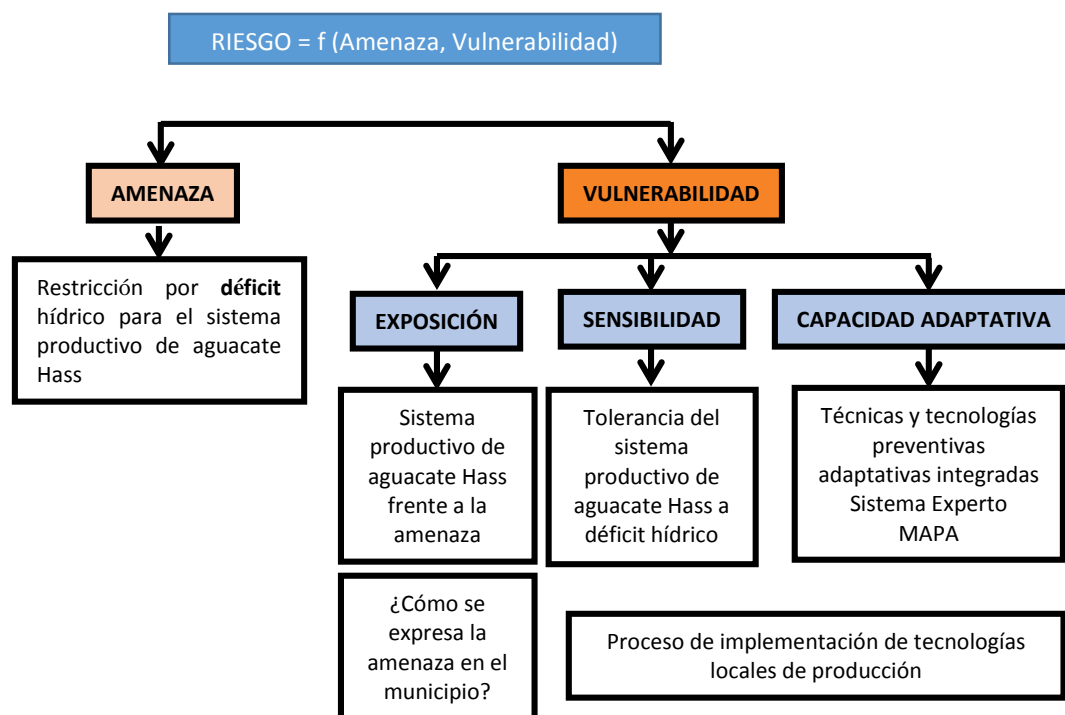


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo (Cauca), en condiciones de déficit hídrico en el suelo.



Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y 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 determinada por la interacción de variables biofísicas (tipo de paisaje geomorfológico, relieve y cobertura de suelo), el movimiento de la ZCIT y patrones de circulación atmosférica derivados de la cercanía con el Océano Pacífico y la Amazonía, que confieren al Departamento del Cauca diversas características climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración $[ET_0]$).

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

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

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Tambo, Cauca

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

Según la información procesada en el proyecto MAPA (Corpoica, 2015a), el municipio de El Tambo se encuentra influenciado hacia el oeste por las cuencas de los ríos Patía Alto y San Juan de Micay, este último desembocando directamente en el océano Pacífico, y hacia el noreste con el río Salado y otros afluentes del río Cauca. Debido a su extensión, el municipio se encuentra en un amplio rango de altitud, que va desde los 0 a los 3.000 msnm, predominando paisajes de montaña, que ocupan el 82,63% del municipio (figura 2).

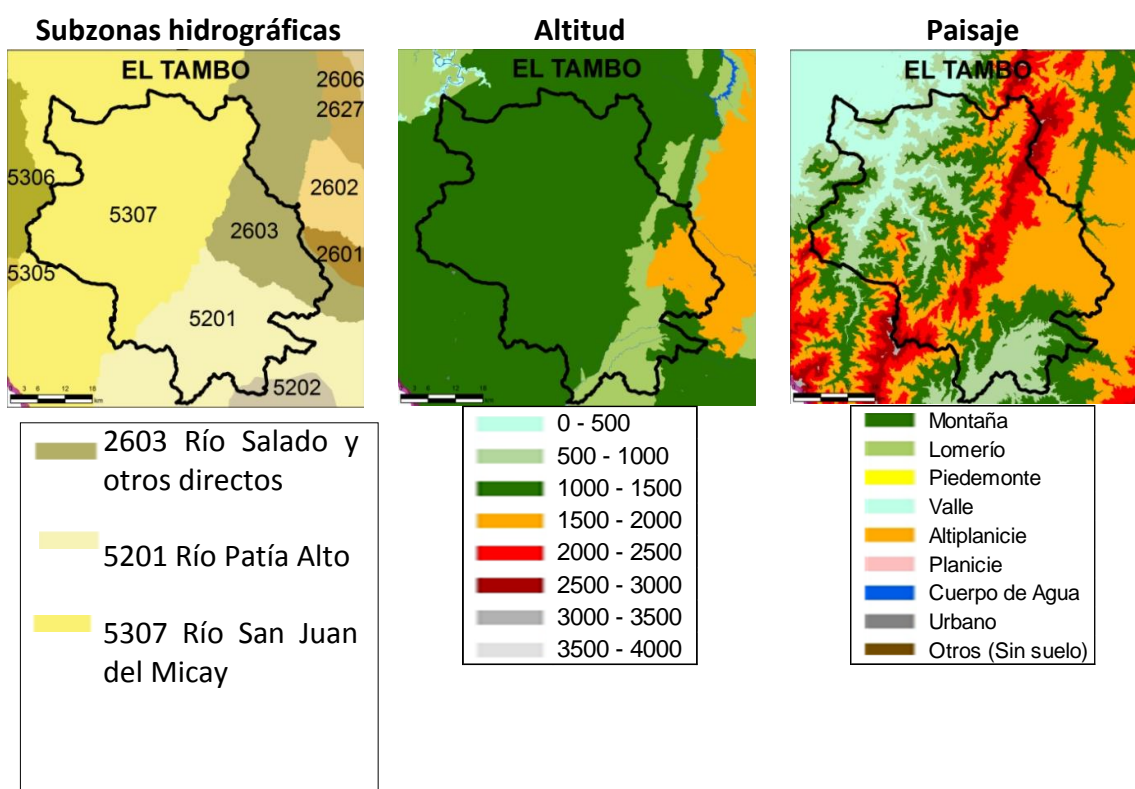


Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de El Tambo, Cauca.
Fuente: Corpoica, (2015a).

Lo segundo por revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980-2011), con lo cual es posible examinar el impacto histórico de la variabilidad climática, y así conocer los rangos de las variables climáticas durante estos fenómenos (ENSO). De la información empleada para el análisis climático del municipio de El Tambo (Cauca), se destacan:

Precipitación: en la figura 3 se muestra la dinámica de la precipitación para el municipio de El Tambo, la línea verde representa la precipitación promedio multianual y las barras rojas y azules, la precipitación durante los eventos de mayor variabilidad climática por eventos: asociados a ENOS o ENSO, en inglés: El Niño (1992) y La Niña (1998) (Corpoica, 2015a).

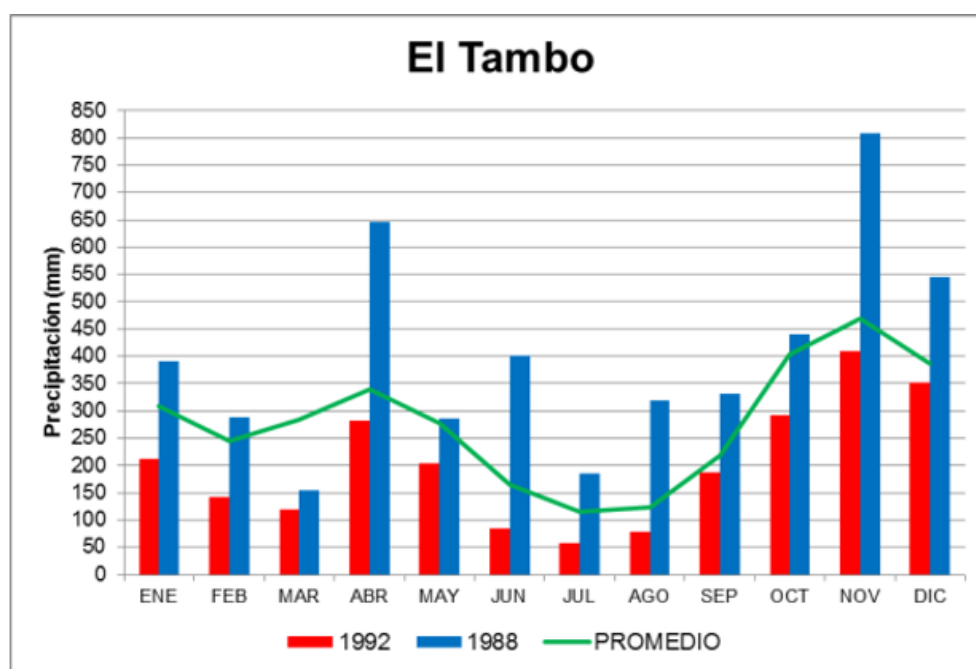


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio histórico en el municipio de El Tambo (en el periodo 1980-2011).
Fuente: Corpoica (2015a).

