



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo del Maíz Blanco (*Zea mays*)

**Municipio de Fundación
Departamento de Magdalena**



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.



Grupo de trabajo	
Luis Felipe Castelblanco Rivera	Profesional de apoyo a la investigación
Elías David Flores	Profesional de apoyo a la investigación
César Elías Baquero Maestre	Investigador Máster.
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Leonard Elías Barros	Profesional de apoyo a la investigación
Sara Julieth Bernal Ordóñez	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster



AGRADECIMIENTOS

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

Al productor, por haber dispuesto su predio para la validación de las opciones tecnológicas presentadas, por su disposición, compromiso y dedicación para el desarrollo de la parcela de integración.

A los asistentes técnicos, que aportaron sus conocimientos locales.

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

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

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



TABLA DE CONTENIDO

Introducción	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo del maíz blanco	3
Sección 1: riesgo agroclimático en el departamento y el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Fundación.....	5
Exposición del sistema productivo del maíz blanco a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Fundación	10
Zonas de Fundación en las cuales el sistema productivo del maíz tendría un mayor o menor riesgo	17
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	20
Sección 2: prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del maíz blanco ante condiciones de déficit hídrico en el suelo, en Fundación	22
a) Semilla certificada	24
b) Densidad y distancia de siembra	25
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	26
Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del maíz blanco de Fundación al déficit hídrico en el suelo	29
Sección 3: implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de maíz blanco de Fundación.....	37



Dominio de recomendación	37
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos.....	37
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del maíz de Fundación	38
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	40
Bibliografía.....	45



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático del sistema productivo del maíz blanco en Fundación (Magdalena), bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas de Fundación, Magdalena.....	6
Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en Fundación (periodo 1980-2011).....	7
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación.	12
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico, en la ventana de análisis marzo-septiembre del 2016.	16
Figura 6. Aptitud agroclimática de Fundación para el sistema productivo del maíz blanco bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico (marzo-septiembre).	18
Figura 7. Balance hídrico atmosférico (superior) y balance hídrico agrícola (inferior) para el sistema productivo del maíz blanco de Fundación, entre los meses de marzo y agosto del 2014.	23
Figura 8. Mazorcas de la variedad ICA V-156.	24
Figura 9. Mazorcas de la variedad Corpoica V-159.	24
Figura 10. Parcelas de maíz con las densidades evaluadas: arreglo 1 (a), arreglo 2 (b), arreglo tradicional o pie perdío (c).	26
Figura 11. Pesaje de mazorcas (izq.) y grano trillado (der.).	26



Figura 12. Recolección de mazorcas en el sistema productivo de maíz blanco, Fundación, Magdalena.....	27
Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio uno.	40
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio dos.....	42
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio tres.	44



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Fundación durante los eventos de El Niño en el periodo 1980-2011	9
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Fundación durante los eventos de-La Niña en el periodo 1980-2011.....	9
Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación.	13
Tabla 4. Distancias de siembra validadas en la parcela de integración	25
Tabla 5. Densidad de siembra y rendimientos obtenidos.....	27
Tabla 6. Altura de inserción de la mazorca (hMa) promedio para ICA y Corpoica, bajo tres arreglos de población (pie perdidó, 80 x 25 y 80 x 40 cm).....	28
Tabla 7. Promedios por variedad para los parámetros agronómicos evaluados.....	28
Tabla 8. Sistemas de labranza y su relación con el rendimiento y mano de obra en el sistema productivo de maíz.....	32
Tabla 9. Plantas empleadas como coberturas en el cultivo de maíz	33
Tabla 10. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de maíz blanco de Fundación	39



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, 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, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y el largo plazos. Esto constituye una propuesta de gestión de técnicas y tecnología a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que producen las condiciones restrictivas de humedad del suelo sobre los sistemas productivos.

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

El presente documento expone un conjunto de elementos que permite orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de maíz blanco a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en Fundación, Magdalena.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de maíz blanco (*Zea mays*) ante el riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en Fundación (Magdalena), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnologías.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de Fundación para tomar decisiones en el sistema productivo de maíz blanco en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de maíz blanco bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en Fundación.
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de maíz blanco en Fundación.

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de maíz blanco

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) se expresa en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y de 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 maíz blanco 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.

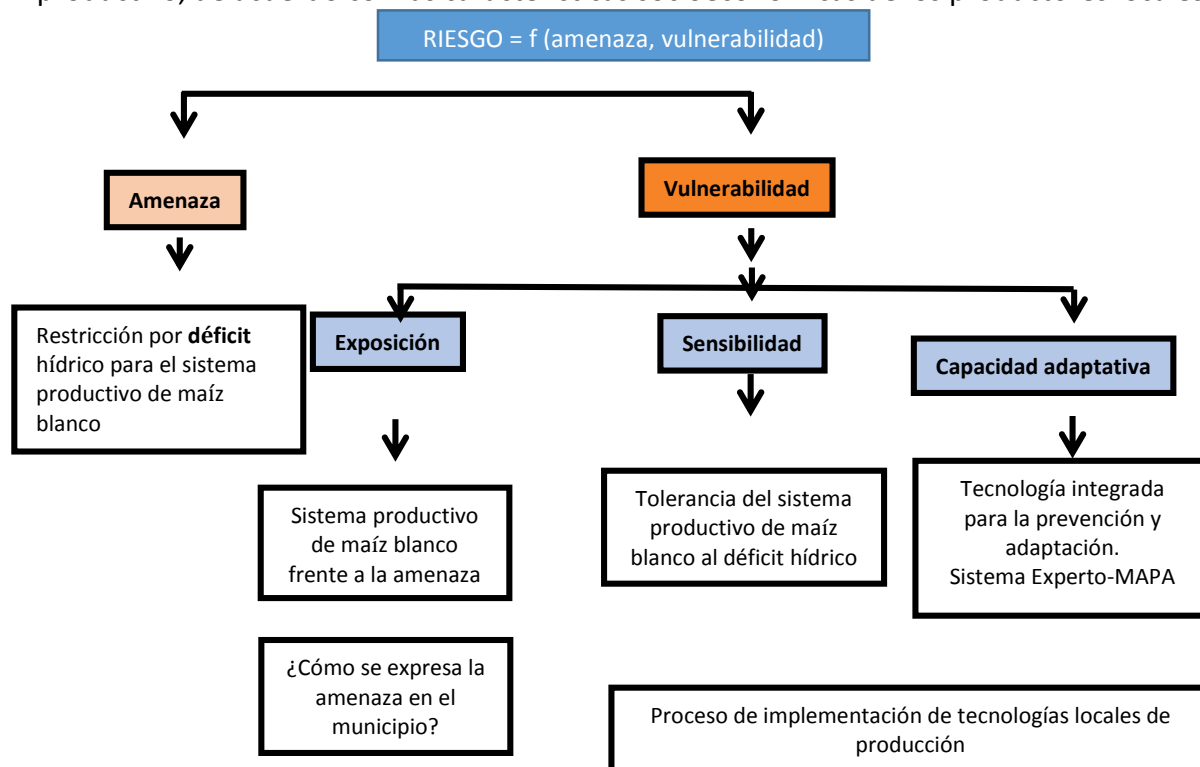


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de maíz blanco en Fundación (Magdalena), bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.



Sección 1: Riesgo agroclimático en el departamento y el municipio

A escala departamental: es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y climáticas (distribución de la precipitación, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa y distribución de la evapotranspiración [ET₀]).

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 [ET₀], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

Para mayor información sobre el riesgo agroclimático a escala departamental y municipal, consultar el sistema experto (SE)-MAPA



Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Fundación

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

Fundación presenta susceptibilidad a déficit hídrico y escorrentía, debido a que su paisaje de montaña y lomerío está influenciado tanto por el río Ariguaní, como por la Ciénaga Grande de Santa Marta. Presenta una limitación en el uso de la tierra porque gran parte de la zona nororiental del municipio pertenece a resguardos indígenas, en el área restante la altitud es de gran relevancia, ya que predominan altitudes entre 0 y 500 metros sobre el nivel del mar (msnm) (37 % del área total del municipio), con su relación directa con la temperatura; presenta un 3 % del área con capacidad de uso agropecuario, 20 % para agroforestería, 23 % para sistemas agroforestales con cultivos semi o perennes y el área restante tiene capacidad de uso para conservación o forestal (figura 2).

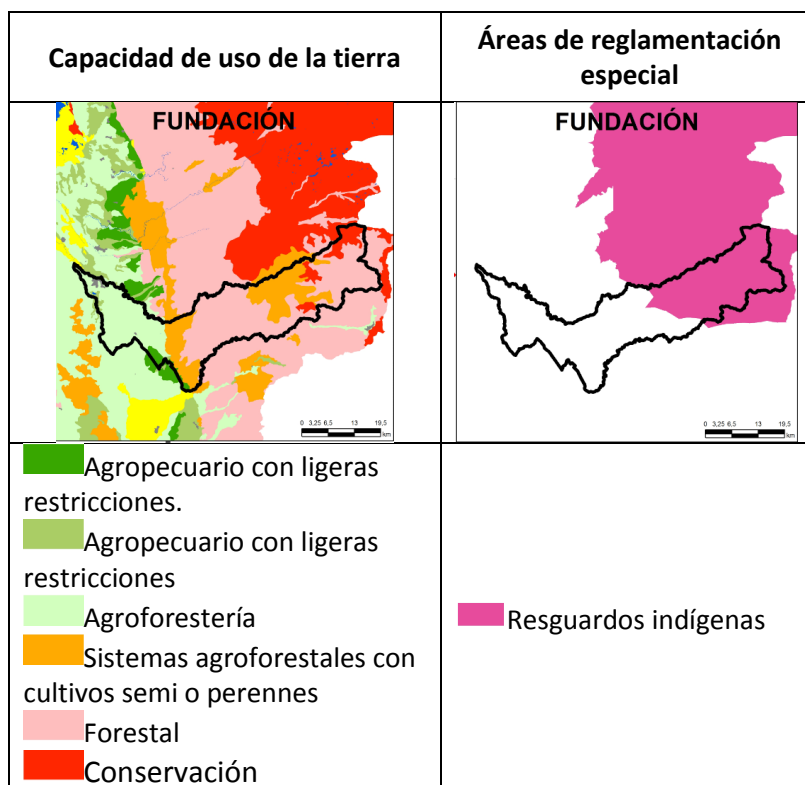
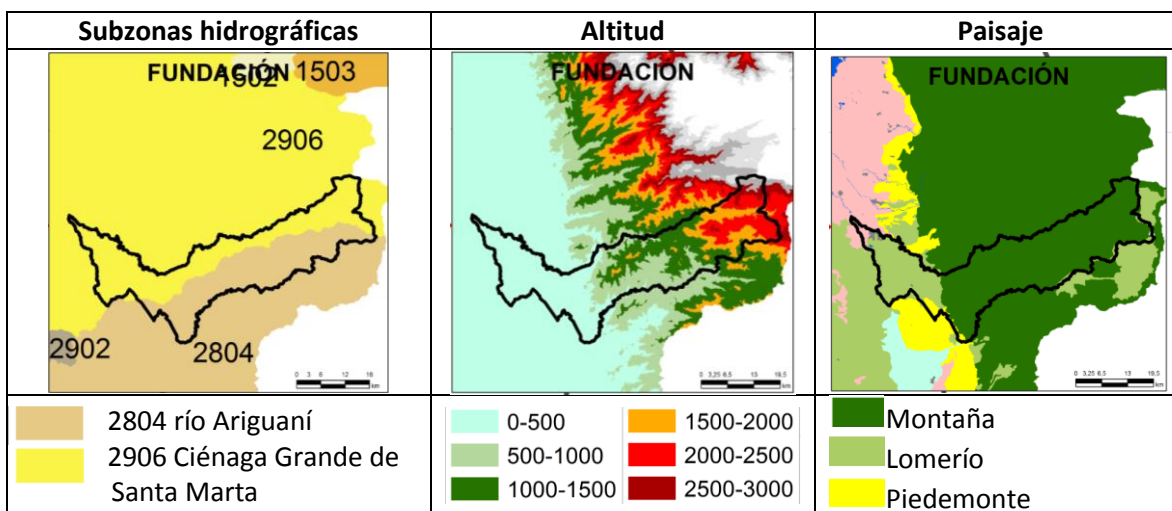


Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas de Fundación, Magdalena.
Fuente: Corpoica (2015a).

Lo segundo a revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980-2010), con lo cual es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de Fundación se destacan:

Precipitación: En la figura 3 se muestra la dinámica de precipitación de Fundación. La línea verde representa la precipitación promedio, y las barras rojas y azules, los eventos de variabilidad asociados a ENSO: *El Niño* (2009) y *La Niña* (2010), respectivamente. En la gráfica es posible observar que el efecto de un fenómeno de variabilidad, el cual en ambos casos es más evidente en la temporada de lluvias (segundo semestre), siendo crítico durante un evento de *El Niño* por la disminución de las lluvias entre mayo y noviembre, ya que se esperan normalmente en esta temporada las mayores precipitaciones, precedidas por la temporada seca de diciembre a febrero.

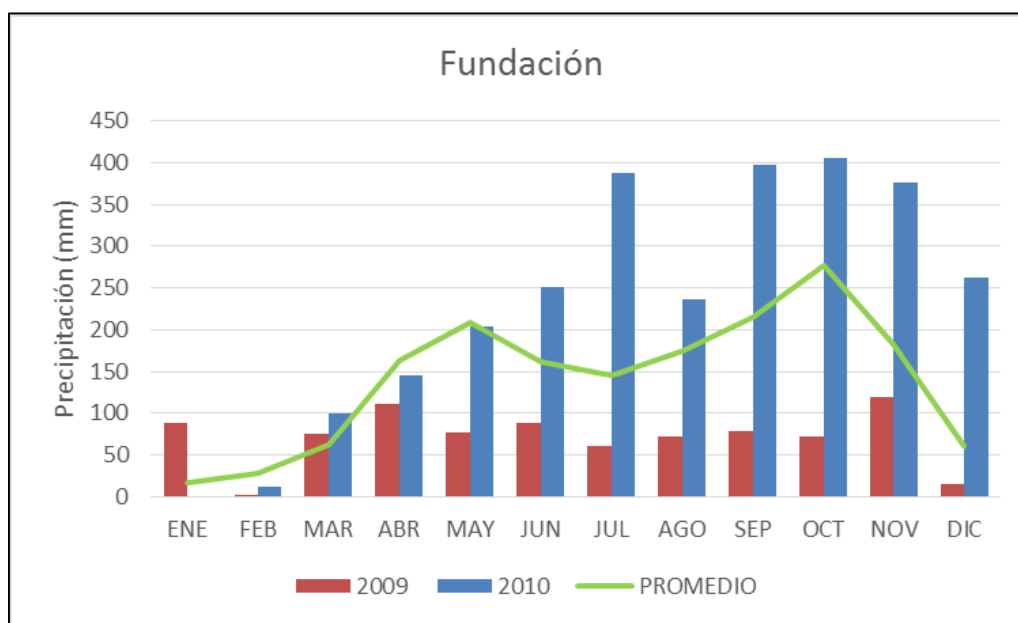


Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos con respecto al promedio multianual en Fundación (periodo 1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a).

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o *La Niña*: permiten determinar cuán fuerte es 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: indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación, y
- El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI),¹ 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. Son calculados 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).

En Fundación (Magdalena), durante un evento de *El Niño*, la mayor anomalía se presentó con una reducción del 39 % de la precipitación durante el periodo de julio del 2009 a abril del 2010, con un valor del ONI de 1,8. Durante un evento de *La Niña*, la mayor anomalía presentada tuvo un aumento del 79 % de la precipitación entre julio del 2010 y abril del 2011, con un valor ONI de -1,4.

Las tablas 1 y 2 muestran cómo se han comportado los fenómenos ENSO en los últimos 32 años, lo cual es útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de este fenómeno. En estas tablas también se presentan los periodos de duración de los eventos, lo cual es un indicativo para la planificación y mediante el cual se pueden prever y realizar prácticas preventivas a distintas escalas temporales.

¹ Cuando la variación supera valores de 0,5 durante por lo menos cinco meses consecutivos, se habla de un evento de *El Niño*, y cuando los valores son menores a -0,5, también de forma consecutiva en cinco meses, es un evento de *La Niña*. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona:

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml

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

Periodo	Mayo 1982-junio 1983	Ago. 1986-feb 1988	Mayo 1991-junio 1992	Mayo 1994-marzo 1995	Mayo 1997-mayo 1998	Mayo 2002-marzo 2003	Junio 2004-feb. 2005	Ago. 2006-enero 2007	Julio 2009-abril 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	-26 %	-9 %	-18 %	-7 %	-26 %	-15 %	20 %	-5 %	-39 %

Fuente: Corpoica (2015a).

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

Periodo	Oct. 1984-sept. 1985	Mayo 1988-Mayo 1989	Sept. 1995-marzo 1996	Julio 1998-junio 2000	Oct. 2000-feb. 2001	Sept. 2007-mayo 2008	Julio 2010-abril 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	-27 %	5 %	-12 %	18 %	-27 %	33 %	79 %

Fuente: Corpoica (2015a).

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: con la cartografía temática del proyecto MAPA se pueden identificar áreas del municipio más susceptibles a exceso hídrico bajo eventos de *La Niña*, susceptibilidad a déficit hídrico bajo eventos de *El Niño*, susceptibilidad a inundación en 2010-2011, susceptibilidad biofísica a inundación, afectación de la capacidad fotosintética analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado y áreas afectadas regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión) o de sequía (contracción).

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

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

Exposición del sistema productivo del maíz blanco a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Fundación

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por las características de suelo y por la variabilidad climática. 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. **Las limitaciones de los suelos:** en el mapa de aptitud de suelos se debe tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad (con la aplicación de enmiendas y fertilizantes); mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas) (figura 4). Es importante tener en cuenta que la escala de análisis espacial es 1:100.000.

Para tener en cuenta: para el establecimiento del maíz en Fundación, una tercera parte de los suelos presenta aptitud potencial (clases A1 y A2). Sin embargo, la mayor parte de los suelos se encuentra asociada a suelos con aptitud marginal o a suelos no aptos.

Fundación presenta aproximadamente 15.550 ha con aptitud óptima (16 % del municipio) para el establecimiento del maíz, sin restricciones a esta escala. Adicionalmente, unas 16.700 ha presentan aptitud moderada, condicionadas a manejo por texturas o acidez y a

Símbolo	Aptitud	Área (ha)	%
 A1-N	70 % de los suelos con aptitud óptima; 30 % no son aptos.	543	0,56
 A1-A2f	Óptima en el 50 % de los suelos; en el otro 50 % es moderada por acidez.	92	0,09
 A1-A3pe	Óptima en el 60 % de los suelos y el restante 40 % es marginal por profundidad efectiva.	1880	1,94
 A1-A3f	Óptima en el 65% de los suelos; en el 35 % es marginal por acidez extrema.	17.998	18,55
 A1-A3f-N	Óptima en el 40 % de los suelos; marginal por acidez y no apto.	5762	5,94
 A2d-A3f	Moderadamente en el 60 % por drenaje, y marginal por profundidad efectiva.	242	0,25
 A2f/tx-A3pe	Moderadamente en el 60 % por drenaje, y marginal por profundidad efectiva.	1216	1,25
 A2f-A3f-N	Moderada por acidez y no aptos.	39.516	40,74
 A3f/pe	Marginal por acidez y por profundidad efectiva.	10.012	10,32
 A3pe-N	Marginal por profundidad efectiva (hasta un 80 %) y no apto	4025	4,15
 N	No apto por alturas superiores a 2000 msnm	13.901	14,33
 Cuerpo de agua		162	0,17
 Urbano		514	0,53
	Sin información	1327	0,01
	Total	97.190	100,00

Figura 4. Aptitud de uso de suelos para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación.
Fuente: Corpoica (2015b).

b. La probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico: en los mapas de escenarios agroclimáticos, el sistema productivo de maíz blanco, con base en el cálculo del índice de Palmer (1965), se establecieron las probabilidades de ocurrencia de déficit hídrico; en la ventana de

análisis se contempla un ciclo completo del cultivo de maíz entre marzo y septiembre (Figura 5). Las fechas de siembra en el municipio varían entre marzo y abril, de acuerdo con las condiciones de humedad en el suelo; así mismo, la duración de las etapas fenológicas del maíz se amplían o reducen dependiendo, entre otras, de la disponibilidad de agua en el suelo (Tabla 3).

En Fundación, la probabilidad de ocurrencia de condiciones de humedad favorables para el cultivo fueron bajas (tono verde, 20-40 %), medias (tono amarillo, 40-60 %) y altas (tono naranja, 60-80 %). entre los meses de junio y septiembre, las probabilidades fueron medias y altas; esta condición de humedad en el suelo no limita severamente el cultivo de maíz (Figura 5). Es importante que la escala de análisis espacial sea 1:100.000.

Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación.

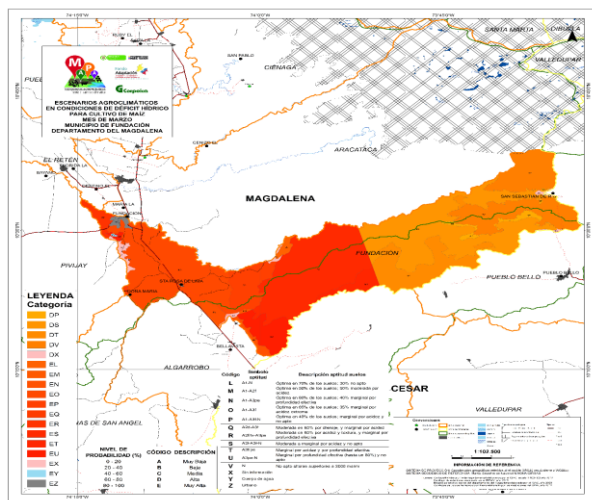
Etapas fenológicas	Duración (días)	Ventana de análisis en condiciones de normalidad hídrica																											
		Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Siembra																													
Germinación	4 a 7																												
Desarrollo de los folíolos	25 a 35																												
Crecimiento longitudinal del tallo principal	35 a 45																												
Aparición del órgano floral masculino	10 a 15																												
Floración femenina	10 a 15																												
Formación de la mazorca	15 a 20																												
Maduración del grano	40 a 45																												
Cosecha	15																												

Etapas fenológicas	Duración (días)	Ventana de análisis en condiciones de déficit hídrico																											
		Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre			
		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
Siembra																													
Germinación	6 a 8																												
Desarrollo de los folíolos	35 a 40																												
Crecimiento longitudinal del tallo principal	40 a 50																												
Aparición del órgano floral masculino	15 a 20																												
Floración femenina	15 a 20																												
Formación de la mazorca	20 a 25																												
Maduración del grano	35 a 40																												
Cosecha	15																												

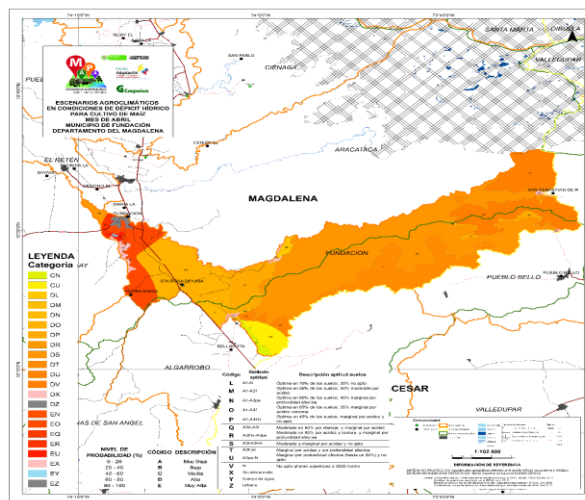
Etapas fenológicas	Duración (días)	Ventana de análisis en condiciones de exceso hídrico																																	
		Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre									
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4						
Siembra																																			
Germinación	4 a 6																																		
Desarrollo de los folíolos	35 a 40																																		
Crecimiento longitudinal del tallo principal	45 a 55																																		
Aparición del órgano floral masculino	10 a 15																																		
Floración femenina	10 a 15																																		
Formación de la mazorca	15 a 20																																		
Maduración del grano	40 a 45																																		
Cosecha	15																																		

Fuente: Corpoica (2015b).

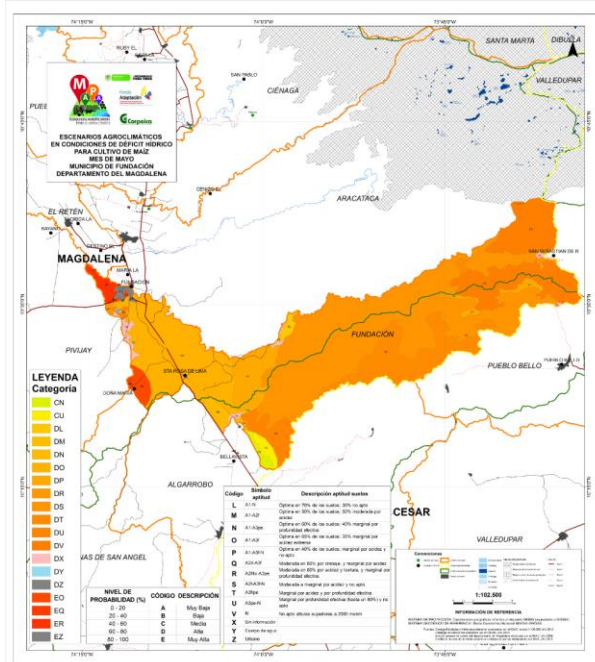
Marzo



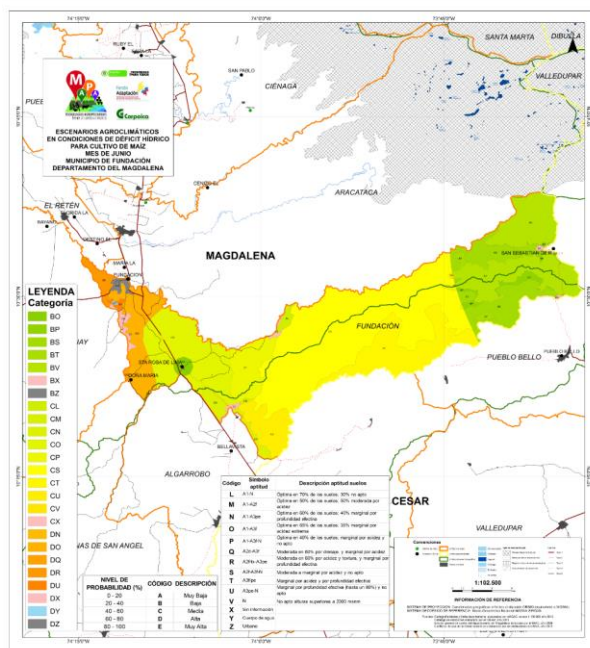
Abril



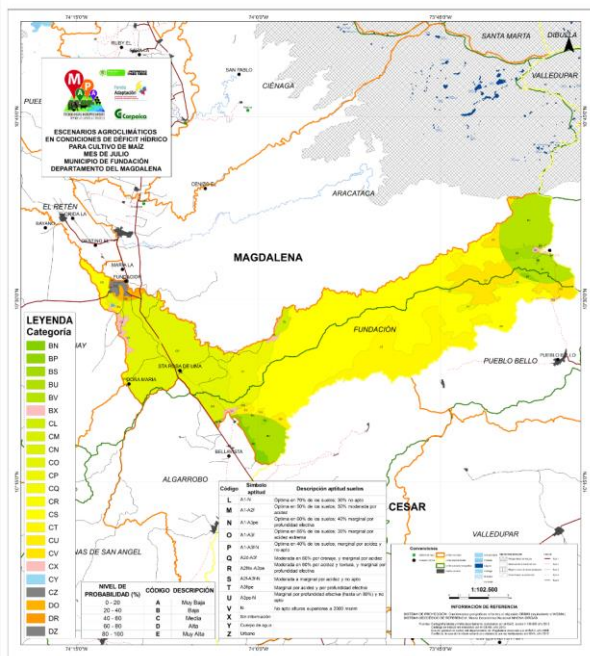
Mayo



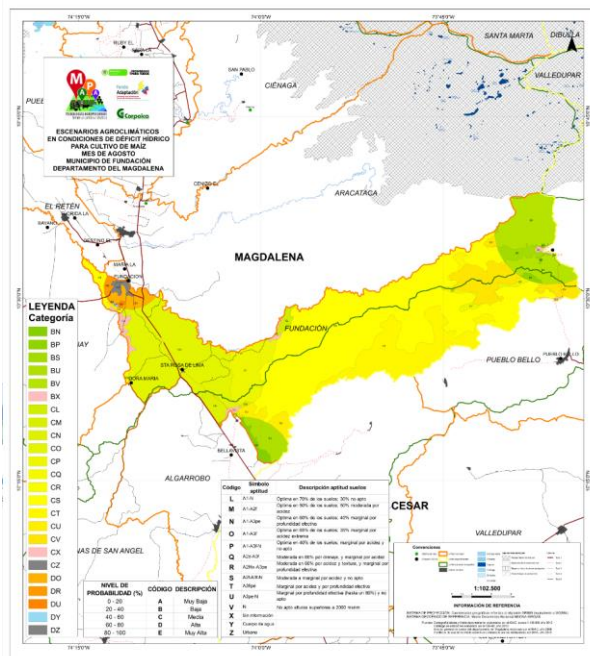
Junio



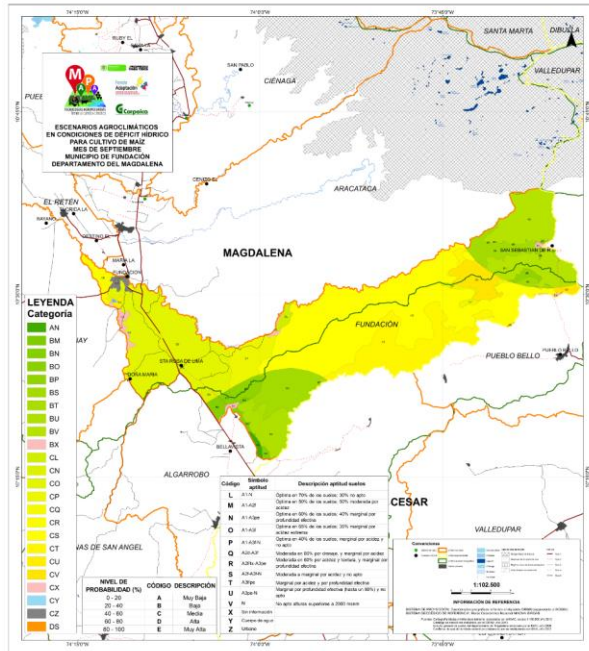
Julio



Agosto



Septiembre



LEYENDA	CM	DL	EN
Categoría	CN	DM	EO
AN	CO	DN	EP
BM	CP	DO	EQ
BN	CQ	DP	ER
BO	CR	DR	ES
BP	CS	DS	ET
BS	CT	DT	EU
BT	CU	DU	EX
BU	CV	DV	EY
BV	CX	DX	EZ
BX	CY	EL	
CL	CZ	EM	

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	A1-N	Óptima en 70% de los suelos; 30% no apto
M	A1-A2f	Óptima en 50% de los suelos; 50% moderada por acidez
N	A1-A3pe	Óptima en 60% de los suelos; 40% marginal por profundidad efectiva
O	A1-A3f	Óptima en 65% de los suelos; 35% marginal por acidez extrema
P	A1-A3f-N	Óptima en 40% de los suelos; marginal por acidez y no apto
Q	A2d-A3f	Moderada en 60% por drenaje, y marginal por acidez
R	A2f/tx-A3pe	Moderada en 60% por acidez y textura, y marginal por profundidad efectiva
S	A2f-A3f-N	Moderada a marginal por acidez y no apto
T	A3f/pe	Marginal por acidez y por profundidad efectiva
U	A3pe-N	Marginal por profundidad efectiva (hasta un 80%) y no apto
V	N	No apto alturas superiores a 2000 msnm
X	Sin información	
Y	Cuerpo de agua	
Z	Urbano	

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo del maíz blanco en Fundación, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico, en la ventana de análisis marzo-septiembre del 2016. Fuente: Corpoica (2015b).

