



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Fresa (*Fragaria vesca*)

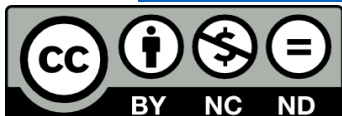
Municipio de San Vicente Ferrer
Departamento de Antioquia



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	
William Felipe Melo Zipacon	Profesional de apoyo a la investigación
Luis Gabriel Bautista Montealegre	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Carlos Eduardo Ospina Parra	Investigador máster
Alba Nora Sánchez Bernal	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster
Sara Julieth Bernal Ordoñez	Profesional de apoyo a la investigación.
Sergio Cala	Profesional de apoyo a la investigación



AGRADECIMIENTOS

Agradecemos al Fondo Adaptación por contribuir a la financiación del proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática-MAPA.

Al productor, no solo por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, sino también por su colaboración, compromiso y dedicación para el buen desarrollo de la parcela de integración. Sus aportes contribuyeron a obtener los resultados 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 Centro de Investigación La Selva, que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)	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 San Vicente Ferrer (Antioquia)	4
Exposición del sistema productivo de fresa a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)	9
Zonas del municipio de San Vicente Ferrer con mayor y menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de fresa	17
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	19
Sección 2: Prácticas se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa ante condiciones de exceso hídrico del suelo en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).....	21
Ventajas comparativas de estos materiales vegetales en condiciones de exceso hídrico	24
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad sistema productivo de fresa a problemas fitosanitarios asociados a exceso hídrico en el suelo en en San Vicente Ferrer (Antioquia)	26
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)	32
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	35



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia) bajo condiciones de exceso hídrico en suelo.	3
Figura 2. Variables biofísicas del municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio histórico en municipio de San Vicente Ferrer, en el periodo 1980-2011.	6
Figura 4. Aptitud de suelos para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer bajo condiciones restrictivas de humedad por exceso hídrico, en la ventana de análisis mayo-octubre.	16
Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de San Vicente Ferrer para el cultivo de fresa bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.	17
Figura 7. Balance hídrico atmosférico en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	21
Figura 8. Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	22
Figura 9. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 1.	35
Figura 10. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 2.	36
Figura 11. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 3.	37
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 4.	39



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalía de precipitación en el municipio de San Vicente Ferrer durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalía de precipitación en el municipio de San Vicente Ferrer durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 3. Ventanas temporales de análisis para el cultivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.....	12
Tabla 4. Tasa de intensidad de la secadera en la parcela de integración del sistema productivo de fresa, en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	24
Tabla 5. Rendimiento de tres variedades de fresa en condiciones de evaluación, en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia). ...	25
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).	34



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático, construido como concepto novedoso por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático - MAPA, contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos y contribuir a la reducción de su vulnerabilidad en el mediano y largo plazo. Constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnología a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre el sistema productivo.

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios de 18 departamentos del país. Para ello se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas, seleccionadas participativamente con productores, e integrar experiencias y conocimientos sobre estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo, a escala local. Para el departamento de Antioquia, el Fondo Adaptación priorizó el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer.

El presente documento expone un conjunto de elementos que ayudan a orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa a condiciones de exceso hídrico en el suelo en el municipio de San Vicente Ferrer, en el departamento de Antioquia.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa (*Fragaria vesca*) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de San Vicente Ferrer para la toma de decisiones en el sistema productivo de fresa en condiciones de exceso hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa a condiciones de exceso hídrico en el suelo, en el municipio de San Vicente Ferrer.
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por la exposición, la sensibilidad de la especie 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 fresa 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.

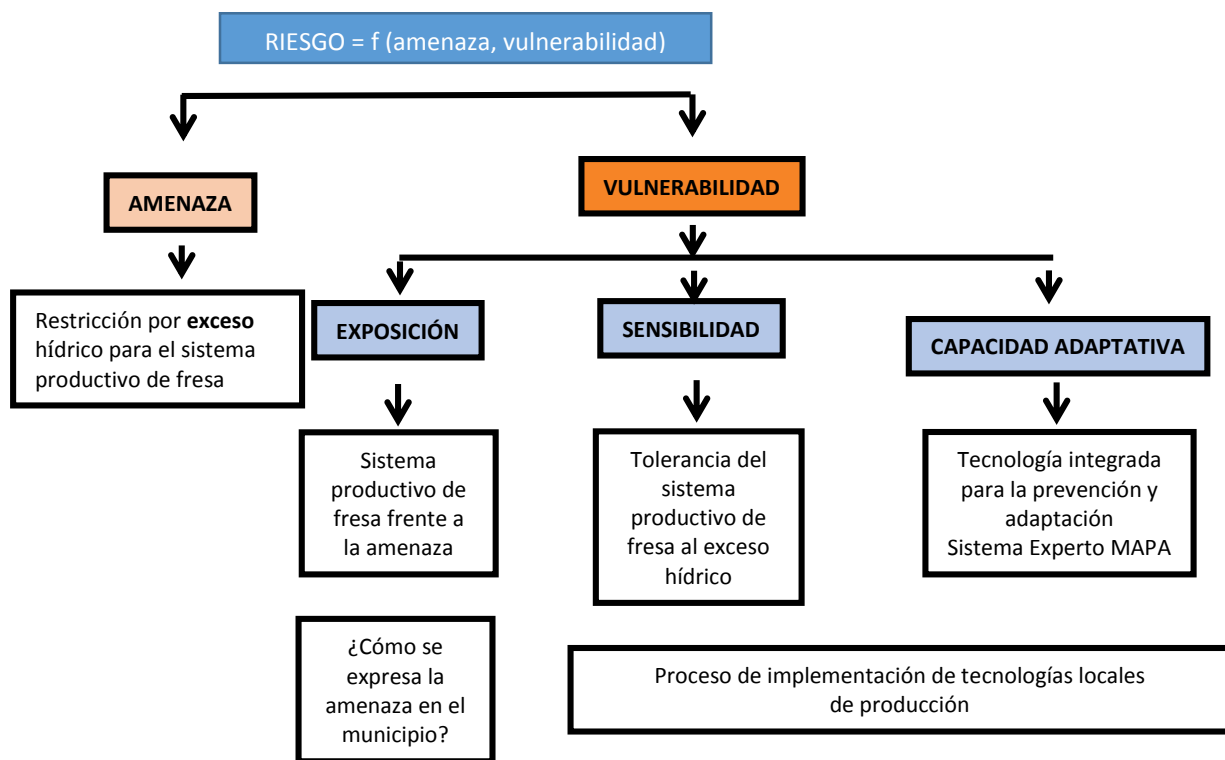


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia) bajo condiciones de exceso hídrico en suelo.



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, altitud, paisaje) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración [ET_0], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperatura, susceptibilidad a exceso y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

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

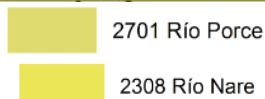
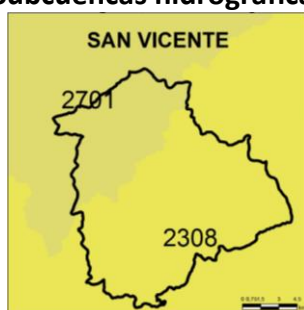
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)

Lo primero que se debe hacer es identificar aquellos aspectos biofísicos que hacen que algunas zonas o sectores del municipio sean más susceptibles a amenazas climáticas. La altitud y el paisaje, entre otros, determinan la susceptibilidad del territorio a eventos de inundación, sequías extremas y altas y bajas temperaturas que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

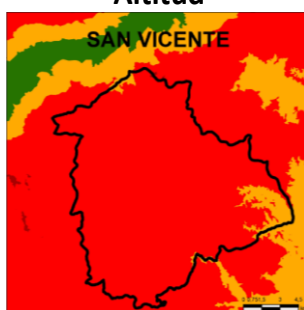
Como se observa en la Figura 2, el municipio de San Vicente Ferrer se encuentra entre los 2.000 y los 2.500 m s. n. m. y predomina el paisaje de altiplanicie con algunas zonas montañosas; por tanto, el riesgo de inundación es inexistente, mientras que el de

deslizamiento se puede catalogar como medio (Corpoica, 2015a). Finalmente, aunque el municipio se encuentra ubicado sobre dos cuencas hidrográficas, no tiene influencia directa de cuerpos de agua que representen riesgo.

Subcuencas hidrográficas



Altitud



Paisaje



Figura 2. Variables biofísicas del municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).
Fuente: Corpoica (2015a).

Lo segundo por revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980-2011), a fin de obtener algún grado de previsibilidad sobre la variabilidad climática. En la información empleada para el análisis climático del municipio de San Vicente Ferrer (- Antioquia) se destacan:

Precipitación

La **Figura 3** muestra la dinámica de precipitación en el municipio de San Vicente Ferrer (Corpoica, 2015a). La línea verde representa la precipitación promedio multianual (escenario neutro) y las barras rojas y azules indican la precipitación en los años de menor (1997) y mayor precipitación (2010), respectivamente.

