



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de arroz (*Oryza sativa*)

Municipio de Majagual
Departamento de Sucre



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Octubre de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	
Manuel Espinosa Carvajal	Investigador Máster
Sony Reza García	Investigador Ph. D.
Deimer Fuentes Cassiani	Profesional de Apoyo a la Investigación
José Cantero Rivero	Profesional de Apoyo a la Investigación
Juan Carlos Rojas Bustos	Profesional de Apoyo a la Investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Nelissa Betancur D'Ambrosio	Profesional de Apoyo a la Investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador Máster



AGRADECIMIENTOS

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

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

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C.I. Turipaná, que participaron en las 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

OBJETIVOS	2
Objetivo general	2
Objetivos específicos	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de arroz en el municipio de Majagual (Sucre)	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Majagual	4
Exposición del sistema productivo de arroz seco a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Majagual (Sucre)	9
Zonas del municipio de Majagual, con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo del cultivo arroz seco mecanizado	17
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	19
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de arroz seco mecanizado ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Majagual (Sucre)	21
a) Preparación de suelos	23
b) Riego complementario por inundación	24
c) Manejo del material de siembra, semilla certificada e inoculación con <i>Trichoderma sp.</i> ..	25
Ventajas comparativas tienen estas tecnologías integradas	27
Prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo de arroz seco en Majagual (Sucre) para disminuir la vulnerabilidad del sistema a déficit hídrico en el suelo	29
• Cosecha de agua (reservorios)	29
• Manejo integrado de la fertilidad	30



Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual.....	33
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar los eventos climáticos	34
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual	35
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación	36
Dominio 1.....	36
Dominio 2.....	37
REFERENCIAS.....	40



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual (Sucre), bajo condiciones de déficit hídrico.	3
Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Majagual, Sucre.....	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio en municipio de Majagual (en el periodo 1980-2011).	6
Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual. Fuente: Corpoica (2015b).....	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de arroz seco en el municipio de Majagual bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis mayo-agosto.	14
Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de Majagual para el cultivo de arroz seco mecanizado bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.	18
Figura 7. Balance hídrico atmosférico en la parcela de integración del sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual, Sucre. Periodo junio-octubre de 2015.....	21
Figura 8. Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual, Sucre. Periodo junio-octubre de 2015.	22
Figura 9. Implementos utilizados en parcela de integración de ñame espinoso en Majagual. A. Rome. B. Land plane. C. Taipa.	23
Figura 10. Actividades de riego complementario en la parcela de integración de arroz en la finca La Lucha, municipio de Majagual, Sucre. A. Motobomba. B. Lote después de la aplicación de riego. C. Manguera efectuando el riego por inundación.....	25
Figura 11. Manejo del material de siembra. A. Semilla certificada. B. Inoculación con Trichoderma. C. Prueba de germinación. D. Aforo de la densidad de siembra.....	26
Figura 12. Indicadores de Sensibilidad y Capacidad de Adaptación para el dominio 1 en el sistema de arroz seco del municipio de Majagual.	36
Figura 13. Indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación para el dominio 2 en el sistema de arroz seco del municipio de Majagual.	38



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Majagual durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Majagual durante los eventos El La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de arroz secano mecanizado en el municipio de Majagual.....	16
Tabla 4. Comparación del uso del agua y rendimiento en kilogramos de arroz en ambas frecuencias de riego	27
Tabla 5. Rentabilidad de los esquemas de manejo (con opciones tecnológicas y tecnología local)	28
Tabla 6. Estructura de costos para los tipos de tecnologías evaluadas.....	28
Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de arroz del municipio de Majagual, Sucre.	35



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido como concepto innovador por el proyecto *Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático: Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática* (MAPA), contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para el sistema productivo, permitiendo generar capacidad adaptativa en el mediano y largo plazo, como una propuesta de gestión de técnicas y tecnologías a escalas locales, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen sobre el sistema productivo.

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 53 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 Sucre fue priorizado el cultivo de Arroz (*Oryza sativa*) secano mecanizado en el municipio de Majagual.

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



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de arroz seco mecanizado (*Oryza sativa*) frente al riesgo agroclimático en el municipio de Majagual (Sucre), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

- Exponer información agroclimática del municipio de Majagual (Sucre) para la toma de decisiones en el sistema productivo de arroz seco en condiciones de déficit hídrico en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de arroz seco a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Majagual (Sucre).
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de arroz seco, en el municipio de Majagual (Sucre).

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de arroz en el municipio de Majagual (Sucre)

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 arroz frente a condiciones de déficit hídrico 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.

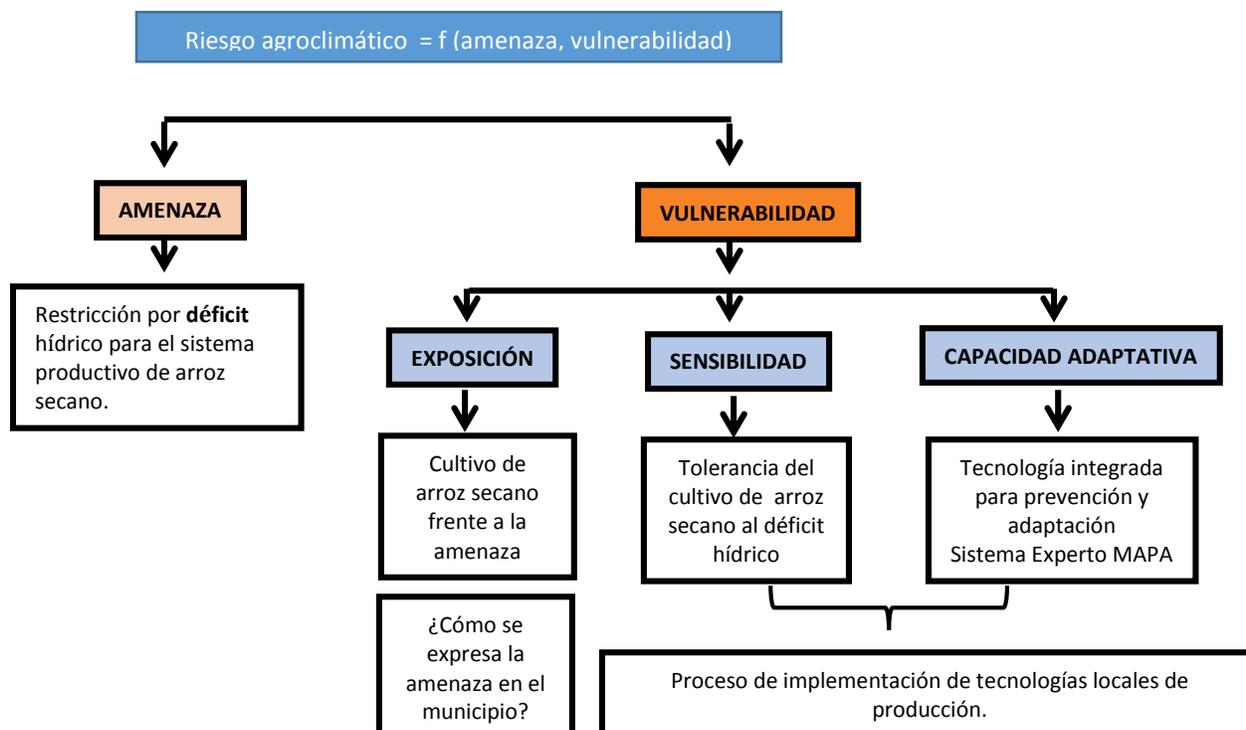


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual (Sucre), bajo condiciones de déficit hídrico.



Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y 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_o]).

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_o], 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 el riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE) MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Majagual

Para analizar las amenazas derivadas de la variabilidad climática, 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 paisaje, entre otras variables, determinan la susceptibilidad del territorio a eventos de inundación, sequías extremas, temperaturas altas y bajas, que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

El municipio de Majagual presenta susceptibilidad a inundación y encharcamiento debido a que su paisaje de planicie, en zonas de altitud baja (0-100 m. s. n. m.), está influenciado tanto por la cuenca del bajo San Jorge como la subzona La Mojana (Figura 2).

