



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

Municipio de Landázuri
Departamento de Santander



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Julio de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	
Joan Sebastián Gutiérrez Díaz	Profesional de apoyo a la investigación
Lida Viviana Figueredo Romero	Profesional de apoyo a la investigación
Jairo Rojas Molina	Investigador máster, facilitador regional
Andrés Felipe Zabala Perilla	Investigador máster, economista
Wilman Orley Londoño Salcedo	Profesional de Apoyo a la Investigación, transferencia
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador <i>Ph. D.</i> , líder producto seis
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. La Suiza que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo.....	3
Sección 1: factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Landázuri, Santander .	5
Exposición del sistema productivo de aguacate a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Landázuri.....	9
Zonas del municipio de Landázuri con mayor o menor riesgo de pérdida productiva para el sistema de aguacate.....	17
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático	19
Sección 2: prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate ante condiciones restrictivas de humedad de suelo en el municipio de Landázuri, Santander ..	21
a. Sistema de riego por aspersión	23
b. Manejo de la fertilidad de suelo.....	23
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas.....	25
Prácticas adicionales que pueden implementarse para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate en Landázuri a condiciones restrictivas de humedad de suelo.....	27
Sección 3: implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de aguacate (<i>Persea americana. Mill</i>) en el municipio de Landázuri, Santander	34
Dominio de recomendación	34



Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad de suelo	34
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo aguacate en Landázuri, Santander	35
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio	36
Referencias	41



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri, en condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Landázuri, Santander.	5
Figura 3. Precipitación en años extremos, 1992 y 2010, y promedio multianual (1980-2011) en el municipio de Landázuri.	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelo para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri.	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis enero-diciembre.	15
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Landázuri para el sistema productivo de aguacate en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.	18
Figura 7. Balance hídrico atmosférico (superior) y agrícola (inferior) para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri, entre los meses de abril y noviembre de 2015.	22
Figura 8. Peso promedio de frutos por tratamiento para los dos momentos de evaluación considerados. Parcela de integración sistema productivo de aguacate, Landázuri (Santander). T ₀ : fertilización sin análisis de suelo y sin sistema de riego. T ₁ : fertilización con análisis de suelo y con riego por microaspersión. T ₂ : fertilización sin análisis de suelos y con riego por microaspersión.	25
Figura 9. Crecimiento en longitud y diámetro del fruto cuajado para cada tratamiento. T ₀ : fertilización sin análisis de suelo y sin sistema de riego. T ₁ : fertilización con análisis de suelo	



y con riego por microaspersión. T ₂ : fertilización sin análisis de suelos y con riego por microaspersión.	26
Figura 10. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	37
Figura 11. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	39
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3	40



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Landázuri durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.....	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Landázuri durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Calendario fenológico para aguacate criollo (superior) y aguacate Lorena, Santa Cruz y Santa Ana (inferior) en la ventana temporal de análisis de enero a diciembre para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri.	16
Tabla 4. Plan de fertilización establecido para la parcela de integración del sistema productivo de aguacate en Landázuri.	24
Tabla 5. Tasa de aumento para longitud y diámetro de fruto. Parcela de integración sistema productivo de aguacate, Landázuri, Santander.....	27
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo aguacate en el municipio de Landázuri, Santander.	36



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 sustentan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos y contribuir a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y largo plazo. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a 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 de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Santander fue priorizado por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) en el municipio de Landázuri.

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate a condiciones de déficit hídrico en el suelo (priorizada participativamente por productores), en el municipio de Landázuri, en el departamento de Santander.



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 para el municipio de Landázuri (Santander), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por la exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. En la figura 1 se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad del sistema productivo de aguacate frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas para la prevención y adaptación, que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo de acuerdo con las características socioeconómicas de los productores locales.

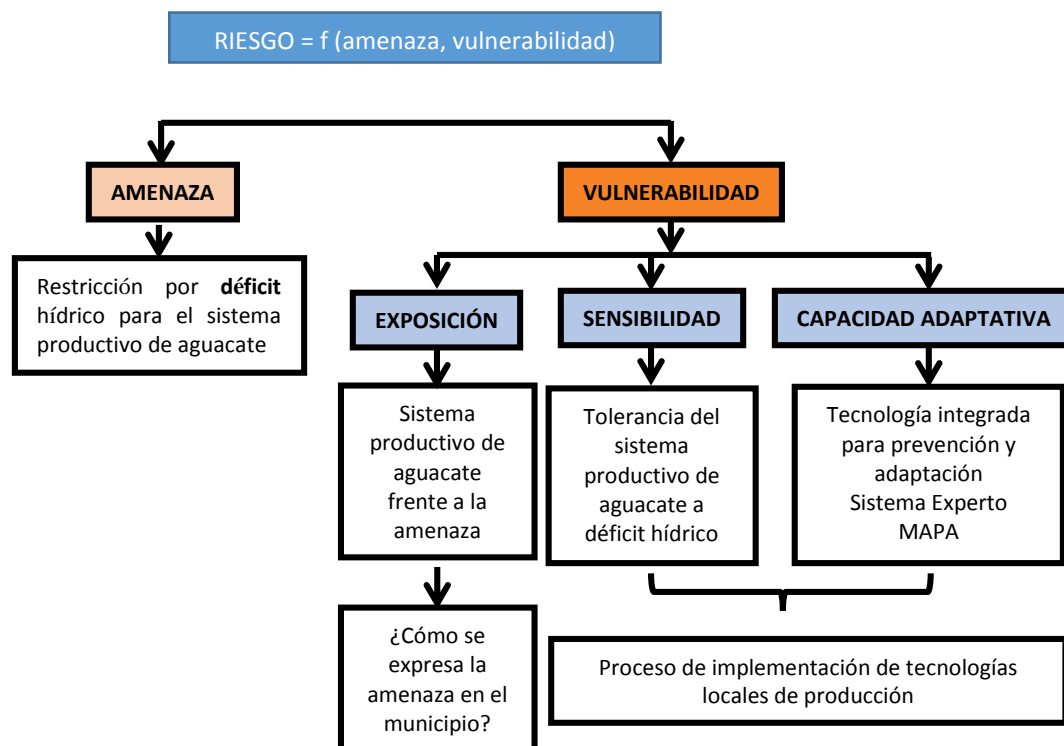


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázeni, en condiciones de déficit hídrico en el suelo.



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

A escala departamental: es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por variables biofísicas (subzonas hidrográficas), y climáticas (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, paisaje y altitud) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración [ET_0], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico, e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

Para mayor información sobre la distribución espacial de las variables que permiten analizar el riesgo agroclimático a escala departamental y municipal, consultar el Sistema Experto (SE) - MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Landázuri, Santander

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

En el municipio de Landázuri predomina el paisaje de montaña y lomerío caracterizándose por pendientes pronunciadas. Respecto a las subzonas hidrográficas, está influenciada principalmente por el río Opón y el río Carare, y la mayor parte del municipio presenta elevaciones entre 0 y 1.000 msnm (figura 2).

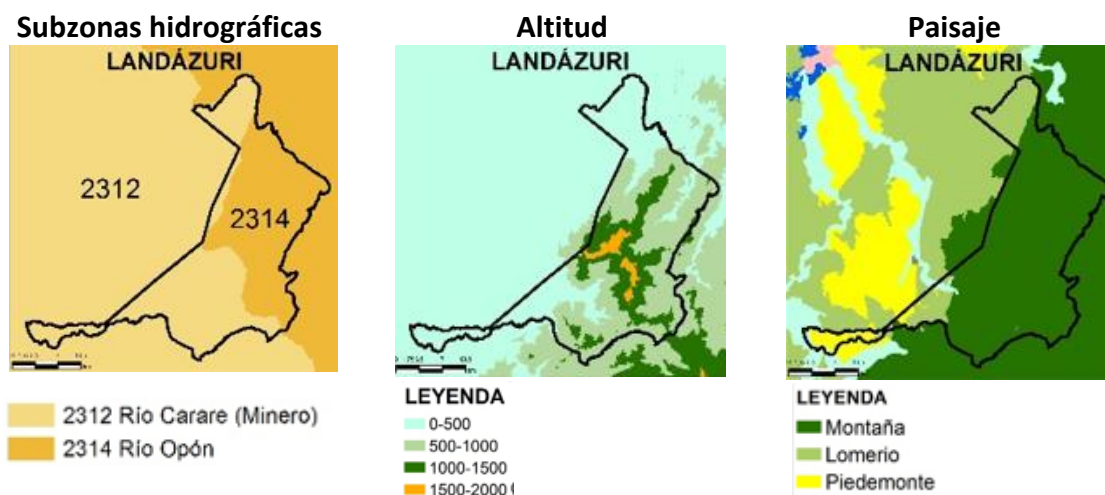


Figura 2. Mapas de variables biofísicas del municipio de Landázuri, Santander.
Fuente: Corpoica (2015a).