La precipitación promedio histórica para el municipio de El Tambo es de 2010 mm/año, con una distribución bimodal, caracterizado por una temporada de transición entre EF, precedida por una temporada de altos niveles de precipitación entre los meses de OND, donde se acumula el 44,4% de la precipitación promedio anual. La diferencia en precipitación entre el promedio multianual y el evento registrado en 1992 se acentúa al inicio de la primera temporada de lluvias del año, siendo crítico el mes de marzo, ya que normalmente se espera un incremento en las lluvias luego de presentarse una temporada de baja precipitación. El periodo crítico es mayor si el fenómeno de variabilidad se extiende por varios meses.



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

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

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Se calculan 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 la anomalía de la precipitación durante los fenómenos El Niño y La Niña en los últimos 32 años (1980-2011), es decir la diferencia en porcentaje entre el valor de la precipitación registrado y el promedio multianual (un valor positivo de anomalía indica que el valor observado del parámetro meteorológico fue más alto que el promedio, mientras que la anomalía negativa indica que dicho valor fue más bajo con respecto a su referencia promedio). Lo anterior constituye información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

¹ Cuando la variación supera valores de 0.5, durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de El Niño y cuando los valores son menores a -0.5, también de forma consecutiva en cinco meses, es La Niña. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.sht ml 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 El Tambo durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.

Periodo	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. 1995	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		-6 %	-10 %	-23 %	-18 %	-35 %	-27 %	-2 %	-4 %	-21 %

Fuente: Corpoica (2015a).

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

Periodo	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		-5 %	41 %	21 %	24 %	-35 %	23 %	13 %

Fuente: Corpoica (2015a).

En el municipio de El Tambo, el máximo valor ONI fue el registrado en el periodo 1997-1998 (2,5), con una disminución en la precipitación del 35 % con respecto al promedio multianual, siendo El Niño de mayor intensidad. Otros eventos de alta intensidad se registraron entre mayo de 2002 y marzo de 2003, mayo de 1991 y junio de 1992, 7 julio de 2009 y abril de 2010, en los que se registraron disminuciones en las precipitaciones con respecto al promedio multianual de 27, 23 y 21 % respectivamente.

En cuanto a los eventos La Niña registrados, se observó que el periodo entre mayo de 1988 y mayo de 1989 fue el de mayor intensidad, presentándose aumento de la precipitación en un 41 % en relación con el promedio multianual.

Se debe considerar que la temperatura de la superficie del océano Pacífico no es el único factor que modula la precipitación, por lo cual es importante tener en cuenta otros factores como el desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que regula los periodos estacionales de lluvias, así como las distintas corrientes oceánicas.

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, la susceptibilidad a déficit hídrico en eventos El Niño, la susceptibilidad biofísica a inundación, las áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) o áreas susceptibles a afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio de El Tambo a amenazas climáticas, consultar el SE-MAPA.

Exposición del sistema productivo de aguacate Hass a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Tambo

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por suelo y por las condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo con su ubicación en el municipio.

Para evaluar la exposición se debe identificar:

- a. **Las limitaciones de los suelos del municipio** en el mapa de aptitud de suelos a escala 1:100.000 (figura 4). Hay que tener en cuenta que algunas limitaciones como las propiedades químicas pueden manejarse (con aplicación de enmiendas y fertilizantes), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas).













Símbolo		Aptitud	Área (ha)
	A1-A2f	Óptima (50 %) a moderada (50 %) por fertilidad	4.347
	A2f-A1	Óptima (30 %) a moderada (60 %) por fertilidad	8.581
	A1-A2f-N	Óptima (35 %), moderada (20 %) por fertilidad y no apta (45 %)	100
	A1-N	Óptima (40 %) y No apta (60 %)	312
	A2f/m	Moderada por pendiente (50 %) o por fertilidad (50 %)	1.027
	A2f/m-N	Moderada por pendiente (30 %) o por fertilidad (60 %), No apto	16.484
	A2f-A3f	Moderada (50 %) a marginal (50 %) por fertilidad y acidez	16.818
	A2f-A3f-N	Moderada (70 %) a marginal (20 %) por fertilidad y acidez, No apta	1.180
	A2f>N	Moderada (80 %) por pendiente y No apta	59.501
	A2f-N	Moderara (50 %) por acidez y No apta (50 %)	18.120
	N-A2f	Predomina No apto (>55 %) y moderada por acidez (<45 %)	5.192
	N	No apto por altura mayores a 2400 o menores a 1200 m s. n. m.	141.158
TOTAL			272.820

Figura 4. Mapa de aptitud de uso del suelo para el sistema productivo de aguacate en el municipio de El Tambo (Cauca).

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: En el municipio de El Tambo solo el 2% del área total presenta una aptitud óptima A1 para el sistema productivo de aguacate Hass, correspondiente a 4.907 ha aproximadamente. Sin embargo, con aptitud moderada A2 se estima un área cercana al 34 % de municipio, la cual está condicionada a manejo especial por condiciones de acidez y

contenidos de aluminio relativamente altos. Los suelos con aptitud marginal representan aproximadamente un 3 % del área del municipio, los cuales corresponden a suelos limitados por condiciones extremas de acidez y valores muy altos de aluminio. Cerca del 62 % del área del municipio, se clasifica como no apto para el cultivo de aguacate Hass, debido principalmente a condiciones de suelo como pendiente, profundidad efectiva y alturas superiores a las adecuadas para el desarrollo del este cultivo (Corpoica, 2015b).

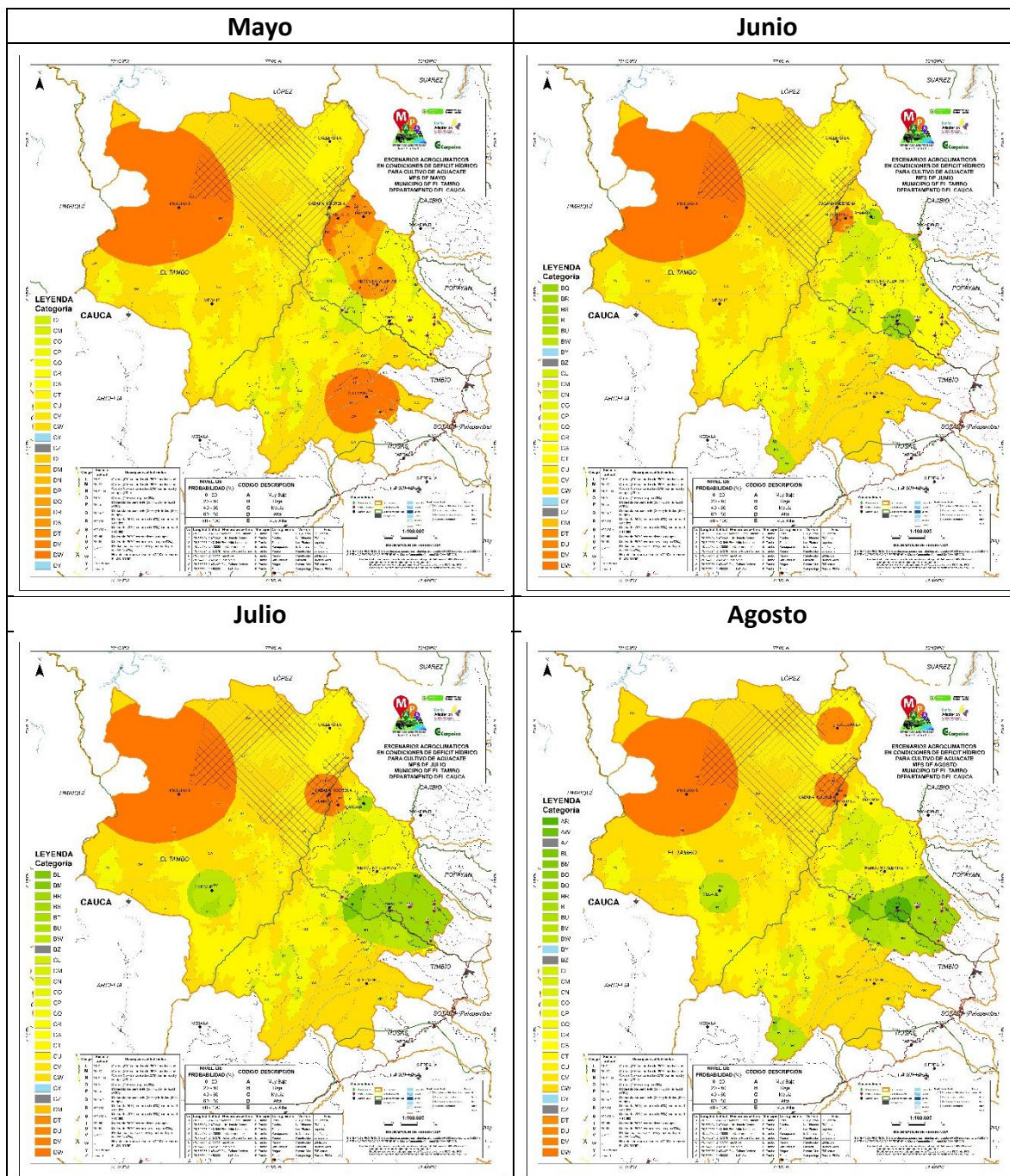
b. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para el sistema productivo de acuerdo con el mes de siembra o etapa fenológica: a partir de los mapas de escenarios agroclimáticos (Figura 5) elaborados con base en el cálculo del índice de severidad de sequía de Palmer² (1965), se tiene que la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en dos ventanas de análisis correspondientes a los meses de enero-junio y julio-diciembre puede ser: muy baja en tono verde oscuro (0-20 %), baja en tonos verdes (20-40 %), media en tonos amarillos (40-60 %) y alta en tonos naranjas (60-80 %) y de acuerdo con el mes de siembra o etapa fenológica del cultivo (tabla 3). Sumado a lo anterior se toma en cuenta la información acerca de la aptitud de los suelos del municipio para el sistema productivo de aguacate Hass. Estos dos insumos constituyen la exposición del sistema productivo frente al déficit hídrico, en las diferentes áreas del municipio y para cada una de las etapas fenológicas del cultivo.

Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo (Cauca) en condiciones de humedad restrictiva por déficit hídrico en el suelo

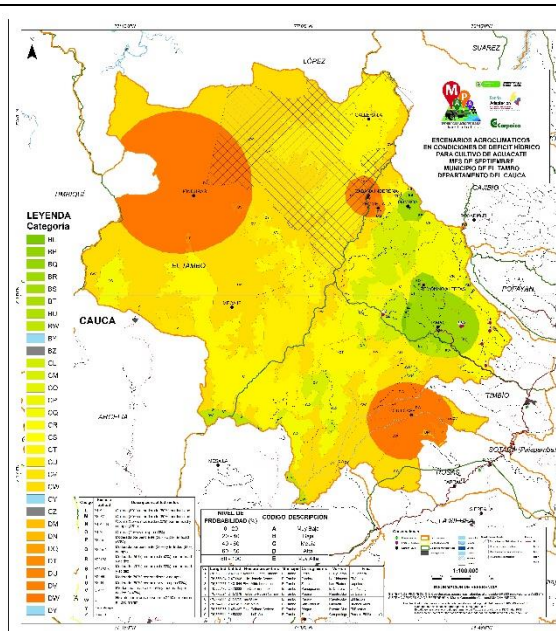
Etapa fenológica	ENE				FEB				MAR				ABR				MAY				JUN				JUL				AGO				SEPT				OCT				NOV				DIC			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4								
Floración																																																
Fructificación																																																
Recolección																																																

Fuente: Corpoica (2015b).

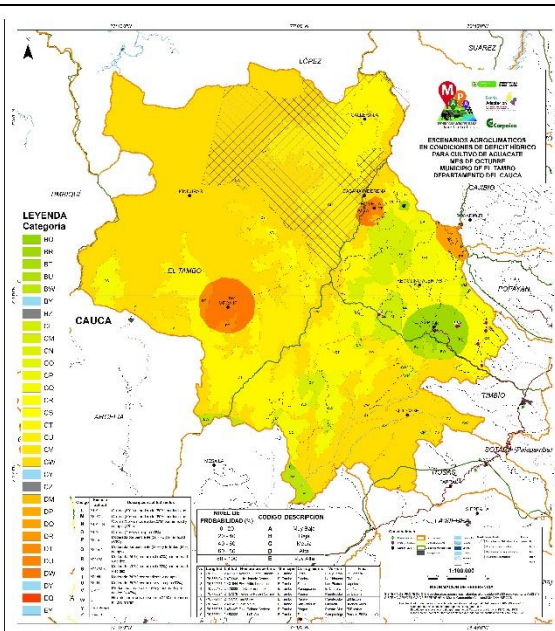
Las etapas fenológicas más sensibles a condiciones de humedad restrictiva por déficit hídrico en el suelo son floración, formación de fruto, llenado y maduración. Los cambios más importantes se observan en el inicio de la floración (se atrasa en condiciones de déficit hídrico) y en la duración de las épocas de cosecha.



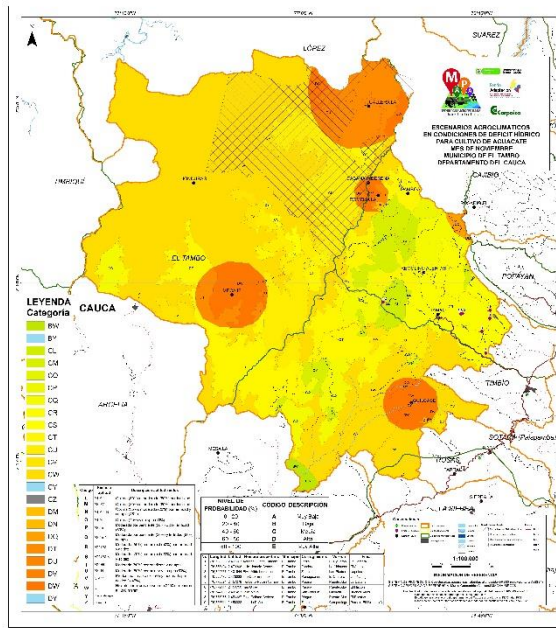
Septiembre



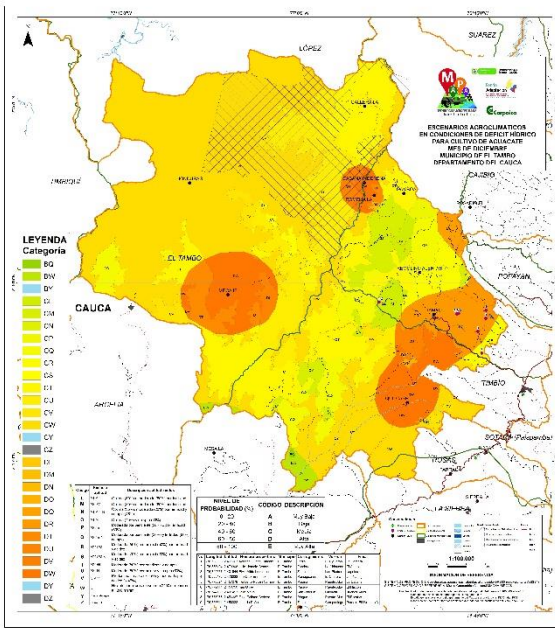
Octubre



Noviembre



Diciembre



LEYENDA Categoría	NIVEL DE PROBABILIDAD (%)	DE CÓDIGO	DESCRIPCIÓN
AR	0 - 20	A	Muy Baja
AW	20 - 40	B	Baja
AZ	40 - 60	C	Media
BL	60 - 80	D	Alta
BM	80 - 100	E	Muy Alta
BO			
BQ			
BR			
BT			
BU			
BV			
BW			
BY			
BZ			
CL			
CM			
CN			
CO			
CP			
CQ			
CR			
CS			
CT			
CU			
CV			
CW			
CY			
CZ			
DT			
DU			
DV			
DW			
Símbolo	Aptitud		
L A1-A2f	Óptima (50 %) a moderada (50 %) por fertilidad		
M A2f-A1	Óptima (30 %) a moderada (60 %) por fertilidad		
N A1-A2f-N	Óptima (35 %), moderada (20 %) por fertilidad y no apta (45 %)		
O A1-N	Óptima (40 %) y No apta (60 %)		
P A2f/m	Moderada por pendiente (50 %) o por fertilidad (50 %)		
Q A2f/m-N	Moderada por pendiente (30 %) o por fertilidad (60 %), No apto		
R A2f-A3f	Moderada (50 %) a marginal (50 %) por fertilidad y acidez		
S A2f-A3f-N	Moderada (70 %) a marginal (20 %) por fertilidad y acidez, No apta		
T A2f>N	Moderada (80 %) por pendiente y No apta		
U A2f-N	Moderada (50 %) por acidez y No apta (50 %)		
V N-A2f	Predomina No apto (>55 %) y moderada por acidez (<45 %)		
W N	No apto por alturas mayores a 2.400 o menores a 1200 msnm.		
Y	Cuerpo de agua		
Z	Urbano		

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: la leyenda de los mapas de escenarios agroclimáticos presenta en primer lugar, el nivel de probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico en el

municipio, la segunda letra corresponde a una categoría de aptitud de suelos de El Tambo para el sistema productivo de aguacate Hass.