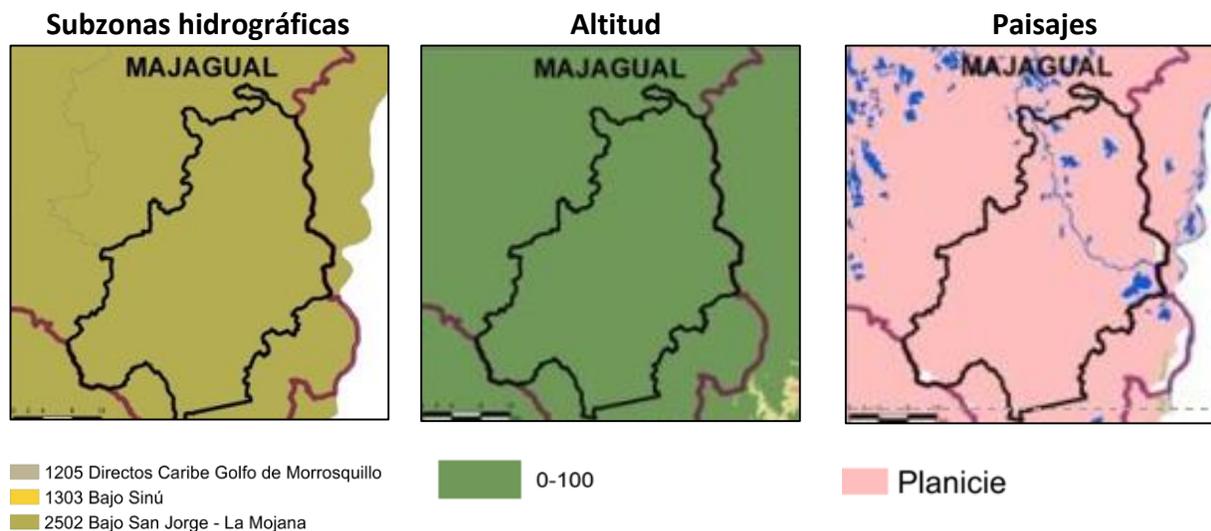


Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Majagual, Sucre.

Fuente: Corpoica (2015a)

Además de los aspectos biofísicos, también es necesario revisar los análisis disponibles de las series climáticas, que para este estudio se manejó entre los años 1980 y 2011, con esto es posible evaluar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados y conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Por ejemplo, esto permitiría reconocer la intensidad y frecuencia de eventos asociados a *El Niño* - Southern Oscillation (ENSO) y ubicar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de Majagual (Sucre), se destacan:

Precipitación: En la figura 3 se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Majagual. La línea verde representa el promedio mensual de la precipitación, las barras azules y rojas los años extremos de exceso (2010) y deficiencia (1991), respectivamente. En el año 2010 la lluvia estuvo por encima del promedio en 67 %, con las mayores anomalías en noviembre y diciembre (126 % y 217 % respectivamente), los cuales son meses de bajas precipitaciones. Por otro lado, en el año 1991 (fenómeno de El Niño) las lluvias estuvieron por debajo del promedio en un 49 %, se observa reducción durante todos los meses del año, con las mayores anomalías negativas durante enero (-100 %) y febrero (-83 %).

De tal manera, el riesgo agroclimático de reducción de la precipitación durante un evento El Niño se puede presentar en cualquier periodo del año, aunque el periodo crítico aumenta si el evento se extiende por varios meses y coincide con meses en los que normalmente la precipitación es baja.

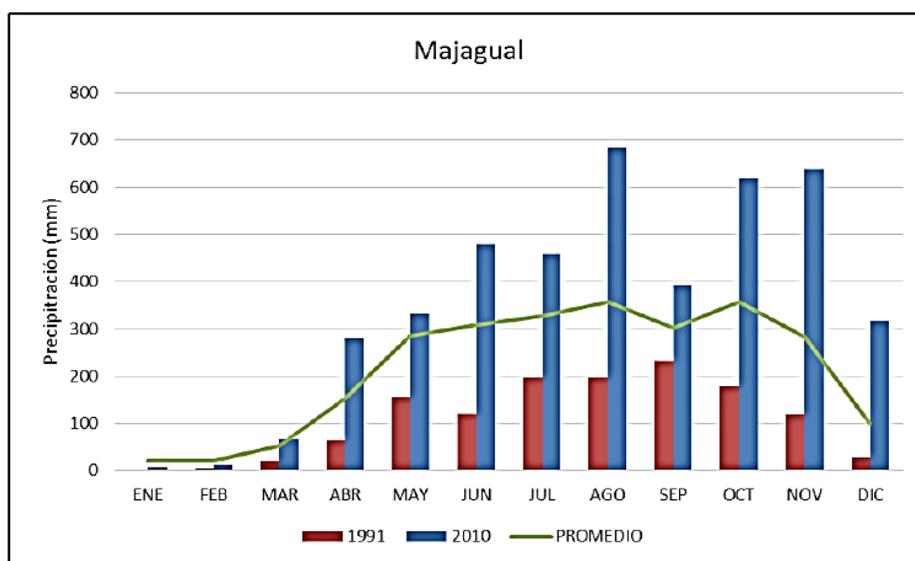


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio en municipio de Majagual (en el periodo 1980-2011).

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: indica cuánto porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.

El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI)¹: señala qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

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



Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Este es calculado 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.

Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos El Niño-Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años (1980-2011) y constituyen información de referencia que permite analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio. Durante este período, se presentaron nueve eventos El Niño, con variaciones de tiempo entre seis y 19 meses, y siete eventos La Niña con duraciones entre cinco 5 y 24 meses. Tres eventos El Niño tuvieron intensidad fuerte, tres moderada y tres débil. Por otro lado, dos eventos La Niña presentaron intensidad fuerte y los cinco restantes intensidad débil.

En el municipio de Majagual (Sucre) se registraron anomalías o reducción de lluvias en seis de los nueve eventos El Niño (Tabla 1), mostrando su influencia en el comportamiento de las lluvias en el municipio. El valor ONI más alto fue de 2,5 (mayo de 1997 a mayo de 1998), con una disminución en las precipitaciones de 28 % con respecto al promedio multianual. La máxima anomalía negativa registrada fue de -34 % con un valor ONI de 1,8 (mayo 1991 a junio de 1992). También, se puede evidenciar que un fenómeno EL Niño no siempre genera una disminución en las precipitaciones, como ocurrió en junio 2004 a febrero de 2005, donde el valor ONI fue de 0,9 y se presentó un aumento de las lluvias del 15 %.

Por otra parte, en cinco de los siete eventos La Niña, la precipitación presentó aumentos por encima del valor promedio; llegando a incrementos cercanos al 89 % en el período 2010-2011, última ola invernal que tuvo graves afectaciones en el territorio nacional (Corpoica, 2013).

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

Periodo	Inicio	May. 1982	Ago. 1986	May. 1991	May. 1994	May. 1997	May. 2002	Jun. 2004	Ago. 2006	Jul. 2009
	Final	Jun. 1983	Feb. 1988	Jun. 1992	Mar. 1995	May. 1998	Mar. 2003	Feb. 2005	Ene. 2007	Abr. 2010
Duración (meses)		14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI		2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía		-29 %	-2 %	-34 %	-24 %	-28 %	-26 %	15 %	4 %	-11 %

Fuente: Corpoica (2015a).

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

Período	Inicio	Oct. 1984	May. 1988	Sep. 1995	Jul. 1998	Oct. 2000	Sep. 2007	Jul. 2010
	Final	Sep. 1985	May. 1989	Mar. 1996	Jun. 2000	Feb. 2001	May. 2008	Abr. 2011
Duración		12	13	7	24	5	9	10
Mínimo Valor ONI		-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía		5 %	18 %	7 %	21 %	-8 %	-2 %	89 %

Fuente: Corpoica (2015a).

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.

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).