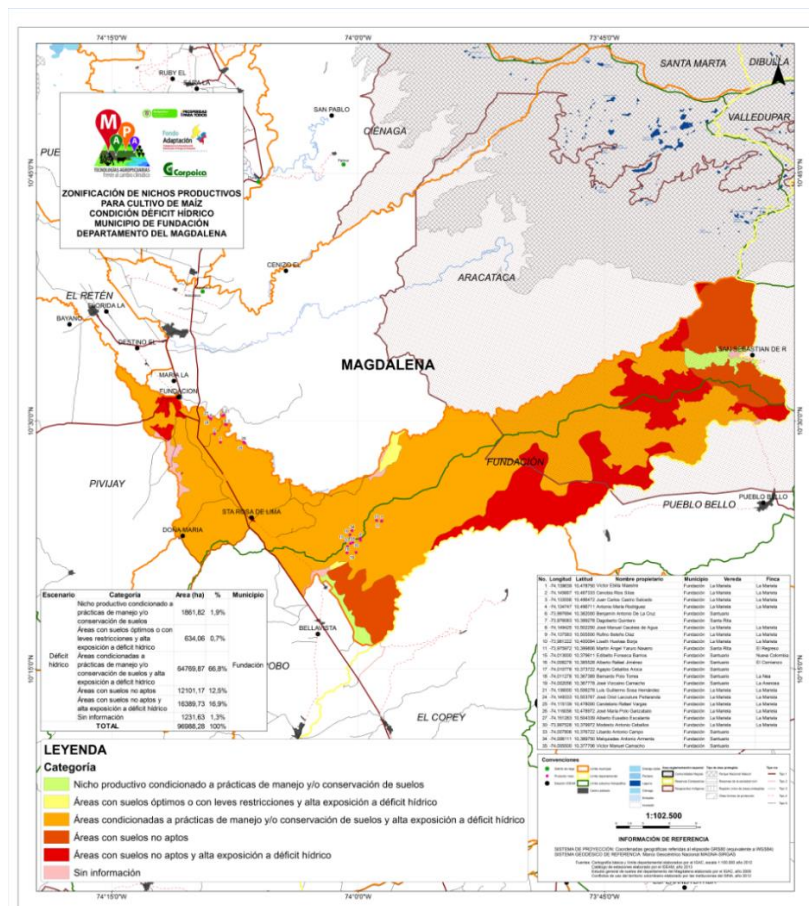
Para tener en cuenta: los tonos amarillos, naranja y rojo indican una mayor exposición a déficit hídrico. En los meses de marzo, abril y mayo se presentan probabilidades medias de deficiencias de humedad en el suelo, coincidiendo con las etapas de siembra, germinación y desarrollo de folíolos. En los demás meses se presenta una probabilidad menor de condiciones de humedad restrictivas para el sistema productivo.

El estrés hídrico causado por deficiencias de agua en el sistema productivo, durante la germinación, podría generar la muerte de plantas jóvenes, disminuyendo la densidad de población, ya que la disminución de las lluvias y el aumento de las temperaturas pueden inducir a la baja el contenido de agua en la planta. Un fuerte estrés durante la etapa vegetativa genera la pérdida de turgencia, marchitamiento, cierre de estomas y disminución de fotosíntesis; en el sistema productivo del maíz el principal efecto es la reducción del crecimiento de las hojas y por lo tanto una menor interceptación de la radiación. Durante la floración, el estrés hídrico puede causar, en el intervalo entre la antesis y la emisión de estigmas, una reducción en el rendimiento del 9 % (mazorcas por planta $<0,9$) (Lafite, 1993; Corpoica, 2015b).

Los mapas de escenarios agroclimáticos indican cuáles son 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 un marco de referencia.

Zonas del municipio de Fundación en las cuales el sistema productivo del maíz tendría un mayor o menor riesgo

Para dar una respuesta se debe observar el mapa de aptitud agroclimática de Fundación para el sistema productivo del maíz (Figura 6). Este mapa resume la exposición mensual a deficiencias hídricas extremas para el sistema productivo y la aptitud de los suelos:



LEYENDA

Categoría

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

Figura 6. Aptitud agroclimática de Fundación para el sistema productivo del maíz blanco bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico (marzo-septiembre).

Fuente: Corpoica (2015b).

En condiciones de sequía se identificaron las aptitudes agroclimáticas del cultivo de maíz con bajo y alto riesgo a esta condición hídrica.

El área identificada con baja exposición a déficit hídrico fue el “nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos” (1,9 %); estas áreas presentan condiciones hídricas aptas para el cultivo y suelos con aptitudes óptimas y moderadas asociadas a marginales y suelos no aptos por profundidad efectiva superficial, acidez extrema, drenaje y texturas.

Con alta exposición a déficit hídrico se identificaron a las “áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico” (0,7 %), los cuales presentan aptitud de uso con leves restricciones (aptitud óptima asociada a moderada por acidez y un 30 % de los suelos no son aptos). Otras son las “áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico” (66,8 %); estas requieren de un manejo de los suelos y de agua, debido a las deficiencias hídricas que podrían presentar. Se identificaron las áreas con “suelos no aptos” (29,4 %), con baja y alta exposición a déficit de agua, sin embargo, la aptitud de uso de los suelos restringe el establecimiento y desarrollo de cultivos de maíz, debido a la marginalidad, a la acidez, a la profundidad efectiva y por presentar altitudes superiores a los 2000 msnm, cuerpos de agua y áreas urbanas.

Bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo, los productores de maíz de Fundación se encuentran en sectores identificados como “áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico”, lo que indica que hay un alto riesgo agroclimático para el cultivo.

Durante condiciones de déficit hídrico en el suelo, Fundación presentó un alto riesgo agroclimático (87 % del área total) con probabilidades medias (20-40 %) y altas (40-60 %) de ocurrencia de sequía. Bajo esta condición hídrica se presentaron 1862 ha con bajo riesgo agroclimático para el cultivo, que corresponden a los “nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y conservación de suelos”.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de maíz en Fundación (Magdalena), consultar el SE-SAAT.

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

Información agroclimática: 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: Por otro lado, la 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): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.

- Fenología y rendimiento de los sistemas productivos: seguimiento al desarrollo y el crecimiento del sistema productivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas, seguimiento, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al sistema productivo, tales como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal y de los sistemas productivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra y cosecha.
- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

El registro de datos meteorológicos en la finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperaturas máxima, mínima y 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 relacionarlas con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos.²

² En la cartilla *Guía para el uso de la información agroclimática en el manejo de cultivos y frutales* (<http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>.) podrá encontrar algunas indicaciones e ideas para llevar a cabo el análisis en su sistema productivo.

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del maíz blanco ante condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Fundación (Magdalena)

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 tiene sobre el sistema productivo de maíz blanco en Fundación. Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de agosto y diciembre del 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo,³ en la parcela de integración de Fundación.⁴

Se observa en el balance hídrico atmosférico (Figura 7, superior) que la mayoría de los días la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue superior a la precipitación (Ppt), por lo cual este balance es negativo.

El balance hídrico agrícola coincide con lo expuesto anteriormente; en este se observa que el agotamiento (Dr) supera en varios periodos el agua fácilmente aprovechable (AFA), lo cual indica que hay un periodo de déficit hídrico para el cultivo que se refleja en el índice de estrés hídrico (K_s).

El K_s puede tomar valores de 1, en el que indica que no hay presencia de estrés, y valores más cercanos a 0, que indican un mayor grado de estrés; sin embargo, en el periodo evaluado, el K_s no toma valores tan cercanos a cero, indicando que aunque el Dr supera el AFA, la cantidad de agua que puede almacenar el suelo, representada en el ADT, suple en parte la demanda del cultivo, presentando en la primera mitad del ciclo valores entre 0,8 y 1, y en la segunda mitad, cuando el estrés hídrico es más fuerte, un mínimo de 0,6; esta condición permitió llevar a cabo el ciclo de cultivo sin necesidad de aplicar riego (Corpoica, 2016) (Figura 7).

³ El déficit hídrico se presenta cuando los valores de evapotranspiración potencial (ET_0) exceden a la precipitación.

⁴ Vereda Mariela, finca *Cara de vaca*.

