



# Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Ñame (*Dioscorea rotundata*)

Municipio de Ayapel  
Departamento de Córdoba



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	
Luis Manuel Carvajal	Profesional de apoyo a la Investigación
Manuel Ramón Espinosa	Investigador máster
Juan Carlos Rojas Bustos	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph.D, líder producto 6
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, de Cereté (Córdoba), que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los Sistemas Productivos Priorizados.

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

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



## TABLA DE CONTENIDO

Índice de figuras .....	VII
Índice de tablas.....	IX
Introducción .....	1
Objetivos.....	2
Objetivo general.....	2
Objetivos específicos .....	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de ñame espino.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y municipio ..	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ayapel .....	4
Exposición del sistema productivo de ñame espino a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ayapel (Córdoba) .....	9
Zonas de Ayapel con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de ñame espino.....	23
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del ñame ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Ayapel.....	28
a.    Mecanización de suelos.....	30
b.    Implementación de fertilización química y orgánica.....	31
c.    Riego por goteo.....	33
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas.....	35



Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del ñame espino ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo.....	37
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de ñame espino en Ayapel .....	40
Dominio de recomendación .....	40
Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo .....	40
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo del ñame espino en Ayapel.....	41
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio .....	42
Referencias .....	46



## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático del sistema productivo de ñame espino, en Ayapel. ....	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Ayapel (Córdoba): (izquierda) paisajes, (centro) altitud y (derecha) subzonas hidrográficas. ....	5
Figura 3. Promedio multianual de precipitación y precipitaciones en años extremos, en Ayapel (Córdoba). ....	6
Figura 4. Aptitud de uso de los suelos para sistema productivo de ñame espino en Ayapel. ....	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo del ñame espino en Ayapel bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis marzo-diciembre. ....	15
Figura 6. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo del ñame espino en Ayapel bajo condiciones de humedad restrictivas por exceso hídrico, en la ventana de análisis marzo-diciembre. ....	22
Figura 7. Aptitud agroclimática bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo para el sistema productivo de ñame en Ayapel: a. Déficit hídrico. b. Exceso hídrico. ....	24
Figura 8. a.) Balance hídrico atmosférico, y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de ñame en Ayapel, entre los meses de agosto del 2015 y febrero del 2016. ....	30
Figura 9. Implementos utilizados en la parcela de integración de ñame espino en Ayapel: rrome (izquierda), cincel (centro y derecha). ....	31



Figura 10. Aplicación de los fertilizantes al momento de la siembra en la parcela de integración de ñame espinoso en Ayapel: fertilización química (izquierda) y fertilización orgánica (derecha). .....	33
Figura 11. Sistema de riego por goteo de la parcela de integración de ñame espinoso en Ayapel. Motobomba (izquierda), líneas de riego (centro) y bulbo húmedo después de la aplicación del riego (derecha). .....	35
Figura 12. Determinación del rendimiento en el sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel. Cosecha (izquierda), clasificación (centro) y medición de la producción (derecha). .....	36
Figura 13. Indicadores de la sensibilidad y la capacidad de adaptación en el dominio uno	43
Figura 14. Indicadores de la sensibilidad y la capacidad de adaptación en el dominio dos	44





## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ayapel durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011 .....	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Ayapel durante los eventos El La Niña en el periodo 1980-2011.....	8
Tabla 3. Calendario fenológico del cultivo de ñame espino en Ayapel, en condiciones restrictivas por déficit hídrico en el suelo .....	16
Tabla 4. Calendario fenológico del cultivo de ñame espino en Ayapel, en condiciones restrictivas por exceso hídrico en el suelo .....	23
Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ñame espino en Ayapel, Córdoba.....	42



## INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático Integrado, construido por el proyecto *Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*, como concepto novedoso, contiene herramientas que soportan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes de los sistemas productivos, contribuyendo a la reducción de la vulnerabilidad en el mediano y largo plazos. Esto constituye una propuesta para la gestión de técnicas y tecnologías a escala local, con proyección municipal, que permiten minimizar los impactos que las condiciones restrictivas de humedad del suelo producen sobre los sistemas productivos.

Bajo este enfoque, el proyecto Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) ha realizado un acercamiento espacial y temporal de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción, en 69 municipios de 18 departamentos del país. En ese sentido, 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 Córdoba, priorizó el cultivo de ñame en el municipio de Ayapel.

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de ñame espinoso a condiciones de déficit o exceso hídrico en el suelo, en Ayapel (Córdoba).



## OBJETIVOS

### Objetivo general

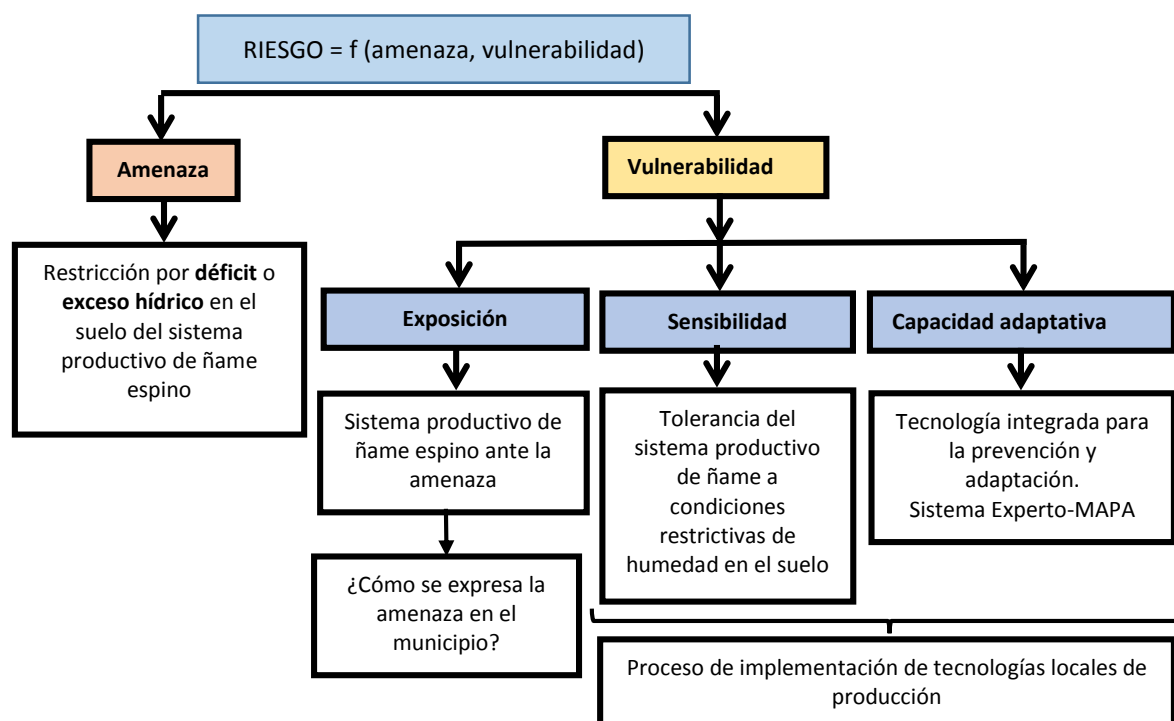
Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo del ñame espino (*Dioscorea rotundata*) ante el riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en Ayapel (Córdoba), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

### Objetivos específicos

- Presentar información agroclimática de Ayapel (Córdoba), para la toma de decisiones en el sistema productivo de ñame espino en condiciones restrictivas de humedad en el suelo.
- Presentar opciones tecnológicas que permitan aumentar capacidad adaptativa del sistema productivo de ñame espino a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en Ayapel (Córdoba).
- Brindar criterios de decisión para la implementación de opciones tecnológicas integradas en el sistema productivo de ñame espino en Ayapel (Córdoba).

## Riesgo agroclimático para el sistema productivo de ñame espino

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) se expresa en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su 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 sensibilidad del sistema productivo de ñame espino. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de ñame espino ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas para la prevención y adaptación que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo, de acuerdo con las características socioeconómicas y técnicas de los productores locales.



**Figura 1.** Diagrama conceptual del riesgo agroclimático del sistema productivo de ñame espino, en Ayapel.



## 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 (precipitación, temperatura, brillo solar, humedad relativa y evapotranspiración).

A escala municipal el riesgo se puede analizar mediante la información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altitud y paisaje) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración ( $ET_0$ ), distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y 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.

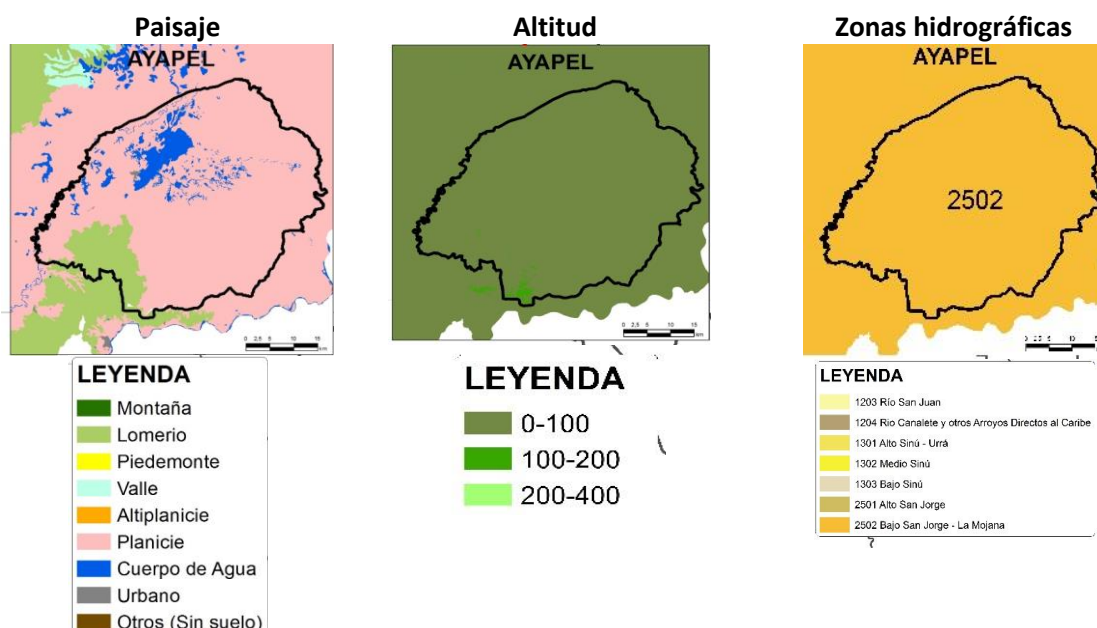
**Para mayor información sobre el riesgo agroclimático a nivel departamental y municipal, consulte el sistema experto (SE)-MAPA.**

### Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ayapel

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, sequía extrema y temperaturas altas y bajas, que podrían afectar los sistemas de producción agropecuarios.