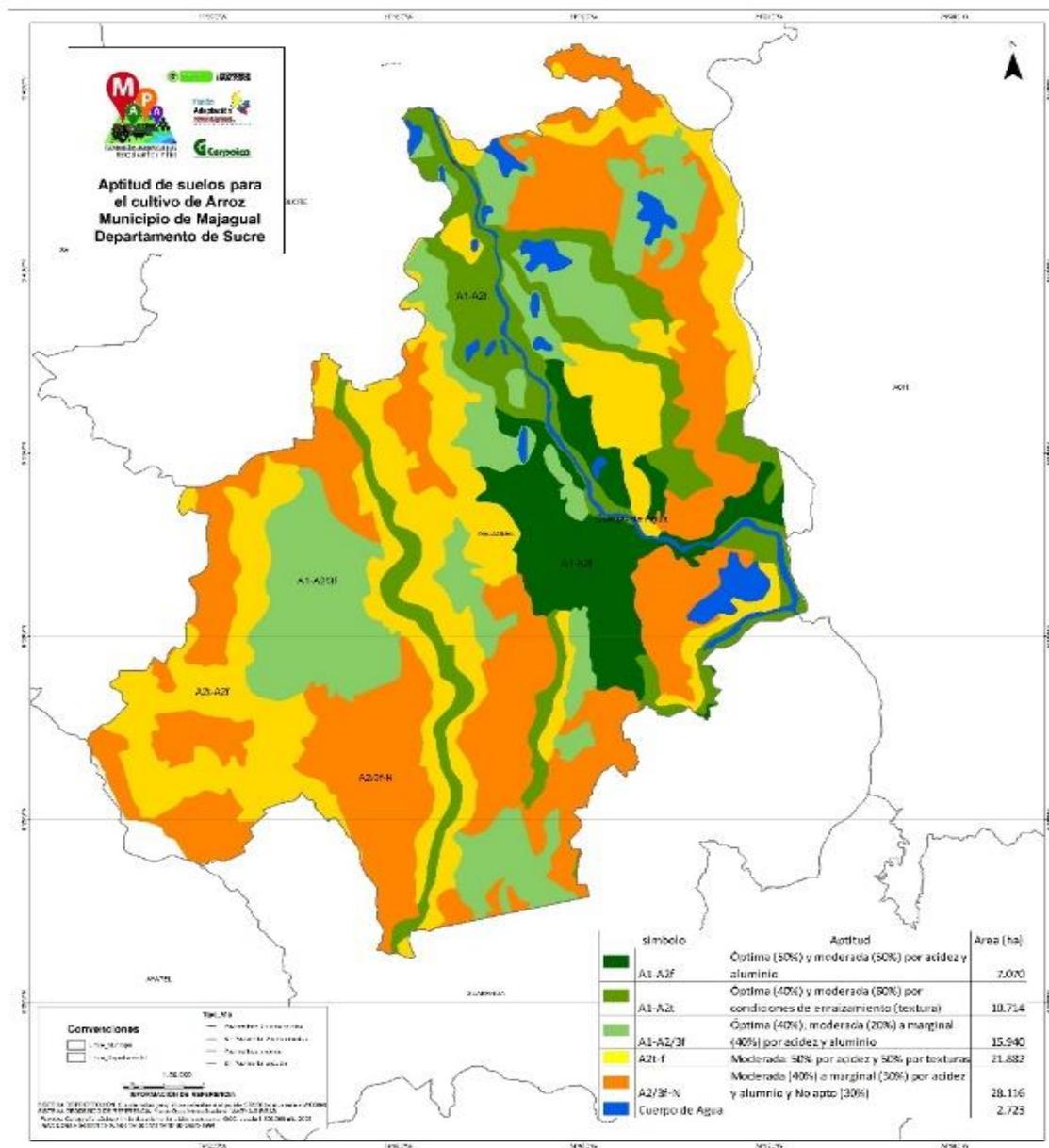
Para mayor información acerca de la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el sistema experto SE-MAPA

Exposición del sistema productivo de arroz seco a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Majagual (Sucre)

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por características de suelo y por la variabilidad climática. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo a su ubicación en el municipio. Para el caso del sistema productivo de arroz seco en Majagual, la exposición se analizó con base en la aptitud de suelos para el sistema productivo y la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Para evaluar la exposición, se debe identificar:

- a. **En el mapa de aptitud de suelos:** las limitaciones de los suelos en el municipio (figura 4). 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). Cabe mencionar que la escala de análisis espacial utilizada fue 1:100.000.



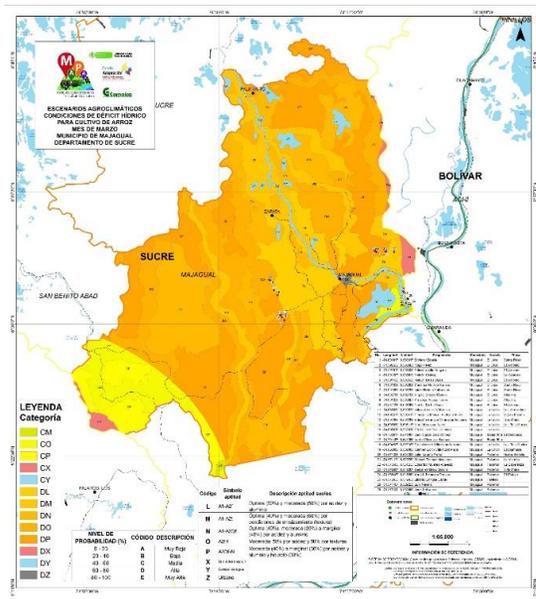
SÍMBOLO	APTITUD	Área (ha)	Porcentaje (%)	
	A1-A2f	Óptima (50 %) y moderada (50 %) por acidez y aluminio.	7.070	8,1
	A1-A2t	Óptima (40 %) y moderada (60 %) por condiciones de enraizamiento (textura).	10.714	12,2
	A1-A2/3f	Óptima (40%); moderada (20 %) a marginal (40 %) por acidez y aluminio.	15.940	18,2
	A2t-f	Moderada (50 %) por acidez y (50 %) por texturas.	21.882	24,9
	A2/3f-N	Moderada (40 %) a marginal (30 %) por acidez y aluminio y no apto (30 %)	28.116	32,0
	Cuerpo de Agua		2.723	3,1
	Sin información		1.310	1,5
	Total general		87.754	100

Figura 4. Aptitud de uso de suelos para cultivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual. Fuente: Corpoica (2015b)

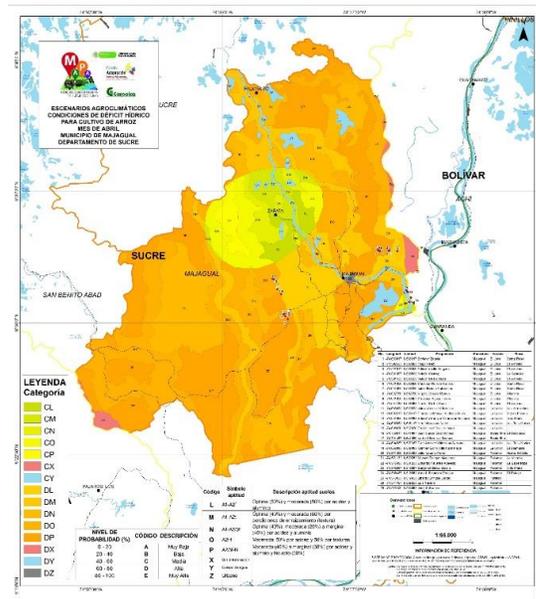
Para tener en cuenta: A esta escala de detalle, en el municipio de Majagual, alrededor de 33.724 ha presentan suelos con una aptitud óptima (A1), es decir, el 38,5 % del área total del municipio, favorable para el crecimiento y desarrollo del cultivo de arroz seco mecanizado. Además, el 56,9 % del área territorial del municipio (49.998 ha) exhibe aptitud moderada o con suelos no aptos (A2), ya sea por textura o por condiciones de acidez y contenidos de aluminio intercambiable. Así mismo, Majagual cuenta con 2.723 ha con cuerpos de agua que abarcan 3,1 % del área general. Las unidades más aptas se indican en el mapa de aptitud con tonos verdes y están ubicadas principalmente al centro y al oriente del municipio. En la zona sur y occidente del territorio los suelos presentan mayor aptitud moderada a marginal, color naranja en el mapa, debido a la acidez (Corpoica, 2015b).

En los mapas de escenarios agroclimáticos (figura 5): De acuerdo con el índice de severidad de sequía de Palmer² (Palmer, 1965), durante la condición de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Majagual se evidencia que en la ventana de análisis los meses de marzo a agosto presentaron probabilidades medias (40-60 %, tonos amarillos), altas (60-80 %, tonos naranjas) y muy altas (80-100 %, tonos rojos) de deficiencias de agua en el suelo. Bajo condiciones de sequía, la siembra del arroz se realiza en el mes de mayo y el ciclo finaliza en agosto; en esta época, la mayor parte del municipio presentó alta exposición a déficit hídrico para el cultivo (probabilidades >60 %).