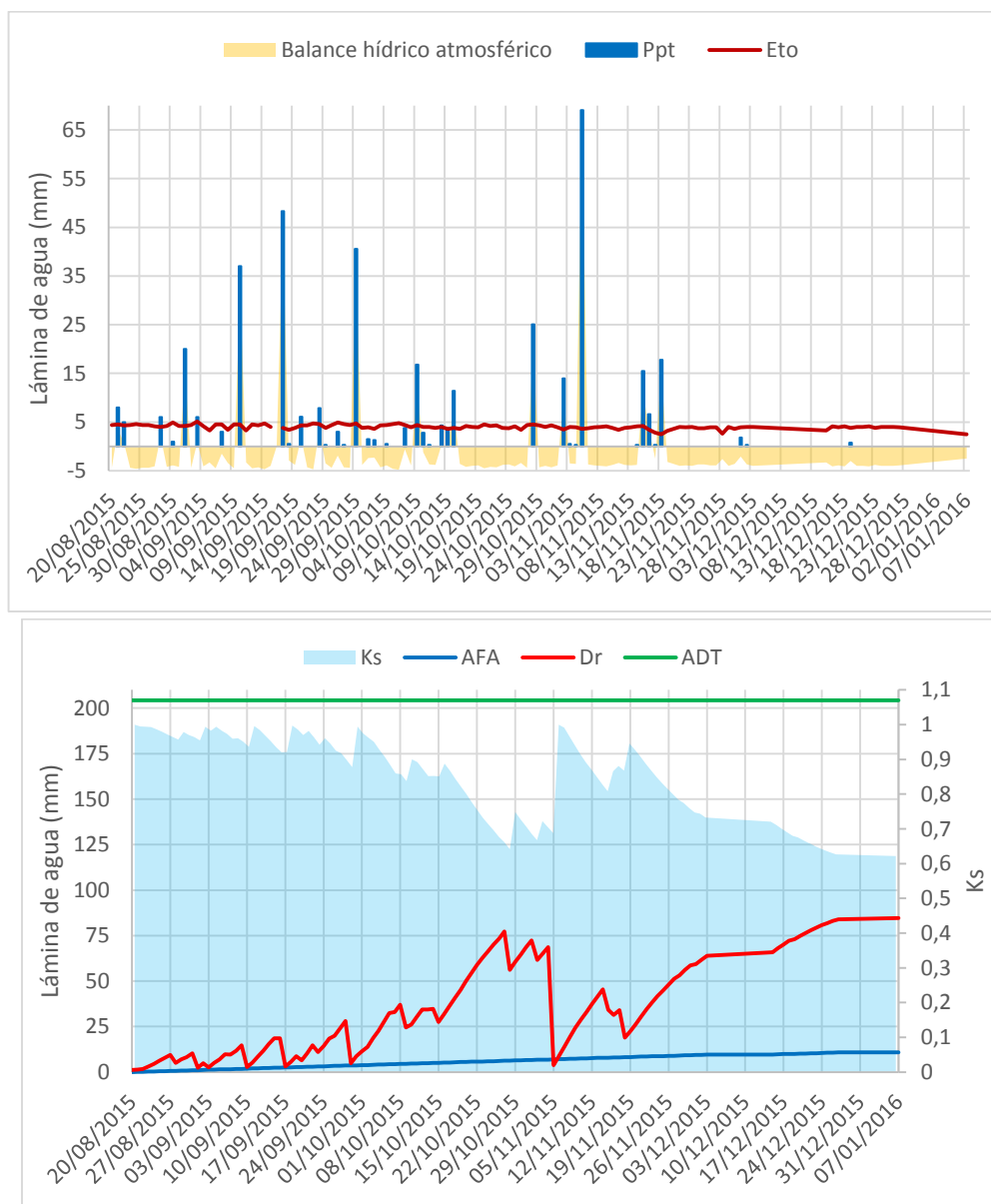


Figura 7. Balance hídrico atmosférico (superior) y balance hídrico agrícola (inferior) para el sistema productivo del maíz blanco de Fundación, entre los meses de marzo y agosto del 2014.

Como producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar dos opciones tecnológicas integradas, con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de maíz blanco de Fundación:

a) Semilla certificada

Esta opción tecnológica permite obtener mayor productividad en relación con la semilla tradicional y garantizar una germinación homogénea, por ser uniformes y una semilla de mejor calidad, además se explora la opción de evaluar variedades con mayores rendimientos y tolerantes a condiciones de déficit o exceso hídrico, dependiendo de las predicciones, con lo cual se pretenden disminuir las pérdidas ante la variabilidad climática.

La implementación consistió en la siembra de dos variedades de maíz certificado, de grano semicristalino, tolerantes a sequía, recomendados para la región Caribe y con buen potencial de rendimiento.

- Semillas ICA V-156: es una variedad desarrollada por el Instituto Colombiano Agropecuario para siembras comprendidas entre 0 a 1000 msnm, de porte mediano, con buen potencial de rendimiento, resistente al volcamiento y adaptadas a las zonas cálidas. En el departamento de Córdoba, con esta variedad se obtuvieron producciones comerciales promedio de 5,5 toneladas por hectárea.



Figura 8. Mazorcas de la variedad ICA V-156.

- Semillas Corpoica V-159: es una variedad de grano blanco semicristalino, presenta moderada tolerancia a enfermedades en



Figura 9. Mazorcas de la variedad Corpoica V-159.

general, especialmente a pudrición de mazorcas y con un rendimiento aproximado de 6,2 t/ha en las microrregiones del valle medio del río Sinú y las sabanas colinadas de Córdoba, Sucre y Bolívar.

b) Densidad y distancia de siembra

Las distancias y, en consecuencia, las densidades de siembra favorecen o no el desarrollo de las plantas y el área foliar eficiente capaz de captar la radiación solar para alcanzar mejores rendimientos (Ageeb, 1994, citado por FAO, 2016), además de disminuir las pérdidas ocasionadas por problemas fitosanitarios.

La distancia y densidad de siembra son dos factores determinantes en el rendimiento productivo de maíz blanco, permitiendo así un mejor aprovechamiento del área cultivada y dándole el manejo agronómico adecuado para cada sistema de cultivo (Tabla 4 y Figura 10). Según Cirilo (2001), la densidad de plantas es la herramienta más efectiva para mejorar la captura de luz. Un mayor número de plantas por unidad de área (mayor densidad de población) permite un mejor aprovechamiento de la radiación solar (mayor captación neta de luz por parte del cultivo, aunque por planta puede ser menor, por mayor competencia intraplantas) (Rodríguez, 2001; Espitia, Montoya, & Atencio, 2009).

Tabla 4. Distancias de siembra validadas en la parcela de integración

Arreglo	Distancia entre surcos (m)	Distancia entre plantas (m)	Plantas por sitio
Arreglo 1	0,80	0,40	2
Arreglo 2	0,80	0,25	1
Arreglo tradicional (pie perdido)	1,00	1,50	5

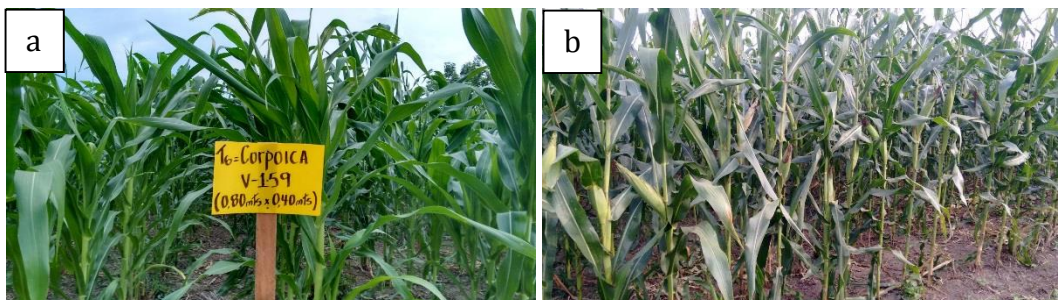




Figura 10. Parcelas de maíz con las densidades evaluadas: arreglo 1 (a), arreglo 2 (b), arreglo tradicional o pie perdido (c).

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Las ventajas comparativas son presentadas bajo una condición restrictiva de humedad en suelo.

El rendimiento varió considerablemente, obteniendo valores de 2,40 ton/ha⁻¹, 4,14 y 4,43 t/ha⁻¹, al fluctuar la densidad de población de 33.333, 50.000 y 62.500 plantas/ha, respectivamente. Las distancias de siembra de 0,80 x 0,25 m y 0,80 x 0,40 m entre surcos y plantas, respectivamente, fueron los arreglos de población en los que las variedades expresaron los mayores rendimientos (Tukey, P<0,05), superando el arreglo tradicional utilizado por el agricultor, conocido como pie perdido (1 x 1,5 m), en 42 % y 46 %, respectivamente (Tabla 5).



Figura 11. Pesaje de mazorcas (izq.) y grano trillado (der.).

Tabla 5. Densidad de siembra y rendimientos obtenidos

Distancia de siembra (m)	Densidad de población (plantas/ha)	Rend. (t.ha ⁻¹)
1 x 1,5 (Pie perdío, 5 plantas por sitio aprox.)	33.333	2,40
0,80 x 0,25 m (una planta por sitio)	50.000	4,14
0,80 x 0,40 m (dos plantas por sitio)	62.500	4,43

En la Tabla 6 se muestra la altura de inserción de la mazorca bajo los tres arreglos validados y las dos variedades. La variedad ICA presentó una menor altura (99,86 cm) cuando se sembró a una distancia de 80 x 40 cm entre surco y plantas, respectivamente; pero en general, la altura de inserción de la mazorca es baja (Figura 12), lo que indica que son variedades con resistencia al volcamiento, como lo expresa la ficha técnica de estas variedades (Mejía, Narro, Tapia, & Atencio, s. f.; Urrea & Navas, s.f.).



Figura 12. Recolección de mazorcas en el sistema productivo de maíz blanco, en Fundación, Magdalena.

Tabla 6. Altura de inserción de la mazorca (hMa) promedio para ICA y Corpoica, bajo tres arreglos de población (pie perdío, 80 x 25 y 80 x 40 cm)

Pie perdío	hMa (cm)
ICA	102,25 ab
Corpoica	102,22 ab
Marco (80x25)	
ICA	102,39 b
Corpoica	102,18 ab
Marco 1 (80x40)	
ICA	99,86 ab
Corpoica	104,95 a

Promedios acompañados de letras distintas denotan diferencias significativas, según la prueba de Tukey.

En cuanto a las dos variedades evaluadas (ICA V-156 y Corpoica V-159), no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, teniendo una duración del ciclo productivo de 140 días (Tabla 7) y presentando adaptación a la zona y a la condición de déficit hídrico en el suelo.

Tabla 7. Promedios por variedad para los parámetros agronómicos evaluados

Variedad	NH (#)	hP (cm)	hMa (cm)	NM (#)	Pma (g)
ICA	13,23 a	206,36 a	101,51 a	1,27 a	173,08 a
Corpoica	13,21 a	205,60 a	103,12 a	1,22 a	174,16 a
Variedad	Ptu (g)	PNt (g)	PTr (%)	Prod (kg)	Rend. (t.ha ⁻¹)
ICA	31,42 a	141,67 a	75,44 a	43,92 a	3,660 a
Corpoica	34,16 a	140 a	75,44 a	43,94 a	3,662 a

Promedios con la misma letra no son estadísticamente diferentes, según la prueba de Tukey ($p < 0,05$).

NH: número de hojas. hP: altura de planta. hMa: altura de la mazorca. NM: número de mazorcas. Pma: peso de mazorca. PtU: peso de la tusa. PNT: peso neto. PTr: porcentaje de trilla. Prod: producción por parcela (120 m²). Rend: rendimiento.