Ayapel está conformado en un 90 % por planicies y el área restante corresponde a lomerío (Figura 2, izquierda); presenta una altitud entre los 0 y 100 metros sobre el nivel del mar (msnm) (Figura 2, centro). Se encuentra influenciado por la subzona hidrográfica del Bajo San Jorge-La Mojana, la cual puede ser un agente causal de inundaciones, ya que este municipio presenta una susceptibilidad media a inundaciones (Figura 2, derecha). Ayapel

se encuentra ubicado al sureste del departamento de Córdoba y se abastece de una gran riqueza hidrográfica compuesta por el cauce del río San Jorge y por numerosos cuerpos de agua que conforman un sistema de vertientes con una extensión de 1.504 km<sup>2</sup>, entre los cuales el más importante es la ciénaga de Ayapel, con un área de 25.000 ha y un espejo es de agua de 17 km en sentido norte-sur (Corpoica, 2015a).



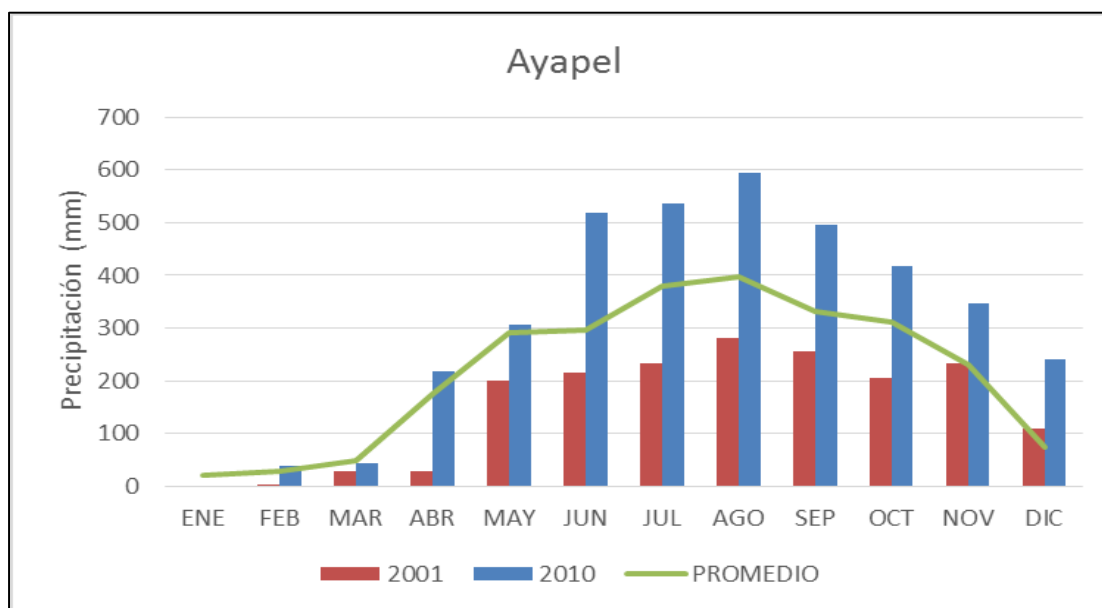
**Figura 2.** Mapas de variables biofísicas de Ayapel (Córdoba): (izquierda) paisajes, (centro) altitud y (derecha) subzonas hidrográficas. Fuente: Corpoica (2015a).

Lo segundo a revisar son los análisis disponibles de las series históricas del clima (1980-2011), 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 presentan nuevamente estos fenómenos. De la información empleada para el análisis climático de Ayapel (Córdoba) se destaca:

**Precipitación:** en la figura 3 se muestra el comportamiento de la precipitación en Ayapel (Córdoba). La línea verde representa la precipitación promedio; las barras rojas, la precipitación durante el evento de *El Niño* del 2001, y las barras azules, la precipitación en el evento de variabilidad climática de *La Niña* del 2010. En Ayapel, las lluvias anuales

alcanzan 2580 mm en promedio, con máximos en los meses de julio (379 mm) y agosto (397 mm) (Corpoica, 2015a).

La reducción de las lluvias durante el fenómeno de *El Niño* es una generalidad para todos los meses del año, y se registran las mayores anomalías negativas en enero y febrero (-100 % y -90 %, respectivamente). En contraste, durante el evento de *La Niña* se presentan incrementos en las precipitaciones con respecto al promedio multianual. En los primeros meses (enero, febrero, abril y mayo) del año 2010, cuando aún se presentaba un evento de *El Niño*, la precipitación estuvo por debajo del promedio; sin embargo, a partir de abril los registros fueron superiores al promedio, con las mayores anomalías positivas en los meses junio y agosto (210 mm y 195 mm, respectivamente) (Corpoica, 2015a).



**Figura 3.** Promedio multianual de precipitación y precipitaciones en años extremos, en Ayapel (Córdoba). Fuente: Corpoica, 2015a.

**El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o de *La Niña*:** permiten determinar qué tan 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 indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- El valor del ONI<sup>1</sup>: indica qué tan intenso 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. 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).**

Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos de El Niño-Oscilación Sur (ENSO) en los últimos 32 años (1980-2011) y constituyen información de referencia que permiten analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio.

En la tabla 1 se observa que cuando han ocurrido eventos de *El Niño* en Ayapel, se han presentado reducciones en la precipitación entre -1 y -25 %. Los máximos valores ONI registrados oscilan entre 0,9 y 2,5. La duración máxima de un evento de *El Niño* fue de 19 meses, intervalo de tiempo comprendido entre agosto de 1986 y febrero de 1988. Sin embargo, en *El Niño* de mayo 1982-junio de 1983 se presentó una anomalía positiva del 9 %, a pesar de que el evento tuvo una intensidad fuerte (valor ONI: 2,3).

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

Período	Inicio	Mayo 1982	Ago. 1986	Mayo 1991	Mayo 1994	Mayo 1997	Mayo 2002	Junio 2004	Ago. 2006	Julio 2009
	Fin	Junio 1983	Feb. 1988	Junio 1992	Marzo 1995	Mayo 1998	Mar 2003	Feb. 2005	Enero	Abril 2010

<sup>1</sup> El ONI expresa la magnitud del aumento o la disminución de la temperatura promedio de la superficie del océano Pacífico ecuatorial. Cuando la variación supera valores de +0,5 °C se habla de un evento de El Niño, y cuando los valores son menores a -0,5 °C es un evento de La Niña, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos. 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.sht ml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.sht ml)



									2007	
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	
<b>Anomalía</b>	9 %	-21 %	-5 %	-12 %	-9 %	-25 %	-18 %	-5 %	-1 %	

Fuente: Corpoica (2015a).

La tabla 2 muestra que durante tres de los siete eventos de *La Niña*, las precipitaciones presentaron aumentos por encima del valor promedio, llegando a incrementos del 63 % en el periodo 2010-2011, última ola Invernal que causó graves afectaciones en el territorio nacional (tabla 2). Sin embargo, en los eventos de *La Niña* de 1984-1985, 2000-2001 y 2007-2008 se presentaron disminuciones en la cantidad de lluvias, siendo bastante notoria la reducción en el último periodo nombrado, con una anomalía negativa de -38 % e intensidad débil (ONI: -0,7).

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

Período	Inicio	Octubre 1984	Mayo 1988	Septiembre 1995	Julio 1998	Octubre 2000	Septiembre 2007	Julio 2010
	Fin	Septiembre 1985	Mayo 1989	Marzo 1996	Junio 2000	Febrero 2001	Mayo 2008	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
<b>Anomalía</b>		-13 %	-10 %	23 %	1 %	-32 %	-11 %	63 %

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 de *La Niña*, la susceptibilidad a déficit hídrico durante eventos de *El Niño*, la susceptibilidad a inundación 2010-2011, la susceptibilidad biofísica a inundación, la afectación de la capacidad fotosintética analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI, por sus siglas en inglés) y las áreas que se anegan regularmente cuando se presentan eventos de inundación (expansión de los cuerpos de agua) o muestran déficit hídrico en condiciones de sequía (contracción de los cuerpos de agua).

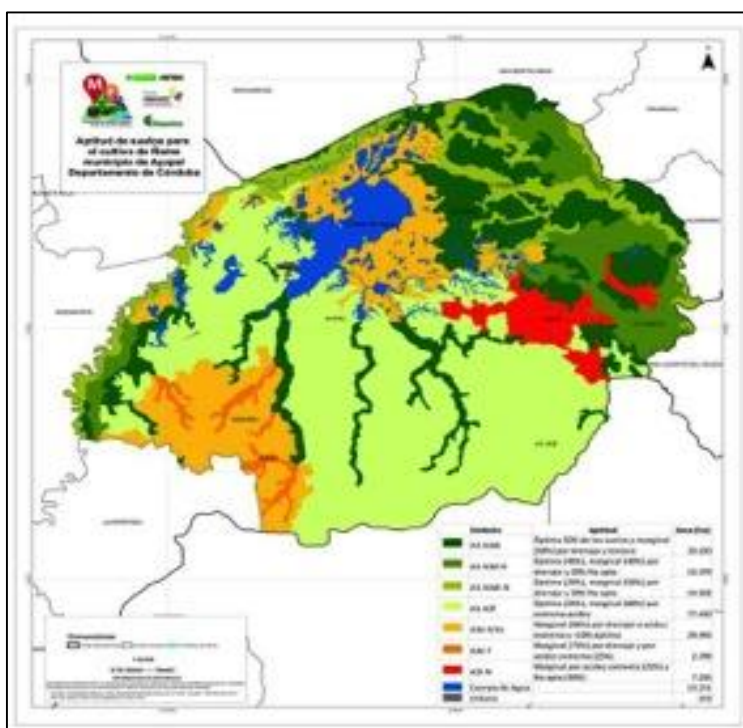
**Para mayor información sobre susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consulte el SE-MAPA.**