Marzo



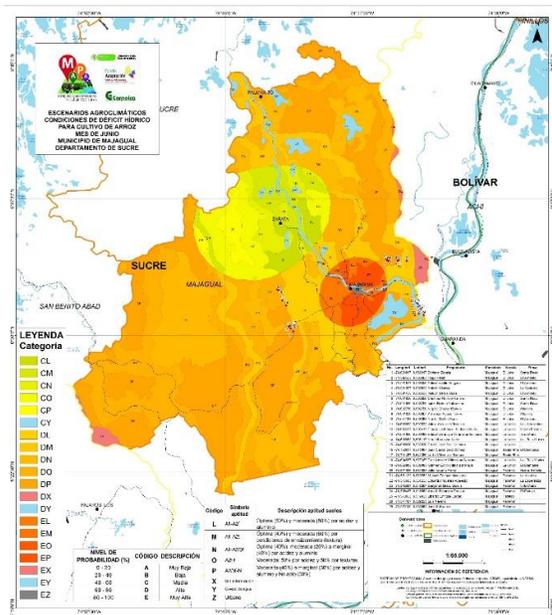
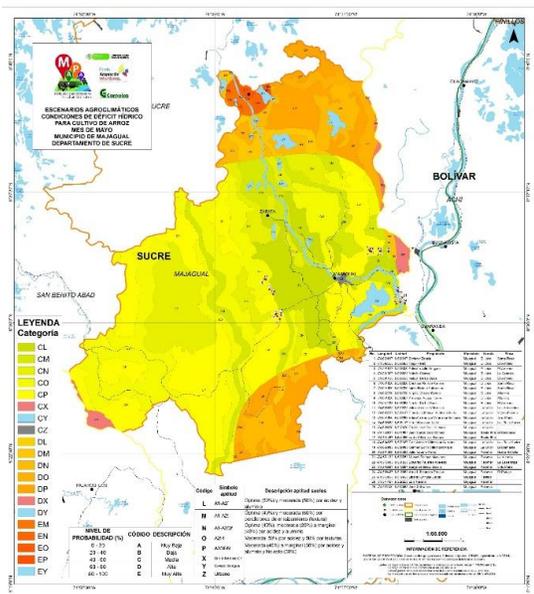
Abril



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

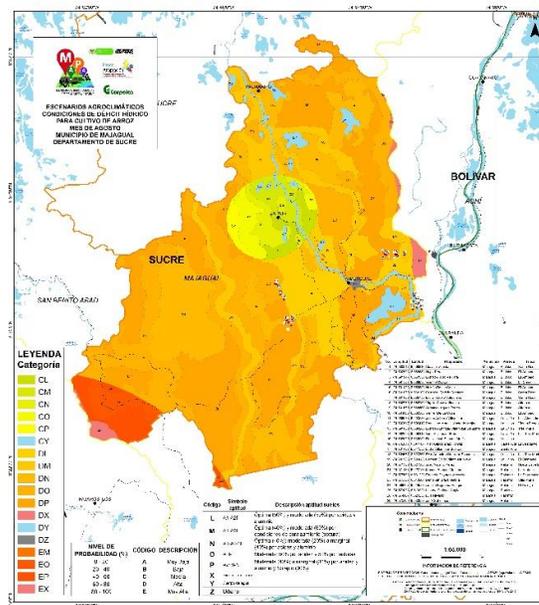
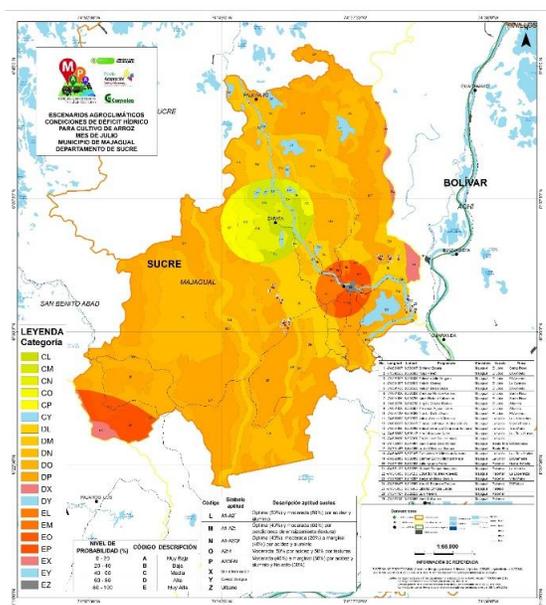
Mayo

Junio



Julio

Agosto



CL
CM
CN
CO
CP
CX
CY
CZ
DL
DM
DN
DO
DP
DX
DY
EM
EN
EO
EP
EY

Nivel de probabilidad (%)	Descripción
0 a 20 %	Muy baja
20 a 40 %	Baja
40 a 60 %	Media
60 a 80 %	Alta
80 a 100 %	Muy alta

Código	Símbolo de la aptitud	Descripción de la aptitud de los suelos
L	A1-A2f	Óptima (50 %) y moderada (50 %) por acidez y aluminio
M	A1-A2f	Óptima (40 %) y moderada (60 %) por textura
N	A1-A2/3f	Óptima (40 %), moderada (20 %) , marginal (40 %) por acidez y aluminio
O	A2t-f	Moderada por acidez (50 %) y marginal (50 %) por textura
P	A2/3f-N	Moderada (40 %) a marginal (30 %) y 30 % No apto
X		Sin información
Y		Cuerpo de agua
Z		Urbano

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el cultivo de arroz seco en el municipio de Majagual bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis mayo-agosto.



Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad a deficiencias de agua en el suelo para el cultivo en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una o varias etapas fenológicas específicas de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia.

Para tener en cuenta: Los tonos amarillos, naranja y rojos presentados en los escenarios agroclimáticos mensuales indican una mayor exposición a déficit hídrico, se observa que en el mes de junio aumentan las probabilidades de exposición a deficiencias de humedad en el suelo, lo cual coincide con la fase vegetativa y el inicio de la reproductiva y afecta el adecuado crecimiento y desarrollo de la plantación. En julio se presenta una alta exposición a deficiencias hídricas, lo que concuerda con el desarrollo de la panícula, floración y la etapa lechosa del cultivo de arroz; esto influye directamente sobre el rendimiento pues es el momento en el que se requiere mayor humedad para el llenado del grano. En el mes de agosto disminuyen los niveles de humedad; no obstante, para esta etapa ya no se requieren grandes volúmenes de agua, debido a que coincide con la cosecha y el grano no debe contener altos contenidos de humedad para el proceso de molinería.

La ventana de análisis del cultivo de arroz seco mecanizado se estableció teniendo en cuenta el calendario fenológico local, el cual se desarrolla entre los meses de marzo y agosto. El ciclo del cultivo en el municipio de Majagual tiene una duración promedio de 120 días, sin embargo, la fecha de siembra se modifica de acuerdo con la disponibilidad de agua entre los meses de abril, marzo y mayo (tabla 3).

En épocas de sequía se presenta reducción en los rendimientos del arroz seco. A partir de las evaluaciones realizadas por Fedearroz sobre el impacto de la sequía en cultivos de la región de la Mojana, se determinó que los rendimientos promedios obtenidos por los agricultores fueron de $1,25 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, valores inferiores a los promedios históricos (Fedearroz, 2014). Ante esta problemática, el programa de Adopción Masiva de Tecnología (AMTEC)-Fedearroz está impulsando en zonas tradicionalmente conocidas como “secaneras”, el uso de riego complementario que permita el aprovechamiento de las fuentes de agua cercanas a las áreas cultivables (Plata, 2014).

Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual

Descripción	Condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit																		
	Ventana de análisis I																		
	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sep.		
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	
Siembra - Germinación		■	■																
Plántula				■	■														
Macollamiento						■	■												
Máximo macollamiento						■	■												
Inicio de primordio floral								■	■										
Desarrollo de la panícula										■	■								
Floración													■						
Etapla lechosa														■	■				
Etapla pastosa																■	■		
Etapla grano seco (cosecha)																		■	■

Leyenda	Categoría	Área (ha)	Porcentaje (%)
	Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo o conservación.	8.732	10,0
	Áreas condicionadas a prácticas de manejo o conservación y alta exposición a déficit hídrico.	74.912	85,4
	Áreas con suelos no aptos.	390	0,4
	Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico.	2.425	2,8
	Sin información.	1.295	1,5
TOTAL		87.754	100

Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de Majagual para el cultivo de arroz seco mecanizado bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.

Fuente: Corpoica (2015b).

En Majagual se presentan áreas con baja y alta exposición a déficit hídrico en el suelo. Las aptitudes agroclimáticas son:

Nichos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos (verde claro). Suman un área de 8732,07 ha (10 % del área total) y presentan una aptitud de los suelos óptima, moderada y marginal para el cultivo (por acidez, aluminio y textura).

Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico (naranja). Es el área más representativa con 74.911,85 ha (85,4 % del área total del municipio) y presentan aptitud de los suelos óptima, moderada y marginal para el cultivo (por acidez, aluminio y textura). Los productores de arroz se ubican en estas áreas; lo que hace que los cultivos requieran planificación y manejo de las deficiencias de agua en los suelos, en tanto que los productores han registrado disminuciones en el rendimiento de hasta 90 %.

Suelos no aptos (rojo): ocupan el 0,4 % del área total del municipio (390 ha).



Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: representan el 2,8 % del área del municipio (2.245 ha).