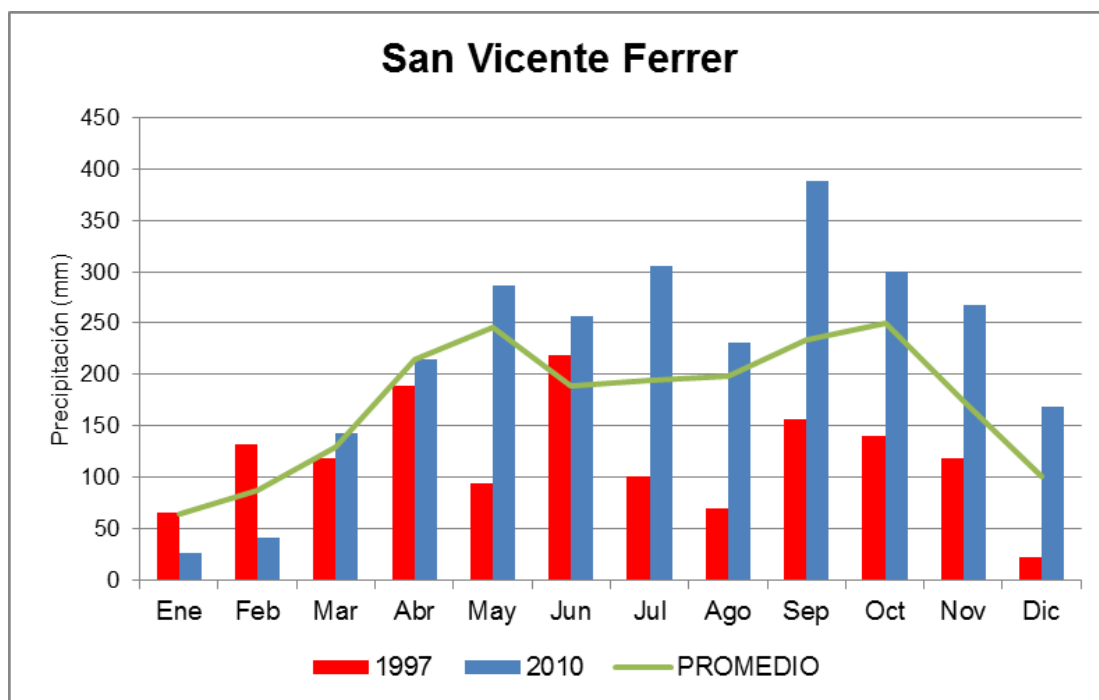


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio histórico en municipio de San Vicente Ferrer, en el periodo 1980-2011.
Fuente: Corpoica (2015a)

Se puede observar que, en escenarios asociados a un evento La Niña, en los meses en los cuales la precipitación supera el promedio multianual (mayo-diciembre) se incrementa el riesgo para el sistema productivo, ya que los productores habitualmente no se preparan para enfrentar condiciones de aumento de precipitación durante este tiempo, aunque el periodo crítico aumenta si el evento se extiende por varios meses.

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

Permite determinar la intensidad y duración de un fenómeno de variabilidad climática, como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:



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

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. 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). Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5°C es un evento La Niña, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos.

En el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia) se ha registrado un aumento de hasta el 58% en las precipitaciones promedio (julio de 2010-abril de 2011), asociadas a valores ONI que varían entre 1.1 y -1.9, lo que indica que en el municipio se pueden presentar aumentos en las precipitaciones no solo cuando se manifiestan eventos La Niña, sino también en eventos El Niño. Las Tabla 1 y 2 muestran cómo se han comportado los fenómenos ENSO en los últimos 32 años, información que resulta útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de estos fenómenos (Corpoica, 2015a).

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalía de precipitación en el municipio de San Vicente Ferrer durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.

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 (meses)	12	13	7	24	5	9	10
Máx. ONI	-1.1	-1.9	-0.7	-1.6	-0.7	-1.4	-1.4
Anomalía	-1 %	21 %	-10 %	18 %	-19 %	10 %	58 %

Fuente: Corpoica (2015a)

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

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalía de precipitación en el municipio de San Vicente Ferrer durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.

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
Máx. ONI	2.3	1.6	1.8	1.3	2.5	1.5	0.9	1.1	1.8
Anomalía	-20%	0%	-26%	-16%	-37%	-16%	0%	15%	-14%

Fuente: Corpoica (2015a)

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

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas

Con la cartografía temática del proyecto MAPA se pueden identificar: la susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, la susceptibilidad a déficit hídrico en eventos El Niño, la susceptibilidad biofísica a inundación, la afectación de la capacidad fotosintética analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI), las áreas que se anegan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de cuerpos de agua) y las áreas susceptibles a afectaciones por sequía (contracción de cuerpos de agua).

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



Exposición del sistema productivo de fresa a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)

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

- a. **En el mapa de aptitud de suelos**, las limitaciones de los suelos en el municipio. Se deben tener en cuenta aquellas que pueden manejarse con relativa facilidad (como las características químicas, mediante acondicionamiento o fertilización) y aquellas que no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas). En la Figura 4 se presenta el mapa de aptitud de suelos para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Corpoica, 2015b). Es importante mencionar que la escala de análisis espacial es 1:100.000.

Debe tenerse en cuenta que la mayor parte del área del municipio de San Vicente Ferrer presenta una aptitud moderada por acidez y riesgo de erosión (A2ea), por lo cual requiere un manejo adecuado de encalado. También existen zonas con aptitud moderada por pendiente (A2p), condicionada a la implementación de prácticas de conservación del suelo. El área con aptitud moderada representa el 80% del municipio.

Los suelos con mejor aptitud (A1-A3a) (19,5% del municipio) presentan condiciones restrictivas por acidez y saturación de aluminio. Aunque la aptitud de los suelos es óptima a moderada con restricciones, su manejo solo se puede definir a escala de sistema productivo, mediante la implementación de prácticas para neutralizar la acidez. El 0,5% de suelo restante no tiene vocación de uso para el sistema productivo de fresa.










Símbolo		Aptitud	Área (ha)
	A1-A3a	Suelos óptimos en un 80% de la unidad; 20% con restricciones por acidez	3.381
	A1-A3da	Unidades con suelos aptos 45%; con severas restricciones por drenaje imperfecto y acidez 65%	767
	A2p	Moderada por pendiente	3.726
	A2ea	Moderada por acidez y riesgo de erosión	13.818
	N	No Apto por muy superficiales	50
	Cuerpo de agua		44
	Urbano		8
Total general			21.793

Figura 4. Aptitud de suelos para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

Fuente: Corpoica (2015b).

- b. **En los mapas de escenarios agroclimáticos (Corpoica, 2015b)**, las probabilidades de exceso hídrico del suelo para el sistema productivo según los meses y etapa fenológica de referencia (Tabla 3), registradas de acuerdo con el cálculo del índice de severidad de sequía Palmer² (Palmer, 1965). En la Figura 5 se presenta la probabilidad de ocurrencia de exceso: media (tonos amarillos, 40-60%), alta (tonos naranjas, 60-80%) y muy alta (tonos rojos, 80-100%), en los meses correspondientes a la ventana de análisis de referencia.

Debe tenerse en cuenta que los excesos hídricos en el suelo tienen un mayor impacto en ciertas etapas de desarrollo del sistema productivo y que, sin embargo, durante todo el desarrollo existe susceptibilidad a limitaciones fitosanitarias (Ceja et al., 2008). Particularmente, y a nivel municipal, esta afectación es relevante por la ocurrencia de “secadera, la mayor limitación fitosanitaria en el sistema productivo, según productores locales (Corpoica, 2014). Considerando que el mayor grado de probabilidad de ocurrencia de exceso se expresa en partes específicas del territorio, es importante saber en qué

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



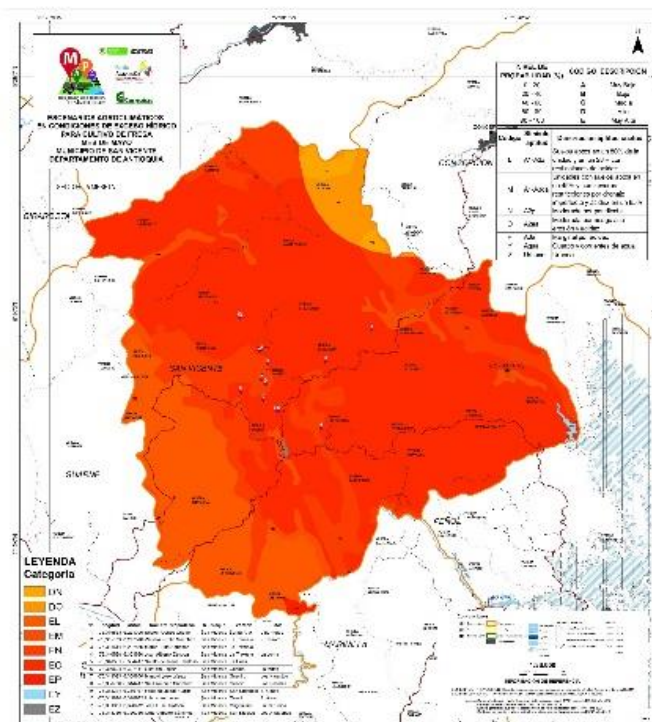
época y en qué sectores del municipio es más probable que esta condición restrictiva ocurra.

Tabla 3. Ventanas temporales de análisis para el cultivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.