### **Exposición del sistema productivo de ñame espinoso a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ayapel (Córdoba)**




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 con su ubicación en el municipio. Para el caso del sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel, la exposición se analizó con base en la aptitud de los suelos para el sistema productivo y la probabilidad de ocurrencia de condiciones restrictivas de humedad en el suelo (déficit y exceso hídrico) en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Para evaluar la exposición se debe revisar:

**a. El mapa de aptitud de suelos** (figura 4), el cual presenta las limitaciones de los suelos del municipio. Es importante tener en cuenta que algunas limitaciones se pueden manejar (propiedades químicas del suelo), mientras que otras 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)	%
	A1-A3dt Óptima 50% y marginal (50 %) por drenaje y textura	33.220	17,18
	A1-A3d-N Óptima (40 %), marginal (40 %) por drenaje y 20 % no apto	15.379	7,95
	A1-A3dt-N Óptima (20 %), marginal (50 %) por drenaje y 30 % no apto	14.502	7,50
	A1-A3f Óptima (20 %), marginal (80 %) por extrema acidez	77.420	40,03
	A3d-f/A1 Marginal (90 %) por drenaje o acidez extrema y 10 % óptima	29.445	15,22
	A3d-f Marginal (75 %) por drenaje y 25 % por acidez extrema	2.789	1,44

	A3f-N	Marginal por acidez extrema (25 %) y no apta	7.226	3,74
		Cuerpo de agua	13.211	6,83
		Zona urbana	213	0,11
<b>Total</b>			<b>193.405</b>	<b>100</b>

**Figura 4.** Aptitud de uso de los suelos para sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel.

Fuente: Corpoica (2015b).

**Para tener en cuenta:** a esta escala de detalle (1:100.000), en Ayapel (Córdoba), las unidades de tierra presentan suelos con diferentes aptitudes y están asociadas como óptimas y marginales (A1 y A3).

Se estiman unas 140.521 ha con aptitud óptima (A1), equivalentes al 72,66 % y corresponden a suelos ubicados en el paisaje de planicie, con las mejores condiciones de drenaje, profundidad, textura y acidez. Estas áreas se ubican principalmente al nororiente del municipio y en zonas aledañas a cauces o corrientes de aguas.

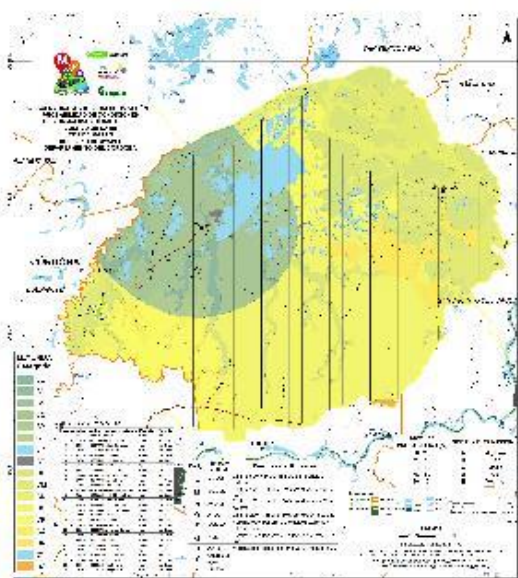
La mayor parte de los suelos presentan aptitud marginal (A3), equivalente a 39.460 ha (20,40 %), algunos están restringidos por condiciones de mal drenaje y otros por acidez extrema. La profundidad efectiva de los suelos está asociada al nivel freático y al mal drenaje; por lo tanto, bajo un manejo tradicional, sin la implementación de tecnologías, el potencial para el cultivo de ñame es muy bajo. Sin embargo, la adecuación o manejo de propiedades físicas de los suelos pueden contribuir a mejorar la aptitud.

**b. Mapas de escenarios agroclimáticos en condiciones de déficit hídrico** (figura 5). De acuerdo con el Índice de Severidad de Sequía de Palmer<sup>2</sup> (Palmer, 1965), en la ventana de análisis (marzo-diciembre) se presentaron áreas con probabilidades bajas (20 %-40 %, tono verde claro), medias (40 %-60 %, tono amarillo), altas (60 %-80 %, tono naranja) y muy altas (80 %-100 %, tono rojo) de ocurrencia de condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en el suelo, de acuerdo con cada etapa fenológica (tabla 3).

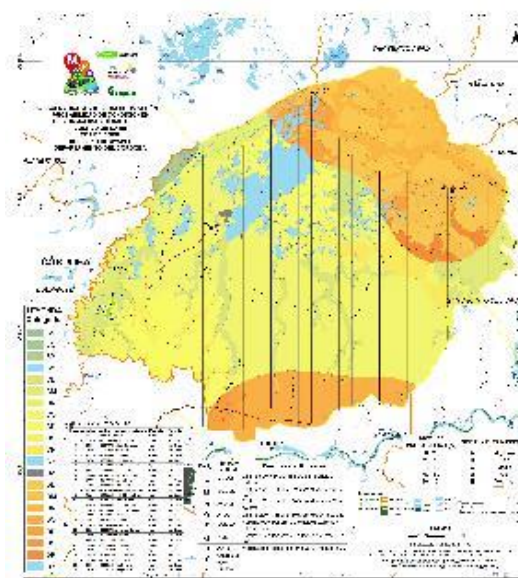
<sup>2</sup> Mide la duración e intensidad de un evento de sequía a partir de datos de precipitación, temperatura del aire y humedad del suelo.

Bajo una condición de déficit hídrico se encontraron áreas con probabilidades bajas en los meses de marzo, mayo, noviembre y diciembre. En la mayoría de los meses analizados, las probabilidades de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo fueron muy altas, altas y medias, las cuales se indican con las áreas en tonos en rojos, naranjas y amarillos, respectivamente (figura 5). Probabilidades superiores al 40 %, dependiendo de la intensidad (duración: días) y cobertura (área de influencia) en el municipio, podrían generar un estrés hídrico severo y extremo en el sistema productivo del ñame.