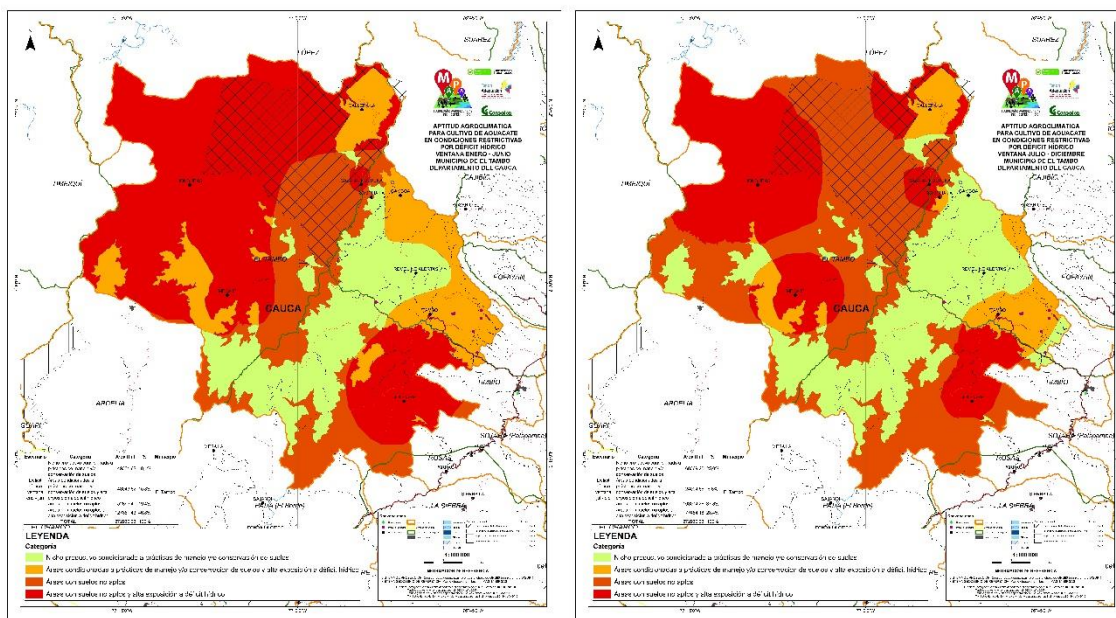
Durante los 12 meses se observa una probabilidad de entre 60 y 80 % de deficiencia de agua en el suelo en buena parte del municipio, indicando que el municipio es altamente susceptible a déficit hídrico extremo para el cultivo de aguacate Hass. En el primer semestre del año hay una menor área expuesta del municipio a eventos extremos de déficit hídrico (en tonos naranjas, 60-80 % probabilidad), principalmente en la región del río Micay. Esto supone una mayor probabilidad de efectos negativos sobre la primera temporada de floración, fructificación y primer pico de cosecha. En el segundo semestre del año predomina la probabilidad media (en tonos amarillos, 40-60 %) de ocurrencia de déficit hídrico, aun cuando se observan probabilidades altas (en tonos naranjas y rojos, 60-100 %) de ocurrencia de déficit hídrico extremo. Las áreas de menor probabilidad (<40 %) se observan en la región del alto Cauca, la cual limita con el municipio de Timbío (Corpoica, 2015b).

Para conocer con mayor detalle los mapas de escenarios agroclimáticos para ambas condiciones en las ventanas de análisis consideradas, consultar el SE-MAPA

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 dos ventanas temporales de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo con los calendarios fenológicos locales; sin embargo, deben ser entendidos como marcos de referencia (Corpoica, 2015b).

Zonas del municipio de El Tambo con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate Hass

Al observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de El Tambo para el sistema productivo de aguacate Hass, para la condición de déficit hídrico (figura 6). Este mapa integra la exposición a déficit hídrico del sistema productivo y la aptitud de los suelos. Es importante tener en cuenta que la escala de análisis espacial es 1:100.000.



LEYENDA

Categoría

- Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico
- Áreas con suelos no aptos
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de El Tambo para el sistema productivo de aguacate Hass en condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico. Izquierda. Ventana temporal de análisis enero-junio. Derecha. Ventana temporal de análisis julio-diciembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

Las categorías de aptitud agroclimática, identificadas por Corpoica (2015b), para el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo fueron:

- Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y conservación de suelos: presenta suelos condicionados a manejo especial por condiciones de acidez y contenidos de aluminio relativamente altos. Hay probabilidad media de ocurrencia de déficit hídrico en la mayor parte del año. En las dos ventanas de análisis representan cerca del 25 % del área total del municipio, correspondiente a 68.369 has aproximadamente.
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico: presenta unidades de suelos condicionados a manejo especial por condiciones de acidez y contenidos de aluminio relativamente altos, además de una alta probabilidad de deficiencias hídricas en toda la ventana de análisis, principalmente en el primer semestre. En las dos ventanas de análisis representan cerca del 15 % del área total del municipio, correspondiente a 43.043 has aproximadamente.
- Áreas con suelos no aptos: estas áreas están limitadas por condiciones de suelo como pendiente, profundidad efectiva y altura superior a las adecuadas para el desarrollo del cultivo. Presentan diferentes áreas de ocupación dependiendo de la ventana de análisis, en la ventana I (enero-junio) es de 19,4 %, correspondiente a 52.895 has aproximadamente, y en la ventana II (julio-diciembre) es de 37,8 %, correspondiente a 103.074 has aproximadamente.
- Área con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: son áreas no recomendadas para el cultivo de aguacate Hass debido a fuertes limitaciones por altitud, pendiente, profundidad efectiva y altas probabilidades de déficit hídrico en todo el ciclo productivo del cultivo. El área de ocupación de la ventana I (enero-junio) es de 46,8 % (127.661 has aproximadamente), mientras que la ventana II es de 28,4 % (77.484 has aproximadamente) del área total del municipio.



Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo, consultar el SE-MAPA

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

Información agroclimática: la información climática puede emplearse para tomar decisiones en la planificación agropecuaria, identificar riesgos asociados y 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 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 (tiempo meteorológico o clima): obtenidos mediante una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura del aire, radiación solar y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: resultantes del monitoreo y seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos: por medio del seguimiento del desarrollo y crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Eventos extremos de clima y sus impactos en la agricultura: afectan el sistema productivo y generan excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos, entre otros.



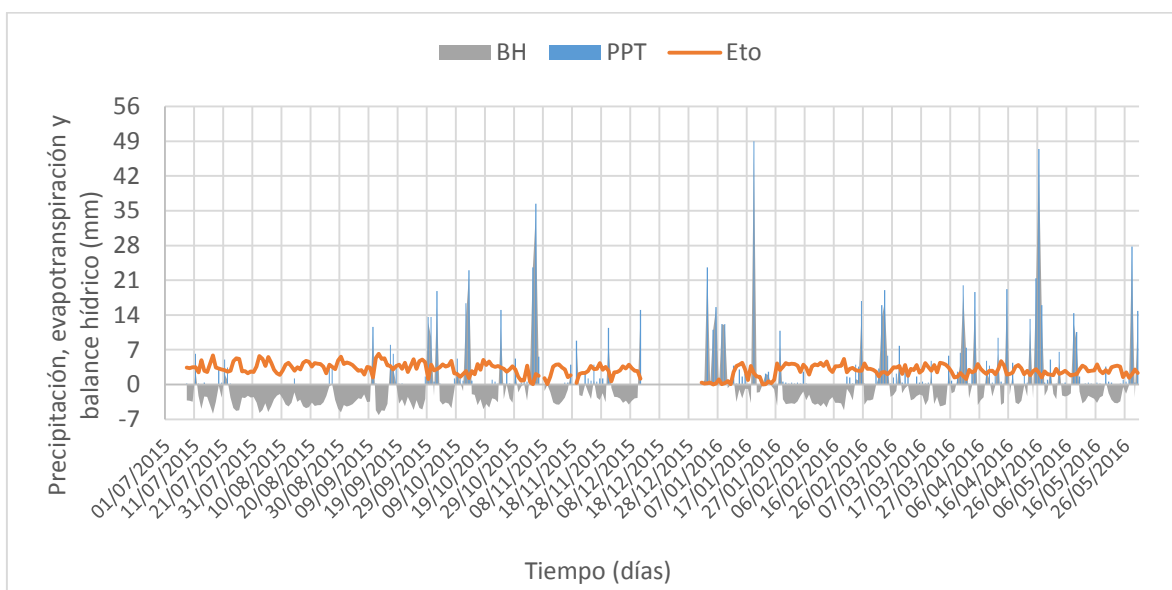
- Distribución temporal y de sistemas productivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra y de cosecha.

El registro de datos agrometeorológicos en finca busca conformar una base de datos (temperatura máxima, mínima, media, precipitación, humedad relativa, radiación solar, humedad y temperatura del suelo) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas fenológicas críticas y relacionarse con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos³.