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de arroz en el municipio de Majagual (Sucre) consultar el sistema experto SE-MAPA

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, la identificación de riesgos asociados, relacionar diferentes cultivos a la climatología de cualquier área y mejorar la planificación del uso y manejo del recurso del suelo.

Información agrometeorológica: Puede utilizarse para mejorar la toma de decisiones en el manejo de sistemas productivos. La *Guía de Prácticas Agrometeorológicas de la Organización Meteorológica Mundial* (OMM, 2011) indica que la información que debe ser proporcionada a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (tiempo meteorológico): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: monitoreo de la humedad del suelo, por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas en laboratorio.
- Fenología: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas, 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: periodos de crecimiento, épocas de siembra, cosecha.



- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.

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

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de arroz seco mecanizado ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Majagual (Sucre)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas validadas con potencial para mitigar los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual (Sucre). Estas opciones tecnológicas fueron ejecutadas en un ciclo productivo desarrollado entre los meses de junio y octubre de 2015. En este periodo se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico (Figura 7) ya que la evapotranspiración (E_{t_0}) (608 mm) superó la precipitación total (PPT) (497 mm). En adición, la precipitación estuvo por debajo de los requerimientos hídricos del cultivo, según Yoshida (1978) se requieren entre 800 a 1200 mm bien distribuidos en la duración del cultivo para tener óptimos rendimientos.

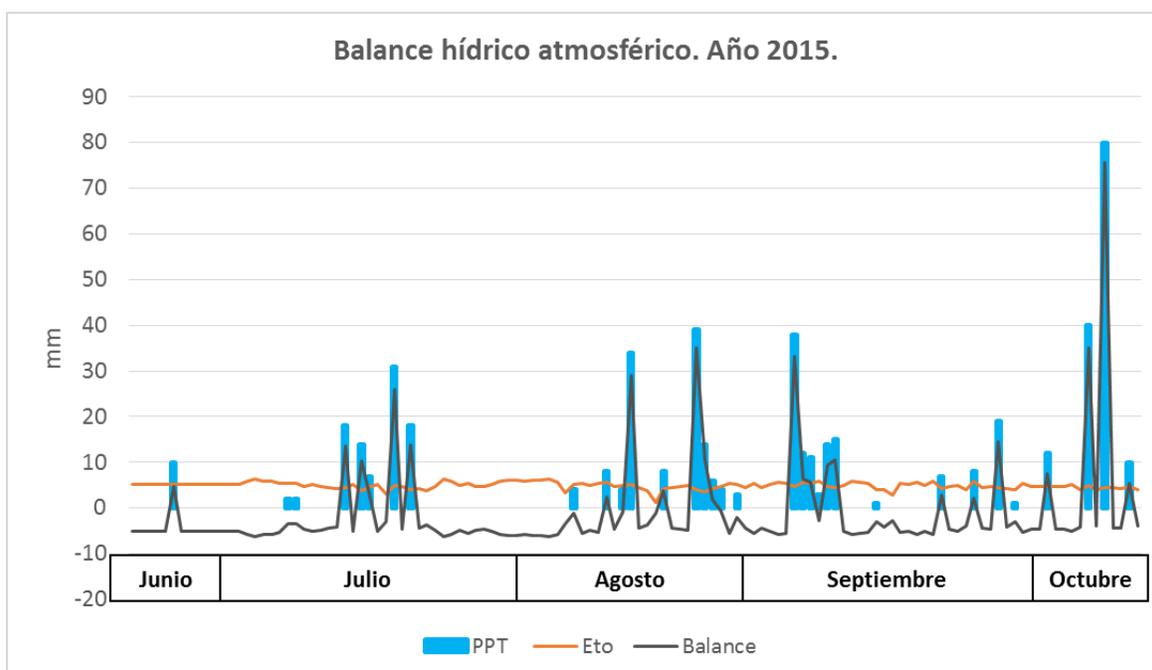


Figura 7. Balance hídrico atmosférico en la parcela de integración del sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual, Sucre. Periodo junio-octubre de 2015

Se observa que durante el ciclo productivo del año 2015 (figura 8) se presentó una condición de déficit hídrico agrícola, pues el agotamiento del agua (Dr final: consumo del sistema productivo) fue mayor al agua fácilmente aprovechable (AFA: agua capilar retenida en los poros del suelo) que es la fracción de agua del ADT (Agua Disponible Total) comprendida entre el punto de marchites permanente y la capacidad de campo. En otras palabras, el requerimiento del cultivo fue mayor al agua disponible, lo cual es un indicativo de déficit hídrico en el suelo. Se puede notar que los momentos en los que las plantas sufrieron estrés hídrico fueron amplios o extensos entre los meses junio-julio, julio-agosto y en el mes de septiembre.

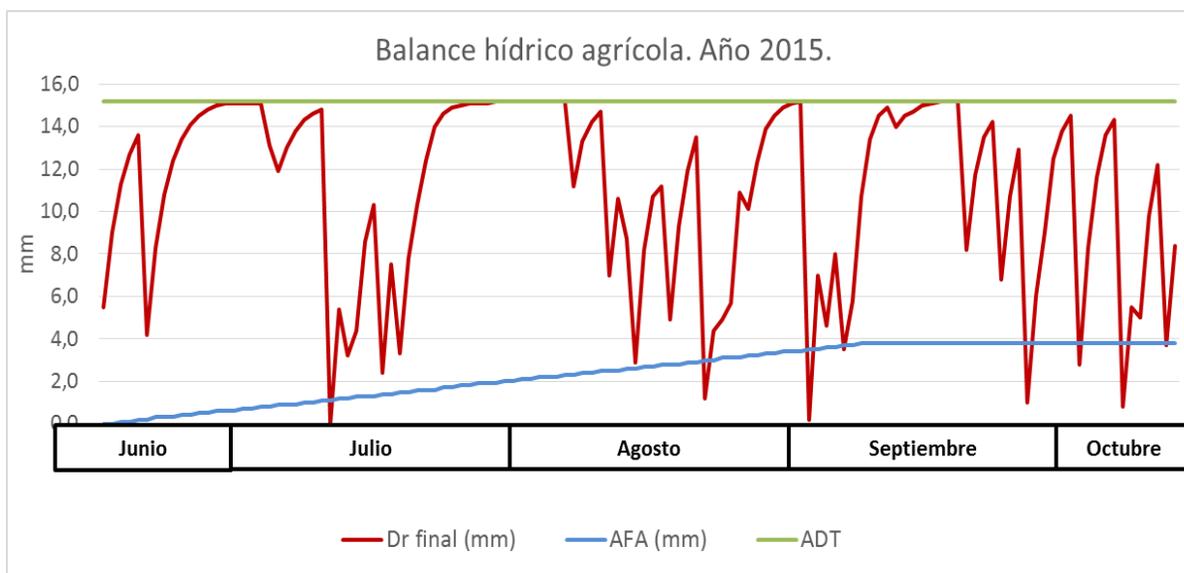


Figura 8. Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual, Sucre. Periodo junio-octubre de 2015.

Durante los periodos de evaluación del cultivo de arroz seco, el balance hídrico atmosférico y agrícola mostró déficit, por lo que fue necesario el uso del riego para disminuir el efecto del estrés hídrico sufrido por las plantas. A partir de este ejercicio, se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de arroz seco mecanizado con riego complementario en el municipio de Majagual (Sucre).

a) Preparación de suelos

La preparación o adecuación del suelo es una práctica fundamental en el cultivo de arroz cuando se presentan restricciones por déficit hídrico. En muchas ocasiones se realiza un mal manejo en la preparación de los suelos, haciendo repetidamente las labores con los mismos aperos, sin tener en cuenta las propiedades físicas del suelo donde se va a establecer el cultivo. La compactación dificulta el adecuado crecimiento de las plantas, disminuye el área de exploración y el anclaje de las raíces, impide la infiltración del agua al interior del perfil de suelo y favorece la pérdida de agua por escorrentía.

En la preparación del terreno para establecer cultivos de arroz se utilizan los aperos: *rome*, *land plane* y *taipa* (figura 9), que permiten retener de forma homogénea y en mayor medida en el lote el agua proveniente de las precipitaciones y las aplicaciones con sistema de riego.

Teniendo en cuenta el escenario climático restrictivo por déficit hídrico, la preparación de suelos consistió en dos pases de *rome* con profundidades aproximadas de 30 cm para que las raíces puedan tener una mayor área de exploración; posteriormente, se realizó la nivelación del suelo con *land plane*, sin profundizar demasiado en zonas altas del lote para no eliminar suelo fértil (capa superficial); por último, se realizaron curvas de nivel con la *taipa*; con esta última también se pueden realizar cuadrículas o riego por canteros.