**Marzo**

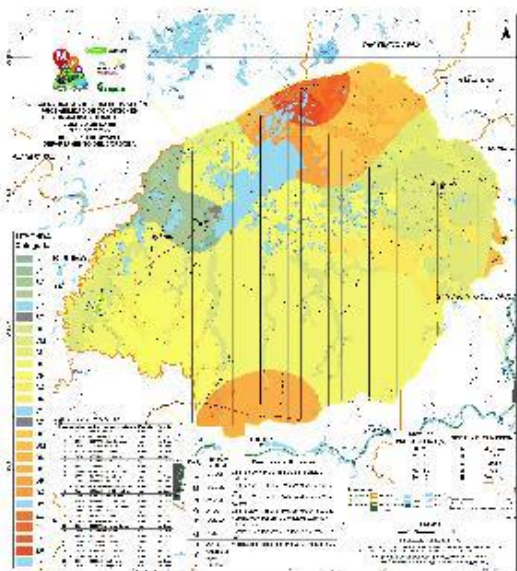


**Abril**

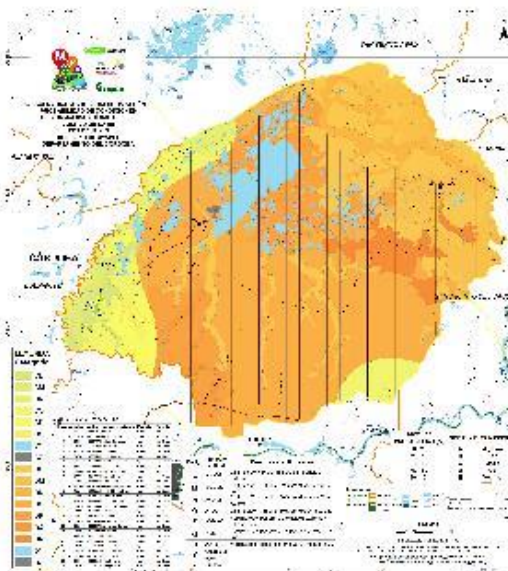




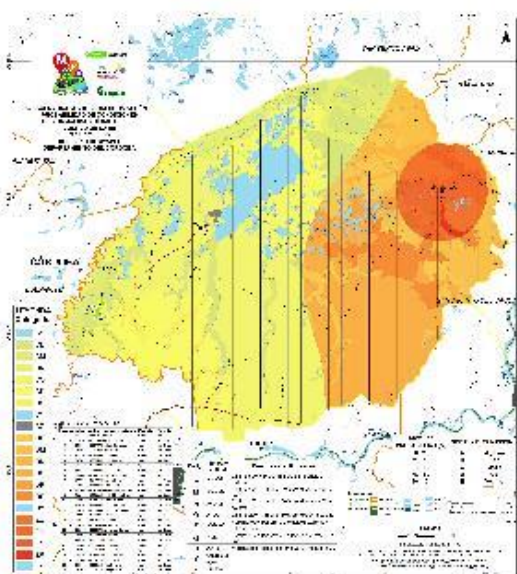
**Mayo**



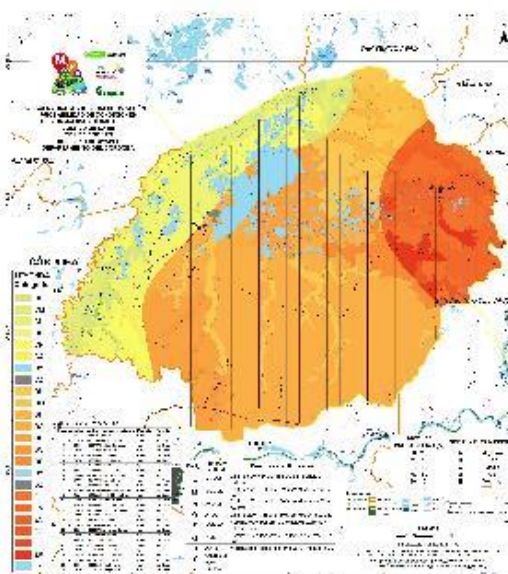
**Junio**



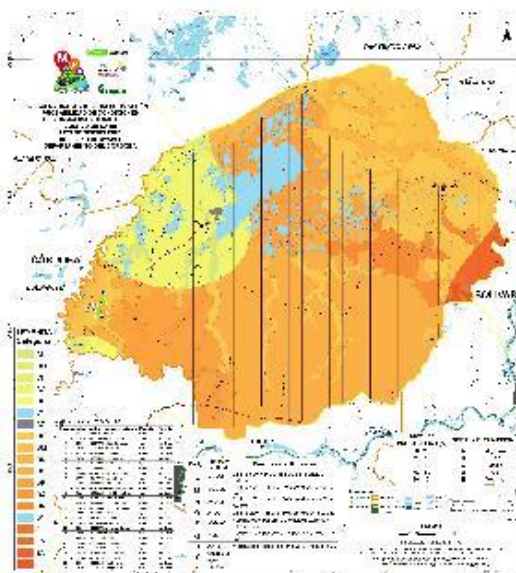
**Julio**



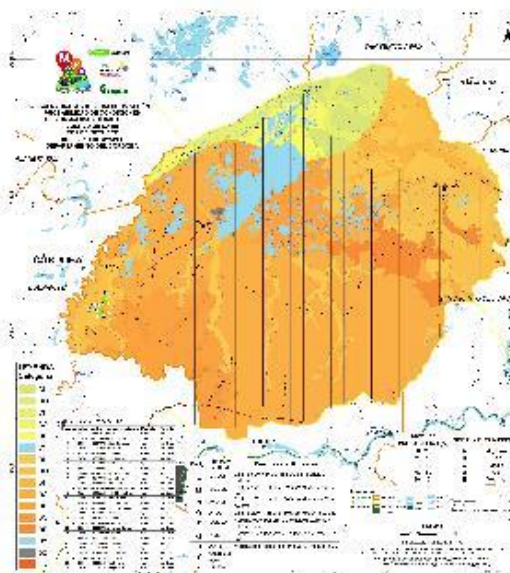
**Agosto**



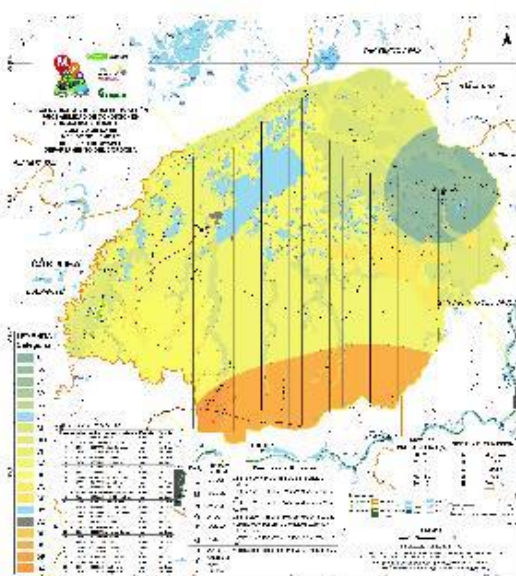
**Septiembre**



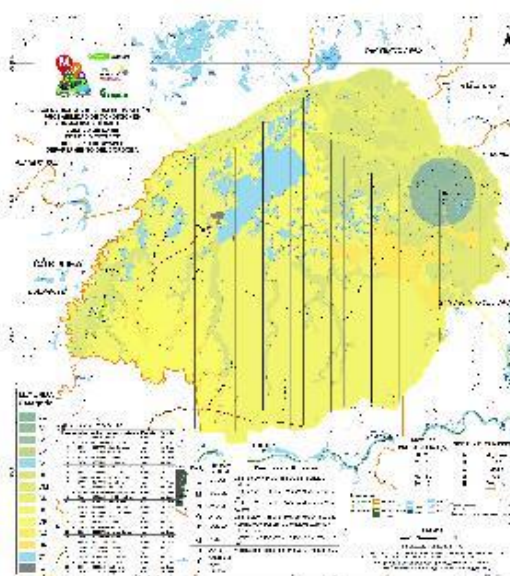
**Octubre**



**Noviembre**



**Diciembre**





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 de suelos
L	A1 – A3dt	Óptima 50% y marginal 50% por drenaje y textura
M	A1- A3d- N	Óptima 40% y marginal 40% por drenaje y 20% textura
N	A1- A3dt- N	Óptima 20% y marginal 50% por drenaje y 30% No apto
O	A1-A3f	Óptima 20% y marginal 80% por extrema acidez
P	A3d- f/A1	Marginal 90% por drenaje y por acidez extrema <10%
Q	A3d-f	Marginal 75% por drenaje y por acidez extrema 25%
R	A3f-N	Marginal por acidez extrema 25% y no apta 50%
Y		Cuerpo de agua
Z		Urbano

BN	CZ
BO	DL
BP	DM
BY	DN
CL	DO
CM	DP
CN	DQ
CO	DR
CP	DY
CQ	EL
CR	EM
CY	EN
	EO

**Figura 5.** Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo del ñame espinoso en Ayapel bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en la ventana de análisis marzo-diciembre. Fuente: Corpoica (2015b).



Los mapas de escenarios agroclimáticos indican las áreas con menor y mayor probabilidad de déficit 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 o varias etapas fenológicas específicas, de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia

Por ser un cultivo transitorio, los meses establecidos en la ventana corresponden al ciclo completo (marzo-diciembre). Bajo la condición de déficit hídrico en el suelo, la fecha de siembra del cultivo de ñame son las dos primeras dos semanas de mayo (tabla 3), de acuerdo con la disponibilidad de agua proveniente de las lluvias.

**Tabla 3.** Calendario fenológico del cultivo de ñame espinoso en Ayapel, en condiciones restrictivas por déficit hídrico en el suelo

Condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico																																					
Etapas fenológicas	Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembr				Octubre				Noviembr				Diciembr				Enero				
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Siembra - Germinación																																					
Desarrollo de bejucos vegetativos																																					
Formación de tallo secundario																																					
Formación del tubérculo (tuberización)																																					
Maduración																																					
Cosecha																																					

Según Reina (2012), el ciclo vegetativo del ñame es de 10 y 12 meses, dependiendo de la variedad; la cosecha se realiza justo cuando los tallos presentan muerte descendente y los tubérculos entran en estado de reposo, en los periodos secos. Antes de la fase de maduración, los tubérculos se extraen y se usan como semillas; esta práctica es conocida como “capada”. Los tubérculos extraídos son para comercializar y la planta sigue con el proceso de maduración, produciendo un tubérculo más pequeño, que es el que se usa como semilla, llamado “semillón” (Reina, 2012).

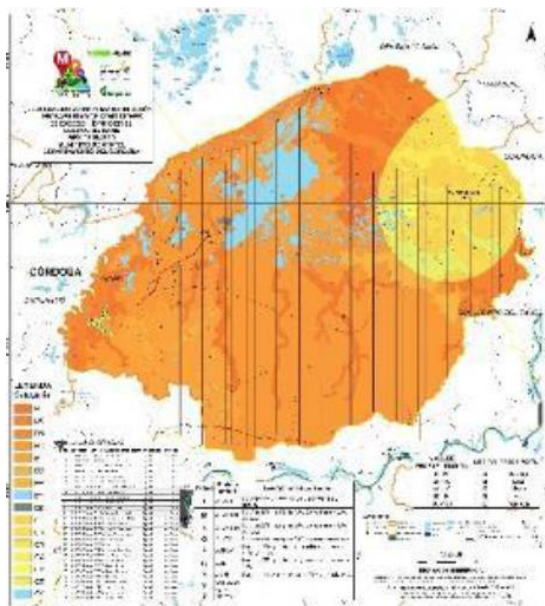
La humedad en el suelo en la ventana de análisis (marzo-diciembre), bajo una condición de déficit hídrico, es apta para el establecimiento y desarrollo del ciclo completo del

cultivo de ñame, es decir, el estrés hídrico del cultivo en estas condiciones no representaría un daño severo, dada la tolerancia del cultivo a la sequía (Corpoica, 2015).

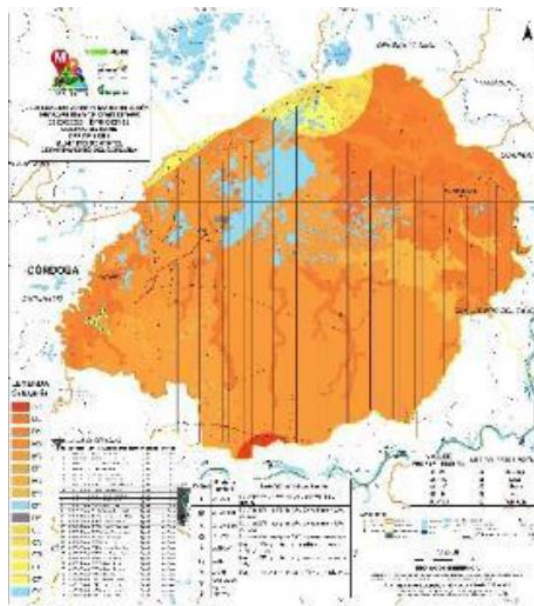
**c. Mapas de escenarios agroclimáticos en condiciones de exceso hídrico (figura 6).** En esta condición hídrica y en la ventana de análisis (marzo-diciembre) se observaron probabilidades de ocurrencia de exceso hídrico en el suelo muy bajas (0 %-20 %, tono rojo), bajas (20 %-40 %, tono naranja) y medias (40 %-60 %, tono amarillo) en el cultivo de ñame.

Probabilidades superiores al 40 % podrían representar una mayor exposición, dado que el cultivo es altamente sensible al exceso hídrico en la etapa de tuberización. En el mes de julio se presentó al oriente del municipio un área influenciada por el exceso hídrico en el suelo, el cual podría afectar el tubérculo por el ataque de enfermedades.