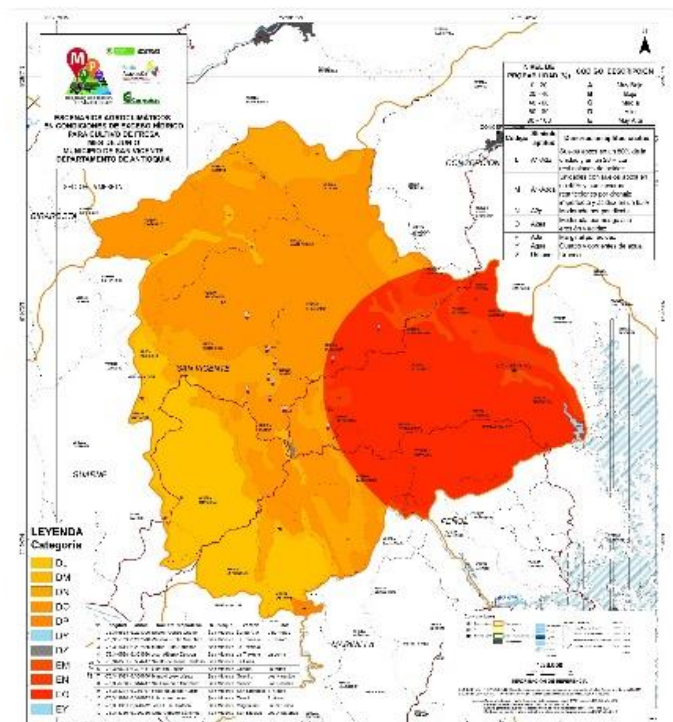
Descripción o etapas fenológicas	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Siembra																								
Formación de hojas																								
Aparición de botón floral																								
Floración																								
Fructificación																								
Maduración - cosecha																								

Fuente: Corpoica (2015b)

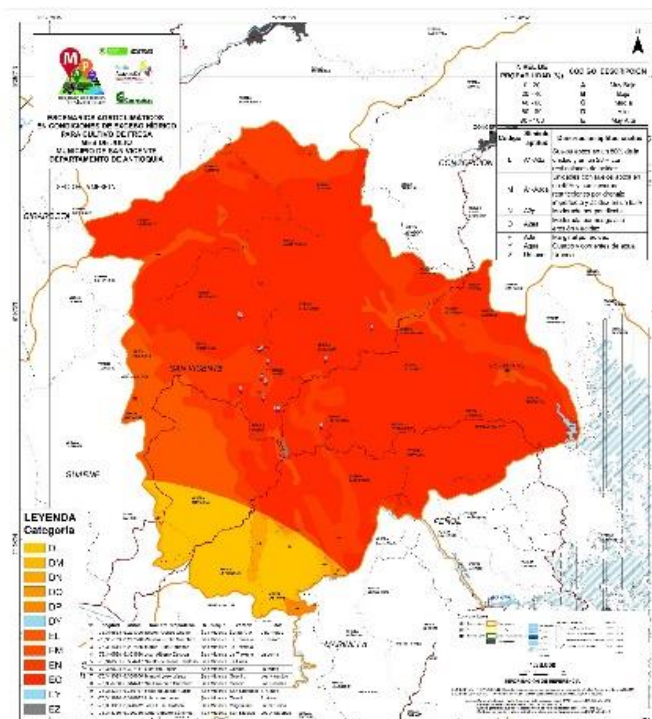
Mayo



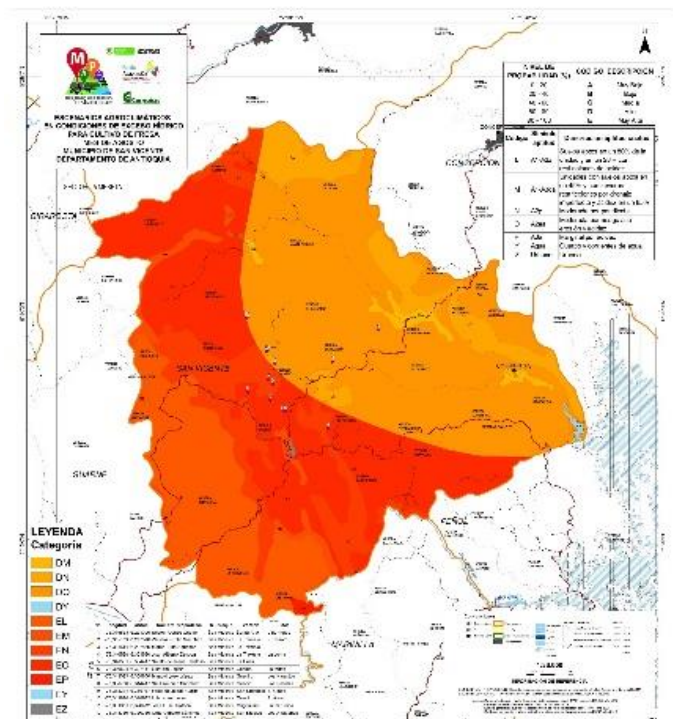
Junio



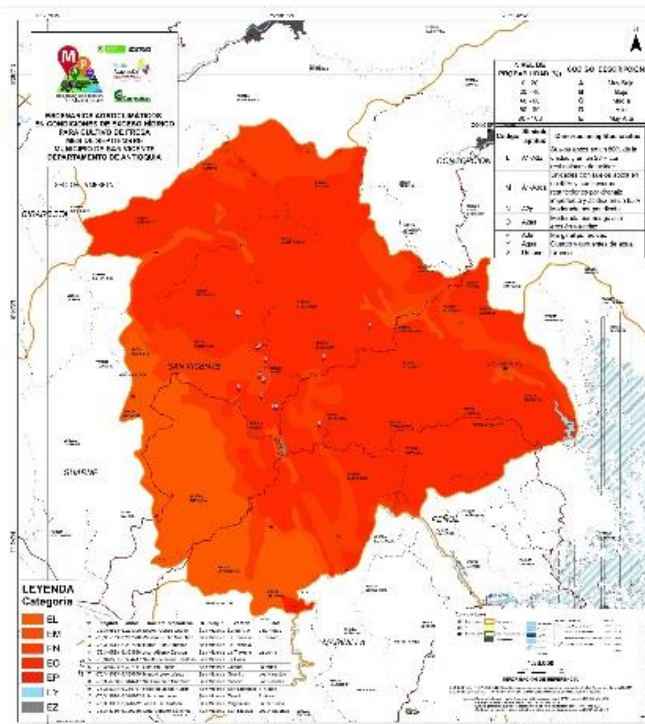
Julio



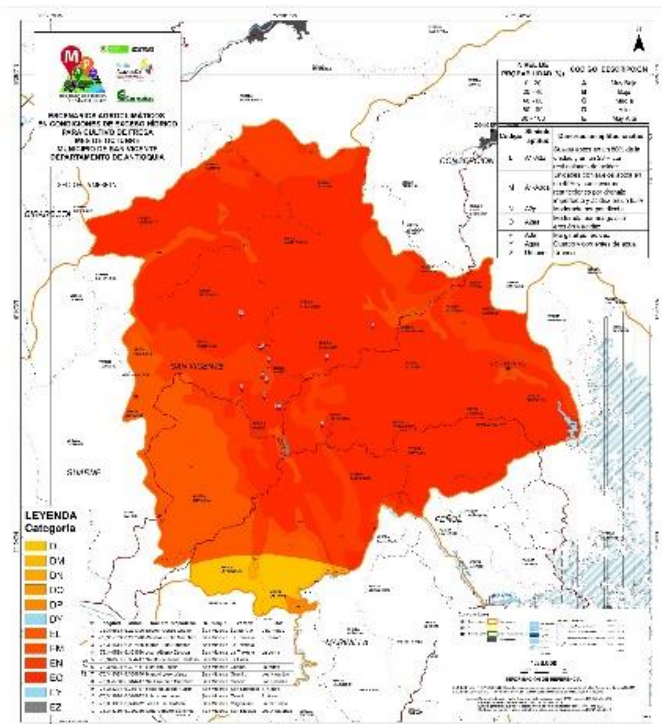
Agosto



Septiembre



Octubre



Categoría de interpretación

NIVEL DE PROBABILIDAD (%)		CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	LEYENDA Categoría
0 - 20		A	Muy Baja	
20 - 40		B	Baja	
40 - 60		C	Media	
60 - 80		D	Alta	
80 - 100		E	Muy Alta	
CICLOS				
Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos		LEYENDA Categoría
L	A1-A3a	Suelos aptos en un 80% de la unidad y en un 20% con restricciones de acidez.		
M	A1-A3da	Unidades con suelos aptos en un 45% y con severas restricciones por drenaje imperfecto y acidez en un 65%		
N	A2p	Moderada por pendiente		
O	A2ea	Moderada por riesgo a la erosión y acidez		
P	A3a	Marginal por acidez		
Y	Agua	Cuerpo y corrientes de agua		
Z	Urbano	Urbano		