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de maíz blanco en el municipio de Fundación (Magdalena) al déficit hídrico en el suelo

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

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

Frente a las amenazas potenciales del exceso hídrico en el suelo es importante desarrollar el análisis del riesgo agroclimático con base en la ruta metodológica del presente plan, apoyándose en el sistema experto MAPA, de tal forma que se pueda llegar a la gestión de opciones tecnológicas adaptativas ante dichas condiciones climáticas.

Análisis de suelos

El análisis de suelos es utilizado principalmente para conocer las propiedades físicas y químicas del suelo, con lo cual se determina su estrategia de acondicionamiento para lograr un mejor desarrollo y rendimiento del sistema productivo.

La metodología propuesta por Corpoica (2005) para la toma de muestra de suelo comprende: 1) Toma de submuestras en puntos trazados en zigzag, que permita cubrir 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) Realizar un hueco en forma de “V”, del ancho de una pala, a una profundidad de 20 a 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 son tomadas todas las submuestras, se mezclan y finalmente se selecciona aproximadamente un kilogramo, el cual se debe empacar en una bolsa plástica bien identificada: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de sistema productivo y número del lote (Corpoica, 2005).

Esta muestra debe ser enviada a un laboratorio certificado para realizar su análisis. Algunos laboratorios, incluso, realizan las recomendaciones de acondicionamiento para el sistema productivo específico.

Plan integrado de fertilización

La ejecución del plan de fertilización en campo permite mantener un balance entre la disponibilidad de nutrientes en el suelo y la demanda nutricional del sistema productivo. Los cálculos de la disponibilidad de nutrientes para las plantas, estimada a partir 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 maíz es de 40 cm aproximadamente.
- e) Eficiencia del fertilizante.

Se deben seguir recomendaciones del técnico o profesional, para la definición del tipo de fertilizantes a emplear, cantidades y frecuencias, para garantizar que las plantas puedan disponer de los nutrientes necesarios para el óptimo crecimiento, desarrollo y rendimiento.

Los nutrientes de mayor importancia para la producción de maíz son: nitrógeno, fósforo, potasio, azufre, magnesio, boro y zinc; sin embargo, la deficiencia de cualquiera de los 16 elementos necesarios para el cultivo afectará la producción (Ospina, 2015).

La planta de maíz comienza su mayor consumo de nitrógeno alrededor de las seis hojas completamente expandidas con lígula visible (V6); por esta razón, es recomendable la aplicación fraccionada del nutriente, depositando a la siembra el 20 %, en V6 un 40 % y en V10 el restante 40 % del total a aplicar en el cultivo. El fósforo se debe suministrar al momento de la siembra en su totalidad, mientras que el potasio se puede fraccionar en V0 y V6 (50 % por fase) (Ospina, 2015).

Preparación del terreno

Siembra con curvas de nivel: Esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente, siguiendo las curvas a nivel. Se recomienda para cualquier clase de cultivo cuando la pendiente del terreno es mayor al 5 %. Es útil para suelos inclinados o en pendiente, los cuales son propensos a la desecación y a llegar a punto de marchitez permanente en épocas de déficit hídrico. Además, se convierte en una práctica importante para la realización de otras actividades en el cultivo, como los canales de distribución de aguas lluvias y facilita el desplazamiento de los operarios para realizar labores de fertilización, control de malezas y labores del cultivo, entre otras.

Labranza reducida o cero: Con la labranza de conservación se busca minimizar la perturbación del suelo y al mismo tiempo mejorar las condiciones del mismo para tener un mejor desarrollo del cultivo, al evitar incorporar los rastrojos y dejarlos en la superficie; estos controlan la erosión y mejoran la infiltración, además bajan la temperatura del suelo y evitan la formación de costra, mejorando la germinación (Violic, 2016), según lo encontrado por Ureste y Campos (1995), la labranza cero y reducida aumenta la relación beneficio/costo del cultivo de maíz, al implementarla en suelos originados por depósitos fluviales y aluviales (fluviosoles y luviosoles) (tabla 8).

Tabla 8. Sistemas de labranza y su relación con el rendimiento y mano de obra en el sistema productivo de maíz.

Sistema de labranza	Máximo n° ha/hombre	Rend. asociados al sistema usado (t/ha)
Solo azadón	1-2	1-2
Tracción animal + azadón	4-6	3-4
Tracción animal + herbicidas	8-12	4-5
Labranza cero + herbicida	Hasta 20	5-6

Uso de coberturas

Son coberturas vegetales vivas o muertas las que cubren el suelo y son temporales o permanentes, las cuales son cultivadas en asociación con otras plantas (intercaladas, en relevo o en rotación). Los cultivos de cobertura se caracterizan por sus funciones amplias y multipropósitos, entre las cuales se incluyen (Pound, 2016):

- Reducen costos: baja la necesidad de insumos externos (por ejemplo: fertilizantes, herbicidas y alimentos animales) y de mano de obra para el desmalezado.
- Generan ingresos: venta de semillas y follaje.
- Incrementan la productividad: disminuyen el periodo de cultivo; incrementan la fertilidad del suelo; reducen la competencia de malezas; incrementan la filtración de agua, la producción de alimentos para las personas y los animales.
- Reducen la degradación de los recursos naturales: bajan los residuos de agroquímicos, las pérdidas de suelo por erosión, la deforestación y la pérdida de biodiversidad, las pérdidas de fertilidad por el quemado y mejoran la infiltración de agua (y así reducen la inundación y la sedimentación).

El uso de coberturas en el sistema productivo del maíz reduce la erosión y la pérdida de agua por escorrentía (Huerta, 2007), adicionalmente mejoran el rendimiento, incluso en cultivos sin fertilización donde se ha utilizado la especie vicia como antecesor (Cazorla & Baigorria, s.f.). La FAO presenta un rango de asociaciones de cultivos principales/cultivos de cobertura encontradas en América Latina, entre las cuales se presentan para maíz los descritos en la Tabla 9 (Pound, 2016):

Tabla 9. Plantas empleadas como coberturas en el cultivo de maíz

Cultivo principal	Cultivo de cobertura	País / región
Maíz	<i>Canavalia ensiformis</i> <i>Vigna spp.</i> <i>Dolichos lablab</i> <i>Mucuna pruriens</i> <i>Phaseolus coccineus</i> (Chinapopo)	México, Honduras Paraguay El Salvador Guatemala Nicaragua
Maíz y mijo	<i>Canavalia ensiformis</i> <i>Mucuna pruriens</i> <i>Phaseolus vulgaris</i> <i>Vigna unguiculata</i> ¹	Honduras Nicaragua El Salvador
Mijo	<i>Phaseolus vulgaris</i>	El Salvador Honduras
Calabacín y maíz	<i>Vigna spp.</i> <i>Phaseolus vulgaris</i>	México Honduras
Maíz y tomate	<i>Vigna spp.</i> <i>Canavalia ensiformis</i>	México

Manejo integrado del gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*)

Para realizar el manejo del gusano cogollero existen varios métodos que se pueden aplicar (Ospina, 2015):

- Como trozador corta las plántulas en la parte inferior de los tallos; su daño es crítico cuando se presenta en los primeros 15 días del cultivo y más cuando coincide con el tiempo seco, que se puede comportar como gusano ejército; entre más tardíos son los daños como trozador, mayores serán las pérdidas, ya que la larva puede afectar el punto de crecimiento de la planta y ocasionar su muerte. *S. frugiperda* se debe controlar cuando el daño alcance hasta el 10 % de las plantas trozadas.
- La siembra en época de lluvias puede ser la mejor recomendación para reducir el daño del gusano cogollero, el cual se debe en parte al depósito de agua que se forma en el cogollo y que contribuye a la mortalidad de las larvas o provoca su salida, exponiéndolas a la acción de parasitoides, depredadores y entomopatógenos.

- Monitoreo del cultivo desde etapas tempranas.
- Rotación de cultivos.
- Para facilitar el manejo del cogollero como plaga del suelo se debe hacer una correcta preparación del suelo, un manejo oportuno de malezas hospederas, una rotación de cultivos, una uniformidad en las fechas de siembra y cosechas oportunas.

Control biológico y microbiológico

En maíz se han encontrado entre 30 y 65 % de parasitismo por *Chelonus insularis*, *Apanteles* sp y *Meteorus laphygmae* (Hymenoptera, Braconidae), *Telenomus remus* (Hemiptera: Scelionidae) y *Archytas marmoratus* (Díptera, Tachinidae). Estas especies promisorias están acompañadas de depredadores como *Zelus* spp. (Hemíptera, Reduviidae), *Polybia* spp, *Podisus* sp. (Hemíptera: Pentatomidae) y *Polistes* spp. (Hymenoptera, Vespidae), *Calosoma granulatum* (coleóptera, carabaeidae) y *Ectatoma ruidum* (Hymenoptera, formicidae), predadores de larvas (García Roa, 1996; ICA, 2003).

El árbol del nim (*Azadirachta indica* A. Juss) posee hojas y semillas que se utilizan para el control del gusano cogollero, toda vez que sus extractos actúan como inhibidores del desarrollo de esta plaga (Ospina, 2015):

- Evaluación del nivel de daño y control químico en caso de haberse alcanzado el umbral de daño.
- Control químico selectivo: en Colombia se reporta resistencia del gusano cogollero del maíz a algunos productos como Metomil (carbamato), Clorpirifos (organofosforado) y Cipermetrina (piretroide); sin embargo, existen insecticidas que se pueden utilizar dentro de un plan MIP, como es el caso de los inhibidores de quitina (Diflubenzuron, Triflumuron, Novaluron, lufenuron, Teflubenzuron), que son productos que interfieren en el proceso de la muda; su eficacia es mayor cuando se aplican en los primeros estados larvales (L1, L2). El uso de insecticida contra *S. frugiperda* solo se justifica cuando los niveles de infestación pasen del 50 % de plantas con daño fresco, en tiempo seco (Ospina, 2015).

Exceso hídrico

El exceso hídrico tiene un efecto negativo sobre la mayoría de plantas terrestres, debido a que reduce su crecimiento y estimula la senescencia. La deficiencia de oxígeno, efecto principal de la inundación, cambia el metabolismo de la planta, induce la vía anaeróbica o

fermentativa como mecanismo alternativo, aunque poco eficiente para la producción de energía (Jiménez, et al., 2012)

El estrés hídrico por inundación es un factor limitante en la producción de algunos cultivos como el maíz (Jiménez, et al., 2012), debido a que es muy sensible al aniego o encharcamiento, es decir, a los suelos saturados y sobresaturados. Desde la siembra hasta aproximadamente los 15-20 días, el encharcamiento por más de 24 horas puede dañar el cultivo, porque el meristemo está debajo de la superficie del suelo en esos momentos. Más tarde, en el ciclo de cultivo, el aniego puede ser tolerado hasta por una semana, pero se reduce considerablemente el rendimiento (Ospina, 2015).