**Marzo**



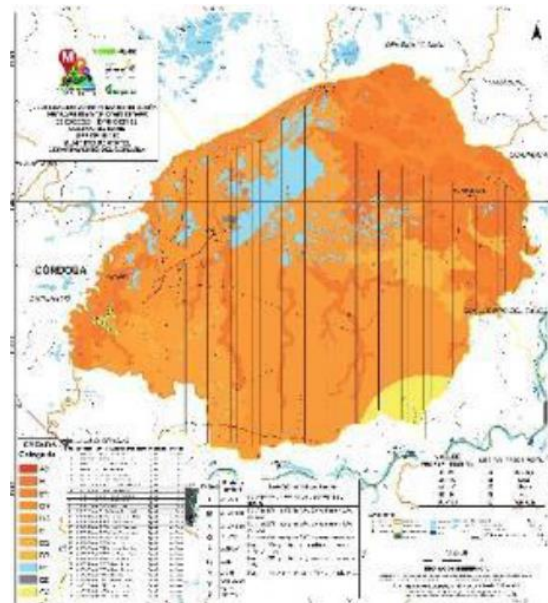
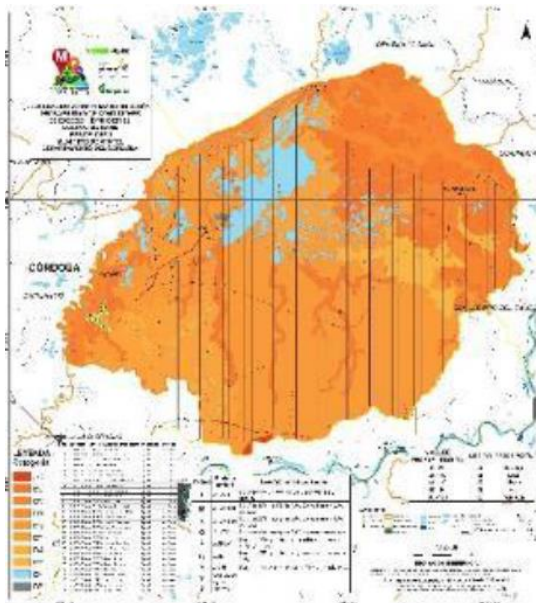
**Abril**





Mayo

Junio



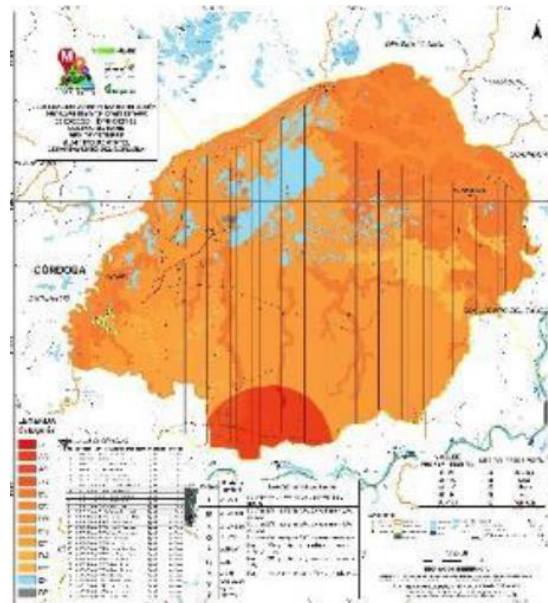
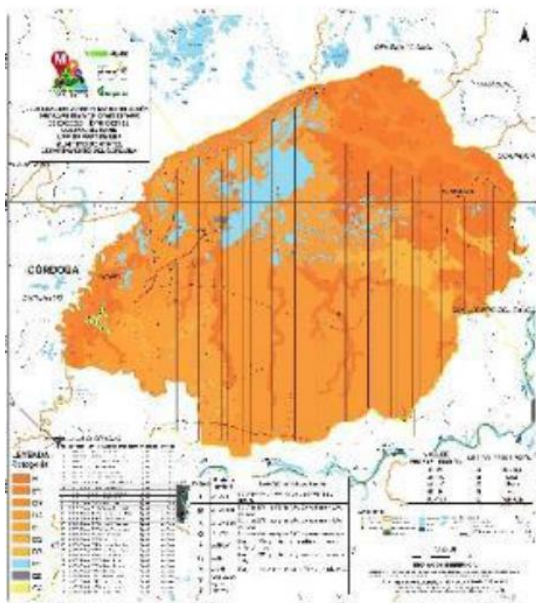






Septiembre

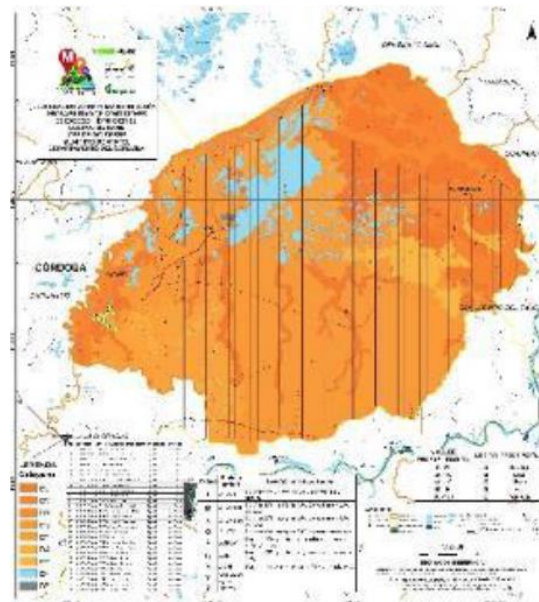
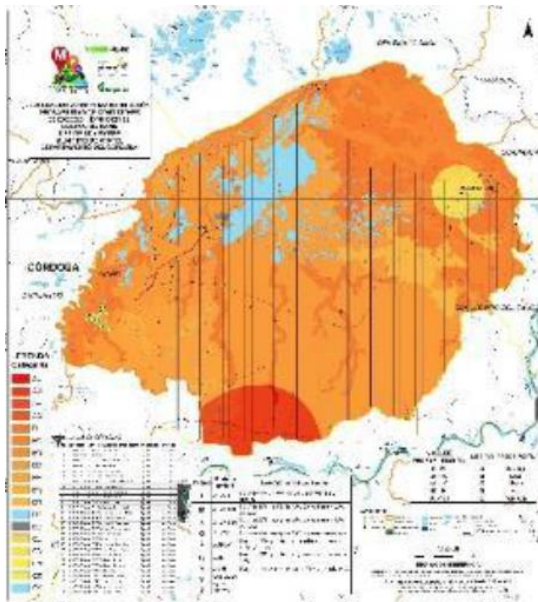
Octubre





Noviembre

Diciembre



	BL
	BM
	BN
	BO
	BP
	BQ
	BR
	BY
	BZ
	CL
	CM
	CN
	CO
	CP
	CR
	CY

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 de aptitud	Descripción de la aptitud de los suelos
L	A1 – A3dt	Óptima 50% y marginal 50% por drenaje y textura
M	A1- A3d- N	Óptima 40% y marginal 40% por drenaje y 20% textura
N	A1-A3dt- N	Óptima 20% y marginal 50% por drenaje y 30% No apto
O	A1-A3f	Óptima 20% y marginal 80% por extrema acidez
P	A3d-f/A1	Marginal 90% por drenaje y por acidez extrema <10%
Q	A3d-f	Marginal 75% por drenaje y por acidez extrema 25%
R	A3f-N	Marginal por acidez extrema 25% y no apta 50%
Y		Cuerpo de agua
Z		Urbano

**Figura 6.** Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo del ñame espinoso en Ayapel bajo condiciones de humedad restrictivas por exceso hídrico, en la ventana de análisis marzo-diciembre. Fuente: Corpoica (2105b).

En esta condición hídrica se observaron probabilidades de ocurrencia de categorías PDSI asociadas a exceso de agua en el suelo muy bajas (tonos rojos), bajas (tonos naranjas) y medias (tonos amarillos) en la ventana de análisis (marzo-diciembre) del cultivo de ñame.

La probabilidades medias de ocurrencia de exceso de agua en el suelo (40 % -60 %) podrían representar riesgo para el cultivo de ñame, dadas las características propias del cultivo [sensibilidad al exceso de agua en etapas de interés: tuberización y llenado del

tubérculo (tabla 4)] y de Ayapel (variables biofísica como pendientes, drenaje natural y nivel freático, entre otras). Particularmente, en los meses de octubre y noviembre, las áreas con probabilidades medias muestran influencia hacia el oriente del municipio.

**Tabla 4.** Calendario fenológico del cultivo de ñame espinoso en Ayapel, en condiciones restrictivas por exceso hídrico en el suelo

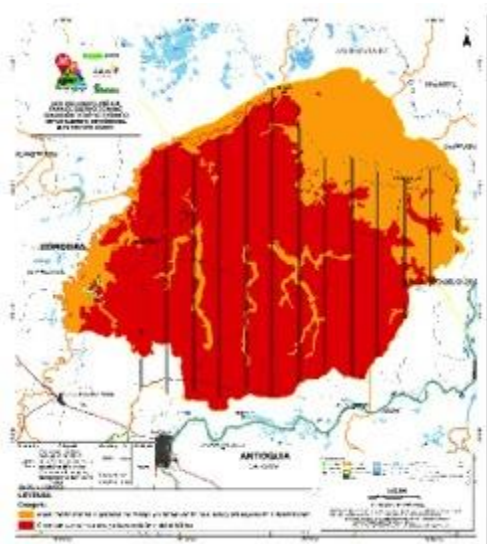
Condiciones de humedad en el suelo restrictivas por exceso hídrico																																															
Descripción o Etapas fenológicas	Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre				Diciembre										
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4							
Siembra -Germinación																																															
Desarrollo de bejucos vegetativos																																															
Formación de tallo secundario																																															
Formación del tubérculo (tuberización)																																															
Maduración y cosecha																																															
Dormancia																																															

### Zonas de Ayapel con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de ñame espinoso

Los mapas de aptitud agroclimática de Ayapel, para el sistema productivo del ñame, integran la exposición mensual a condiciones restrictivas de humedad para el sistema productivo y la aptitud de los suelos (figura 7).

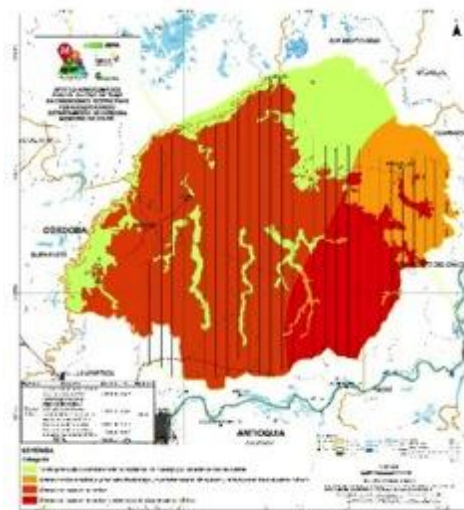


**a. Déficit hídrico**



	Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y conservación de suelos
	Áreas con suelos no aptos

**b. Exceso hídrico**



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

**Figura 7.** Aptitud agroclimática bajo condiciones restrictivas de humedad en el suelo para el sistema productivo de ñame en Ayapel: a. Déficit hídrico. b. Exceso hídrico.