Figura 9. Implementos utilizados en parcela de integración de ñame espinoso en Majagual.
A. Rome. B. Land plane. C. Taipa.



En general, los aperos implementados en la preparación del suelo de la parcela de integración favorecen el crecimiento y desarrollo de la plantación y aumenta el área de exploración y anclaje de las raíces. Ésta opción tecnológica permite: acondicionar las propiedades físicas del suelo para la germinación de la semilla, controlar las malezas que compiten con el cultivo, aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo y eliminar larvas, huevos y lugares de desarrollo de aquellos insectos que constituyen plagas. Además, permite la distribución homogénea del agua que se ingresa al cultivo por precipitaciones o por la implementación del riego (García, 2009).

b) Riego complementario por inundación

La opción tecnológica del riego complementario es una herramienta fundamental en épocas en que las condiciones climáticas no son favorables para el crecimiento y desarrollo de las plantas (reducción de precipitaciones durante el fenómeno El Niño), con el fin de reducir los efectos adversos ocasionados por el estrés hídrico, especialmente en las fases vegetativas (macollamiento) y reproductivas del cultivo, debido a que son etapas críticas en términos de requerimientos hídricos y determinantes en la producción del cultivo (Bocking, 2012).

Para implementar esta opción tecnológica en un sistema productivo de arroz, se requiere un motor (diésel o eléctrico) para succionar agua de la fuente hídrica más cercana (río, represa, laguna, etc.) y tuberías o canales para conducirla hacia el cultivo (lote). Las dimensiones de los equipos utilizados para este sistema dependen del área a cubrir y la infraestructura de riego disponible.

Debido a la reducción de la precipitación en la parcela de integración, se evaluaron dos frecuencias de riego: una vez por semana y dos veces por semana, y para ambas opciones el tiempo de riego fue 4 h/día.

Se utilizó un motor diésel de cuatro tiempos, con diámetro de succión y descarga de 4" se obtuvo una capacidad de descarga de 420 galones/min, es decir $1587.6 \text{ l}\cdot\text{min}^{-1}$. La capacidad de descarga fue $95.256 \text{ l}\cdot\text{h}^{-1}$.

$$\text{Caudal} = \frac{420 \text{ galones}}{\text{minuto}} \times \frac{3,78 \text{ litros}}{1 \text{ galón}} \times \frac{60 \text{ minutos}}{1 \text{ hora}} = 95.256 \text{ litros/hora}$$

En el tratamiento con mayor frecuencia se aplicaron 762.048 litros por semana, mientras que en el tratamiento con menor frecuencia se aplicaron 381.024 litros por semana. Es decir, al regar una vez por semana durante cuatro horas se incorporó una cantidad de 609,6 mm durante todo el ciclo del cultivo y, junto con la precipitación, el ingreso total de agua en este tratamiento fue 1106,6 mm. En cambio, al utilizar la mayor frecuencia de riego (dos veces por semana) se aplicaron 1219,2 mm durante el ciclo y, junto con la precipitación, el ingreso total de agua en este tratamiento fue de 1716,2 mm.



Figura 10. Actividades de riego complementario en la parcela de integración de arroz en la finca La Lucha, municipio de Majagual, Sucre. A. Motobomba. B. Lote después de la aplicación de riego. C. Manguera efectuando el riego por inundación.

c) Manejo del material de siembra, semilla certificada e inoculación con *Trichoderma sp*

El uso de *Trichoderma* busca proteger al cultivo del posible ataque de enfermedades durante las etapas de germinación (semilla), desarrollo vegetativo y reproductivo. Esta actividad consiste en asperjar el hongo *Trichoderma sp*. Sobre las semillas antes de la siembra. Las semillas certificadas e inoculadas con *Trichoderma* disminuyen la incidencia y severidad de enfermedades limitantes cuando se presentan condiciones restrictivas de humedad en el suelo (figura 11a y 11b).

Trichoderma se puede conseguir comercialmente en diferentes presentaciones y concentraciones, la presentación líquida se consigue en dosis de 250 cm³ (10 × 10¹² conidios/cm³) y en polvo se consigue desde 500 gr hasta 1 kg (5 × 10⁶ conidios/gr). En el mercado se pueden conseguir cepas de origen general caracterizadas por especie o de origen local y específico para algunas regiones, extraídas de forma artesanal y con alta eficiencia en el control preventivo de enfermedades.



Figura 11. Manejo del material de siembra. A. Semilla certificada. B. Inoculación con Trichoderma. C. Prueba de germinación. D. Aforo de la densidad de siembra

La dosis utilizada para la etapa de germinación fue 125 cm³ del producto, diluido en 10 litros de agua para inocular 140 kg de semilla. Posteriormente, durante la etapa de desarrollo y crecimiento del cultivo, se asperjó el hongo al suelo en dosis de 50 cm³ del producto por bomba de espalda de 20 litros, logrando una dosis de 0,5 litro/hectárea, con una frecuencia de 5 aplicaciones por ciclo de cultivo.



Ventajas comparativas tienen estas tecnologías integradas

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

La calidad de la semilla (certificada) es fundamental en la producción de arroz, sobre todo en épocas en las que las precipitaciones son escasas, debido a su elevado porcentaje de germinación (85 %), ya que garantiza el establecimiento de la plantación (figura 11c y 11d).

La implementación de riego complementario en el cultivo permite suplir las necesidades hídricas del cultivo en épocas de bajas precipitaciones, planificar la siembra en épocas secas, mejorar la calidad y producción del cultivo y obtener cosechas en fechas en que comúnmente no hay producción en la zona.

Tabla 4. Comparación del uso del agua y rendimiento en kilogramos de arroz bajo dos frecuencias de riego

Variable	Frecuencia de riego	
	una vez por semana	dos veces por semana
Agua aplicada con el sistema de riego durante todo el ciclo (litros)	6.096.000	12.192.000
Agua total que se incorporó al sistema productivo: riego + precipitación (litros)	11.066.000	17.162.000
Rendimiento (kg)	2.100	4.150
Uso de agua (m ³ kg ⁻¹)	5,269	4,135

Al utilizar la frecuencia de riego de dos veces por semana se duplicó el rendimiento en comparación con el tratamiento en el cual solo se aplicó una vez semanalmente. Adicionalmente, se obtuvo un uso más eficiente de agua puesto que se utilizaron 4.135 m³ para producir un kilo de arroz, mientras que al regar con una menor frecuencia se requiere una mayor cantidad de agua (5,269 m³) para producir un kilo de arroz (tabla 4). Si bien los costos totales de producción aumentaron en 21,5 % utilizando las opciones tecnológicas en comparación con el manejo tradicional, los ingresos y la utilidad fueron superiores cuando se aplicó riego dos veces por semana (tabla 5).

Tabla 5. Rentabilidad de los esquemas de manejo (con opciones tecnológicas y tecnología local)

Variables	Tecnología local	Tecnología recomendada (opciones tecnológicas)	Incremento	
			\$	%
Costo total (ha)	2.843.594	3.456.710	613.116	21,5
Ingreso total (\$)	2.720.000	4.620.000	1.900.000	69,9
Utilidad (\$)	-123.594	1.163.290	1.286.884	
Rentabilidad	-4,3	33,7		

Teniendo en cuenta la estructura de costos (tabla 6), al utilizar las opciones tecnológicas se pasó del 38,7 % al 28,4, obteniendo una disminución de los gastos de mano de obra de 10.3 %; lo mismo ocurrió en los gastos en insumo que bajaron del 38,7 % al 28,4 %.

Tabla 6. Estructura de costos para los tipos de tecnologías evaluadas

Costos	Tecnología local	Tecnología recomendada (opciones tecnológicas)
Preparación de suelo	10,6 %	15,7 %
Mano de obra	38,7 %	28,4 %



Insumos	36,3 %	26,9 %
Riego	0 %	14,6 %
Indirectos	14,4 %	14,4 %

Por lo anterior, la combinación de las opciones tecnológicas presentadas (preparación de suelos, semilla certificada e inoculada con *Trichoderma sp.* y riego complementario dos veces por semana) contribuyen a reducir las pérdidas en los rendimientos del sistema productivo durante condiciones restrictivas de humedad del suelo por déficit hídrico (fenómeno El Niño).

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de arroz seco en Majagual (Sucre) consulte el SE-MAPA

Prácticas que se pueden implementar dentro del sistema productivo de arroz seco en Majagual (Sucre) para disminuir la vulnerabilidad del sistema a déficit hídrico en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual (Sucre), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema a condiciones restrictivas de humedad del suelo y están contenidas en el sistema experto.