Un segundo asunto que se debe revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980 – 2011), con lo cual es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer la tendencia histórica en las que las variables climáticas pueden cambiar cuando se presentan nuevamente estos fenómenos. De la información empleada para el análisis climático del municipio de Landázuri (Santander), se destacan:

Precipitación: en la figura 3 se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Landázuri, la línea verde representa la precipitación promedio multianual y, las barras rojas y azules la precipitación durante los eventos de mayor variabilidad asociadas a eventos El Niño Oscilación Sur (ENSO, por sus siglas en inglés): El Niño (1992) y La Niña (2010) (Corpoica, 2015a).

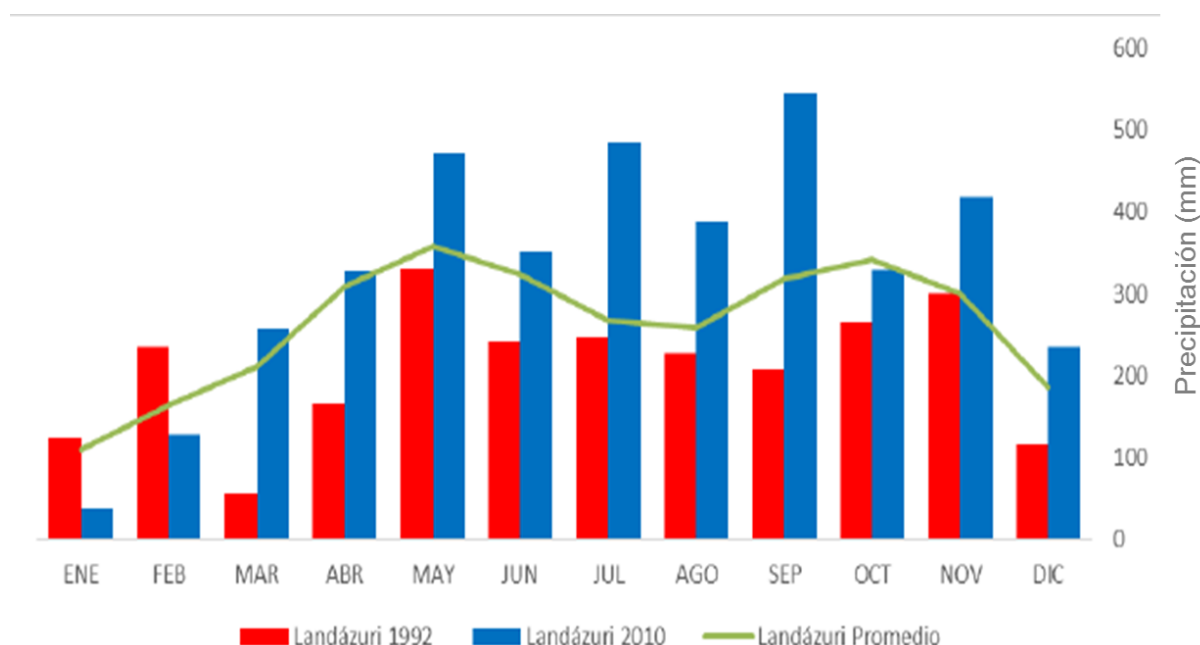


Figura 3. Precipitación en años extremos, 1992 y 2010, y promedio multianual (1980-2011) en el municipio de Landázuri.

Fuente: Corpoica (2015a).

En el municipio de Landázuri la precipitación tiene un comportamiento bimodal (trimestres marzo-mayo y agosto-octubre), una temporada de baja precipitación hacia la mitad del año y otra en el trimestre diciembre-febrero. En los meses de marzo y abril, durante el evento El Niño, se presentaron las diferencias más marcadas con el promedio multianual y los demás datos de precipitación mensual. En consecuencia, el periodo más crítico se da durante estos meses, ya que los productores esperan más lluvias por ser el momento en el que normalmente (sin evento El Niño), empieza el primer pico de precipitación del año, y porque además ha sido precedido por una temporada de baja precipitación.

Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permite cuantificar la severidad del fenómeno de El Niño y La Niña. La información para el municipio de Landázuri con respecto a eventos El Niño se presenta en la tabla 1 y para eventos La Niña, en la tabla 2. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- El valor de la anomalía en porcentaje, el cual 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. Este 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 ha sido la variación porcentual de la precipitación durante los fenómenos El Niño y La Niña en los últimos 32 años (1980-2011), constituyendo información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Landázuri 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	-13%	-1%	-19%	7%	-15%	-16%	3%	7%	-8%

Fuente: Corpoica (2015a)

¹ Cuando la variación supera valores de 0,5 durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5 también de forma consecutiva por cinco meses, es un evento 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.shtml), permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

Para el municipio de Landázuri el máximo valor de ONI fue de 2,5 y ocurrió entre mayo de 1997 y mayo de 1998, generando una disminución de precipitación de 15%; sin embargo, la anomalía de lluvias más intensa se presentó en el evento El Niño de mayo de 1991 y junio de 1992 con índice ONI de 1,8 y anomalía negativa de 19%.

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Landázuri 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	0%	15%	14%	15%	-14%	10%	50%

Fuente: Corpoica (2015a)

Para el evento La Niña, el mínimo valor ONI se presentó de mayo de 1988 a mayo de 1989 con un valor de -1,9 generando un aumento de la precipitación de 15%, sin embargo, la anomalía positiva más intensa se presentó durante el evento de julio de 2010 a abril de 2011 con un valor de 50%. No obstante, durante el evento de octubre de 2000 y febrero de 2001 se presentó un valor de ONI de -0,7 generando una anomalía negativa de precipitación de 14%.

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 la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT) que modula los periodos estacionales de lluvias, así como las distintas corrientes oceánicas que alteran tales periodos.

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, susceptibilidad a déficit hídrico en eventos El Niño, susceptibilidad biofísica a inundación, 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).



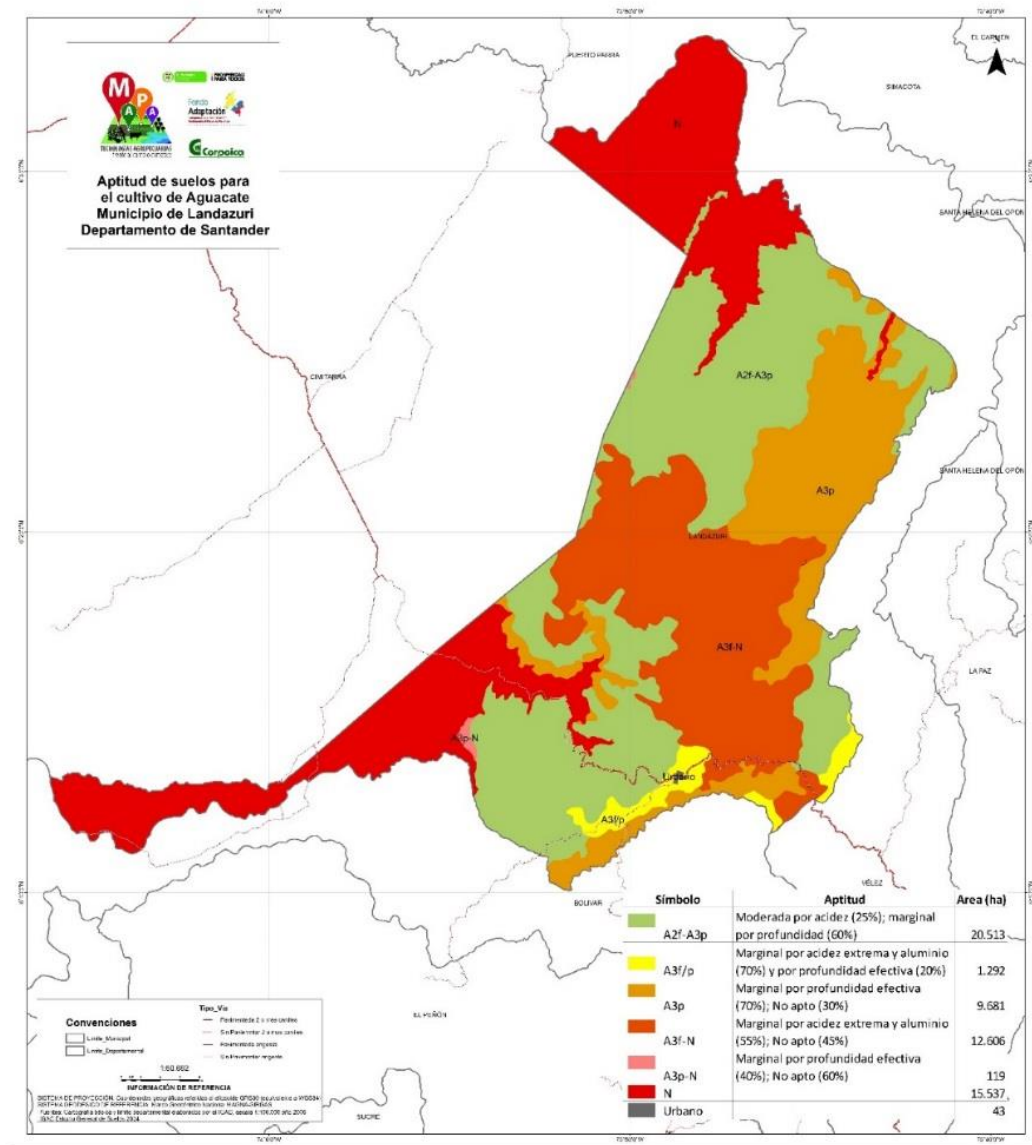
Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consultar el SE-MAPA

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

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 a su ubicación en el municipio.