Fuente: Corpoica (2015b).

Durante una condición de déficit hídrico se identificaron dos áreas de aptitud agroclimática en el sistema productivo del ñame espinoso en Ayapel (figura 7a):

**Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico** (tono naranja claro), con una ocupación del 32,6 % (63.101 ha) del área total de municipio (193.405 ha). En estas áreas, los suelos presentan una aptitud óptima y marginal por drenaje, textura y acidez, sumada a deficiencias de agua, indican que el cultivo estaría altamente expuesto.

**Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico** (tono rojo), con una ocupación del 67,4 % (130.306 ha) del área total de municipio. Estas áreas presentan suelos con marginalidad por drenaje y acidez extrema, y alta exposición a deficiencia de agua en el suelo. Estas características limitan el establecimiento y desarrollo del cultivo. Para el caso de exceso hídrico, Ayapel presenta una baja exposición a condiciones de exceso de humedad en el suelo en la mayor parte del municipio, sin embargo, al oriente de este la exposición es alta. En ese sentido se identificaron las siguientes aptitudes agroclimáticas (figura 7b):

**Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos**, con una ocupación del 20,5 % (39.682 ha) del área total del municipio (tono verde claro) se presentan condiciones edáficas óptimas y marginales (por drenaje, textura, acidez) y una baja exposición a condiciones de exceso hídrico para el cultivo de ñame.

**Área con suelos no aptos**, con una ocupación del 51,3 % (99.145 ha) del área total del municipio (tono naranja oscuro). En estas áreas, los suelos presentan marginalidad en el drenaje y acidez extrema, y una baja exposición a condiciones de exceso hídrico.

**Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y alta exposición a exceso hídrico**, con una ocupación del 12,2 % (23.419 ha) del área total del municipio (tono naranja claro). En estas áreas, los suelos presentan una aptitud óptima y marginal por drenaje, textura, acidez, y una alta exposición a condiciones de exceso hídrico.

**Área con suelos no aptos y alta exposición a exceso hídrico**, con una ocupación del 16,1 % (31.161 ha) del área total del municipio (193.407 ha) (tono rojo). En estas áreas, la aptitud de uso de los suelos (marginalidad por drenaje y acidez extrema) y una alta exposición a excesos de agua para el cultivo, no favorecen su establecimiento y desarrollo. Los productores de ñame de Ayapel se ubican en las áreas de baja exposición a excesos hídrico en el suelo; la mayoría de ellos se ubica en áreas con una aptitud agroclimática que corresponden a los nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos, y otros en áreas con suelos no aptos.



Para mayor información sobre la aptitud agroclimática del sistema productivo de ñame en Ayapel (Córdoba), consulte el 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, 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:** puede emplearse para mejorar la toma de decisiones operativas en el manejo de sistemas productivos. La *Guía de Prácticas Agrometeorológicas*, de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), indica que la información que debe ser proporcionada a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima): obtenidos a través de 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 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 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, media, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del cultivo (principalmente en etapas fenológicas críticas) y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos.<sup>3</sup>

---

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

## **Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del ñame ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Ayapel**

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas, con potencial para reducir los efectos de las condiciones restrictivas de humedad en el suelo sobre el sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel (Córdoba). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas en una parcela de integración entre los meses de agosto del 2015 y febrero del 2016.

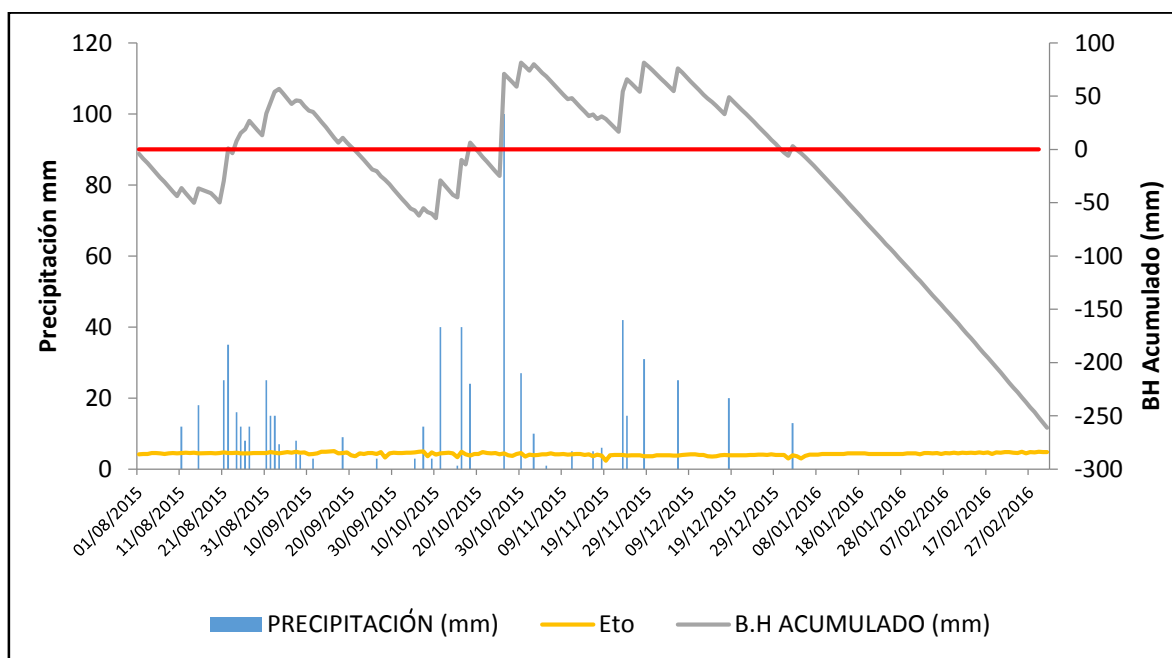
La Figura 8a muestra que durante el periodo de evaluación se registró un total de 666 mm, distribuidos durante los primeros cinco meses del ciclo del sistema productivo de ñame. Desde finales de diciembre del 2015 hasta febrero del 2016 no se presentaron precipitaciones en la parcela de integración. Durante este periodo, la evapotranspiración de referencia ( $ET_0$ ) fue superior a las precipitaciones y el balance hídrico atmosférico fue negativo (figura 8a).

Por su parte, la figura 8b presenta el comportamiento de las láminas de agua disponible total (ADT), agua fácilmente aprovechable (AFA) y agotamiento, en el suelo de la parcela de integración durante el periodo de validación. Si bien el contenido de agua en el suelo o ADT corresponde a la fracción de agua que se encuentra entre la capacidad de campo y el punto de marchitez permanente, la planta solo puede hacer uso efectivo del agua fácilmente aprovechable, la cual hace referencia al agua almacenada en los mesoporos del suelo.

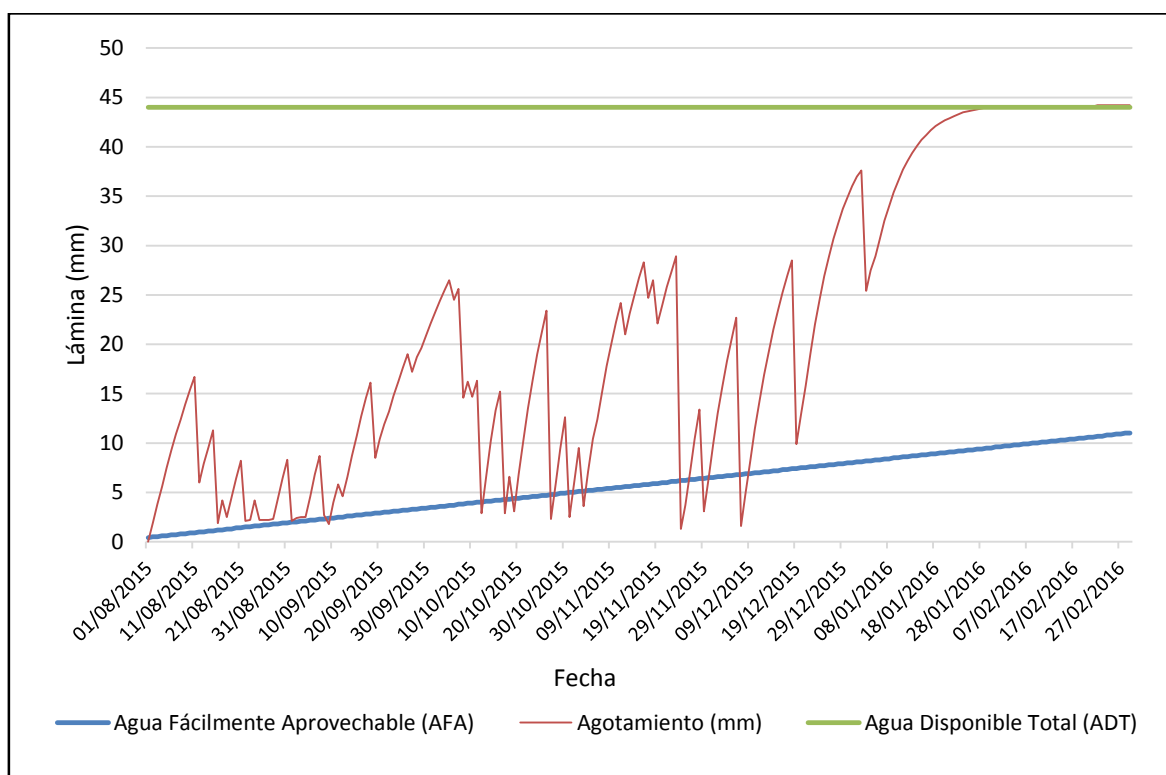
En ese sentido, cuando el agotamiento de agua supera el agua fácilmente aprovechable se presentan condiciones de déficit hídrico del suelo. Teniendo en cuenta lo anterior, se puede afirmar que desde la mitad de diciembre del 2015 hasta febrero del 2016 se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo, coincidiendo con las etapas fenológicas de formación y maduración del tubérculo, por lo cual se hizo necesario aplicar riego por goteo para suplir los requerimientos hídricos del sistema productivo.