- **Cosecha de agua (reservorios)**

La construcción de reservorios permite disponer de agua para riego en las etapas críticas del cultivo. Esta opción se adapta muy bien a distritos de riego en los que se establezcan turnos para riego en los diferentes predios. Los reservorios tienen como objetivo retener cierta cantidad de agua que depende de la capacidad del mismo, para después utilizarla en épocas secas o de déficit hídrico y así suplir las necesidades que requiera el cultivo. Los reservorios se pueden construir para almacenar aguas de escorrentía provenientes de quebradas y ríos o para capturar aguas lluvia, definiéndose como cosecha de agua. La utilización de reservorios a través de agua lluvia puede ayudar a reducir la explotación de



aguas superficiales y subterráneas, a la vez que permite el aumento de producción, mediante la implementación de nuevas áreas de cultivo que utilicen el riego (Morris, Morales, Arrieta, & Medina, 2010).

Una gran parte de las tierras destinadas a la producción agrícola y pecuaria se encuentran ubicadas en zonas áridas y semiáridas, lugares en los que las lluvias son irregulares y el agua se pierde rápidamente por escorrentía superficial. El riego es la respuesta obvia frente a estos eventos de sequía; sin embargo, si no se cuenta con el volumen de agua necesario para implementar un sistema de riego que logre depositar la cantidad que pueda suplir los requerimientos del cultivo, no se llegarán a obtener resultados rentables; además, los costos no permiten que pueda ser implementado por todos los productores. El cultivo de arroz es una especie básica en la alimentación y dadas sus expectativas crecientes de consumo es cultivado bajo diferentes condiciones agroecológicas y tecnológicas, especialmente en el Caribe colombiano; pero, no se ha logrado realizar una labor adecuada y oportuna en la utilización del riego en épocas secas, lo que produce pérdidas económicas.

- **Manejo integrado de la fertilidad**

Lograr altos rendimientos requiere de un aporte adecuado de nutrientes, según el genotipo del cultivo. Es importante señalar que un genotipo con mayor potencial de rendimiento presentará requerimientos de nutrientes más altos. Muchos de los productores de arroz no tienen en cuenta esta apreciación y por lo tanto no aplican la cantidad de abono necesaria para que el cultivo exprese su mayor potencial (Degiovanni, Martínez, & Motta, 2010).

Para definir la dosis de fertilizante a aplicar se tiene en cuenta:

- La oferta nutricional del suelo.** El análisis de suelos es utilizado principalmente para conocer las propiedades químicas y físicas del suelo, así determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Es una herramienta útil para establecer la estrategia de acondicionamiento del suelo para satisfacer las demandas nutricionales del cultivo. La metodología para la toma de muestras de suelo que se siguió (Corpoica, 2005), comprende:
 - Tomar varias submuestras recorriendo el lote en forma de *zig-zag*, para que el muestreo sea representativo.

- Limpiar un área aproximada de 20 cm de ancho por 20 cm de largo a una profundidad de 3 cm de la superficie, en cada punto de submuestra, con el fin de eliminar los residuos de materia orgánica u otro tipo de residuos.
 - Realizar un hueco en forma de “V” del ancho de una pala a una profundidad entre 20 y 30 cm.
 - Extraer una capa o tajada de suelo de 2 a 3 cm de grosor con una pala limpia, de la pared del orificio, descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la submuestra en un balde plástico limpio.
 - Mezclar completamente todas las submuestras, tomar un kilogramo de suelo y guardarlo en una bolsa plástica limpia identificada con los nombres del propietario, la finca, vereda, municipio y departamento. Indicar, además, el manejo previo que se ha dado al suelo o sistema productivo anterior, así como la topografía, el drenaje del lote, el cultivo que se va a sembrar para que el laboratorio pueda hacer una recomendación acertada.
 - Enviar la muestra obtenida a un laboratorio certificado que garantice un correcto análisis de suelo.
- b. **Los requerimientos del cultivo.** A partir de los estudios de Ordóñez (2003), se tiene que para variedades Fedearroz 50 y Fedearroz 2000, las demandas nutricionales del cultivo por hectárea son: 233 kg de nitrógeno, 33 a 37 kg de óxido de fósforo, 186 a 281 kg de óxido de potasio, 100 kg de calcio, 22 a 39 kg de magnesio y 26 a 39 kg de azufre.

Con base en los resultados del análisis de suelos, los requerimientos nutricionales del cultivo de acuerdo con cada etapa fenológica, disponibilidad, movilidad de nutrientes en el suelo, tasas de mineralización, eficiencia del fertilizante, así como la oferta ambiental y referencias sobre los rendimientos locales, se diseña el plan de fertilización para el cultivo.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de coliflor en Paipa (Boyacá), consulte el SE-MAPA



Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los 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 última se 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 a económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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



Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de arroz seco mecanizado en el municipio de Majagual

Como se expuso en la sección 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son 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 última aumenta con la implementación de opciones tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, sociales y culturales, puesto que un sistema productivo está constituido, además, por las características socioeconómicas de los productores.

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

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, Leiva, & Varela, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva que propongan 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. Con esto, se busca identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos y deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso y no ser consideradas como un criterio único o una receta rígida.

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

Para determinar los dominios de recomendación se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, de acuerdo 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 dependiendo de las características de cada grupo. A partir de la información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. De tal modo, los dominios se definen a partir del grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio respecto a la adopción de las tecnologías se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de arroz seco en el municipio de Majagual

En la tabla 6 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se observa el grado de exposición, sensibilidad y la capacidad adaptativa 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 este sistema. De la misma forma, el grado de sensibilidad es medio para ambos dominios, mientras que la capacidad adaptativa es baja para el dominio uno y media para los productores del dominio dos.

Finalmente, la última columna muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de fertilización orgánica y adecuación del terreno, de acuerdo a las características de los productores de cada dominio, estableciendo además proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso, las opciones son viables para ambos los dominios.

Tabla 7. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de arroz del municipio de Majagual (Sucre)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores pequeños con 1 a 5 ha en arroz y con alta exposición a déficit hídrico.	Alta	Media	Baja	Viable
2. Productores con 6 a 10 ha en arroz, con acceso a crédito y alta exposición a déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación

Dominio 1

El dominio de recomendación uno incluye productores que cuentan con hasta 5 hectáreas en arroz, presentan una sensibilidad media ante una condición de déficit hídrico, debido a que no cuentan con sistema de riego; de la misma forma, son productores que carecen de asistencia técnica e información climática y tienen bajos niveles de acceso a créditos, se encuentran ubicados en un grupo con baja capacidad de adaptación. La alta exposición que presentan los productores del dominio uno, muestra su necesidad inminente de implementar opciones tecnológicas como la adecuación del terreno y el riego complementario para mantener el sistema de producción en épocas restrictivas por déficit hídrico. En la figura 12 se presentan los resultados de esta variable.

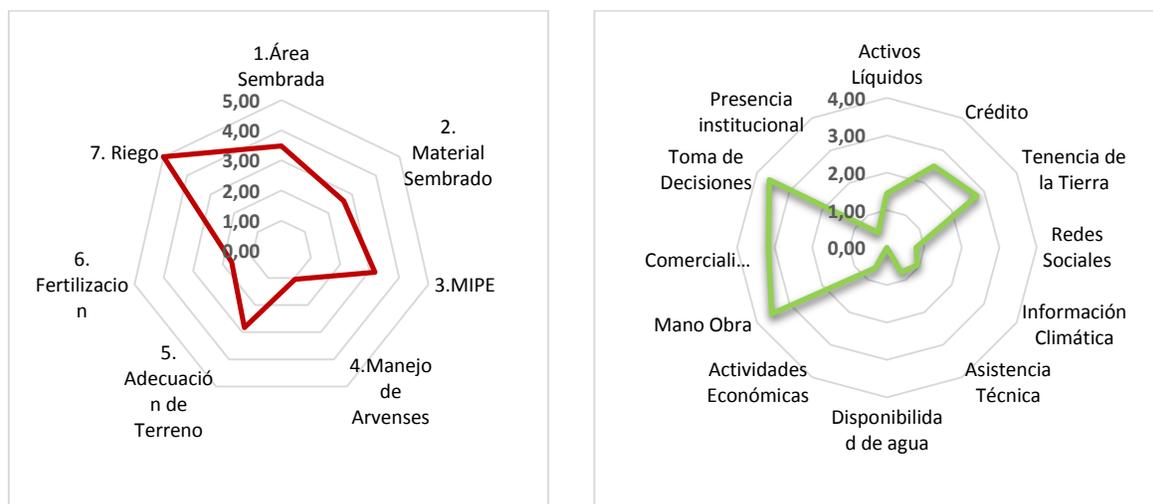


Figura 12. Indicadores de Sensibilidad y Capacidad de Adaptación para el dominio 1 en el sistema de arroz seco del municipio de Majagual.