Para evaluar la exposición identifique:

a. Las limitaciones de los suelos en el municipio: esto se puede observar en el mapa de aptitud de suelos a escala 1:100.000 (figura 4). Hay que tener en cuenta que algunas limitaciones del suelo pueden manejarse, como las propiedades químicas (con aplicación de enmiendas y fertilizantes), mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas o textura). Sin embargo, se debe tener presente que la escala del mapa es 1:100.000, lo cual no permite identificar particularidades a nivel local.










Símbolo	Aptitud	Área (ha)	%
	A2f-A3p	Moderada por acidez (25%), marginal por profundidad (60%).	20.513 34,3%
	A3f/p	Marginal por acidez extrema y aluminio (70%), y por profundidad efectiva (20%).	1.292 2,2%
	A3p	Marginal por profundidad efectiva (70%), no apto (30%).	9.681 16,2%
	A3f-N	Marginal por acidez extrema y aluminio (55%), no apto (45%).	12.606 21,1%
	A3p-N	Marginal por profundidad efectiva (40%), no apto (60%).	119 0,2%
	N	No apto	15.537 26,0%
	Urbano		43 0,1%
	Total general	59.790	100

Figura 4. Aptitud de uso de suelo para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri.

Fuente: Corpoica (2015b).

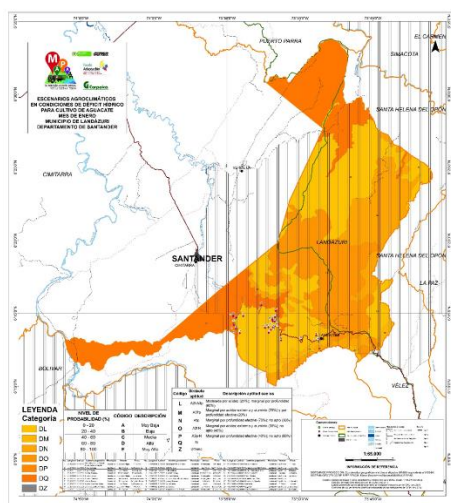
Para tener en cuenta: El municipio de Landázuri no presenta suelos con aptitud óptima “A1”. Aproximadamente 9% de su área presenta suelos asociados a aptitud moderada “A2” por condiciones de acidez (5.130 ha aprox.). Con aptitud marginal se estima 45% del total del área, a esta categoría se asocian suelos caracterizados por acidez extrema, altos contenidos de aluminio y poca profundidad efectiva (Corpoica, 2015b).

Más de 14% del área se clasificó como no apta para el aguacate, debido principalmente a suelos muy superficiales con contactos líticos a menos de 25 cm y localizados en pendientes empinadas, lo cual limita su uso para agricultura. (Corpoica, 2015b).

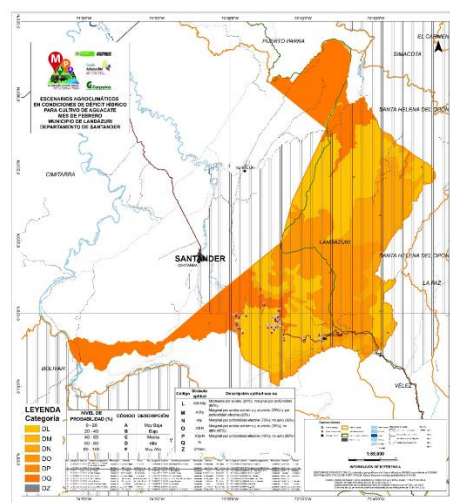
b. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico para el sistema productivo de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica: esta se puede identificar en los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5). De acuerdo con el cálculo del índice severidad de sequía de

Palmer² (Palmer, 1965), bajo una condición de déficit hídrico la probabilidad de ocurrencia de esta condición puede ser: baja- tonos verdes (20- 40%), media- tonos amarillos (40- 60%), alta- tonos naranjas (60- 80%) o muy alta- tono rojo (80- 100%), de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica del cultivo (tabla 3).

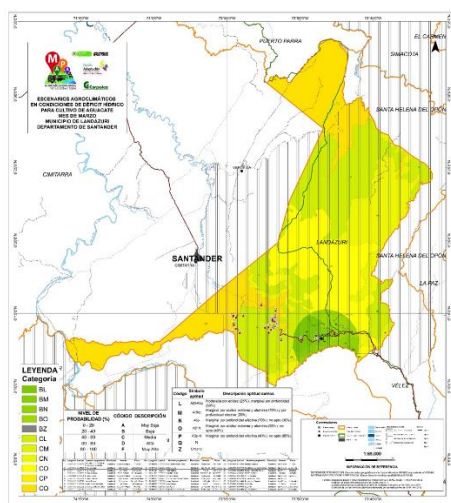
Enero



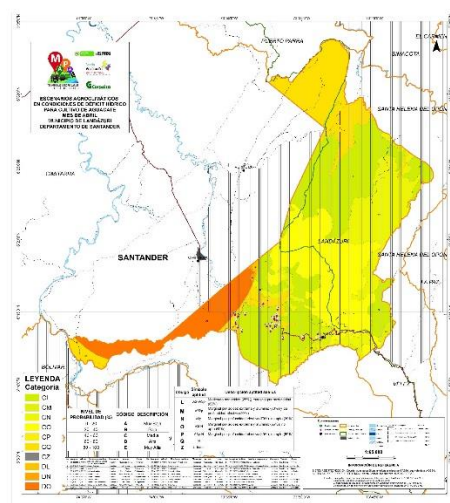
Febrero



Marzo

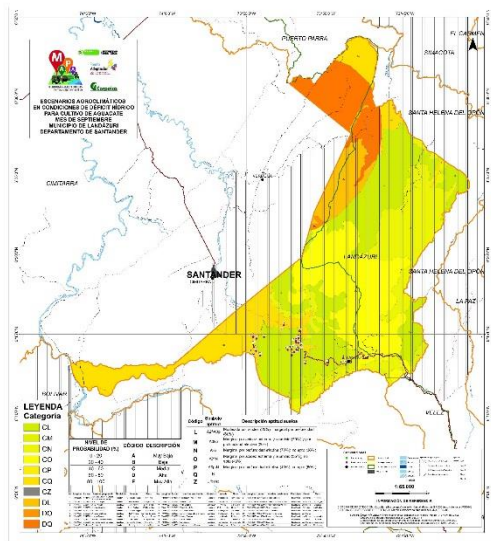


Abril

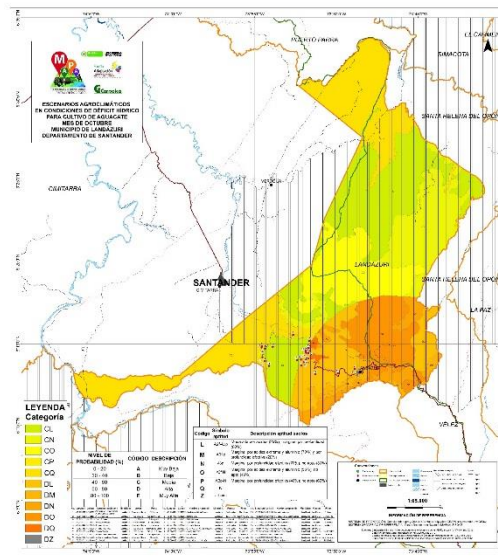


² Mide la duración e intensidad de un evento de sequía a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.

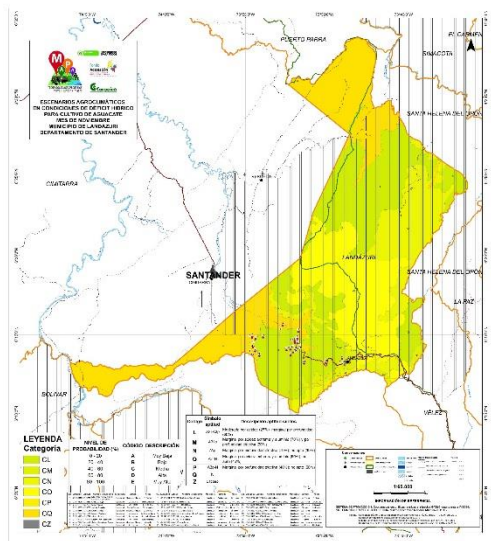
Septiembre



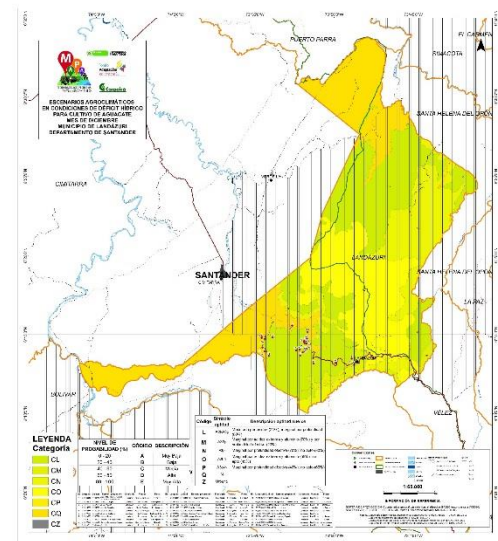
Octubre



Noviembre



Diciembre



LEYENDA Categoría

BL
BM
BN
BO
BZ
CL
CM
CN
CO
CQ
DL
DN
DO
DP
DQ
EQ

Nivel de probabilidad (%)	Código	Descripción
---------------------------	--------	-------------