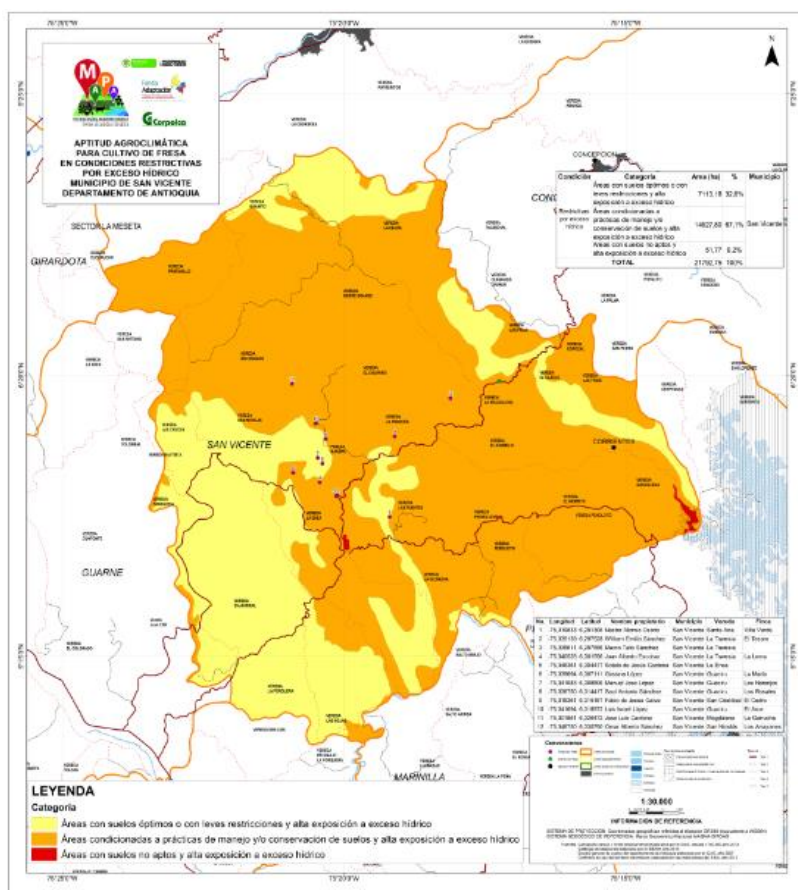
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer bajo condiciones restrictivas de humedad por exceso hídrico, en la ventana de análisis mayo-octubre.

Fuente: Corpoica (2015b).

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de presentar excesos 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 entenderse solo como un marco de referencia.

Zonas del municipio de San Vicente Ferrer con mayor y menor riesgo de pérdida productiva para el sistema productivo de fresa

El mapa de aptitud agroclimática del municipio de San Vicente Ferrer para el sistema productivo de fresa (Figura 6) integra el análisis de exposición a exceso hídrico y la aptitud de los suelos para el sistema productivo.



- Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a exceso hídrico
- Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico
- Áreas con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico

Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de San Vicente Ferrer para el cultivo de fresa bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).



Las categorías de aptitud agroclimática identificadas por Corpoica (2015b) para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer fueron las siguientes:

- **Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a exceso hídrico** (tono amarillo claro). Estas áreas ocupan el 32,6% (7.113 ha) del área total del municipio (21.793 ha). Presentan una aptitud de suelos óptima, con leves restricciones por acidez y pendientes superiores al 75%. Sin embargo, se presentan probabilidades altas de ocurrencia de excesos hídricos para el sistema productivo de fresa.
- **Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico** (tono naranja claro). Ocupan el 67,2% (14.628 ha) del área total del municipio, con suelos con aptitud óptima y marginal por alta acidez, drenaje imperfecto y riesgo de erosión. Adicionalmente, las condiciones de exceso hídrico en el suelo pueden restringir el desarrollo del sistema productivo de fresa.
- **Áreas con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico** (tono rojo). Ocupan el 0,2% (52 ha) del área total del municipio (21.793 ha) y corresponden al casco urbano y a cuerpos y corrientes de agua.

Según el análisis de aptitud agroclimática, en el municipio de San Vicente Ferrer no se presentan condiciones favorables de humedad en suelo para el sistema productivo de fresa (probabilidades de ocurrencia de condiciones ligeramente restrictivas inferiores al 40%). Las condiciones de exceso de humedad en suelo son las más recurrentes e incluso las áreas con aptitud de suelos óptima o con leves restricciones están condicionadas a prácticas de manejo de exceso de humedad en el suelo.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia), consulte el SE - MAPA



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

Información agroclimática: La información climática puede emplearse para tomar decisiones en la planificación agropecuaria, identificar riesgos asociados, relacionar diferentes sistemas productivos con 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 proporcionarse a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

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



El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperaturas máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden analizarse durante el ciclo del sistema productivo y principalmente en etapas fenológicas críticas, y relacionarse con las exigencias climáticas del sistema productivo, las necesidades hídricas, el manejo fitosanitario y los rendimientos³.

³ En la *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo análisis en su sistema productivo. Consúltela en <http://bit.ly/29P68Zg>

Sección 2: Prácticas se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa ante condiciones de exceso hídrico del suelo en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas con potencial para reducir los efectos que el exceso hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia), particularmente la secadera de la fresa, considerada la enfermedad más importante de este sistema productivo a escala local, y que tiende a incrementarse como consecuencia de la variabilidad y cambio climático (Galleta y Maas, 1995, citados por Dávalos et al., 2011). Algunas de estas opciones tecnológicas fueron validadas en una parcela de integración entre los meses de agosto de 2014 y abril de 2015, época en la cual se presentaron condiciones de exceso hídrico atmosférico, ya que, durante el periodo de validación, la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue inferior a la precipitación (Figura 7).

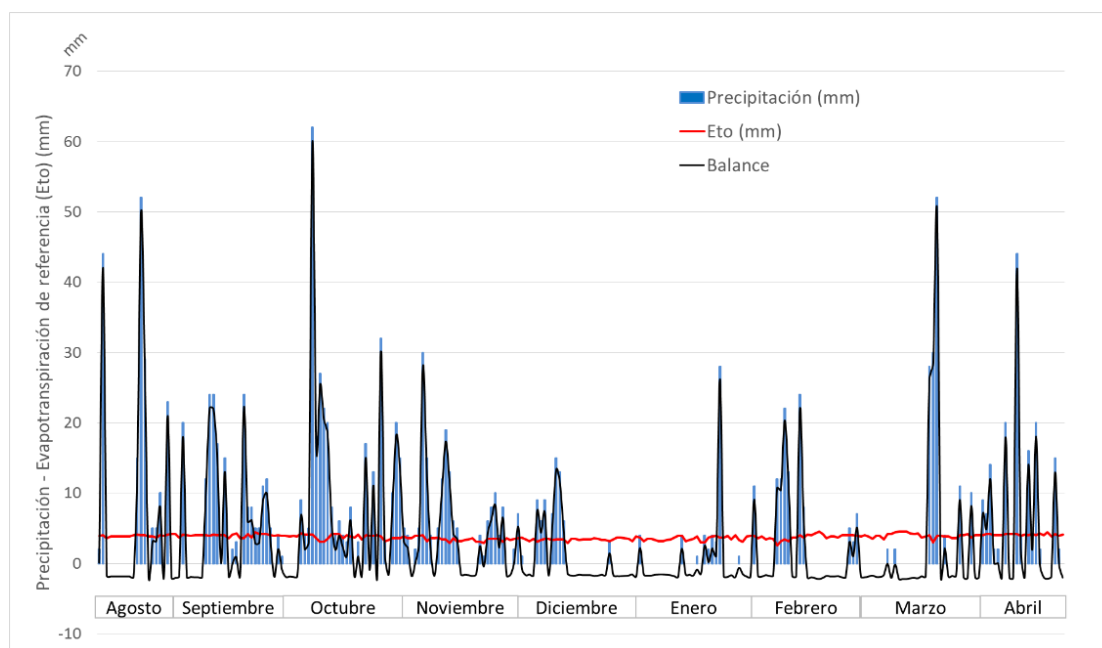


Figura 7. Balance hídrico atmosférico en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

Por otro lado, la Figura 8 presenta la dinámica de la lámina de agua disponible (fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente), el agua fácilmente aprovechable (agua capilar retenida en los poros del suelo) y el agotamiento de agua (consumo del sistema productivo) en la parcela de integración, durante el periodo de evaluación. En tal periodo, el agua aprovechable siempre fue superior al agotamiento, lo cual es un indicativo de exceso hídrico en el suelo.

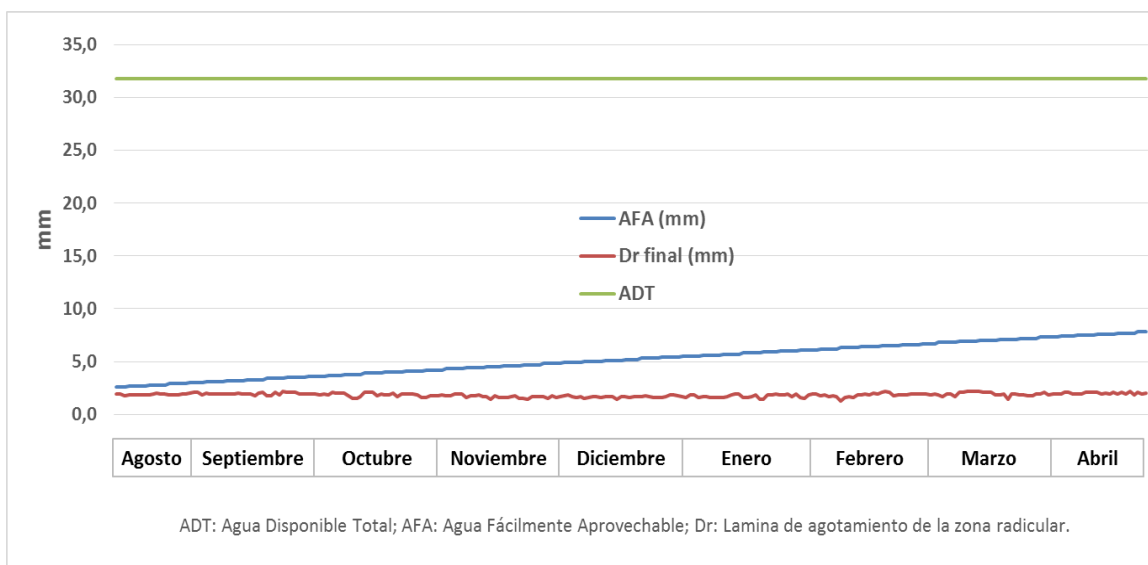


Figura 8. Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

El bajo valor de agotamiento está relacionado no solo con las condiciones meteorológicas registradas durante la validación, sino con el tipo de manejo del sistema productivo, el cual, al incluir cobertura plástica, puede reducir hasta en 30% la evapotranspiración del cultivo (FAO, 2006) y favorecer la conservación de las condiciones de exceso de humedad en suelo.