³ En la *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* encontrará algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo. Consúltela en <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate Hass ante condiciones restrictivas de humedad de suelo en el municipio de El Tambo (Cauca)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas, validadas con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo (Cauca). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de junio de 2015 y mayo de 2016. La precipitación, evapotranspiración y agua disponible en el suelo se presenta en el balance hídrico atmosférico (figura 7, superior) y el balance hídrico agrícola (figura 7, inferior).



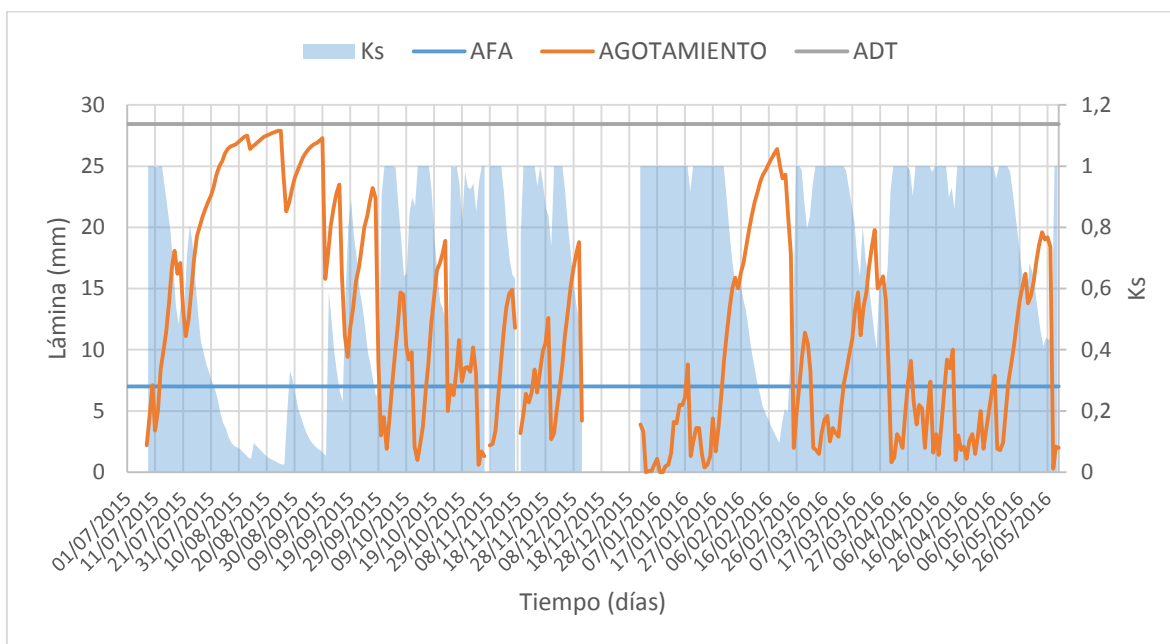


Figura 7. (Arriba) Balance hídrico atmosférico y (abajo) balance hídrico agrícola de la parcela de integración del sistema productivo de aguacate Hass en El Tambo (Cauca).

Fuente: Corpoica (2015c).

Durante la mayor parte del tiempo evaluado, el balance hídrico atmosférico (precipitación-evapotranspiración) mostró un balance negativo en el aporte de agua, por lo que fue necesario aplicar riego de manera frecuente para suplir los requerimientos del cultivo. Durante los meses de octubre, enero y abril no fue necesario aplicar riego con la misma frecuencia, debido a que en estos meses se presentó un balance positivo en la mayor parte del tiempo (figura 7, arriba).

El balance hídrico agrícola (figura 7, abajo) presenta el comportamiento del agua en el suelo tomando en cuenta la lámina de agua disponible total (ADT-fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente), el agua fácilmente aprovechable (AFA-agua capilar retenida en los poros del suelo) y el agotamiento de agua, estos aspectos relacionados con el consumo del cultivo en la parcela de integración durante el periodo de evaluación. El déficit hídrico es aún más evidente a lo largo del tiempo de evaluación, según el parámetro de agotamiento que sobrepasó el rango de agua fácilmente aprovechable.



El coeficiente de estrés hídrico (K_s) es un factor adimensional de reducción de la transpiración, este valor describe el efecto del estrés hídrico en la transpiración del cultivo, cuando se producen limitaciones en el suministro de agua a la planta debido principalmente a la disponibilidad de agua en el suelo. Toma valores entre 0 y 1, valores cercanos a cero indican mayor estrés hídrico en la planta relacionado con limitantes en la disponibilidad del recurso hídrico (Allen et al., 2006).

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate en El Tambo, Cauca.

Manejo y uso eficiente del riego en el cultivo de aguacate Hass

El manejo y uso eficiente del agua en el cultivo de aguacate Hass se enfoca en la implementación de sistemas de riego, donde las láminas de agua que se aplican a los árboles corresponden al cálculo del balance hídrico del cultivo con base en las condiciones climáticas de la zona. En condiciones de déficit de humedad, se debe garantizar el suministro oportuno de agua para evitar el excesivo aborto de flores y frutos que se da en épocas críticas, causando la disminución de la producción y la calidad de la fruta.

La aplicación de agua al cultivo se realizó mediante el uso de un sistema de riego localizado de alta frecuencia de doble anillo con goteros autocompensados y antidrenantes de 8 litros/hora que permite la distribución uniforme de la lámina de riego en cada uno de los árboles. Los anillos se ubicaron a 1,3 y 1,5 m de radio del tronco hacia la copa, con goteros espaciados a 60 y 80 cm cada uno, distribuidos en dos módulos de riego de 56 árboles cada uno. La lámina de riego requerida se calculó con base en el balance hídrico del cultivo, estimando la necesidad y considerando la diferencia entre la demanda del cultivo y la disponibilidad de agua determinada por las condiciones meteorológicas de la finca y la capacidad de almacenamiento de agua del suelo. El requerimiento hídrico del cultivo se obtuvo calculando la evapotranspiración de referencia (ET_o) usando los datos meteorológicos locales, y multiplicándola por el coeficiente del cultivo (K_c), estimado para la fase de producción aproximadamente en 0,78 (FAO, 2006). Con el balance hídrico se obtuvo la lámina de riego a aplicar en milímetros, la cual se convirtió finalmente en tiempo de riego, para una lámina de aplicación de 6mm/riego, correspondiente a 24 L/árbol en promedio.

Adicionalmente, se instalaron sensores de humedad del suelo a cuatro profundidades (15, 20, 30 y 40 cm) para el monitoreo de la lámina de riego en el tratamiento 1. En el testigo (sin riego) se instalaron sensores de humedad a dos profundidades (20 y 40 cm).

Recomendaciones para optimizar la fertilización en el cultivo de aguacate Hass

La optimización de la fertilización en el cultivo de aguacate Hass se enfoca en el diseño de planes ajustados a los requerimientos nutricionales del cultivo de acuerdo con su estado de desarrollo, las características fisicoquímicas del suelo donde se encuentra y la disponibilidad y capacidad de extracción de los nutrientes del suelo. El aguacate requiere de un adecuado suplemento de nutrientes, especialmente nitrógeno y potasio, debido al alto contenido de aceite de la fruta (hasta 20 %). En condiciones de déficit de humedad, se debe hacer énfasis en la fertilización foliar y la aplicación de materia orgánica al suelo, la cual puede aportar nutrientes y ayudar con la retención de humedad.

El plan nutricional para el cultivo de aguacate Hass en la parcela de integración se realizó basados en la interpretación del contenido de nutrientes reportados en los análisis edáficos y foliares y usando la técnica de índice de balance desarrollada por Keenworthy (1973), donde se ajustaron las dosis y épocas de aplicación teniendo como base el estado fenológico del cultivo, la remoción de nutrientes y la eficiencia de las fuentes de fertilización usadas. Este plan se elaboró a partir de los resultados de análisis químicos y físicos del suelo y del estado nutricional de la planta mediante análisis de tejido foliar. La extracción de nutrientes se tomó con base en lo reportado por Sánchez y Ramírez (1999) y Salazar (2002) para aguacate Hass tomando como base un rendimiento de fruto de 15 ton/ha (tabla 4).

Tabla 4. Extracción de nutrientes (Kg) para un rendimiento de 15 ton/ha.

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Sánchez y Ramírez (1999)	105,0	11,6	229,5	16,1	0,2	0,2	0,1	0,2
Salazar (2002)	44,3	6,7	57,5	1,3	4,5	0,2	0,1	0,1

Los análisis de suelo para el ajuste del plan de fertilización se tomaron a dos profundidades: 0-20 y 20-40 cm, donde se determinaron los contenidos de nutrientes en formas intercambiables y solubles y se determinaron las características físicas. Adicionalmente, se

tomaron muestras de tejido foliar de ramas jóvenes del tercio medio de árboles homogéneos para estimar el grado de asimilación de nutrientes y ajustar el plan de nutrición.

El plan nutricional se fraccionó en tres momentos de aplicación durante el ciclo productivo, iniciando previo a la floración. Las fuentes de fertilizantes se incorporaron al suelo en la zona de gotera del árbol, donde se encuentra instalado el anillo exterior de riego y donde se pueda garantizar la humedad requerida para la absorción de la totalidad de los nutrientes. El plan nutricional usado se muestra en la tabla 5.