0-20	A	Muy Baja
20-40	B	Baja
40-60	C	Media
60-80	D	Alta
80-100	E	Muy Alta

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A2f-A3p	Moderada por acidez (25%), marginal por profundidad (60%).
M	A3f/p	Marginal por acidez extrema y aluminio (70%), y por profundidad efectiva (20%).
N	A3p	Marginal por profundidad efectiva (70%), no apto (30%).
O	A3f-N	Marginal por acidez extrema y aluminio (55%), no apto (45%).
P	A3p-N	Marginal por profundidad efectiva (40%), no apto (60%).
Q	N	
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis enero-diciembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

Tabla 3. Calendario fenológico para aguacate criollo (superior) y aguacate Lorena, Santa Cruz y Santa Ana (inferior) en la ventana temporal de análisis de enero a diciembre para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri.

Descripción	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								
Desarrollo del órgano floral																																																
Floración																																																
Desarrollo del fruto																																																
Cosecha																																																

Descripción	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	1	2	3	4				
Desarrollo del órgano floral																																																
Floración																																																
Desarrollo del fruto																																																
Cosecha																																																

Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: Para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri los meses de enero y febrero presentan una alta probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico (60-80%, tonos naranja). Esto indica que en cultivos de aguacate criollo puede presentarse un fuerte estrés que coincidiría con las fases tempranas desarrollo del fruto. En los demás meses la probabilidad de ocurrencia déficit hídrico es media (40-60%, tonos amarillos).

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



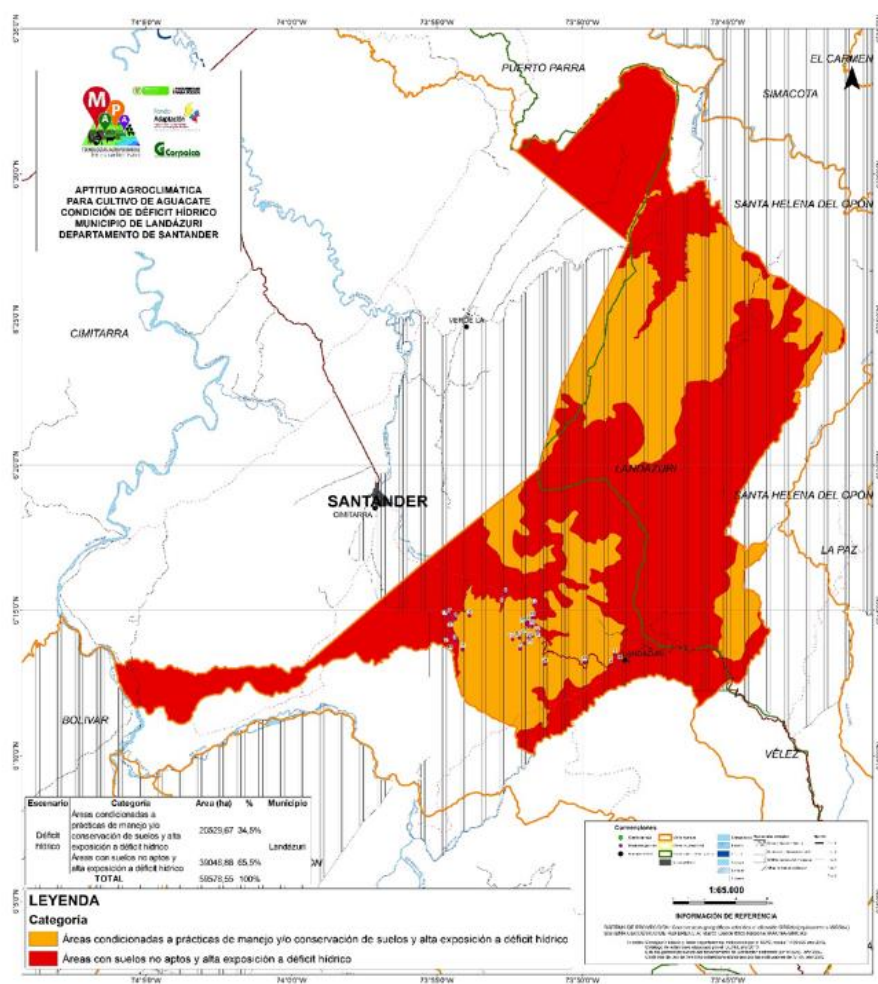
La falta de agua durante el crecimiento del fruto de aguacate limita su producción y calidad, particularmente si el estrés se produce en épocas de temperaturas altas (Ferreira *et al.*, 2007).

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

Para conocer con mayor detalle los mapas escenarios agroclimáticos para condición de déficit hídrico, en la ventana de análisis considerada, consultar el
SE- MAPA

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

A continuación se presenta el mapa de aptitud agroclimática del municipio de Landázuri para el sistema de aguacate (figura 6). Este mapa integra la exposición a déficit hídrico para el 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

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

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Landázuri para el sistema productivo de aguacate en condiciones restrictivas de humedad en el suelo por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).



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

- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico:** (tonalidad naranja) esta área representa el 35% (aproximadamente 20.500 ha) del área total municipal. Los suelos presentan aptitud moderada para el sistema productivo, pero hay alto riesgo de estrés por deficiencias de agua. Pese a que hay suelos que podrían ser empleados para el establecimiento del cultivo, las excesivas pérdidas de agua en este restringen su uso.
- **Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico:** (tonalidad roja) esta área representa el 65% (aproximadamente 39.000 ha) del área total municipal. En estas áreas el riesgo agroclimático es tanto por suelos no aptos como por alta probabilidad de que se presente una condición restrictiva de humedad de suelo por déficit.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri (Santander) consultar el SE - MAPA

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

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

Información agrometeorológica: este tipo de 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 (clima): obtenidos mediante una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: monitoreo de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan el cultivo tales como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal y de cultivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra y cosecha.

El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima, media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo, principalmente en etapas fenológicas críticas y relacionadas 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 para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate ante condiciones restrictivas de humedad de suelo en el municipio de Landázuri, Santander

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo genera sobre el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri. Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de abril y octubre de 2015. El estado del agua en la atmósfera y el suelo para este período de tiempo se presenta en el balance hídrico atmosférico (figura 7-superior) y el balance hídrico agrícola (figura 7-inferior), respectivamente.

Durante la mayor parte del tiempo de validación se pudo observar que la evapotranspiración se mantuvo por debajo de la precipitación registrada, lo cual sugiere que no se presentó déficit hídrico (figura 7 superior). Aunque se presentó una cantidad de lluvia importante en la zona y con los datos disponibles el balance atmosférico es positivo, puede que el agua no haya sido retenida por el suelo y que se hayan presentado condiciones restrictivas de humedad para las plantas.

Para evidenciar, con mayor exactitud, la dinámica del agua en el sistema, se presenta el balance hídrico agrícola (figura 7 inferior), el cual toma en cuenta propiedades de suelo como es la textura y la capacidad de retención de humedad. Las anteriores propiedades permiten calcular la lámina de agua disponible (ADT-fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente), agua fácilmente aprovechable (AFA-agua capilar retenida en los mesoporos del suelo) y el agotamiento de agua, lo cual está relacionado con el consumo de agua por parte del cultivo.

Se evidencia que el agotamiento, es decir la cantidad de agua faltante en la zona radicular, con respecto a la capacidad de campo sobrepasa el AFA en varios momentos. Después de que el agotamiento en la zona radicular exceda a AFA, el agotamiento será lo suficientemente alto como para limitar la evapotranspiración del cultivo, lo cual indica estrés hídrico por déficit de agua en el suelo (Allen et al., 2006).

Por su parte, 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 del líquido en el suelo. Toma valores entre 0 y 1, los valores cercanos a cero indican mayor estrés hídrico en la planta relacionado con limitantes en la disponibilidad del recurso hídrico (Allen et al., 2006).