Considerando lo anterior y teniendo en cuenta que el factor agronómico más limitante en el sistema productivo de fresa, ante condiciones de exceso hídrico, es la enfermedad conocida como secadera (Corpoica, 2014), a continuación se presentan recomendaciones para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo frente a dicho factor.



Material vegetal de siembra comercial con características agronómicas deseables

La principal estrategia para el manejo fitosanitario de la fresa está orientada al uso de materiales especialmente tolerantes al *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fof), uno de los agentes causales de la secadera (Fang, You y Barbetti, 2012, citado por Pastrana, 2014). En vista del impacto del cambio climático sobre el incremento de la enfermedad, en diferentes países se han emprendido programas de mejoramiento genético que buscan obtener variedades tolerantes al Fof (Galleta y Maas, 1995, Dávalos et al., 2004, Larson et al., 2009, citados por Dávalos et al., 2011).

En consecuencia, en lo posible se debe utilizar material vegetal certificado y registrado ante el ICA, el cual debe tener características comerciales aceptadas en el mercado y reconocidas por los productores. Entre los materiales vegetales de siembra se encuentran:

- **Variedad Camino Real.** Es la de mayor tradición en el municipio de San Vicente Ferrer (Corpoica, 2014). Se caracteriza por ser de día corto, con plantas pequeñas, compactas y fáciles de manejar y frutos grandes (CCB, 2015).
- **Variedad Albión.** Ha sido la de mayor expansión en área en el país durante los últimos años, en particular gracias a su adaptación entre los 2.500 y los 2.800 msnm. (CCB, 2015). Se caracteriza por la calidad en tamaño, sabor y firmeza de la fruta, aspectos que facilitan su recolección y las actividades de poscosecha.
- **Variedad San Andreas.** Se caracteriza por ser más precoz que otras variedades, con producción estable durante todo el año (CCB, 2015). Es una variedad de día neutro, con fruto de excelente calidad por su tamaño y sabor.

De los materiales relacionados anteriormente, las variedades San Andreas y Camino Real han demostrado ser resistentes al Fof, tal como lo reportan Fang et al. (2012) y Gordon (2013). En las evaluaciones desarrolladas por estos autores se encontró que, además de notorios niveles de tolerancia, mostraron rendimientos importantes tanto en condiciones controladas como en campo.

Ventajas comparativas de estos materiales vegetales en condiciones de exceso hídrico

Las ventajas comparativas están presentadas en una condición restrictiva de humedad en suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente son un marco general de referencia, validadas en un área condicionada a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a exceso hídrico, y deben ser ajustadas para cada sistema productivo de acuerdo con la aptitud agroclimática del municipio.

Al observar la tasa de intensidad calculada a partir de la incidencia de la enfermedad (Van der Plank, 1963), se aprecia que esta fue mayor en la variedad Camino Real (de uso local), seguida de las variedades Albión y San Andreas (Tabla 4). El valor sobre la tasa de intensidad posiblemente fue favorecido por las condiciones de exceso hídrico del suelo expuestas en la figura 8, así como por la precipitación acumulada (544 mm) y la aplicación de 5 mm diarios de fertirriego durante el ciclo productivo.

Por otro lado, durante la mayor parte del ciclo (85%) se presentaron temperaturas superiores a 20 °C, las cuales se consideran favorables para el desarrollo de la enfermedad (Fang et al., 2011; Koike, 2008). A pesar de los resultados sobre la intensidad de la enfermedad, con la implementación de las variedades de referencia se pueden obtener rendimientos técnicamente viables (Tabla 5), considerando de antemano que esta enfermedad puede desarrollarse en materiales resistentes cultivados en suelos donde los niveles de inóculo son relativamente altos (Koike et al., 2013).

Tabla 4. Tasa de intensidad de la secadera en la parcela de integración del sistema productivo de fresa, en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

Albión	San Andreas	Camino Real
0,35	0,33	0,36

Fuente: Corpoica (2016)

Por los resultados que se observan en la Tabla 5, se encuentra que el rendimiento diferenciado por calidad es mayor en la variedad Albión (112%), en comparación con la variedad San Andreas (85%) y la variedad Camino Real (26%), la cual presentó una menor rentabilidad económica.

Tabla 5. Rendimiento de tres variedades de fresa en condiciones de evaluación, en la parcela de integración del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

Categoría	Albión	San Andreas	Camino Real
	<i>Kg.ha⁻¹</i>	<i>Kg.ha⁻¹</i>	<i>Kg.ha⁻¹</i>
Primera	9.250	2.090	3.672
Segunda	20.639	27.349	6.458
Tercera	17.839	11.160	11.297
Cuarta	7.811	10.715	8.530
Perdida	3.405	2.244	6.236
Total (16 meses)	58.944	53.558	36.193
Total año	44.208	40.168	27.145

Fuente: Corpoica (2016).

En síntesis, se puede inferir que los materiales vegetales de fresa pueden disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de fresa a problemas fitosanitarios asociados a excesos hídricos, lo cual se traduce en menores pérdidas monetarias para el productor. Sin embargo, en el momento de implementar esta opción se deben tener presentes aspectos tales como el diagnóstico oportuno de la enfermedad, el manejo adecuado del suelo y el conjunto de prácticas agronómicas enmarcadas en el manejo integrado de la enfermedad, tal como se menciona adelante.

Teniendo en cuenta que la variedad Camino Real es la más afectada por secadera y es la de mayor siembra en el municipio de San Vicente Ferrer, es necesario promover el cambio de material de siembra utilizado.



Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad sistema productivo de fresa a problemas fitosanitarios asociados a exceso hídrico en el suelo en San Vicente Ferrer (Antioquia)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad a condiciones restrictivas por exceso hídrico, particularmente a la enfermedad conocida como secadera, del sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumenten la capacidad adaptativa del sistema.

Como estrategia de manejo integrado de la secadera, a continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de exceso hídrico en el suelo, que se complementan con el uso de materiales tolerantes.

Diagnóstico de la enfermedad

Aunque el Manejo Integrado de Enfermedades (MIE) parte de un correcto diagnóstico de los agentes causales, este proceso de diagnóstico a nivel de campo se dificulta en el caso particular de la secadera, debido a que esta enfermedad es causada por un complejo de hongos que incluyen *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fof), *Macrophomina phaseolina*, *Verticillium dahliae*, *Phytophthora cactorum*, *Fusarium solani*, *Cylindrocarpon* sp., *Pythium aphanidermatum*, *Rhizoctonia fragariae*, *Verticillium alboatrum* y *Colletotrichum* sp., (Koike y Gordon, 2015; Afanador, 2014; Ceja et al., 2008). Si tiene dudas respecto al diagnóstico de la enfermedad, remítase a la oficina del ICA más cercana.

Semillero de plantas libres de patógenos

Teniendo en cuenta que la fresa se propaga vegetativamente y que algunos agentes causales de la enfermedad, como el *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fof) se transmiten de forma sistémica de las plantas madres a los propágulos, es importante implementar estrategias que reduzcan este riesgo (Koike y Gordon, 2015).

- Se recomienda emplear material vegetal certificado por el ICA; sin embargo, si esta opción no está disponible, se deben implementar prácticas adecuadas de propagación a nivel de finca, como la utilización de plantas madre de buen vigor y sanitariamente viables.



- Se debe implementar un sistema de propagación de plantas en condiciones controladas en el que se empleen sustratos inertes, mediante el establecimiento de un vivero de plantas madres sin síntomas de la enfermedad. A partir de estas plantas se obtienen los estolones para la producción de plántulas.
- Durante el proceso de obtención de plántulas se puede biofertilizar con micorrizas, lo cual no solo mejora el desarrollo y el rendimiento productivo de la especie (Soria, 2012), sino que también genera relaciones antagónicas y controla fitopatógenos (Cano, 2011; Wehner et al., 2010).
- La inoculación se puede realizar durante el proceso de producción de las plántulas para mejorar su efectividad. La dosis y la concentración de micorrizas dependen de la especie utilizada y de la presentación comercial del bioproducto.