Durante el periodo de seguimiento, las precipitaciones y las aplicaciones de riego mantuvieron la humedad necesaria para el normal desarrollo de las plantas de ñame. Los sensores ubicados en las diferentes profundidades (0-15 cm y 15-30 cm), en las áreas de

mecanización con y sin caballones, siempre presentaron una tensión en la cual el suelo se mantuvo a capacidad de campo (cerca a los 28 Cb) y nunca se llegó a punto de marchitez permanente (45 Cb).







**Figura 8.** a.) Balance hídrico atmosférico, y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de ñame en Ayapel, entre los meses de agosto del 2015 y febrero del 2016. Fuente: Corpoica (2016).

#### a. Mecanización de suelos

La labranza se puede definir como la intervención del suelo para la obtención de camas con condiciones deseables para el crecimiento y desarrollo de las plantas, con el fin de garantizar cosechas dentro de los márgenes aceptables de rentabilidad económica y sin producir deterioro del recurso suelo. Teniendo en cuenta un escenario de déficit hídrico, se utilizan los aperos rome y cincel como estrategia de manejo de perfiles compactados y así aumentar la capacidad de retención de humedad en los diferentes perfiles del suelo. Para el escenario de exceso hídrico, además de los dos aperos anteriores (rome y cincel), se recomienda implementar otro apero de labranza denominado caballoneador como práctica de manejo de los excedentes de agua en el perfil superficial de suelo, para

mejorar la velocidad de infiltración de la lámina de agua y disminuir el arrastre (erosión) de la capa superficial de suelo. El caballoneador también puede ser utilizado para una condición de déficit hídrico en el suelo (figura 9).

Adicionalmente, con la preparación de los suelos se logra: adecuar la estructura del suelo para crear condiciones favorables a la circulación del agua y gases en la zona arable del suelo; facilitar el desarrollo radicular del sistema productivo de ñame; generar condiciones óptimas para la germinación de la semilla; controlar y destruir las malezas que compiten con el cultivo; aumentar la capacidad de retención de humedad del suelo; eliminar aquellos insectos que constituyen plagas, así como sus larvas, huevos y lugares de desarrollo; e incorporar residuos vegetales, fertilizantes y cal (FAO, 1997).



**Figura 9.** Implementos utilizados en la parcela de integración de ñame espinoso en Ayapel: rome (izquierda), cincel (centro y derecha).

#### **b. Implementación de fertilización química y orgánica**

Bajo condiciones restrictivas por déficit o exceso de humedad en el suelo, esta opción tecnológica aporta nutrientes minerales esenciales para las plantas, mediante la fertilización química y la mejora de las condiciones físicas, químicas y biológicas del suelo a través de la aplicación de enmiendas orgánicas. En la parcela de integración de Ayapel se aplicaron lombriabono y biol como alternativa complementaria a la fertilización del sistema productivo del ñame espinoso mejorado. Para ello se aprovecharon los residuos orgánicos disponibles en el predio.

El plan de fertilización se formuló de acuerdo con el resultado de análisis químico de los suelos y de los requerimientos nutricionales del cultivo. Se hizo un fraccionamiento de la fertilización química en dos aplicaciones:



1. **Al momento de siembra.** Se depositó el fertilizante en el fondo del hueco, luego se agregó una capa de suelo y, finalmente, se colocó la semilla y se tapó. Fuentes y dosis:

DAP.....100 kg/ha.....3,7 gramos por planta  
Cloruro de Potasio.....100 kg/ha.....3,7 gramos por planta

2. **Un mes después de la emergencia** se hizo la segunda fertilización “a chuzo”. Se colocaron los fertilizantes cerca de la zona de las raíces y luego se incorporaron al suelo. Fuentes y dosis:

Urea..... 75 kg/ha..... 2,8 gramos por planta  
Triple 15.....50 kg/ha..... 1,8 gramos por planta

**Las aplicaciones de fertilizantes químicos deben hacerse cuando el suelo presente las condiciones de humedad adecuadas (capacidad de campo).**

La fertilización orgánica consiste en la adición o mezcla de sustancias naturales utilizadas para enriquecer el suelo y favorecer el crecimiento vegetal (Ramírez, 1998). Los fertilizantes orgánicos aportan nutrientes a través de la descomposición de residuos vegetales y animales en el suelo, lo que constituye un proceso biológico en el cual el carbono es reciclado a la atmósfera como dióxido de carbono, el nitrógeno se vuelve disponible como amonio y nitrato, y otros elementos como fósforo, azufre y algunos micronutrientes se presentan en las formas requeridas por las plantas (Chaimsohn *et al.*, 2007).

El lombriabono presenta alto contenido de minerales como nitrógeno, fósforo y potasio, que son liberados lentamente, por lo cual se incrementa la disponibilidad de los elementos en el suelo para ser absorbidos por la planta (Canellas y Rocha, 2004). Debido a la riqueza en microelementos, el lombriabono es uno de los fertilizantes más completos, ya que mejora las condiciones del suelo, reteniendo la humedad y aumentando la capacidad de retención de agua, propiciando y acelerando las etapas de germinación, floración y llenado de vainas en leguminosas (Perea *et al.*, 2000).

La aplicación de enmiendas orgánicas implementada en la parcela de integración de ñame espinoso consistió en incorporar 250 gramos de lombriabono comercial por sitio al

momento de la siembra; esta enmienda se depositó en el fondo del hueco, seguidamente se puso una capa de suelo y luego se ubicó la semilla y se tapó (figura 10).



**Figura 10.** Aplicación de los fertilizantes al momento de la siembra en la parcela de integración de ñame espinoso en Ayapel: fertilización química (izquierda) y fertilización orgánica (derecha).

### c. Riego por goteo

El agua es un factor indispensable en la agricultura, ya que a través de ella las plantas adquieren nutrientes para su metabolismo. El área sembrada y los rendimientos dependen de la cantidad y calidad de agua a la que se tenga acceso, y de la eficiencia de funcionamiento del sistema de riego.

El riego por goteo es un método de aplicaciones controladas de agua, nutrientes y agroquímicos directamente a la zona radical, lo que permite obtener máximos resultados en producción y calidad de cosecha, minimizando el uso del agua y la energía.

En la parcela de integración se instaló un sistema de riego por goteo, que constó de una toma principal instalada en un caño del río San Jorge. Los laterales se ubicaron a una distancia de 1 m entre hileras y 0,3 m entre goteros. Para la unidad de bombeo se utilizó una motobomba diésel de 5 Hp de potencia (figura 11); se realizó un análisis de laboratorio a la fuente hídrica utilizada, cuyos resultados indicaron que el agua era de buena calidad y óptima para su uso en riego; no obstante, por la cantidad de sólidos solubles y la turbiedad de la misma, se hizo necesario la instalación de un sistema de filtrado.



Este sistema presenta ventajas como:

- Mejor aprovechamiento del agua.
- Uso de terrenos con topografía ondulada, suelos pedregosos y de baja infiltración.
- Mayor uniformidad de riego.
- Mejor aprovechamiento del riego.
- Se adapta a una gran gama de suelos y cultivos.
- Reduce los problemas de arvenses, debido a la menor superficie húmeda.
- Facilita las labores agrícolas.

**Diseño agronómico del sistema de riego:** se realizó teniendo en cuenta los requerimientos hídricos del cultivo y la distancia de siembra (1 m entre hileras y 0,6 m entre plantas, para una densidad de siembra de 16.666 plantas/ha). Se asumió la evapotranspiración potencial promedio de 5,5 mm/día. El riego se aplicó de forma suplementaria, considerando los valores registrados por los sensores de humedad del suelo, los cuales se relacionan con las precipitaciones registradas.

**Diseño hidráulico del sistema de riego:** los principales factores técnicos que se tuvieron en cuenta en el momento de diseñar el sistema de riego por goteo para ñame espinoso, son los siguientes:

- Requerimientos hídricos máximos del sistema productivo.
- Área a ser regada.
- Disponibilidad de agua de riego y energía.
- Calidad del agua de riego.
- Características del suelo.
- Topografía del terreno.

El área a regar fue de 5.000 m<sup>2</sup> divididos en cuatro parcelas de 1.250 m<sup>2</sup> cada una. El tiempo de riego asignado fue de cuatro horas, disponiendo de dos horas para el cambio de sector, es decir, dos horas por cada sector, donde se aplicaban los 5,5 mm/día requeridos (2,75 mm/hora). El caudal de diseño del sistema es de 6,9 m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup>.

Para realizar la aplicación del riego por goteo se hizo necesario analizar diferentes variables relacionadas con las condiciones climáticas y del suelo. Las condiciones

climáticas que se tuvieron en cuenta fueron la evapotranspiración y el registro de precipitaciones, y para el suelo se consideraron las curvas de retención de humedad. También se tuvo en cuenta el valor de humedad del suelo, arrojado por los sensores de humedad instalados en la parcela.

Para ello se dispusieron dos sensores (membranas) de humedad en cada ensayo de labranza de suelo a las profundidades de 10 y 20 cm. Adicionalmente, se instaló un sensor de temperatura en el perfil superficial del suelo con el fin de monitorear la temperatura del suelo con respecto a la temperatura ambiente ( $T^{\circ}\text{C}$  máxima y  $T^{\circ}\text{C}$  mínima).

La consola registra los datos en tiempo real, permitiendo su lectura en la pantalla digital con que cuenta; de esta manera es posible tomar la decisión adecuada, de acuerdo con la situación que se presente en el momento.



**Figura 11.** Sistema de riego por goteo de la parcela de integración de ñame espinoso en Ayapel. Motobomba (izquierda), líneas de riego (centro) y bulbo húmedo después de la aplicación del riego (derecha).

### **Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas**

Las opciones tecnológicas se combinaron de la siguiente manera:

- Riego por goteo, mecanización sin caballones y fertilización orgánica.
- Riego por goteo, mecanización sin caballones y fertilización química.
- Riego por goteo, mecanización con caballones y fertilización orgánica.
- Riego por goteo, mecanización con caballones y fertilización química.



Una vez finalizada la validación se obtuvo que la combinación de riego por goteo, mecanización con caballones y fertilización orgánica presentó los mayores valores en las variables: diámetro, peso y longitud del tubérculo, lo que indica que el uso de caballones contribuye al mejor desarrollo del ñame en condiciones restrictivas de humedad del suelo. Adicionalmente, esta combinación tuvo el mayor rendimiento ( $20,9 \text{ t.ha}^{-1}$ ), con un 72,1 % de tubérculos comerciales, 30,2 % en tubérculos tipo semilla y 1,3 % dañado. En general, los ñames a los que se aplicó fertilización orgánica presentaron mayores valores en peso y rendimiento, en comparación con los tubérculos cultivados con fertilización química (figura 12).