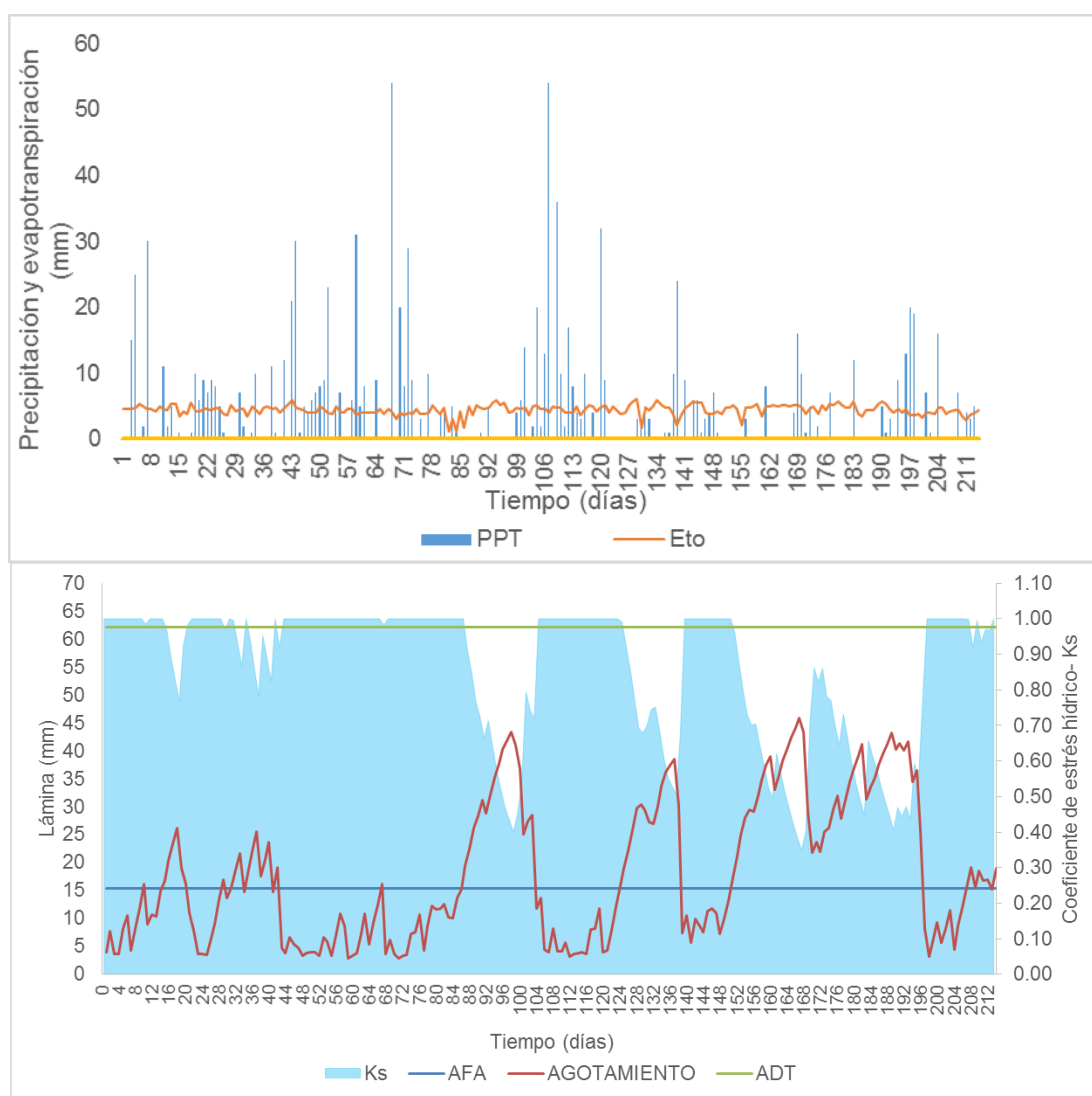


Figura 7. Balance hídrico atmosférico (superior) y agrícola (inferior) para el sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri, entre los meses de abril y noviembre de 2015.

Fuente: Corpoica (2016).



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 Landázuri, Santander.

a. Sistema de riego por aspersión

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 y la calidad del agua para riego. Adicionalmente, es necesario contar con un diseño previo el cual debe realizarse basado en el levantamiento topográfico del lote, para contemplar la ubicación de la fuente de agua, de la tubería principal y secundaria de riego y los laterales de riego con los emisores.

Para el diseño agronómico del sistema en la parcela de integración se calculó la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_0) a partir de los datos meteorológicos arrojados por la estación manual, para ello se utilizó el software de la FAO (ET_0 Calculator). Con el valor de ET_0 se calculó la evapotranspiración del sistema productivo, considerando que el cultivo se encontraba establecido a una distancia de siembra de 7 m entre surcos y 7 m entre plantas (204 plantas/ha), y asumiendo una evapotranspiración del cultivo de 5,27 mm/día, un porcentaje de cobertura de 65% y un coeficiente de cultivo (K_c) de 0,85. Se determinó el requerimiento de agua de cada árbol de aguacate en 169 l/día, con un tiempo de riego máximo de 3 horas y 23 minutos, una frecuencia de riego diaria y, con un caudal en el microaspersor de 50 l.h^{-1} y ubicando uno para cada árbol.

b. Manejo de la fertilidad de suelo

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 establecido en la parcela de integración se realizó con base en el análisis de suelo, pero además se tuvo en cuenta el

análisis foliar, 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 en sitios con diferencias de pendiente. Para ello se hizo un hoyo a 20 cm de profundidad en la periferia de la copa proyectada en el suelo y se extrajo suelo de la pared del mismo, se mezclaron todas las submuestras y se extrajo una muestra de 1 kg que se envió al laboratorio para su respectivo análisis.

Según Salazar-García et al. (2009), para obtener un rendimiento de hasta 28 t.ha⁻¹ en un huerto con 156 árboles de aguacate la dosis requerida de nutrientes es 334 kg de N, 116 kg de P₂O₅, 394 kg K₂O, 127 kg Zn y 15 kg B. En la parcela de integración se aplicó nitrógeno y fósforo en dosis de mantenimiento. La aplicación de la fertilización se fraccionó en tres momentos, en cada aplicación se suministró riego, el fertilizante se dispuso en media luna alrededor de los árboles (luego del plateo de los mismos) y se incorporó con rastrillo. Adicionalmente, se realizó la aplicación de la enmienda (cal dolomita) para elevar el pH, dado que la acidez presente en el mismo puede impedir la adecuada absorción de los nutrientes.

De acuerdo con el requerimiento reportado y el análisis de suelo realizado, el plan de fertilización se presenta en la tabla 4.

Tabla 4. Plan de fertilización establecido para la parcela de integración del sistema productivo de aguacate en Landázuri.

Producto	Dosis (g/planta)	Cantidad año (kg)	Cantidad anual (kg.ha ⁻¹)
Urea	100	22	20,4
DAP	40	9	8,16
Sulfato de potasio	150	34	30,6
Sulfato de manganeso	18	4	3,67
Sulfato de zinc	18	4	3,67
Agrimins	50	11	10,2
Abonissa	1000	216	204
Cal dolomita	1065	115	217,2

Fuente: Corpoica (2016).

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas validadas

Las ventajas comparativas se presentan dada la condición restrictiva de déficit hídrico en el suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente son un marco general de referencia que no se establecieron en condiciones experimentales y que fueron validadas en un área condicionada a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico; por lo tanto deben ser ajustadas para cada sistema productivo de acuerdo con la aptitud agroclimática del municipio.

La implementación de riego por aspersión con microjet y la fertilización con base en análisis de suelos incidió en el peso de los frutos como se muestra en la figura 8.

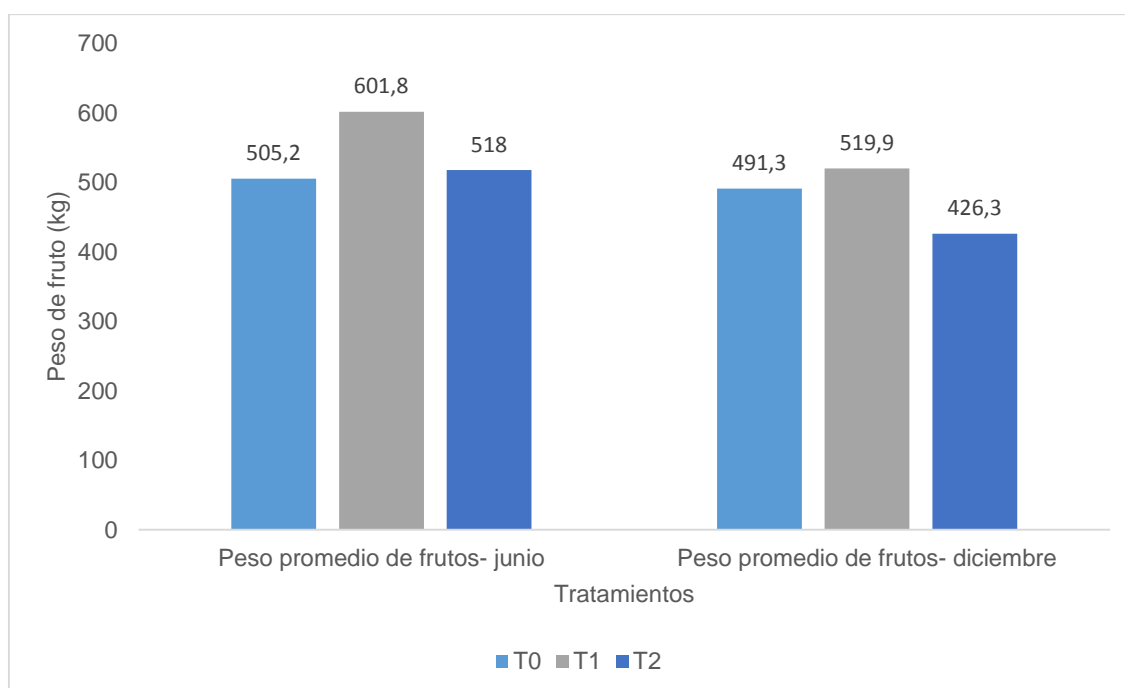


Figura 8. Peso promedio de frutos por tratamiento para los dos momentos de evaluación considerados. Parcela de integración sistema productivo de aguacate, Landázuri (Santander). T₀: fertilización sin análisis de suelo y sin sistema de riego. T₁: fertilización con análisis de suelo y con riego por microaspersión. T₂: fertilización sin análisis de suelos y con riego por microaspersión.