Análisis de suelos

- El análisis de suelos se utiliza principalmente para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo y determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo. En consecuencia, da herramientas para determinar una estrategia de acondicionamiento de fertilizantes que satisfaga las demandas nutricionales del sistema productivo.
- Sin embargo, también se utiliza para realizar diagnóstico microbiológico del suelo y con ello identificar problemas fitosanitarios potenciales y microorganismos benéficos.
- La metodología propuesta para la toma de muestra de suelo (Corpoica, 2005) comprende: (1) Toma de submuestras en puntos trazados en zigzag que cubran el área total del lote, para que el muestreo sea representativo. (2) Para la toma de cada submuestra se debe limpiar un área aproximada de 0,04 m² (20 cm x 20 cm) a una profundidad de 3 cm de la superficie, con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica y otro tipo de residuos. (3) Cavar un hueco en forma de V, del ancho de una pala, a una profundidad de entre 20 y 30 cm. (4) Extraer una muestra de 2 a 3 cm de grosor de la pared del orificio con una pala limpia, descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la muestra en un balde plástico limpio. (5) Una vez tomadas todas las submuestras, mezclarlas y, finalmente, seleccionar un kilogramo aproximadamente, que se debe empacar en una bolsa plástica identificada con la siguiente información: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de sistema productivo y número del lote.
- Esta muestra debe enviarse a un laboratorio certificado para que le sea practicado un correcto análisis químico, físico y microbiológico.



Manejo de la fertilización

- La ejecución del plan de fertilización en campo permite mantener un adecuado balance entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la demanda nutricional de las plantas, lo cual contribuye en la dinámica trofobiótica del sistema productivo al evitar la incidencia de plagas y enfermedades (Feldhaar, 2014; Chaboussou, 1967).
- Los cálculos de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, inferidos a través de los análisis de suelo, se basan en los siguientes conocimientos:
 - a) Disponibilidad y movilidad de nutrientes en el suelo.
 - b) Requerimiento nutricional de la planta.
 - c) Tasas de mineralización.
 - d) Profundidad efectiva, que para el caso de la fresa varía entre 20 y 30 cm aproximadamente.
 - e) Eficiencia del fertilizante.
- Se deben seguir las recomendaciones del técnico o agrónomo para definir el tipo de fertilizantes a emplear así como las cantidades y frecuencia de administración, para garantizar que las plantas puedan disponer de los nutrientes necesarios para su óptimo crecimiento, desarrollo y rendimiento, además de mejorar su tolerancia a limitantes fitosanitarias.
- Considerando que a nivel local se realiza la práctica a través de fertirriego y que bajo condiciones de exceso hídrico no es recomendable la adición excesiva de agua al suelo, el fertirriego debe ajustarse con base en un análisis técnico que defina frecuencias y volúmenes de agua, así como concentraciones de fertilizante adecuadas. También es importante contemplar la implementación de fertilización de tipo foliar y/o edáfica cuando sea posible.
- Por otro lado, la aplicación de enmiendas compostadas tiene un efecto directo sobre la viabilidad e infectividad de los hongos en el suelo a través del tiempo. Con esta práctica se logra un incremento de la actividad enzimática oxidativa del suelo, se induce la reducción de la incidencia de las enfermedades, la disminución de la viabilidad de esporas, la producción de NH_3 , el aumento en la actividad microbiana del suelo y la diversidad funcional de microorganismo benéficos (Núñez-Zofío et al., 2011).

Es importante que el fertirriego no solo se realice con base en la solubilidad de los fertilizantes y el pH de la solución, sino también teniendo en cuenta la determinación de las láminas neta y bruta de riego. La determinación se hace a partir de los requerimientos hídricos de la fresa y el análisis de información meteorológica, principalmente precipitación y evapotranspiración de cultivo (ETc), la cual se debe estimar a partir del cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo), considerando un Kc de 0,7, aplicando un factor de ajuste del 30% y teniendo en cuenta que el sistema se establece con cobertura plástica.

Control biológico

- Aunque no existen productos comerciales a base de biocontroladores específicos para agentes causales de la enfermedad, se ha comprobado a nivel experimental la efectividad de *Bacillus subtilis*, *Bacillus velezensis* y *Trichoderma harzianum* (Koike y Gordon, 2015; Zhang et al., 2012), por lo cual se pueden utilizar bioproductos a base de estos microorganismos en el momento del trasplante y durante el desarrollo del sistema productivo, habiéndose definido previamente dosis y concentración con base en recomendaciones técnicas.
- Una práctica que mejora el proceso de colonización de estos microorganismos benéficos es la adición de materia orgánica al suelo. Esta también contribuye con el mejoramiento de las propiedades físicas del mismo, regula su humedad y favorece el desarrollo de las plantas.

Limpieza de equipos y herramientas

- Teniendo en cuenta que las esporas de los diferentes hongos asociados a la secadera sobreviven en el suelo, es importante limpiar las distintas herramientas con las que se practica la preparación del suelo (Koike y Gordon, 2015).
- Asimismo, y considerando que la infección se puede transmitir entre plantas, es necesario desinfectar las herramientas utilizadas para las podas, la cosecha y demás labores que impliquen corte de las plantas. Se puede hacer sumergiendo las herramientas en una solución de hipoclorito de sodio al 20% después de cada corte.



Solarización

- La solarización mediante el cubrimiento de suelos arados y húmedos con plásticos transparentes que se exponen a altas temperaturas durante varias semanas, efectúa una desinfección hidrotérmica del suelo. Mediante esta práctica se producen cambios físicos y biológicos en el suelo que benefician la sanidad, disminuyen el daño causado por los patógenos, estimulan el crecimiento vigoroso de las plantas y aumentan los rendimientos (Stapleton y DeVay, 1986; Dávalos y Castro, 1987; Jiménez et al., 1989).
- La combinación de la solarización con la aplicación de enmiendas permite la acumulación de compuestos tóxicos a patógenos, los cuales se producen durante la descomposición de la materia orgánica. Adicionalmente, genera condiciones anaeróbicas en el suelo e induce el aumento de la capacidad supresora debido a los altos niveles de actividad microbiana, los cuales, dependiendo de las condiciones fisicoquímicas del suelo, pueden llegar a modificar el desarrollo de las enfermedades al retrasar su inicio, al tiempo que incrementan el rendimiento de los cultivos (Ceja et al., 2001; Núñez-Zofío et al., 2011).

Siembra en surcos altos

- La siembra en surcos a 35-40 cm del suelo permite la reducción de los excesos de humedad en el suelo e induce el aumento de la temperatura en la parte superior del surco, con lo cual se logra estimular el crecimiento radical (Dávalos et al., 2011).
- Esta práctica, además de beneficiar la fisiología de los cultivos, es considerada un sistema de control de hongos del suelo debido a la rápida filtración del agua independientemente de que cuente con acolchado plástico. Adicionalmente, este método permite la regulación de poblaciones bacterianas en el suelo, lo cual se traduce en reacciones químicas que aseguran que las plantas obtengan el suministro apropiado de nutrientes (Mass, 1987; Branzati, 1989, citados por Ceja et al., 2001).

Rotación de cultivos

- La implementación continua del sistema productivo de fresa en zonas con alta incidencia de la enfermedad asegura la permanencia constante del inóculo causante de la secadera, por lo cual es necesario incluir la rotación con otro tipo de cultivos.
- Es importante hacer rotación con plantas no hospederas (a.c. *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* - Fof), tales como el brócoli (*Brassica oleracea*) (Njoroge et al., 2011).



Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de fresa en San Vicente Ferrer (Antioquia), consulte el SE - MAPA

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los determinantes del riesgo agroclimático. La primera se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas, y la segunda, a la interacción del grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última 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 ofrecen 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 fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia)

Dominio de recomendación

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

Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es definir 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 y deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.

Determinación de los dominios de recomendación para enfrentar la limitante fitosanitaria asociada a exceso hídrico en suelo

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información obtenida 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 analizar la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad



adaptativa acordes con 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; este se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, de modo que genera diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de la información climática obtenida de los municipios, se elaboran mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o exceso hídrico 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, lo que da 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 fresa en el municipio de San Vicente de Ferrer (Antioquia)

En la Tabla 6 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro, aparecen el grado de exposición, el grado sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de exceso hídrico para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de exceso hídrico es en general alta para los productores de este sistema, exceptuando el dominio 2, para el cual es media. El grado de sensibilidad de los productores de San Vicente Ferrer ante un evento de exceso hídrico es bajo para todos los dominios. Por su parte, la capacidad adaptativa es media para los dominios 1, 2 y 3, y es alta para el dominio 4.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de la variedad Albión de

acuerdo con las características de los productores de cada dominio, y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso se realizó el modelamiento para ocho periodos, donde cada periodo representa un ciclo del cultivo de aproximadamente 16 meses, encontrándose que resulta viable el uso de esta variedad para todos los productores.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de fresa en el municipio de San Vicente Ferrer (Antioquia).

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con predios de 1 a 8 ha, con baja disponibilidad de mano de obra y acceso a crédito bancario.	Alta	Baja	Media	Viable
2. Productores con predios de 2,5 a 7 ha, que incluyen características de los productores de los dominios 1, 3 y 4, pero con menor exposición a exceso hídrico y que no demandan implementación tecnológica de manera prioritaria.	Media	Baja	Media	Viable
3. Productores con predios de 1 a 3 ha, con acceso a crédito bancario y con disponibilidad de mano de obra.	Alta	Baja	Media	Viable
4. Productores con predios de más de 8 ha, con disponibilidad de mano de obra y acceso a crédito bancario.	Alta	Baja	Alta	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Los productores del dominio 1 se encuentran ubicados en zonas con alta exposición a condición de exceso hídrico, presentan un grado bajo de sensibilidad ante esta condición y, debido a la buena disponibilidad de acceso a crédito, ser propietarios de la tierra y tener un buen esquema de comercialización del producto, tienen un grado de adaptación medio ante una condición de exceso hídrico (Figura 9).