El dominio de recomendación uno está dirigido a productores de arroz que tienen entre una y cinco hectáreas, representa un grupo de productores pequeños. De acuerdo con el análisis microeconómico, al integrar al sistema productivo, las tecnologías del riego complementario y la adecuación del terreno, estas resultan ser viables con relación al comportamiento del capital financiero, ante la ocurrencia de un evento climático restrictivo por déficit hídrico. En específico, a los productores de este dominio se les



recomienda adoptar las tecnologías desde el primer periodo y disponerlas en el 65 % del área total del predio. Si bien la implementación de esta tecnología no permite la venta de jornales, esto no constituye una limitante para el nuevo esquema de producción, en el cual se prevé que sea necesario contratar un 30 % de la mano de obra total requerida (en adición a la mano de obra familiar disponible). Finalmente, se recomienda ampliar los esquemas de disponibilidad de crédito para los productores de la zona, pues esto puede representar una herramienta de soporte financiero en momentos en que las condiciones económicas lo demanden.

Comparando ambos esquemas de producción, se tiene que bajo el manejo tradicional en un escenario restrictivo por déficit hídrico, los productores se limitarían a la siembra del cultivo, debido a la alta probabilidad de pérdida por déficit hídrico en el suelo; mientras que bajo el esquema de manejo mejorado con opciones tecnológicas de adecuación del suelo más el uso de riego complementario, se reduce considerablemente esta probabilidad de pérdida.

Dominio 2

El dominio de recomendación dos incluye a productores que cuentan con hasta 10 hectáreas en arroz. Se encuentran ubicados en zonas que presentan una exposición agroclimática alta; es decir, están en predios condicionados a prácticas de manejo y conservación de suelos, además, tienen alta probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico.

El grado de sensibilidad de los cultivos de estos productores es medio, debido a que no cuentan con riego ante la ocurrencia de un déficit hídrico, pero se ven favorecidos porque realizan un buen manejo de maleza lo que favorece el desarrollo del cultivo. Además, cuentan con niveles medios de preparación de suelos, fertilización y manejo de plagas y enfermedades.

Por su parte, la capacidad de adaptación es media, debido a que son productores que carecen de asistencia técnica, disponibilidad de agua e información climática, pero se ven favorecidos con la disponibilidad de mano de obra en la zona, la comercialización de su cultivo y la tenencia de la tierra lo que, de cierto modo, les permite la posibilidad de acceder a créditos bancarios con el objetivo de optimizar su sistema productivo. Al igual que los productores del dominio uno, la alta exposición que presentan los productores de este dominio muestra la necesidad de implementar opciones tecnológicas como la

adecuación del terreno y el riego complementario para mantener el sistema de producción en épocas restrictivas por déficit hídrico. En la figura 13 se observa la descripción de los resultados obtenidos.

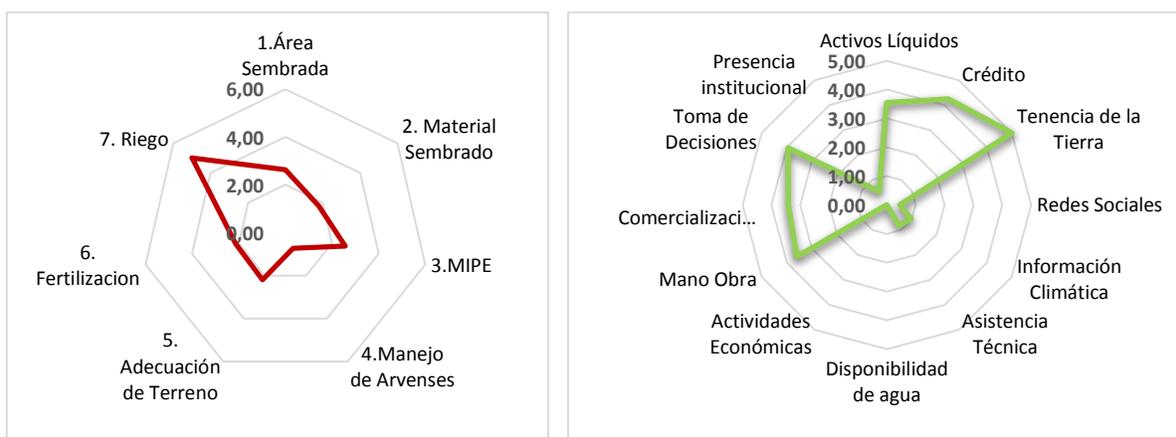


Figura 13. Indicadores de sensibilidad y capacidad de adaptación para el dominio 2 en el sistema de arroz seco del municipio de Majagual.

El dominio de recomendación dos está dirigido a productores de arroz que tienen entre seis y diez hectáreas, representa un grupo de productores medianos. De acuerdo con el análisis microeconómico, al integrar al sistema productivo, las tecnologías del riego complementario y la adecuación del terreno, estas resultan ser viables frente a la ocurrencia de un evento restrictivo por déficit hídrico en el suelo. En específico, a los productores de este dominio se les recomienda adoptar las tecnologías desde el primer periodo y disponerlas en el 35 % del área total, luego incrementar el área en el tiempo hasta completar la totalidad del predio. Si bien la implementación de esta tecnología no permite la venta de jornales, esto no constituye una limitante para el nuevo esquema de producción, en el cual se prevé que sea necesario contratar un 25 % de la mano de obra total requerida (en adición a la mano de obra familiar disponible) la cual aumentará en la medida que se aumente el área de siembra. Finalmente, se recomienda ampliar los esquemas de disponibilidad de crédito para los productores de la zona, pues esto puede representar una herramienta de soporte financiero en momentos en que las condiciones económicas lo demanden.

Bajo el esquema de manejo productivo mejorado basado en la adecuación de suelo con *land plane* y *taipa* y el uso de riego complementario, se contrarresta la falta de humedad



en el suelo a consecuencia de una condición restrictiva por déficit hídrico. Además, este esquema de producción ofrece la posibilidad de mantener la producción estable por lo que se vuelve financieramente viable y sostenible en el tiempo.



REFERENCIAS

- Bócking, B. (2012). *Riego de arroz por mangas*. Recuperado de http://www.acpaarrozcorrientes.org.ar/academico/revistas_Riegos_y_Drenajes.pdf
- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica, *Manual técnico: Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos*. 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. (2015a). Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. En *Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático*.
- Corpoica. (2015b). Mapas de zonificación de la aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para arroz seco mecanizado (Majagual), ñame espino (Tolúviejo) y pastos y forrajes para ganadería doble propósito (La Unión). En *Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático*.
- Corpoica. (2016). Informe final de la parcela de integración del sistema productivo de arroz seco mecanizado, municipio de Majagual, Departamento de Sucre. En *Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático*.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe: Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Sucre en el marco de la carta de entendimiento 002-2013 1806-1 entre Corpoica y CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y Corpoica No 002-2013*.
- Degiovanni, B., Martínez, C., & Motta, F. (2010). *Producción eco-eficiente del arroz en América Latina. Tomo I*. Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT).



- Fedearroz. (2014). *Evaluación del impacto se la sequía en el cultivo de arroz en la subregión Mojana*. Recuperado de <http://www.fedearroz.com.co/new/doceconomia.php>.
- García, A. D. M. (2009). *Efecto del déficit hídrico sobre la distribución de fotoasimilados en plantas de arroz*. Recuperado de http://www.interciencia.org/v35_01/047.pdf
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Lores, A., Leiva, A., & Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales* 29(3), 5-10.
- Morris, H., Morales, D., Arrieta, J., & Medina, R. (2010). *Manual de especificaciones técnicas básicas para la elaboración de estructuras de captación de agua de lluvia en el sector agropecuario de Costa Rica y recomendaciones para su utilización*. Costa Rica: Universidad Nacional, CEMEDE.
- Ordóñez, R. (2003). Extracción de nutrientes en variedades de Fedearroz 50 y Fedearroz 2000 en el piedemonte llanero. *Arroz (Colombia)*, 51(447), 12-13.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. *Research Paper*, (45), 58.
- Plata, R. (2014). *Riego complementario. Alternativa para aprovechar el recurso hídrico y mejorar la productividad*. Bogotá: Fedearroz. Recuperado de <http://www.fedearroz.com.co/revistanew/arroz512.pdf>
- Yoshida, S. (1978). Tropical climate and its influence on rice. *IRRI Research Applications Service* 20. Recuperado de http://pdf.usaid.gov/pdf_docs/PNAAG711.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>