La parte aérea de las plantas de maíz puede ser afectada por un exceso de humedad cuando ocurren lluvias abundantes en el momento de la floración y se perjudica la dispersión y viabilidad del polen, sin embargo, el efecto perjudicial más común ocurre sobre el sistema radical (Jiménez, et al., 2012).

Algunas prácticas para evitar los efectos negativos por anegamiento son:

- Nivelar el campo o no sembrar maíz en las partes bajas.
- Instalar canales de drenaje.
- Sembrar en camas anchas y elevadas o en surcos.
- Mantenerse informado de la información climática, de los pronósticos.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo del maíz blanco de Fundación, consultar el SE-SAT.



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

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

Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de maíz blanco en el municipio de Fundación (Magdalena)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, Leyva, & Varela, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva, en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo. En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, en la exposición 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.

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

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes 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, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad y dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios, entonces, se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento

climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio con respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y en la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de maíz en el municipio de Fundación (Magdalena)

En la Tabla 10 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presentan el grado de exposición, el grado sensibilidad (del cultivo) y la capacidad adaptativa (del productor) ante una condición de déficit hídrico para cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es alta para todos los productores de los dominios; de esta manera se resalta el hecho de que los productores de maíz blanco en Fundación demandan de manera prioritaria la implementación de medidas que mitiguen los efectos negativos asociados a la condición de déficit hídrico. El grado de sensibilidad que presenta el cultivo de maíz blanco ante una condición de déficit hídrico es alto para los productores del dominio 1, y medio para los que pertenecen a los dominios dos y tres. Por su parte, la capacidad adaptativa es baja para el dominio uno, y media para los dominios dos y tres.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la opciones tecnológicas seleccionadas, en este caso, por su rentabilidad se elige el uso de las variedades certificadas (Corpoica V-159, ICA V-156) con distancia de siembra de 0,80 m x 0,40 m y dos semillas por sitio (sección dos del documento). De acuerdo con ciertas características socioeconómicas y de exposición agroclimática de los productores de cada dominio, se establecen proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso, la implementación de este esquema de producción es viable para todos los productores.

Tabla 10. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de maíz blanco de Fundación

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con alta exposición a déficit hídrico, no fertilizan su cultivo, con mano de obra familiar y tierras en aparcería entre 1,5 a 9 ha y áreas de siembra en maíz, en promedio de 2,1 ha.	Alta	Alta	Bajo	Viable
2. Productores con alta exposición a déficit hídrico, fertilizan su cultivo, con mano de obra mixta, tierras propias entre 25 a 108 ha y áreas de siembra en maíz en promedio de 5,5 ha.	Alta	Medio	Medio	Viable
3. Productores con alta exposición a déficit hídrico, fertilizan su cultivo, con mano de obra familiar, tierras propias entre 18 a 40 ha y áreas de siembra en maíz en promedio de 3,1 ha.	Alta	Medio	Medio	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Los productores del dominio uno se encuentran ubicados en zonas con un grado de exposición agroclimática alta, es decir, que están en áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y a una alta exposición a déficit hídrico. En este sentido, demandan de manera prioritaria la implementación de medidas que mitiguen los efectos negativos asociados a la condición de déficit hídrico. La sensibilidad de los cultivos de los productores de este dominio a condiciones de déficit hídrico es de grado alto; esto se debe a la insuficiente diversificación de los cultivos de los que provienen los ingresos del productor, en especial son productores que dependen del cultivo de maíz. Los productores tienen esquemas de producción con actividades insuficientes para la adecuada nutrición (en especial no realizan análisis de suelos) y el manejo fitosanitario del sistema productivo. Por otro lado, la preparación de suelos indica que las actividades de quema y de arado aumentan la sensibilidad del sistema ante escenarios de déficit hídrico (Figura 13).

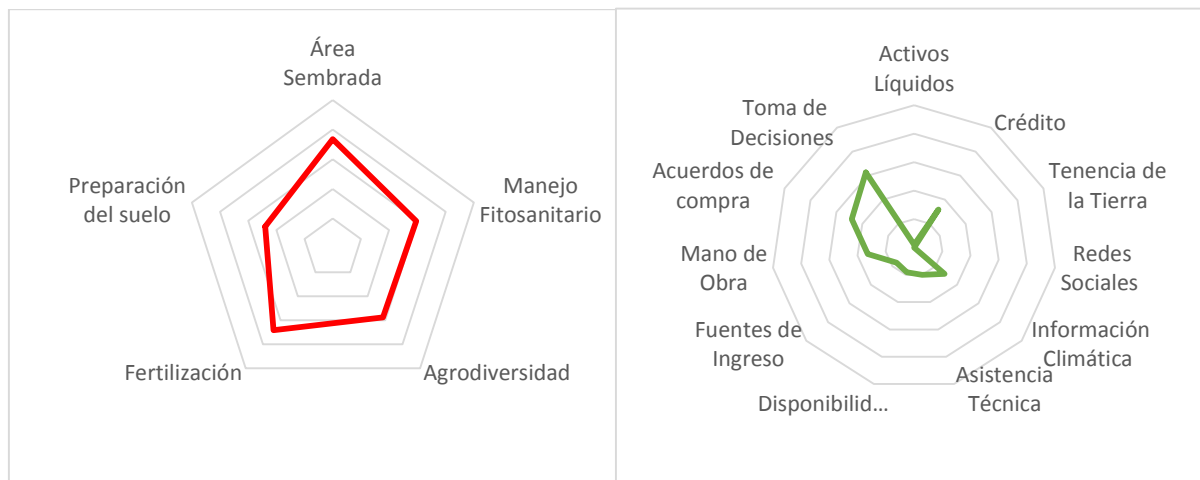


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio uno.

Finalmente, la capacidad de adaptación ante la condición de déficit hídrico de los productores de este dominio es baja; dentro de los indicadores más críticos está la muy baja disponibilidad de agua para uso productivo, la muy baja fuente de ingresos provenientes de otras actividades económicas además de la agrícola, sumado a que estos productores cuentan con un nivel bajo de activos líquidos en animales, lo que reduce los ingresos generados a partir de estas actividades. Además, presentan un bajo acceso a información climática, baja asistencia técnica específicamente para el cultivo y son pocos los que participan en redes sociales. La disponibilidad de mano de obra familiar por hectárea es baja.

La toma de decisiones se realiza principalmente con base en la tradición productiva. Indicadores que aportan a la capacidad de adaptación, aunque en término medio, son los acuerdos de compra, dadas las condiciones relativamente favorables por el cambio en el precio en un escenario de déficit hídrico (Figura 13).

Este dominio incluye a un grupo de productores pequeños; en promedio, un productor siembra el 60 % del área total de su predio en maíz; esto se explica porque la mayoría de ellos tiene predios en aparcería y los disponen para este cultivo, aunque no cuentan con acceso a crédito; la adopción de las opciones es viable y es la mejor por su rentabilidad y disponibilidad de mano de obra familiar para el área promedio sembrada; para el caso de un productor representativo de este grupo, el cual tiene 2 ha en maíz, se indica que para su implementación debe comenzar con áreas más pequeñas y luego ir aumentándolas hasta obtener un mayor capital, de esta manera este productor siembra una hectárea en el primer ciclo y vende los jornales que le queden disponibles, y en el segundo siembra las dos hectáreas, obteniendo el capital para mantener el sistema productivo en el tiempo.

Finalmente, los productores de este dominio, por encontrarse altamente expuestos al escenario de déficit, por la alta sensibilidad de su cultivo y por la baja capacidad de adaptación, son los que presentan mayor vulnerabilidad; para aumentar el área sembrada se recomienda buscar un mayor acceso a crédito, dadas sus condiciones socioeconómicas.

Dominio 2

Al igual que los productores del dominio uno, estos se encuentran ubicados en zonas con un grado de exposición agroclimática alta, es decir, que están en áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y a una alta exposición a déficit hídrico. De esta manera, igual que en el caso de los productores del dominio 1, demandan de manera prioritaria la implementación de medidas que mitiguen los efectos negativos asociados a la condición de déficit hídrico.

La sensibilidad del cultivo de los productores de este dominio a condiciones de déficit hídrico es de grado medio; a pesar de que el cultivo de maíz ocupa una pequeña área del total del predio, se presenta una muy poca diversificación de los cultivos de los que provienen los ingresos del productor. Así mismo, el manejo fitosanitario aumenta su sensibilidad, los productores tienen entre uno o dos tipos de manejo de plagas y enfermedades como máximo, dentro de los cuales se destaca el de síntesis química y/o manual. Por otro lado, la preparación de suelos indica que las actividades de quema y de arado aumenta la sensibilidad del sistema ante escenarios de déficit hídrico, debido a que los productores por lo general realizan estas prácticas, en especial la quema (Figura 14).

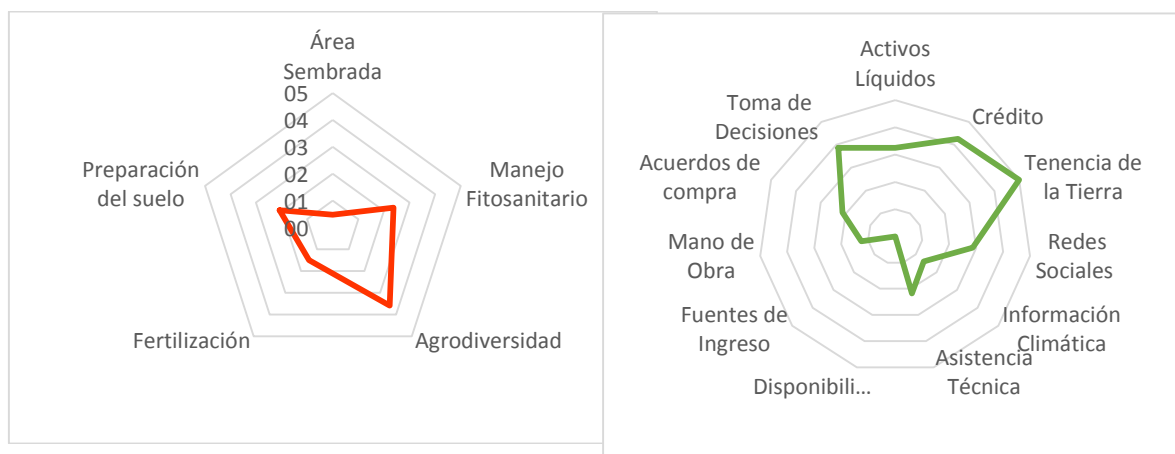


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio dos.