Fuente: Corpoica (2016).

Se observa que el peso de fruto en junio y diciembre obtuvo los mayores valores para las plantas que recibieron fertilización con base en análisis de suelo y tuvieron riego por microaspersión (T1 en la figura 8). Se evidenció un efecto positivo de la implementación de las opciones tecnológicas sobre el peso de los frutos de árboles de aguacate para ambos momentos de evaluación. Fue así como en junio el peso aumentó 20% y en diciembre el incremento fue de 6%, en comparación con los frutos de árboles que no recibieron fertilización adecuada y que no tenían sistema de riego.

El cambio en la longitud y diámetro de fruto cuajado a través del tiempo de monitoreo y la tasa de aumento calculada para cada tratamiento se presenta en la figura 9 y la tabla 3, respectivamente.

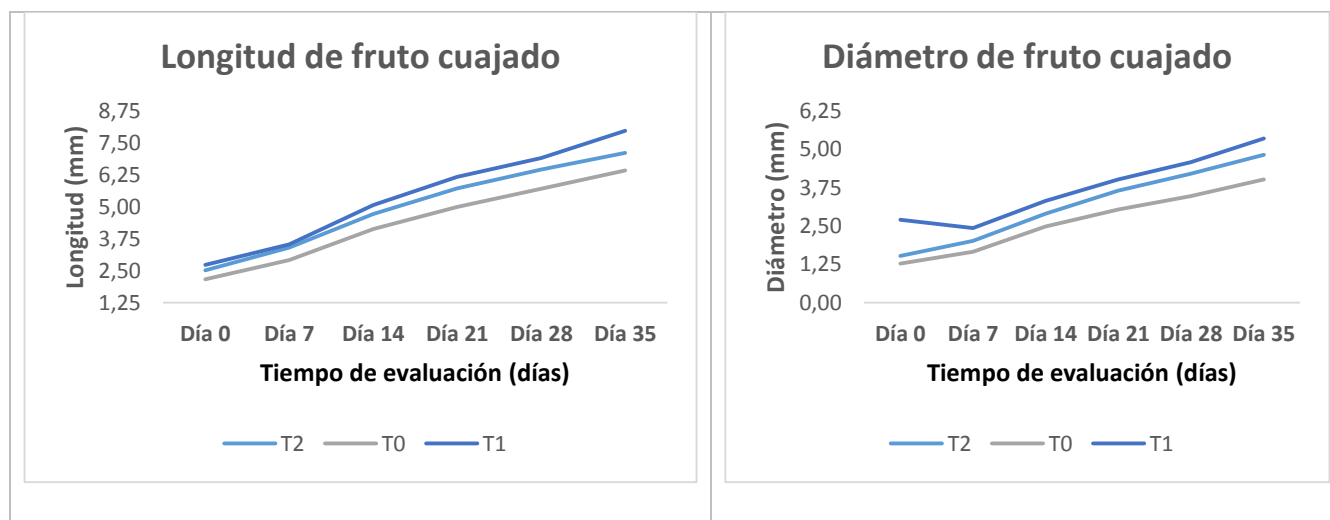


Figura 9. Crecimiento en longitud y diámetro del fruto cuajado para cada tratamiento. T₀: fertilización sin análisis de suelo y sin sistema de riego. T₁: fertilización con análisis de suelo y con riego por microaspersión. T₂: fertilización sin análisis de suelos y con riego por microaspersión.

Fuente: Corpoica (2016).

Tabla 5. Tasa de aumento para longitud y diámetro de fruto. Parcela de integración sistema productivo de aguacate, Landázuri, Santander.

Tratamiento	Longitud de fruto (cm/día)	Diámetro de fruto (cm/día)
T ₀ : fertilización sin análisis de suelo y sin sistema de riego.	0,12	0,08
T ₁ : fertilización con base en análisis de suelo y con riego por microaspersión.	0,15	0,11
T ₂ : fertilización sin análisis de suelo y con riego por microaspersión.	0,13	0,09

Fuente: Corpoica (2016).

Tanto el diámetro como la longitud de fruto fueron significativamente mayores para los frutos cosechados de árboles que recibieron fertilización con base en análisis de suelo y con riego por microaspersión durante todo el tiempo de evaluación. Así mismo se tuvo que la mayor tasa de aumento para ambas variables se dio para este mismo tratamiento. En promedio, los frutos que recibieron fertilización ajustada con análisis de suelo y suministro adecuado de agua aumentaron su longitud 25% y su diámetro 38% más rápido, en comparación con los frutos del tratamiento testigo.

Esto puede traducirse en que plantas nutridas adecuadamente y con suministro apropiado de agua, pueden presentar cosecha temprana y frutos de calidad deseable.

Prácticas adicionales que pueden implementarse para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate en Landázuri a condiciones restrictivas de humedad de suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de aguacate en el municipio de Landázuri se pueden desarrollar prácticas culturales y técnicas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo o para exceso de humedad, las cuales se pueden consultar en el SE- MAPA.

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.



Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE)

Según ICA (2012), el MIPE consiste en una serie de evaluaciones de manejo de problemas fitosanitarios, decisiones y controles, cuyo enfoque comprenden cuatro etapas.

- Determinación de umbrales de acción: es importante determinar el punto en el cual las poblaciones de plagas o enfermedades, o las condiciones ambientales suponen la necesidad de llevar a cabo una acción de control.
- Seguimiento e identificación de organismos problema: los programas de MIPE se fundamentan en hacer seguimiento a las plagas e identificarlas con precisión, de modo que se puedan tomar decisiones apropiadas para el control, en concordancia con los umbrales de acción. Lo anterior elimina la posibilidad de que los plaguicidas se utilicen cuando en realidad no se necesitan o que se emplee el tipo de plaguicida equivocado.
- Prevención: en un cultivo la prevención puede implicar el uso de métodos como la selección de variedades resistentes o tolerantes, la siembra de material sano y, la ubicación de puntos de desinfección de calzado y vehículos en las zonas de acceso al lote.
- Control: si los medios anteriormente descritos no son efectivos o no están disponibles los programas de MIPE deben evaluar el método de control apropiado en términos de eficacia y riesgo, el cual puede corresponder a la aplicación de plaguicidas. No obstante, se debe considerar que a pesar de que este es un método eficaz, también es de alto riesgo para el ambiente y el mismo sistema productivo.

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

Los principales problemas fitosanitarios reportados para aguacate y los principales síntomas asociados se presentan a continuación.

Pudrición de raíces (*Phytophthora cinnamomi*): En Colombia *P. cinnamomi* provoca pérdidas que oscilan entre 30 y 50% de los árboles en la etapa de vivero, y durante los dos primeros años de establecimiento del cultivo. En campo la enfermedad se presenta en las zonas más húmedas. Los árboles afectados detienen su crecimiento, las hojas son de



tamaño reducido, pierden su color verde normal y son de apariencia pálida. A medida que el vigor del árbol es menor se observa marchitez leve pero progresiva, aún en condiciones de adecuada humedad, debido a la pudrición de las raíces absorbentes, lo cual disminuye la toma de agua y nutrientes (Tamayo, 2007).

Roña (*Sphaceloma perseae* Jenkins): en el fruto se observan lesiones redondas o irregulares de color pardo o café claro, de apariencia corchosa, protuberantes y que pueden unirse, y afectar gran parte del fruto. Con el agrietamiento de las áreas afectadas se favorece el ingreso de otros organismos, afectando el valor comercial del fruto (ICA, 2012). La enfermedad es favorecida por precipitaciones abundantes y humedad relativa alta en el ambiente (Tamayo, 2007).

Pasador del fruto (*Stenoma catenifer* Walsingham): La polilla de la semilla del aguacate es una plaga de gran importancia en este cultivo por las restricciones que ocasiona para la comercialización de frutos en fresco (Téliz y Mora, 2007). En frutos afectados, se pueden observar daños caracterizados por exudados blanquecinos y acumulación de excrementos en el orificio de entrada. Es posible que los frutos infestados con larvas de *S. catenifer* caigan prematuramente al suelo donde las larvas continúen alimentándose de las semillas antes de salir del fruto (ICA, 2012).