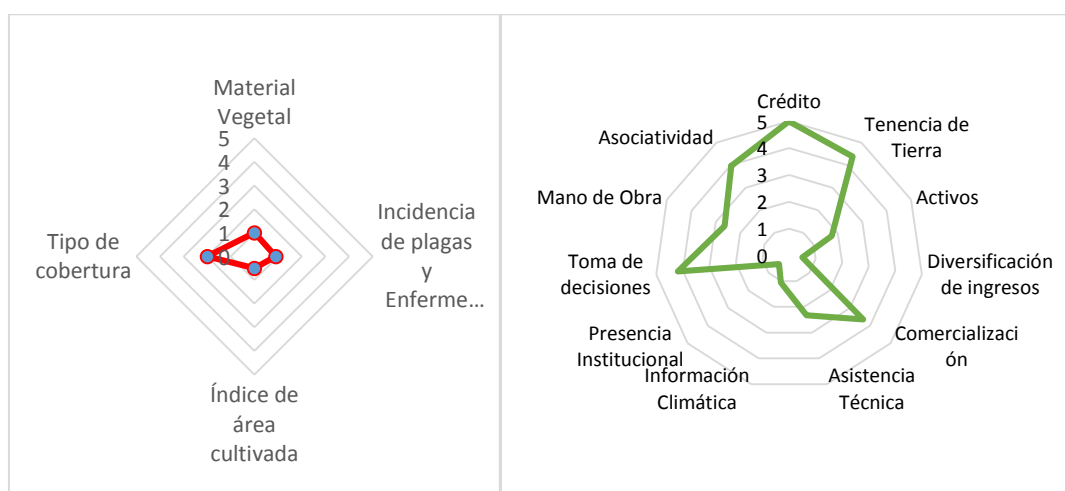


Figura 9. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 1.

De acuerdo con el análisis microeconómico, resulta viable el uso de una variedad diferente a Camino Real considerando el comportamiento del capital financiero asociado a este ajuste productivo. En concreto, debido al incremento en los costos (a causa del cambio de variedad) y al aumento de utilidades asociadas a esta renovación, se espera que la implementación de la producción con la nueva variedad sea paulatina, proporcional al capital que se vaya acumulando; así, para el segundo ciclo se estima será en la totalidad del área.

Teniendo en cuenta los resultados de la validación realizada en campo, se recomienda el uso de la variedad Albión, que, en comparación con la variedad Camino Real, puede representar incrementos productivos de hasta el 85% de la producción bruta por ciclo; además, con esta se pueden obtener incrementos de hasta el 150% en la proporción de

producto de primera calidad, 220% en la proporción de producto de segunda calidad, 60% en la proporción de producto de tercera calidad y una disminución del 8% de producto de cuarta calidad.

Finalmente, dadas las condiciones socioeconómicas de los productores de este dominio, se prevé que la disponibilidad de jornales satisface la demanda requerida para la producción bajo la nueva variedad, e incluso pueden llegar a venderse jornales para aumentar el capital disponible por parte del productor

Dominio 2

Los productores que constituyen el dominio de recomendación 2 se encuentran ubicados en zonas con un nivel de exposición medio ante una condición de exceso hídrico. Su grado de sensibilidad es bajo debido a que no presentan problemas con los índices de área cultivada ni con la incidencia de plagas y enfermedades. Por otra parte, tienen una capacidad de adaptación media, pues son propietarios de la tierra y cuentan con esquemas asociativos que pueden facilitar la comercialización del producto (Figura 10).



Figura 10. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 2.

Los productores que constituyen el dominio de recomendación 2 tienen características de los productores de los dominios de recomendación 1, 3 y 4, pero se caracterizan por estar ubicados en zonas con menor exposición agroclimática, razón por la cual el uso de otra

variedad de fresa no constituye una gran medida de mitigación de los efectos de una condición de exceso hídrico, sino una tecnología que potencia las características productivas del sistema. Aun así, se recomienda la adopción de la variedad Albión para la producción en sus predios, en una proporción acorde con las capacidades de los productores, pero que puede ser de hasta la totalidad del área dedicada al sistema productivo.

Dominio 3

Los productores incluidos en el dominio de recomendación 3 se encuentran ubicados en zonas con un nivel de exposición alto ante una condición de exceso hídrico. Son productores que, debido a los bajos niveles de incidencia de plagas y enfermedades y a los buenos índices de área cultivada, presentan un grado de sensibilidad bajo ante una condición de exceso hídrico. Aunque la capacidad de adaptación de los productores de este dominio es grado medio, pues cuentan con acceso a crédito y son propietarios de los predios, se recomienda la diversificación de los ingresos, a fin de que no dependan solo de la producción de fresa y mejoren así la capacidad adaptativa (Figura 11).

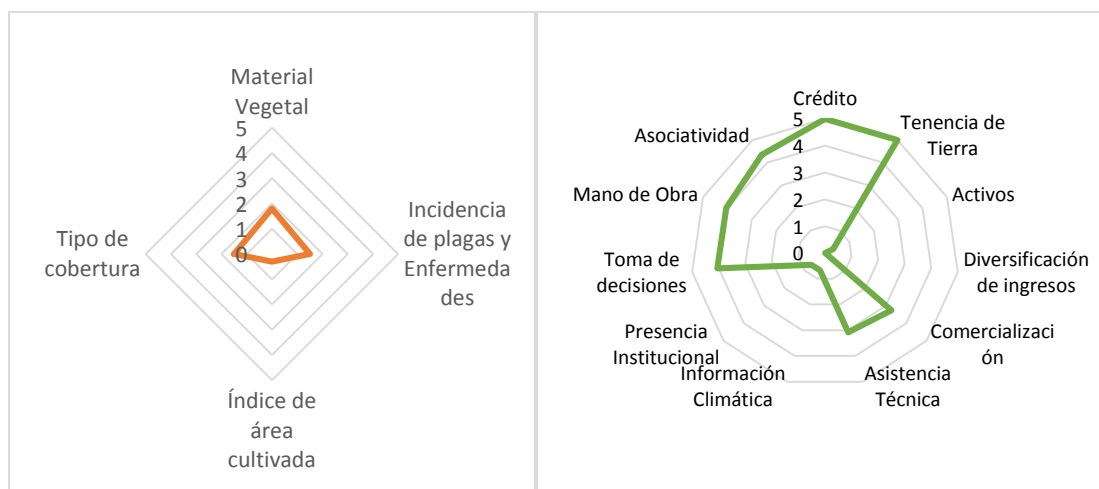


Figura 11. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 3.

De acuerdo con el análisis microeconómico y considerando el comportamiento del capital financiero asociado a este ajuste productivo, resulta viable el uso de una variedad diferente a Camino Real. En concreto, debido al incremento en los costos que representa



el cambio de variedad y al aumento de las utilidades asociadas a esta renovación, se espera que la implementación de la producción con la nueva variedad sea paulatina, acorde con el capital que se vaya acumulando. Específicamente se recomienda que para el primer ciclo la disposición con la nueva variedad sea de alrededor del 60% del área, y para el segundo, de la totalidad del predio.

Por los resultados de la validación realizada en campo, se recomienda el uso de la variedad Albión, la cual, en comparación con la variedad Camino Real, puede representar incrementos productivos de hasta el 85% de la producción bruta por ciclo, y en esta se pueden obtener incrementos de hasta el 150% en la proporción de producto de primera calidad, 220% en la proporción de producto de segunda calidad, 60% en la proporción de producto de tercera calidad y una disminución del 8% de producto de cuarta calidad.

En este caso, la mano de obra disponible no satisfaría la demanda requerida para el nuevo esquema de producción y se haría necesaria la contratación adicional de jornales para la producción (se espera no sea mayor a 20 jornales por ciclo). Finalmente, dado que estos productores cuentan con acceso a crédito, se sugiere que, de ser necesario, se haga uso de este durante el primer ciclo productivo para cubrir los costos de la inversión. Se prevé que la deuda pueda pagarse sin inconvenientes para el inicio del segundo ciclo.

Dominio 4

Los productores incluidos en el dominio de recomendación 4 se encuentran ubicados en zonas con un alto grado de exposición ante una condición de exceso hídrico, lo que prioriza la necesidad de implementación de la tecnología propuesta. Estos productores tienen un grado bajo de sensibilidad respecto a esta condición climática. Constituyen un conjunto de productores con capacidad de adaptación alta ante exceso hídrico, pues cuentan con activos en animales, poseen esquemas asociativos, son dueños de los predios y reciben asistencia técnica (Figura 12).