Finalmente la capacidad de adaptación de estos productores es media; esto se debe a que cuentan con activos líquidos en animales, buen acceso a crédito, tienen predios propios, participan en redes sociales, tienen un nivel medio de asistencia técnica y acuerdos de compra por las condiciones relativamente favorables de mercado en un escenario de déficit, especialmente por el incremento en el precio de venta y por una amplia facilidad en la toma de decisiones. No obstante, tienen un bajo acceso a información climática, nula disponibilidad de agua y de fuentes de ingresos provenientes de otras actividades económicas además de la agrícola y una baja reserva de mano de obra.

Este dominio incluye a un grupo de productores con fincas grandes, sin embargo, en promedio estos siembran el 10 % del área total de su predio en maíz. Para un productor promedio que siembra 5,5 ha, la adopción de las opciones tecnológicas es viable e indica que pueden adoptar la tecnología desde el primer ciclo; esto se debe al hecho de que aunque estos productores no acceden a crédito, tienen un mayor capital disponible para llevar a cabo la implementación de la tecnología. Para este productor se recomienda aumentar su área sembrada en maíz, ya que estas tecnologías le permiten que esté mejor preparado para mitigar los efectos negativos asociados a la condición climática de déficit hídrico y al mismo tiempo les ayudan a mejorar la eficiencia de su sistema productivo, dados los mejores rendimientos obtenidos.

Dominio 3

Los productores de este dominio están ubicados en zonas de exposición alta ante una condición de déficit hídrico; igual que los productores de los dominios uno y dos, se encuentran ubicados en zonas con un grado de exposición agroclimática alta, es decir, están en áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y a una alta exposición a déficit hídrico. Esto implica que este conjunto de productores demanda de manera prioritaria la implementación de tecnologías que permitan una mayor adaptación a épocas de déficit hídrico.

La sensibilidad de los cultivos de los productores de este dominio es de grado medio; a pesar de que no dependen del cultivo de maíz, se presenta una insuficiente diversificación de los cultivos de los que provienen los ingresos de ellos; el deficiente manejo fitosanitario aumenta su sensibilidad; los productores tienen entre uno o dos tipos de manejo de plagas y enfermedades como máximo, dentro de los cuales se destaca el de síntesis química y/o manual. Por otro lado, la preparación de suelos indica que las actividades de quema y de arado aumenta la sensibilidad en grado medio del

sistema ante escenarios de déficit hídrico, debido a que los productores por lo general realizan estas prácticas, en especial la quema.

Finalmente, la capacidad de adaptación de estos productores es media, cuentan con activos líquidos en animales, buen acceso a crédito, tienen predios propios, participan en redes sociales, disponen de un nivel medio de asistencia técnica, de acuerdos de compra y de una amplia facilidad en la toma de decisiones. No obstante, tienen un bajo acceso a información climática, a agua, a fuentes de ingreso y a mano de obra por hectárea (Figura 15).

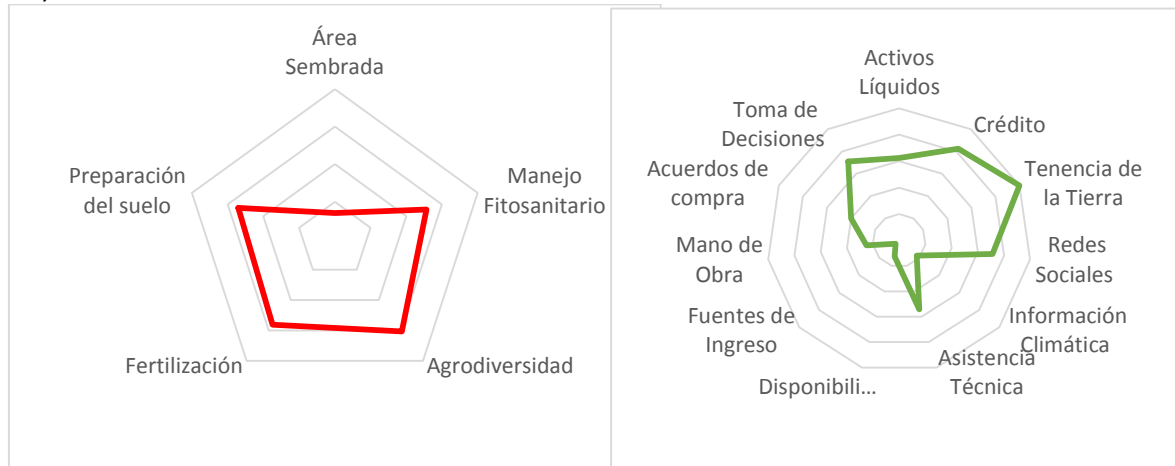


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) de los productores del dominio tres.

Este dominio incluye un grupo de productores con predios propios y grandes; se obtuvieron aquí resultados similares a los encontrados entre los que conforman el dominio de recomendación dos, dada la similitud en las condiciones socioeconómicas y de propiedad de la tierra. Se encuentra igualmente que en promedio estos productores siembran el 10 % del área total de su predio en maíz y un productor en promedio siembra 3,1 ha. Igualmente, la adopción de la opción tecnológica es viable e indica que los productores pueden adoptar la tecnología desde el primer ciclo; esto se debe al hecho de que aunque estos no acceden a crédito, tienen capital disponible para llevar a cabo la implementación de la tecnología. Así mismo, a este grupo de productores se le recomienda aumentar su área sembrada en maíz, en la medida en que estén mejor preparados para mitigar los efectos negativos asociados a la condición climática de déficit hídrico y puedan mejorar la eficiencia de su sistema productivo, dados los mejores rendimientos obtenidos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cazorla, C., & Baigorria, T. (s.f.). Antecedentes del maíz: ¿barbecho o cultivos de cobertura? EEA INTA, Marcos Juárez, 7.
- Cirilo, A. (2001). Rendimiento del cultivo de maíz. Manejo de la densidad y distancia entre surcos en maíz. *Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. Obtenido de <http://www.biblioteca.org.ar/libros/210724.pdf>.
- 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 Caribe y valles interandinos* (págs. 1-10). Mosquera, Cundinamarca: Produmedios.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica.
- Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para plátano (Zona Bananera), yuca (Sabanas de San Ángel) y maíz (Fundación). Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica.
- Corpoica. (2016). *Informe final de la parcela de integración del sistema productivo del maíz blanco de Fundación, departamento del Magdalena. Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático*. Zona Bananera, Magdalena: Corpoica.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Atlántico y Bolívar en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre Corpoica y el CIAT, derivado del convenio entre el Fondo Adaptación y Corpoica*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica.
- Espitia, M., Montoya, R., & Atencio, L. (2009). Rendimiento de stevia rebaudiana Bert. bajo tres arreglos poblacionales en el Sinú medio. *Rev. Udcaactual.divulg.cient.*, 12(1), 151-161. doi:ISSN 0123-4226.

FAO. (22 de 04 de 2016). *Depósito de documentos de la FAO*. Obtenido de <http://www.fao.org/docrep/006/x8234s/x8234s09.htm>

García Roa, 1996. Integración de métodos para el manejo de *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). En: Boletín de sanidad vegetal. Ed. 1°. No.13 Manejo Integrado de plagas y enfermedades en maíz y sorgo. Instituto Colombiano Agropecuario-ICA. Palmira. 171p. Gobernación de Antioquia, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. 2011. Zonificación Agropecuaria, Píscicola y Forestal. 154p.

Huerta, J. (2007). Efecto de la cobertura vegetal y raíces en la erosión del suelo. *Tesis (Maestría en Ciencias, especialista en Hidrociencias)*. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Texcoco, Edo. de México, 115.

ICA, 2003. Boletín de epidemiología agrícola. Instituto Colombiano Agropecuario, ICA Subgerencia de Protección y Regulación Agrícola. ISBN: Código: 00.02.18.03. Disponible en: <http://www.ica.gov.co/getattachment/9f5f1694-d031-49f4-bac1-f88d55b91ace/Publicacion-7.aspx>

IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.

Jiménez, J. Moreno L. Magnitskiy, S. 2012. Respuesta de las plantas a estrés por Inundación. REVISTA COLOMBIANA DE CIENCIAS HORTÍCOLAS - Vol. 6 - No. 1 - pp. 96-109, 2012. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/rcch/v6n1/v6n1a10.pdf>

Lafite, H. (1993). *Identificación de problemas en la producción de maíz tropical. Guía de campo*. México D. F.: CIMMYT.

Lores, A., Leyva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.

Mejía, S., Narro, L., Tapia, J., & Atencio, L. (s.f.). *Corpoica V-159*. Montería: Corpoica, Fontagro, CYMMYT. Recuperado el 22 de Agosto de 2016, de http://infoagro.net/archivos_Infoagro/CambioClimatico/TecnologiaInnovadora/CartillaMaiz_Corpoic.pdf

OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.



Ospina, J. (2015). *Manual técnico del cultivo de maíz bajo buenas prácticas agrícolas*. Medellín: Gobernación de Antioquia. doi:ISBN: 978-958-8711-73-7

Palmer, W. (1965). Meteorological Drought. *Department of Commerce. Res. Paper, 45*, 58.

Pound, B. (23 de agosto de 2016). Obtenido de Cultivos de cobertura para la agricultura sostenible en América: <http://www.fao.org/livestock/agap/frg/agrofor1/Pound7.htm>

Rodríguez, L. (2001). Densidad de población vegetal y producción de materia seca. *Rev. Comalfi*, 27:31-38.

Ureste, J., & Campos, S. (1995). Respuesta del cultivo de maíz a la labranza de conservación en cuatro diferentes suelos tropicales. *Agronomía mesoamericana*, 6, 80-87. Obtenido de http://www.mag.go.cr/rev_meso/v06n01_080.pdf

Urrea, G., & Navas, A. (s.f.). *ICA V-156 e ICA V-109 Variedades mejoradas de maíz para el clima cálido*. Montería: Convenio Corpoica-Fenalce. Programa regional agrícola A.A. 602.

Violic, A. (23 de agosto de 2016). *Labranza cero en maíz*. Obtenido de http://www.sap.uchile.cl/descargas/agronomia/0101_Labranza_cero_en_maiz.pdf



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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