Barrenador de las ramas del aguacate (*Copturomimus perseae* Hustache): Esta plaga barrena el tronco y las ramas, las cuales se van secando hasta provocar la muerte del árbol, su daño se extiende incluso hasta los frutos. Se advierten su presencia por los puntos de color blanco, de consistencia polvosa, que se desprenden fácilmente de la corteza de árbol, debajo de los cuales se pueden encontrar los estados inmaduros del insecto (ICA, 2012).

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

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.

El tipo de poda y su ejecución en campo debe tener el acompañamiento del asistente técnico de la zona. La poda debe estar seguida de la aplicación de cicatrizante y plaguicidas de síntesis química para evitar el ingreso de patógenos a la planta.

Inducción floral

La inducción floral es una serie de cambios en las células del meristemo vegetativo que permite la aparición de órganos florales en cambio de hojas. Estos cambios fisiológicos se originan por alteraciones metabólicas en las células meristemáticas como consecuencia de clima (bajas temperaturas), acciones físicas en el árbol (anillado- podas), la aplicación de sustancias químicas y el estrés hídrico provocado (déficit hídrico) (Romero, 2012; Dussan, 2014).

A continuación se presenta la descripción de algunas técnicas de inducción floral que se pueden aplicar de acuerdo a su pertinencia y a las características agroclimáticas de la zona. Anillado de ramas: Esta es una práctica complementaria de la poda y su función es estimular fructificación o aumentar el tamaño de los frutos. Se ha reportado que el anillado incrementa las reservas dentro de las ramas anilladas, aumenta la formación de yemas florales y por ende la producción (Bernal et al., 2014).

Recientemente, en diferentes zonas productoras del país, se ha logrado establecer que el anillado incrementa la productividad de los árboles que son sometidos a esta labor. Esto se da no solo por el aumento de peso de fruto, sino por el ingreso extra que puede recibirse al



tener la posibilidad de programar las cosechas para las épocas de mayor precio de venta (Lynce-Duque, 2011).

Aplicación de hormonas: según reportes de Salazar-García y Lovatt (2000), al inyectar ácido giberélico (25-50 mg/árbol) en el tronco de árboles jóvenes de aguacate Hass cuando las yemas se encuentran hinchadas, se obtiene un adelanto en el desarrollo de la inflorescencia hasta de tres semanas en comparación a los árboles sin aplicación.

En condiciones del trópico las bajas temperaturas no son suficientes para inducir la floración, por lo que también es importante que se presenten períodos cortos de déficit hídrico para favorecer este proceso. En épocas de exceso hídrico, se debe analizar la mejor técnica de inducción de floración de la mano con el asistente técnico de la zona.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de aguacate en Landázuri (Santander), 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. La primera se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas, y la segunda, a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y su capacidad adaptativa. 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.



La siguiente sección presenta algunos criterios técnico-económicos para la implementación de la opción tecnológica presentada 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 (*Persea americana*. Mill) en el municipio de Landázuri, Santander

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 *et al.*, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva, en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo. En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, en la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y, en los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

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

Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad de suelo

Para determinar los dominios de recomendación se usa 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. La información de las encuestas también se emplea para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a las condiciones restrictivas de humedad,



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

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de 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 a la condición limitante y el grupo de 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 aguacate en Landázuri, Santander

En la tabla 6 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presenta el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante un evento climático limitante para cada dominio. Se puede observar que los tres dominios definidos se encuentran en zonas con “alta” y “muy alta” exposición a condiciones climáticas de déficit hídrico, mientras la sensibilidad del cultivo es alta en dos de los tres dominios y la capacidad de adaptación del productor es baja para el dominio uno y media para los demás.

Finalmente, la última columna de la tabla 6 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la implementación de un plan de fertilización respaldado con un sistema de riego artificial. Esta viabilidad se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio y además determina proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso las opciones son viables para todos los dominios.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo aguacate en el municipio de Landázuri, Santander.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores que cuentan con disponibilidad de agua para riego y el área de siembra puede superar las 35 ha.	Alta	Alta	Baja	Viable
2. Productores heterogéneos ubicados en zona que cuenta con fuentes de riego en las fincas y el área sembrada en aguacate no supera las 35 ha.	Muy alta	Alta	Media	Viable
3. Productores que no cuentan con fuentes hídricas para riego.	Alta	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

Los productores de los tres dominios de recomendación se encuentran en niveles de alta o muy alta exposición a condiciones de déficit hídrico, por lo cual la implementación de la tecnología es prioritaria. Asimismo, dadas las características técnicas previamente tipificadas, requieren diferentes manejos para la implementación de la tecnología evaluada.

Dominio 1

Los sistemas productivos de este dominio presentan altos niveles de sensibilidad por concepto de la baja diversificación productiva en el cultivo de aguacate (monocultivo) y, por

la ausencia de planes integrados de fertilización química y orgánica. En términos de MIPE se reporta un nivel medio, mientras que en acceso a fuentes para riego existe un nivel bajo dada la presencia de este recurso en todas las fincas. La capacidad de adaptación de los productores es baja debido, principalmente, a que carecen de asistencia técnica, comercializan con intermediarios y no manejan información climática. No obstante tiene buen nivel de acceso a crédito y disponibilidad de mano de obra familiar.

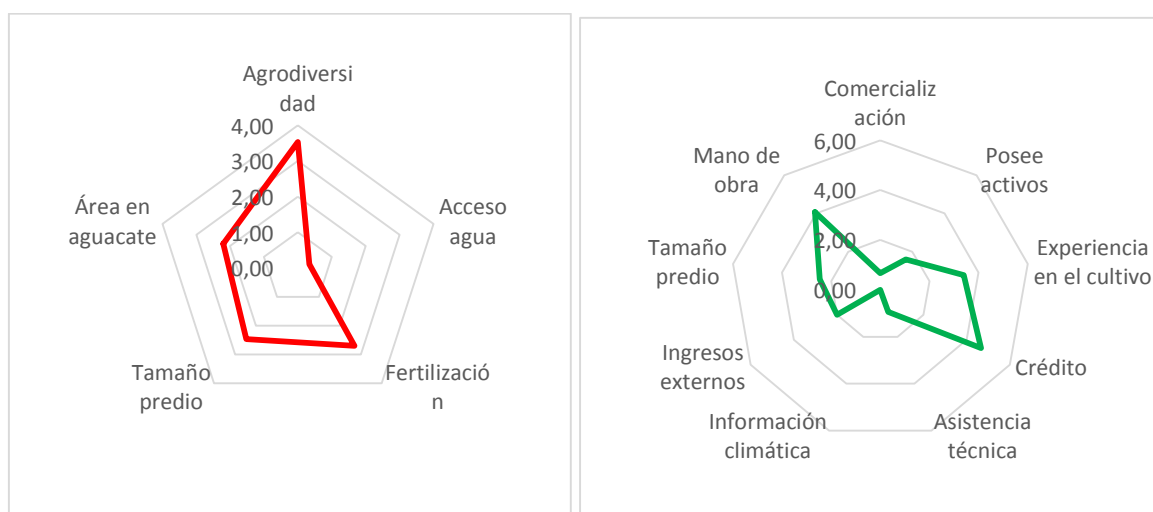


Figura 10. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

Para este grupo el análisis microeconómico sugiere para un productor de 11 ha en un periodo de cinco años, que el primer año se deben sembrar 3,24 ha tecnificadas y a partir del segundo año se puede introducir cultivo tecnificado en toda el área disponible. Lo referente al flujo de mano de obra indica que el primer año se pueden vender gran cantidad de jornales de la mano de obra familiar, pero a partir del segundo año, cuando se amplía el área tecnificada, es necesaria la contratación de jornales externos.

Dominio 2

Se orienta hacia productores ubicados en zonas de “muy alta” exposición a condiciones de déficit hídrico por lo que la implementación de las tecnologías propuestas es prioritaria y se hacen ciertas especificaciones para ello.



El 70% de los agricultores de este dominio presentan altos niveles de sensibilidad debido a la baja diversificación productiva en el cultivo de aguacate (monocultivo) y, por la ausencia de planes integrados de fertilización química y orgánica. En términos de manejo integrado de plagas y enfermedades (MIPE) se reporta un nivel medio, mientras que el acceso a fuentes para riego agrícola es adecuado.

La capacidad de adaptación de los productores es media debido, principalmente, a que tienen buen nivel de acceso a crédito y disponibilidad de mano de obra familiar; no obstante carecen de asistencia técnica, comercializan con intermediarios y no manejan información climática. Aspectos como ingresos externos o tamaño del cultivo (10-12 ha) se encuentran en niveles medios.

Para este 70% de agricultores el análisis microeconómico evaluado en cinco años para un productor de 10 a 12 ha, sugiere que el primer año se deben sembrar 3,24 ha tecnificadas y a partir del segundo año se puede introducir cultivo tecnificado en toda el área disponible. Lo referente al flujo de mano de obra indica que el primer año se pueden vender jornales de la mano de obra familiar, pero a partir del segundo año, cuando se amplía el área tecnificada, es necesaria la contratación jornales externos.