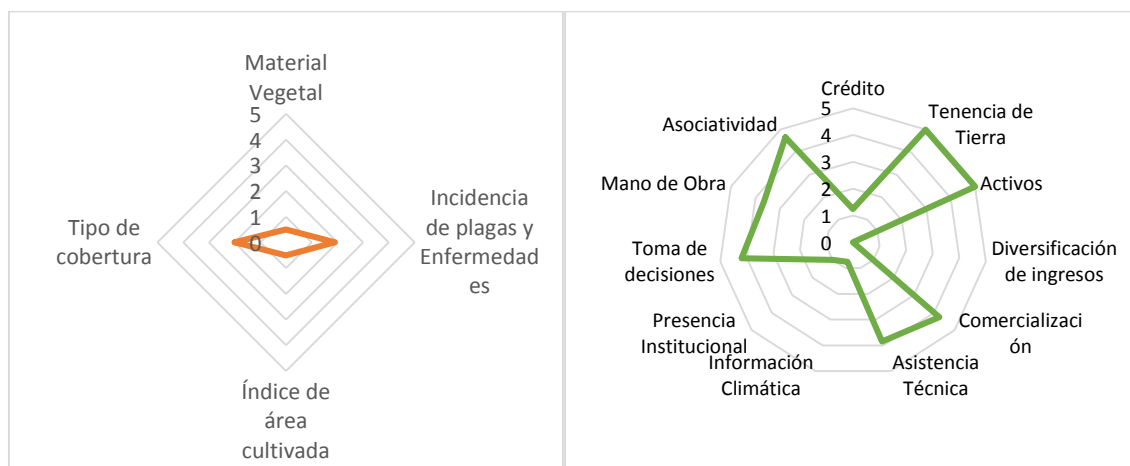


Figura 12. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para el dominio 4.

De acuerdo con el análisis microeconómico y teniendo en cuenta el comportamiento del capital financiero asociado a este ajuste productivo, resulta viable el uso de una variedad diferente a Camino Real. En concreto, debido al incremento en los costos que representa el cambio de variedad y al aumento de las utilidades asociadas a esta renovación, se espera que la implementación de la producción con la nueva variedad sea paulatina, acorde con el capital que se vaya acumulando. Dadas las condiciones de falta de acceso a crédito por parte los productores de este dominio, se recomienda realizar la implementación tecnológica inicialmente en un 20% del área, e ir aumentándola paulatinamente hasta alcanzar la totalidad del predio, según lo permitan los excedentes de utilidades. En caso de que haya posibilidad de acceder a crédito, la recomendación se acerca a la planteada para los productores del dominio 3, es decir, que las opciones de financiación solo faciliten la implementación tecnológica en una mayor área en un menor tiempo.

Dadas las condiciones socioeconómicas de los productores de este dominio, se hace necesaria la contratación de jornales adicionales a los disponibles de mano de obra familiar. La cantidad de mano de obra a contratar estará sujeta al tiempo que tardará convertir la totalidad de la producción a la variedad Albión; se espera que se lleguen a necesitar un máximo aproximado de 120 jornales para cada ciclo de 16 meses de producción.



REFERENCIAS

- Afanador, L. (2014). Informe técnico, Laboratorio de Sanidad Vegetal. Medellín: Universidad Nacional de Colombia.
- 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*. Estudio FAO Riego y Drenaje. Roma: FAO.
- Cano, M. (2011). Interacción de microorganismos benéficos en plantas: micorrizas, *Trichoderma* spp. y *Pseudomonas* spp. Una revisión. *Revista U.D.C.A. Actualidad y Divulgación Científica*, 14(2), 15-31.
- CCB. (2015). *Manual Fresa*. Bogotá: Camara de Comercio de Bogotá. Programa de Apoyo Agrícola y Agroindustrial Vicepresidencia de Fortalecimiento Empresarial.
- Ceja, L., Vázquez, G., y Muñoz, C. (2001). Comparación de métodos de control de la secadera de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(2). 147-153.
- Ceja, L., Mora, G., Téliz, D., Mora, A., Sánchez, P., Muñoz, C., Tlapal, B., y De La Torre, R. (2008). Ocurrencia de hongos y etiología de la secadera de la fresa bajo diferentes sistemas de manejo agronómico. *Agrociencia*, 42(4), 451-461.
- Chaboussou, F. (1967). La trophobiose ou les rapports nutritinels entre la Plante-hôte et ses parasites. *Annales de la Société Entomologique de France*, 3(3), 797-809.
- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En *Manual técnico: Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos* (pp. 1-10). Mosquera: Produmedios.



- Corpoica. (2013). *Plan para el manejo de los impactos en el sector agropecuario ocasionados por la emergencia invernal*. Bogotá: Universidad Tecnológica Pedagógica de Colombia – UPTC, 4D Elements Consultores y Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA, Sede C. I. Tibaitatá.
- Corpoica. (2014). *Producto 5. Ofertas tecnológicas disponibles para los sistemas productivos priorizados por departamento con potencial para enfrentar riesgo a eventos climáticos extremos y generar reactivación económica: Departamento de Antioquia*.
- Corpoica. (2015a). *Componente 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos - Departamento de Antioquia*. Bogotá.
- Corpoica. (2015b). *Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para fresa (San Vicente), maracuyá (Dabeiba y Sopetrán) y plátano (San Juan de Urabá y Jardín). Departamento de Antioquia*. Bogotá.
- Corpoica. (2016). *Informe Final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de Fresa Municipio de San Vicente Ferrer, Departamento de Antioquia. 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*.
- Dávalos, P., González, J., Castro, J., Díaz, G, y Arévalo, A. (1985). *Guía para cultivar fresa en Irapuato*. Guanajuato, México: INIA, CIAB, CAEB, SARH.



- Dávalos, P., Aguilar, R., Jofre, A., Hernández, A., y Vázquez, M. (2011). *Tecnología para sembrar viveros de fresa*. México D. F.: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.
- Fang, X., You, M., y Barbetti, M. (2012). Reduced severity and impact of Fusarium wilt on strawberry by manipulation of soil pH, soil organic amendments and crop rotation. *European Journal of Plant Pathology*, 134(3), 619-629.
- Fang, X., Phillips, D., Li, H., Sivasithamparam, K. y Barbetti, M. (2011). Comparisons of virulence of pathogens associated with crown and root diseases of strawberry in Western Australia with special reference to the effect of temperature. *Scientia Horticulturae*, 131, 39-48.
- FAO (1976). A framework for land evaluation. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Soils bulletin*, 32.
- FAO. (2006). Evapotranspiración del sistema productivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los sistema productivos. Roma: FAO.
- Feldhaar, H. (2014). Ant nutritional ecology: linking the nutritional niche plasticity on individual and colony-level to community ecology. *Current Opinion in Insect Science*, 5, 25-30.
- Gordon, T. (2013). Management of Diseases Caused by *Fusarium oxysporum*, *Verticillium dahliae* and *Macrophomina phaseolina*. *California Strawberry Commission, Annual Production Research Report 2012-2013*, pp. 9-21.
- IPCC (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.



- Jiménez, D., Moreno, A., y Maeda, M. (1989). *Efecto de diferentes períodos de solarización sobre los microorganismos del suelo*. Memorias del XVI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Fitopatología, Montecillo, Edo. de México.
- Koike, S. (2008). Marchitez por *Verticillium*. *Verticillium dahliae* Klebahn. Ficha técnica. México: Dirección General de Sanidad Vegetal.
- Koike, S., y Gordon, T. (2015). Management of Fusarium wilt of strawberry. *Crop Protection*, 73, 67-72.
- Koike, S., Gordon, T., Daugovish, O., y Ajwa, H. (2013). *Marchites por Fusarium de la fresa*. Guías de Producción. *California Strawberry Commission*, 11.
- Lores, A., Leyva, C., y Varela, C. (2008). Los Dominios de Recomendaciones: Establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Njoroge, S., Vallad, G., Park, S., Kang, S., Koike, S., Bolda, M., Burman, P., Polonik, W., y Subbarao, K. (2011). Phenological and Phytochemical Changes Correlate with Differential Interactions of *Verticillium dahliae* with Broccoli and Cauliflower. *Phytopathology*, 101(5), 523-534.
- Núñez-Zofío, M., Larregla, S., y Garbisu, C. (2011). Application of organic amendments followed by soil plastic mulching reduces the incidence of *Phytophthora capsici* in pepper crops under temperate climate. *Crop Protection*, 30, 1563-1572.
- OMM. (2011). Guía de prácticas climatológicas. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought. Research Paper N.º 45*. Washington: Department of Commerce, 58.



- Pastrana, A. (2014). *Incidencia y epidemiología de nuevos hongos patógenos de fresa en la provincia de Huelva. Desarrollo de herramientas biotecnológicas y aplicación de otras estrategias de control*. (Tesis doctoral en Biología, Universidad de Sevilla).
- Soria, L. (2012). *Calidad y rendimiento de fresa inoculada con hongos micorrízicos arbusculares*. (Tesis de maestría en Ciencias, Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral, Michoacán, México).
- Stapleton, J.J. y DeVay, J.E. (1986). Soil Solarización: A nonchemical approach for management of plant pathogens and pests. *Crop Protection*, 5, 190-198.
- Van der Plank, J. (1963). *Plant diseases: Epidemics and control*. New York: Academic Press.
- En Ceja, L., Vázquez, G., y Muñoz, C. Comparación de Métodos de Control de la Secadera de la Fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Revista Mexicana de Fitopatología*, 19(2), 147-153.
- Wehner, J., Antunes, P., Powell, J., Mazukatow, J., y Rillig, M. (2010). Plant pathogen protection by arbuscular mycorrhizas: A role for fungal diversity? *Pedobiologia*, 53, 197-201.
- Zhang, Y., Fan, T., Jia, W., Zhang, W., Liu, Q., Li, B., y Zhang, L. (2012). Identification and characterization of a *Bacillus subtilis* strain TS06 as bio-control agent of strawberry replant disease (*Fusarium* and *Verticillium* Wilts). *African Journal of Biotechnology*, 11(3), 570-580.



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>