Tabla 5. Plan de nutrición parcela de integración de aguacate Hass en el municipio de El Tambo, Cauca.

DAP	KCl	Nitrabor	Sulfato de Mg	Quelato de Mn	Quelato de Boro	Agrimins	Materia orgánica
gramos/planta							kg/planta/año
928	2047	825	942	5	15	87	50

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Las ventajas comparativas se presentan en una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente son un marco general de referencia, validadas en un nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y deben ser ajustadas para cada sistema productivo de acuerdo con la aptitud agroclimática del municipio.

Con la implementación del manejo y uso eficiente del riego y las recomendaciones para optimizar la fertilización se logró una mejor respuesta del cultivo frente a condiciones de déficit de humedad en el municipio de El Tambo. En los dos ciclos evaluados se observó un mayor calibre y mejor clasificación de calidad en el tratamiento propuesto frente a árboles que no contaron con sistema de riego ni fertilizaciones adecuadas.

La lámina de Agua Aprovechable (LAA) para condiciones de suelos de la parcela de integración se estableció en un rango entre 46,73 %, que corresponde a la capacidad de campo calculada en laboratorio, y 40,07 %, que corresponde al punto de marchitez permanente.

Para el caso del tratamiento testigo, en el cual no se cuenta con sistema de riego, se observó que los porcentajes de humedad están cerca del punto de marchitez permanente la mayor parte del tiempo evaluado. En muchos casos, el aporte de agua a través de las precipitaciones no es suficiente para que las plantas tengan disponibilidad que garantice su absorción. Con precipitaciones mayores a 20 mm, el nivel del agua en el suelo aumenta hasta capacidad de campo, logrando mantener el agua disponible para la planta por periodos prolongados de hasta una semana. Con precipitaciones entre 10 y 15 mm, los niveles alcanzan el rango de LAA, pero los periodos en que el agua está disponible para la planta son menores. En periodos largos de bajas precipitaciones, la planta puede sufrir condiciones de estrés rápidamente debido al aporte irregular de agua en este tratamiento.

Al registrarse contenidos de humedad del suelo tan bajos (cercanos al punto de marchitez permanente), la planta necesita hacer mayor esfuerzo para la absorción de agua, lo cual se ve reflejado en la pérdida de turgencia de los frutos aun cuando estos se encuentran en estados avanzados de desarrollo, lo cual disminuye su calidad (Bower y Cutting, 1988).

En el tratamiento 1, el contenido de humedad del suelo a 40 cm permanece por encima del valor de LAA, donde los árboles pueden tomar agua a una tensión de 0,3 bares. A los 20 cm se observa una mayor variación en el porcentaje de humedad, donde los valores fluctúan debido a que en este horizonte la infiltración es más rápida, y la retención de humedad es menor. De acuerdo con Bower y Cutting (1988), al tener la planta disponibilidad de agua en el horizonte donde se encuentra la mayor parte del sistema radical, esta necesita hacer un menor esfuerzo para su absorción; por lo tanto, la planta no presenta signos de estrés fisiológico.

La dinámica de crecimiento y desarrollo de los frutos mostró diferencias entre los tratamientos después de 241 días de evaluación en el primer ciclo. Los frutos del tratamiento 1 alcanzaron un tamaño promedio de 63,3 mm, mientras que en el tratamiento testigo, el diámetro de fruto promedio fue de 62,5 mm. En el ciclo dos, después de 170 días de evaluación, los frutos del tratamiento 1 alcanzaron un diámetro promedio de 57,0 mm, mientras que los frutos del tratamiento testigo alcanzaron un diámetro promedio de 54,5

mm. Este patrón de comportamiento responde a condiciones de déficit hídrico presentadas en gran parte del desarrollo del fruto, donde las condiciones de estrés impiden el transporte de agua y nutrientes que permitan el llenado adecuado de los frutos.

En el primer ciclo productivo evaluado, el 56,7 % del total de frutos cosechados en el tratamiento con las opciones tecnológicas establecidas, se clasificó en la primera categoría o extra, mientras que en el tratamiento testigo el 50,6 % correspondió a esta categoría. Igual comportamiento se observó en los frutos de la segunda y tercera categoría, donde en el tratamiento testigo se presentaron los valores más altos de porcentaje. Igual tendencia se observó en el segundo ciclo evaluado, donde el 58 % del total de frutos cosechados en el tratamiento con opciones tecnológicas se clasificó en la primera categoría, mientras que en el tratamiento testigo, este valor estuvo cerca del 53 %.

Prácticas adicionales que pueden implementarse dentro del sistema productivo de aguacate Hass en El Tambo para reducir la vulnerabilidad del sistema a condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo, se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, al igual que para el escenario de exceso de humedad, están contenidas en el sistema experto.

A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, y que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

Control fitosanitario

El control fitosanitario se realiza teniendo en cuenta el nivel de incidencia de las principales plagas y enfermedades evaluado quincenalmente. El manejo integrado de plagas se enfocó en la disminución de la presencia de pega-pega (*Platynota sp.*), monalonion (*Monalonion veleangeli*), pasador del fruto (*Stenoma catenifer*) y la protección contra ácaros y trips en llenado de frutos. Las condiciones de déficit hídrico prolongado, en combinación con altas

temperaturas y vientos fuertes, facilitan la aparición y dispersión de las principales plagas en el cultivo de aguacate Hass.

De acuerdo con estos valores se programaron controles preventivos y curativos dependiendo del caso, usando distintas estrategias como recolección de frutos del suelo, liberación de controladores biológicos y aplicación de productos de síntesis química, registrados para el cultivo de aguacate Hass (tabla 6).

Tabla 6. Control de plagas y enfermedades en la parcela de integración.

Control	Ingrediente activo	Dosis
Pega-pegas	Imidacloprid	0,4 cm ³ /L
	Tiametoxam	0,2-0,4 cm ³ /L
Monalonion	Tiametoxam	0,2-0,4 cm ³ /L
	Dimetoato	1 cm ³ /L
Pasadores de fruto	Recolección de frutos afectados del árbol y el suelo	Frecuencia semanal
Ácaros	Abamectina	0,75-1 cm ³ /L
Trips	Malathion	1,5-2 cm ³ /L

Podas

Según Lemus et al. (2010), la poda es la operación que consiste en la eliminación sistemática del material que impide la adecuada iluminación de los actuales y futuros centros de producción, permite controlar la altura y disposición de las ramas, y facilita la realización de labores de cosecha y control de plagas y enfermedades en el cultivo.

Si la plantación se ha establecido con una alta densidad es necesario incluir un programa de podas adecuado, de lo contrario el desarrollo vegetativo puede impedir una cosecha rápida y desplazar la producción hacia la periferia de los árboles. Si esto sucede, implicará baja productividad por volumen de árbol y además disminución progresiva de los calibres del fruto (Lemus et al., 2010).

Una vez la etapa productiva se ha iniciado no se deben hacer podas drásticas y solamente se recomienda retirar las ramas enfermas o muertas, así como las que están en contacto con el suelo. De igual manera, es importante desinfectar regularmente las herramientas empleadas en esta labor (ICA, 2012).



Colombia por ser un país tropical, con diferentes condiciones climáticas y topográficas en un mismo territorio, presenta dificultades al momento de definir el sistema más adecuado de podas que se debe utilizar. En consecuencia, diferentes métodos adaptados a las condiciones tropicales son usados. Por ejemplo, métodos de bajo impacto como selección de tallos principales, control de brotes ortotrópicos, control de dominancia apical, regulación de brotes y cortes al momento de la cosecha, y otros como el anillado de ramas y las podas parciales de copa. Podas con énfasis en el desarrollo lateral y arquitectura de los árboles en copas y formas piramidales han mostrado un efecto favorable en altura final y desarrollo de los mismos. Los beneficios de las podas incluyen una producción más temprana y altos rendimientos por unidad de área, y la disminución de los costos de producción ligado a las labores (Lemus et al., 2010; Lynce-Duque, 2011).

Lynce-Duque (2011) señala algunas técnicas de poda en aguacate usadas en condiciones tropicales que han mostrado resultados positivos, respecto a la precocidad de producción, productividad y costos de manejo, entre las que se encuentran: poda de formación “pinch”, poda de selección de ejes principales, poda de control de altura y poda de cosecha regresiva de frutos.

Bernal y Díaz (2008) reportan algunas recomendaciones para realizar las podas, entre las que se encuentran:

- Realizar la labor en las primeras horas de la mañana para reducir el estrés sobre la planta.
- Usar herramientas con buen filo. Los cortes deben ser limpios y en bisel, teniendo cuidado de no magullar la corteza.
- Es importante desinfectar las herramientas al pasar de una planta a otra. Se pueden usar soluciones a base de hipoclorito de sodio al 1 %.
- Para prevenir la entrada de enfermedades por las heridas se debe aplicar un plaguicida de síntesis química en la zona donde se realizó el corte.
- Cuando el grosor de la rama cortada supera 1 cm se recomienda aplicar sobre la herida pasta cicatrizante, la cual se puede elaborar mezclando un insecticida, un fungicida y un sellante.



Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de aguacate Hass en el municipio de El Tambo, consultar el SE – MAPA

Como se expuso en las secciones 1 y 2, son dos los determinantes del riesgo agroclimático: la amenaza y la vulnerabilidad. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo, a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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

Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de aguacate Hass en el municipio de El Tambo

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, 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 del sistema productivo y en indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

Para cada uno de los dominios (grupos de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son 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 y no ser consideradas como un criterio único o una receta rígida.

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

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



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

En la tabla 7 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro, se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante un evento climático limitante para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición de déficit hídrico es media o baja para los productores de este sistema. El grado de sensibilidad de la producción al déficit hídrico en los dominios 1, 2 y 4 es alto, mientras que la capacidad adaptativa de los productores ante esta situación es baja para todos los dominios.

Finalmente, la última columna de la tabla 7 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la optimización de la fertilización y manejo y uso eficiente del riego. Esta viabilidad se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso las opciones son viables para todos los dominios.

Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de Aguacate en el municipio de El Tambo (Cauca).

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con exposición media a déficit hídrico. Áreas de producción de aguacate de hasta 2,4 ha. Tienen acceso a crédito, son propietarios de los predios y no cuentan con riego para la producción.	Media	Baja	Alta	Viable con restricción de área
2. Productores con exposición a déficit hídrico. Áreas de producción de aguacate de hasta 5 ha. Tienen acceso a crédito, son propietarios de los predios y no cuentan con riego para la producción.	Media	Media	Alta	Viable
3. Productores con baja exposición a déficit hídrico. Áreas de producción de aguacate de hasta 3,5 ha. Tienen acceso a crédito y son propietarios de los predios.	Baja	Baja	Alta	Viable

Implementar de las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

El dominio de recomendación 1, está integrado por productores que se encuentran ubicados en zonas condicionadas a prácticas de manejo para la producción de aguacate, lo que a su vez determina que tengan un nivel medio de exposición ante una condición de déficit hídrico. Por otra parte, la capacidad adaptativa de este grupo de productores es alta; lo que se debe a que son productores con acceso a crédito bancario, a asistencia técnica de calidad en campo, disponen de mano de obra familiar para las labores del cultivo, pero se

ven afectados por la falta de acceso de información agroclimática. Finalmente, el dominio de recomendación 1, constituye un conjunto de productores con cultivos con baja sensibilidad ante déficit hídrico en el suelo. Esto se explica en razón de que son productores con sistemas de riego para la producción (pese a que no sean los sistemas de riego más adecuados), además tienen esquemas adecuados de manejo fitosanitario y presentan prácticas de manejo de cultivo adecuadas como las relacionadas con las podas. De manera negativa, se resalta que el manejo de fertilización que utilizan los productores de este dominio, limita el potencial de producción que tiene el material genético utilizado en la zona (figura 8).

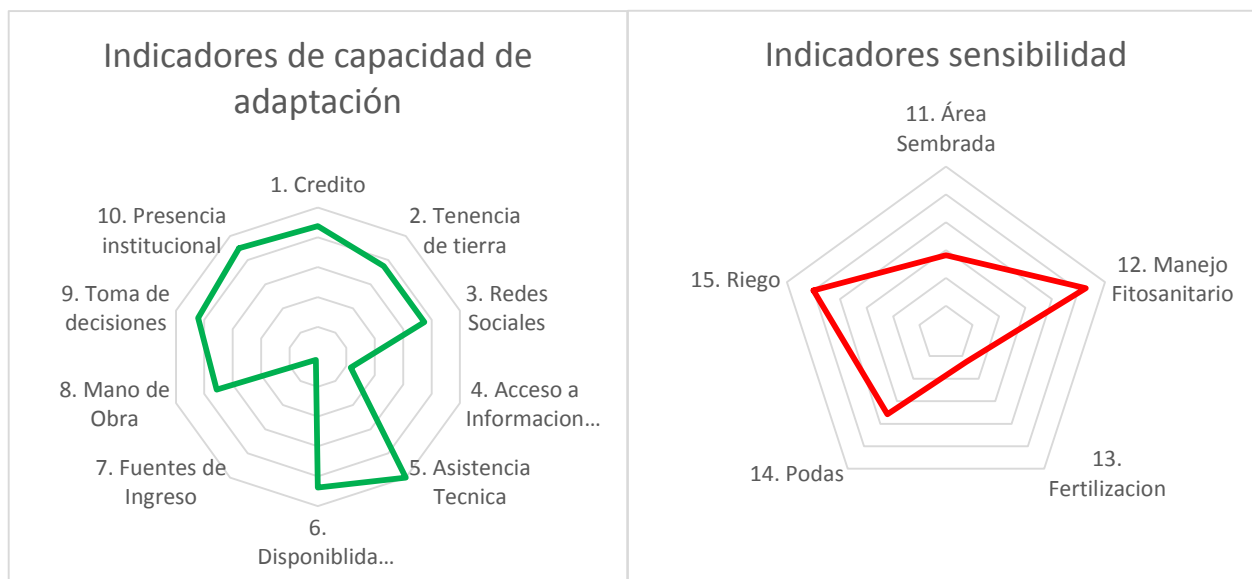


Figura 8. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 1.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la opción tecnológica de implementar un sistema de riego por goteo de doble anillo, en conjunto al esquema de optimización de fertilización en el sistema; es viable en relación con la acumulación de capital asociada a este esquema de producción. En concreto, para un productor representativo de este dominio (productor con 1,5 ha sembradas), y bajo condición de déficit hídrico, se recomienda disponer de alrededor 1,2 ha; con la tecnología propuesta, es decir, aproximadamente el 80 % del área sembrada. Esta limitación de área para implementar con la tecnología propuesta, se da como resultado de la alta inversión a realizar, pues en total,



el monto por hectárea es de alrededor de \$9.500.000 (a precios de 2015). No obstante, esta inversión está asociada a incrementos en los rendimientos de hasta el 90 % en producción, razón por la cual el punto ideal para incrementar los beneficios del productor sin incurrir en sobre costos, es destinar alrededor de 80 % del área sembrada con la tecnología mencionada. Este incremento en la producción asociada se hace necesario para mitigar la disminución productiva relacionada al déficit hídrico.

En caso de ser necesario se recomienda al productor acceder a un crédito bancario para asumir los costos adicionales asociados a la tecnología del riego y la optimización de fertilización, pues se prevé que este pueda ser pagado sin inconveniente tras el primer año de producción, o el segundo, si se trata de un cultivo en establecimiento. En cuanto a la fuerza laboral, se prevé que se haga necesaria la contratación de aproximadamente el 55 % de los jornales por año, en adición a la mano de obra familiar disponible; pues en concreto la producción demanda en su totalidad alrededor de 190 jornales por hectárea por año.

Dominio 2

El dominio de recomendación 2, de la misma forma que el dominio de recomendación 1, incluye productores cuyos predios están ubicados en zonas condicionadas a prácticas de manejo para la producción de aguacate, esto quiere decir que estos productores tienen un nivel medio de exposición ante una condición de déficit hídrico. La capacidad adaptativa por parte de estos productores es alta; en este caso, esto se debe a que son productores propietarios de sus predios, que a su vez presentan buenos esquemas de acceso a crédito bancario y tienen acceso a asistencia técnica de calidad en campo, pero se ven afectados por la falta de acceso de información agroclimática. Los productores de este dominio de recomendación tienen cultivos con grado medio de sensibilidad ante déficit hídrico en el suelo. Esto se debe a que estos productores no hacen uso de sistemas de riego, ni tienen esquemas adecuados de manejo fitosanitario; sin embargo presentan planes de manejo de fertilización adecuados, lo que afecta de manera positiva la producción (figura 9).