El 30% restante de los agricultores de este dominio poseen áreas de siembra de 6 ha (promedio) y, se diferencian de los otros agricultores por la ausencia de fertilización química y/o orgánica y la falta de acceso a riego agrícola. En términos de MIPE no presentan problemas ya que se realizan labores de seguimiento y control, y los niveles de sensibilidad son muy bajos.

Para este grupo, el análisis microeconómico sugiere la siembra de 3,56 ha tecnificadas el primera año, y a partir del segundo año ampliar a toda el área disponible el cultivo tecnificado. El flujo de mano de obra reporta que durante los cinco años para los que se ha hecho el análisis la familia puede vender jornales propios en actividades extra prediales.

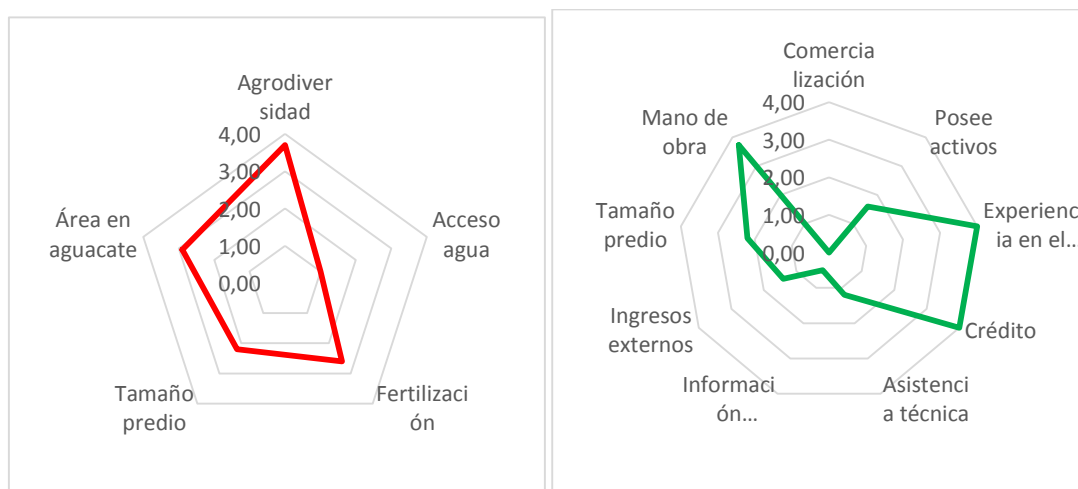


Figura 11. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.

Dominio 3

Los productores de este dominio se caracterizan por ser productores con grandes extensiones (comparados con los otros grupos) con áreas que pueden llegar hasta las 37 ha. Los cultivos presentan altos niveles de sensibilidad en términos de agrodiversidad y niveles medios en indicadores de acceso a riego agrícola, MIPE, aplicación de materia orgánica y fertilización química. Estos últimos tres indicadores pueden ser contrarrestados con la opción tecnológica propuesta (riego y fertilización).

En términos de adaptación de los productores el tamaño del predio mejora su capacidad, en tanto son agricultores grandes que producen mayor volumen a menor costo unitario. En segundo lugar, se destacan el tipo de mano de obra (casi en su totalidad familiar), la posesión de activos para trabajar el cultivo, el acceso a crédito y la experiencia en el cultivo de aguacate. Por otra parte, como indicadores que no respaldan la adaptación a eventos de déficit hídrico se encuentran el bajo nivel de generación de ingresos extra prediales, la comercialización y la asistencia técnica.

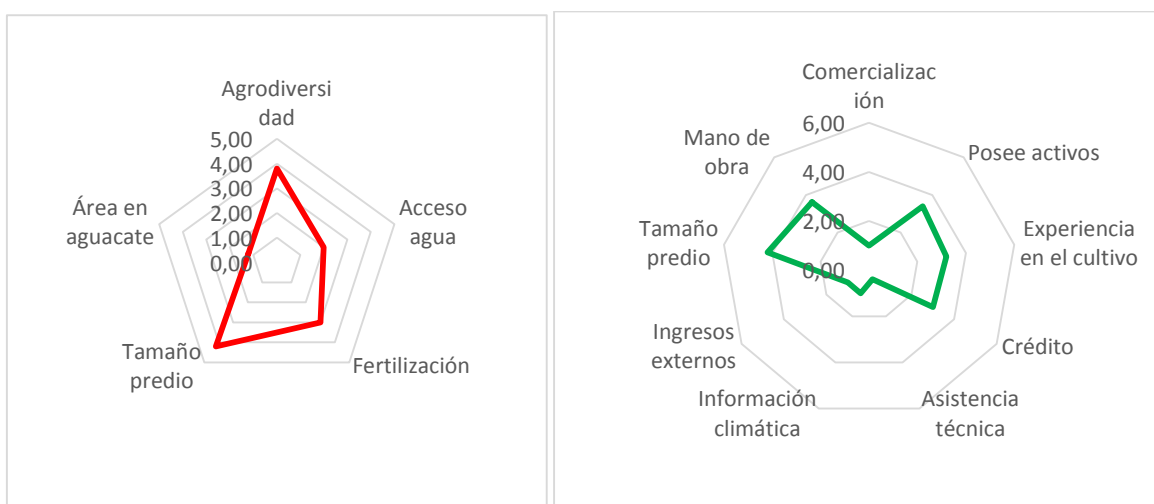


Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3

Según el análisis microeconómico, la progresión óptima de la implementación de las opciones tecnológicas debe empezar por 2,4 ha el primer año, 11,7 ha el segundo año y a partir del tercer año se pueden introducir las 37 ha disponibles para siembra. En todos los casos deben ser cultivos tecnificados, es decir, no se recomienda sembrar aguacate sin la opción tecnológica. El flujo de mano de obra sugerido reporta que únicamente durante el primer año se pueden vender jornales familiares y a partir del segundo año es necesario contratar gran cantidad de jornales externos, entre otras cosas, porque la rentabilidad del sistema permite costear.



REFERENCIAS

- Allen, R., Pereira, L., Raes, D. y Smith, M. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma. 323 p.
- Bernal, J. y Díaz, C. (2008). (Compiladores). Tecnología para el cultivo de aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. Manual Técnico 5. 241 p.
- Bernal, J., Díaz, C., Osorio, T., Tamayo, Á., Osorio, W., Córdoba, Ó.; Londoño, M., Kondo, Demian., Carabalí, A., Varón, E., Caicedo, A., Tamayo, P., Sandoval, A., Forero, L., García, J., Londoño, M. (2014). Actualización Tecnológica y Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) en el Cultivo de Aguacate. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. Centro de Investigación La Selva, Rionegro, Antioquia, Colombia. 410 p.
- Corpoica- CIAT. (2015). Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Antioquia y Chocó. Convenio CORPOICA-CIAT para realizar acciones dentro del marco del proyecto “Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático”. 62 p
- 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. 94 p.
- Corpoica. (2015b). Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para Aguacate (Landázuri), Cacao (San Vicente de Chucurí) y Mora (Piedecuesta). Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático. 82 p.
- Corpoica. (2016). Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Aguacate Municipio de Landázuri, Departamento de Santander. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático. 51 p.



- Dussan, C. (2014). Técnicas de inducción floral como mecanismo para programación de cosechas de aguacate Hass producido en la zona marginal alta cafetera. Monografía presentada como requisito parcial para optar al título de Agrónomo. Dosquebradas, Risaralda. 61 p.
- Ferreira, R., Selles, G., Maldonado, P., Celedón, J. y Gil, P. (2007). Efecto del clima, de las Características de la Hoja y de la Metodología de Medición en el Potencial Hídrico Xilemático en Palto (Persea americana Mill.). Agricultura Técnica 67(2), 182-188.
- ICA. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de aguacate Hass (Persea Americana Mill.). Medidas para la temporada invernal. ICA. Produmedios. Bogotá. 75 p.
- IPCC (2012). Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Lemus, G., Ferreyra, R., Gil, P., Sepúlveda, P., Maldonado, P., Toledo, C., Barrera, C. y Celedón, J. (2010). Boletín INIA 129: El Cultivo del Palto. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA. Tercera edición. Santiago de Chile. 82 p.
- Lores, A.; Leyva, A. y Varela, M. (2008). Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e Importancia para el Análisis Científico de los Agroecosistemas. Cultivos Tropicales. 29(3), 5-10.
- Lynce-Duque, D. (2011). Poda del aguacate en Colombia. Proceedings VII World Avocado Congress 2011 (Actas VII Congreso Mundial del Aguacate 2011). 10 p.
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, Suiza. Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). Meteorological Drought. Department of Commerce. Res. Paper, (45) 58.
- Romero, M. (2012). Comportamiento fisiológico del aguacate (Persea americana Mill.) Variedad Lorena en la zona de Mariquita, Tolima. Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Agronomía. Bogotá, Colombia. 135 p.
- Salazar-García S. and Lovatt, C. J. (2000). Use of GA3 to manipulate flowering and yield of 'Hass' avocado. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125, 25–30.



Tamayo, J. (2007). Enfermedades del aguacate. *Politécnica* 4, 51- 70.

Téliz, D. Mora, A. (2007). El aguacate y su manejo integrado. Editorial Mundiprensa, México
2da edición. 321 p.



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>