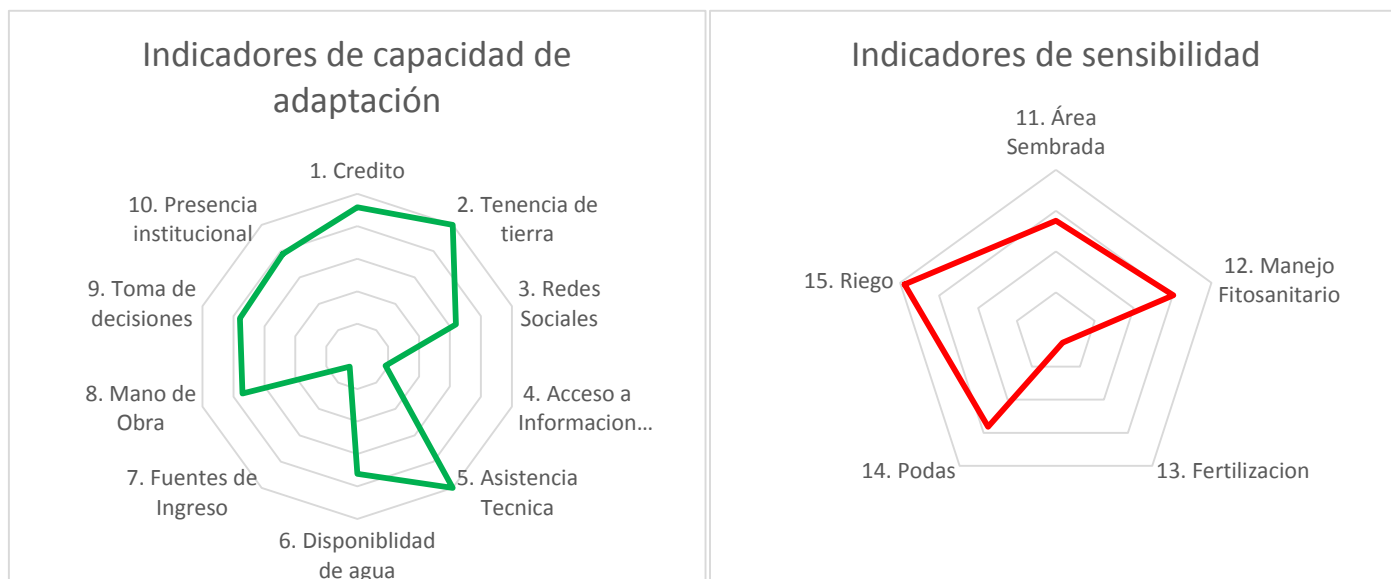


Figura 9. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 2.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la opción tecnológica (sistema de riego por goteo de doble anillo con esquema de optimización de fertilización) es viable en relación con la acumulación de capital asociada a este esquema de producción y representa una alternativa de mitigación de los efectos negativos asociados a una condición de déficit hídrico. En concreto, para un productor representativo de este dominio (productor con 2,5 ha sembradas) se recomienda disponer de al menos 0,6 ha; con la tecnología propuesta; es decir, aproximadamente el 25 % del área sembrada en aguacate. Se resalta, que los productores de este dominio, al tener predios más grandes, necesitan disponer menor área con la tecnología propuesta para compensar la disminución productiva asociada al déficit hídrico.

En caso de ser necesario se recomienda al productor acceder a un crédito bancario para asumir los costos adicionales asociados a la tecnología del riego y la optimización de fertilización, pues se prevé que este pueda ser pagado sin inconveniente tras el primer año de producción, o el segundo, si se trata de un cultivo en establecimiento. En cuanto a la fuerza laboral, se prevé que se haga necesaria la contratación de aproximadamente el 45 %

de los jornales por año, en adición a la mano de obra familiar disponible; pues en concreto la producción demanda en su totalidad alrededor de 190 jornales por hectárea por año. Finalmente se recomienda al productor, conforme al aumento en las utilidades en los ingresos lo permitan, implementar de manera progresiva la tecnología propuesta en la totalidad de los predios; esto como una estrategia de fortalecimiento técnico y financiero del sistema y no tanto como una medida de mitigación de efectos adversos asociados a una condición de déficit hídrico.

Dominio 3

Los productores del dominio de recomendación 3 presentan características heterogéneas tanto del dominio 1 como del dominio 2. No obstante, se caracterizan por estar ubicados en zonas que constituyen nichos productivos para la producción de aguacate, por lo que su exposición ante una condición de déficit hídrico es baja. En conjunto, la capacidad adaptativa de este grupo de productores es alta: tienen buenos esquemas de acceso a crédito bancario, acceso a asistencia técnica de calidad en campo, y disponen de mano de obra familiar para las labores del cultivo, pero se ven afectados por la falta de acceso de información agroclimática. Los cultivos de aguacate de estos productores tienen baja sensibilidad ante déficit hídrico en el suelo, lo que se debe a que son productores que tienen esquemas adecuados de manejo fitosanitario y presentan prácticas de manejo de cultivo adecuadas como las relacionadas con las podas, pero que de manera negativa; tienen inadecuados esquemas de fertilización y no presentan uso de sistemas de riego para la producción (figura 10).

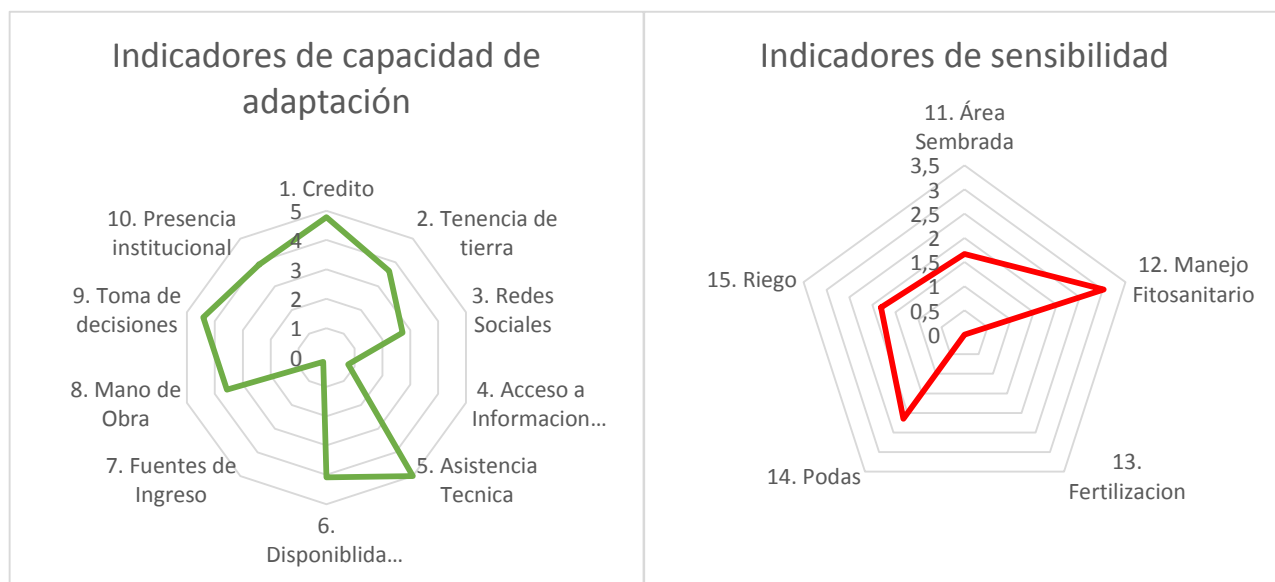


Figura 10. Indicadores de sensibilidad (en rojo) y capacidad de adaptación (en verde) para el dominio de recomendación 3.

En virtud de que los productores de este dominio tienen una exposición baja ante una condición de déficit hídrico, la recomendación de implementar las tecnologías se da en relación con el fortalecimiento técnico y financiero del sistema, mas no constituye una estrategia de mitigación de efectos adversos, asociados a la condición de déficit hídrico.

Los valores de recomendación para la implementación tecnológica por parte de estos productores, deben ser ajustados de acuerdo con sus condiciones socioeconómicas, evaluando para cada productor si se acerca más al dominio 1 o al dominio 2.



REFERENCIAS

- Agronet (2015). *Estadísticas agropecuarias*. Recuperado de <http://www.agronet.gov.co/Paginas/estadisticas.aspx>
- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. & Smith, M. (2006). *Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Bernal, J., Díaz, C., Osorio, T., Tamayo, Á., Osorio, W., Córdoba, Ó., Londoño, M. (2014). *Actualización tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. La Selva, Rionegro, Antioquia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Investigación.
- Bower, J. P., & Cutting, J. G. (1988). Avocado fruit development and ripening physiology. *Horticultural Reviews*, 10, 229-271.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático..
- Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para cebolla (Ocaña y La Playa), lulo (Ábrego y Teorama) y papa (Silos y Mutiscua)*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.
- Corpoica. (2016). *Informe final de la parcela de integración del sistema productivo de aguacate hass municipio de El Tambo, Departamento del Cauca*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático..



- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Antioquia y Chocó en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y el CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No. 002-2013.*
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate.* Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Kenworthy A.L. (1973). Leaf analysis as an aid in fertilizing orchards. En: Walsh L.M. y Beaton J.D. *Soil Testing and Plant Analysis. Soil Science Society of America* (p. 381-392). Madison, WI.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Sepúlveda, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C. & Celedón, J. (2010). *Boletín INIA 129: El cultivo del palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA.* Tercera edición. Santiago de Chile.
- 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.
- Lynce-Duque, D. (2011). *Poda del aguacate en Colombia.* Proceedings VII World Avocado Congress 2011 (Actas VII Congreso Mundial del Aguacate 2011).
- ICA. (2012). *Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate Hass (Persea Americana Mill.). Medidas para la temporada invernal.* Bogotá: ICA, Produmedios.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas.* Ginebra, Suiza: OMM.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. *Res. Paper*, (45) 58.



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>