**Figura 12.** Determinación del rendimiento en el sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel. Cosecha (izquierda), clasificación (centro) y medición de la producción (derecha).

Por lo anterior, el manejo de la fertilización orgánica en el sistema productivo de ñame, acompañado de una buena preparación de suelos y caballoneo, junto con la aplicación de riego por goteo en los periodos que ocurre el déficit hídrico del suelo, puede representar para los productores de ñame de Ayapel una herramienta viable para enfrentar las condiciones restrictivas de humedad y reducir las pérdidas en el rendimiento del sistema productivo.

**Para mayor información sobre las opciones tecnológicas implementadas en el sistema productivo de ñame espinoso, consulte el SE-MAPA.**



## Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo del ñame espinoso ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de ñame espinoso en Ayapel, se pueden desarrollar prácticas culturales e implementar tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. A continuación se presentan unas prácticas complementarias a las opciones tecnológicas descritas anteriormente y con potencial aplicación en condiciones restrictivas de humedad en el suelo:

**Ajuste de la densidad de siembra:** la densidad de siembra es una de las principales limitantes para el incremento de la producción y la productividad. Los productores utilizan densidades de siembra de 10.000 plantas/ha<sup>-1</sup>, las cuales son bajas en comparación con las usadas en países como Costa Rica, que duplican o triplican la población por hectárea (MAG, 1991; Sánchez y Hernández, 1998; Aguilar, 1998; Reina, 2012). Esta situación favorece la formación de tubérculos de gran tamaño que son rechazados por el mercado internacional y ocasionan pérdidas significativas en la poscosecha de hasta el 30 %, obligando a los productores a venderlos en el mercado local a un menor precio. La densidad de siembra define el máximo aprovechamiento de los recursos disponibles por la planta, en especial de la radiación solar, responsable del incremento de la fotosíntesis, la cual se traduce en una mayor acumulación y partición de biomasa hacia los tubérculos (Ballaré *et al.*, 1995).

En la parcela de integración se utilizó una densidad de siembra de 16.666 plantas/ha<sup>-1</sup>, que se logró empleando un arreglo espacial convencional, en el que los surcos fueron separados a 1 m de distancia, en tanto que la distancia entre las plantas fue de 0,6 m.

**Establecimiento de semilleros:** cuando se cuenta con la disponibilidad de preparar el terreno, se puede establecer un semillero simultáneamente al cultivo de siembra directa, con el que se busca tener una cantidad de plantas suficiente para hacer la resiembra en aquellos lugares donde no haya germinado la semilla. Generalmente, la población del semillero corresponde a un rango de entre 10 % y 20 % de la población establecida de manera directa.

Inicialmente se hace el trazado del área destinada para el semillero, se pica y desmenuza el suelo y se le agrega un material que permita mejorar la aireación y facilite el proceso de





germinación y enraizado de la semilla (cisco de arroz, arena, material orgánico mineralizado). Las semillas o “presas” utilizadas son de menor tamaño en comparación con el material de partida usado en la siembra directa. El peso promedio es de 50 g. El semillero se puede realizar con bolsas plásticas o sembrarlo en eras a una distancia de 5 cm entre plantas y 12 cm entre hileras, con lo cual se puede obtener una población de 166 plantas/m<sup>2</sup>.

**El uso de coberturas vegetales tipo leguminosas (nativas):** un cultivo de cobertura es definido como “una cobertura vegetal viva que cubre el suelo y que es temporal o permanente, el cual está cultivado en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación)”. Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría es de leguminosas.

Las coberturas son especialmente importantes, pues mejoran la absorción del agua, son clave en la conservación del suelo por reducir el impacto de la gota, la escorrentía, la lixiviación de nutrientes y la erosión del suelo, en la supresión de las malezas y en disminuir la diseminación de numerosos patógenos (Renard *et al.*, 1991).

Las temperaturas de los suelos son más bajas en las regiones tropicales calientes por el efecto de las coberturas. Algunos autores citan que las coberturas reducen las temperaturas en 2 °C en los 10 cm superiores del suelo, durante los días calientes (Gundel, 1998).

Esta opción se puede emplear en el sistema productivo del ñame en Ayapel, puesto que los productores del municipio comúnmente hacen un manejo de malezas basado en su eliminación mediante productos químicos, en cambio de promover su crecimiento y con esto proteger el suelo. Entre las especies de plantas acompañantes se destacan, por su rápido crecimiento, las leguminosas *Centrosema* (*Centrosema virginianum*, *Centrosema angustifolium* y *Centrosema pubescens*) y Pega-Pega (*Desmodium incanum*).

El manejo de coberturas vegetales con leguminosas mejora la retención de la humedad del suelo, disminuye los procesos erosivos, no permite el impacto directo de las gotas de lluvia en el suelo, minimiza la incidencia de enfermedades al evitar el salpique de suelo al follaje de las plantas, favorece el incremento del proceso microbiológico del suelo por el aumento de materia orgánica, crea un microclima (temperatura y humedad) adecuado



para la germinación de la semilla y el desarrollo del cultivo en su fase inicial, y además este tipo de plantas fija nitrógeno atmosférico al suelo.

**Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de ñame en Ayapel, consulte el SE-MAPA.**

Como se expuso en las secciones 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 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 económicos, sociales y culturales, dado 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.



### **Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de ñame espinoso en Ayapel**

#### **Dominio de recomendación**

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

**Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos, que deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso y no ser consideradas como un criterio único o una receta rígida.**

#### **Determinación de los dominios de recomendación de las opciones tecnológicas para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo**

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 en 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 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 del ñame espinoso en Ayapel**

En la tabla 5 se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se muestran el grado de exposición, el grado de sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición de déficit hídrico (que se presentó en el periodo de validación de las opciones tecnológicas) en cada dominio.

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es alta para todos los productores de este sistema. El grado de sensibilidad es media entre los productores del dominio uno, en tanto que para los productores del dominio dos es baja, mientras que la capacidad adaptativa de los productores ante esta situación es media en el dominio uno y baja en el dominio dos.

Finalmente, la última columna de la tabla 5 muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de fertilización orgánica, la

adecuación del terreno y el riego por goteo. Esta validación se establece teniendo en cuenta las características de los productores de cada dominio y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso las opciones son viables para todos los dominios.

**Tabla 5.** Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de ñame espino en Ayapel, Córdoba.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores pequeños con 1 ha sembrada de ñame y alta exposición al déficit hídrico.	Alta	Media	Media	Viable
2. Productores pequeños con menos de 0,5 ha sembrada de ñame y con mano de obra familiar.	Alta	Baja	Baja	Viable

## Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

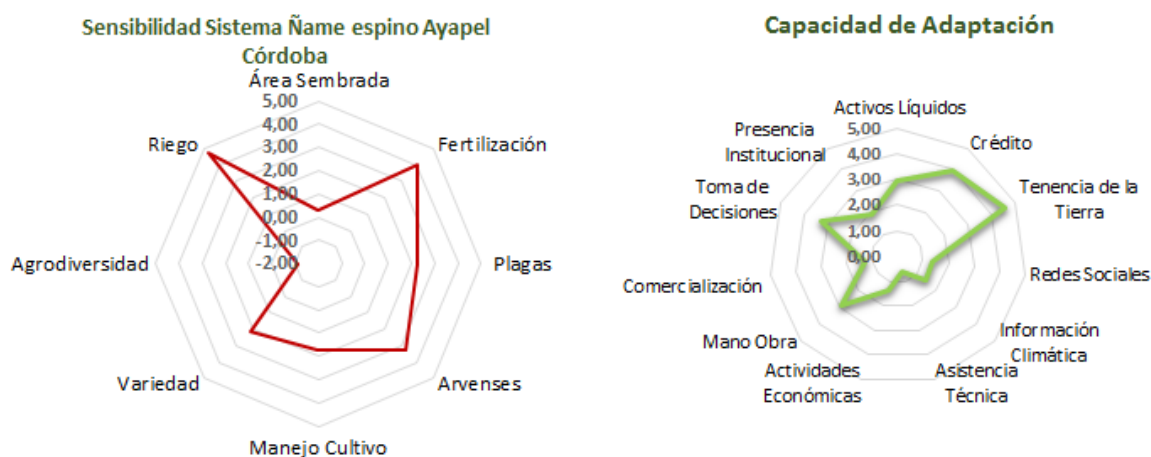
### Dominio uno

Los productores del dominio uno se caracterizan por estar ubicados en zonas con una exposición agroclimática alta ante una condición de déficit hídrico. En cuanto al grado de sensibilidad, en este dominio es medio, debido a que los productores no cuentan con sistema de riego y son bajos los niveles de fertilización; no obstante, les favorece la agrobiodiversidad de sus cultivos, lo que les permite tener otras fuentes de ingreso. Finalmente, se resalta que tienen un sistema de producción tradicional con bajos rendimientos, lo que les representa una baja rentabilidad.



Por otra parte, la capacidad adaptativa es media, debido a que no cuentan con asistencia técnica y la mano de obra disponible es mínima; pero los productores se ven favorecidos por ser propietarios de los predios que habitan, lo que les podría de cierto modo permitir acceder a algún tipo de crédito que les ayude a optimizar su sistema de producción y mejorar la infraestructura de sus fincas con la construcción de diques, pozos profundos, canales, etc., con el objetivo de disminuir la sensibilidad (figura 13).

Ante la alta exposición que presentan los productores del dominio uno se hace necesario la implementación de opciones tecnológicas como la adecuación del terreno, la fertilización orgánica y el riego por goteo para mantener el sistema de producción en épocas restrictivas por déficit hídrico; en este sentido, dichas opciones, a pesar de generar un aumento en los costos de producción, permiten el retorno del capital de inversión y generar ingresos al productor.



**Figura 13.** Indicadores de la sensibilidad y la capacidad de adaptación en el dominio uno

El dominio de recomendación uno está dirigido a productores que cuentan hasta con una hectárea sembrada con ñame. De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación de las tecnologías de riego por goteo, fertilización orgánica y adecuación del terreno, resulta ser viable ante una condición restrictiva por déficit hídrico, en relación con el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción.

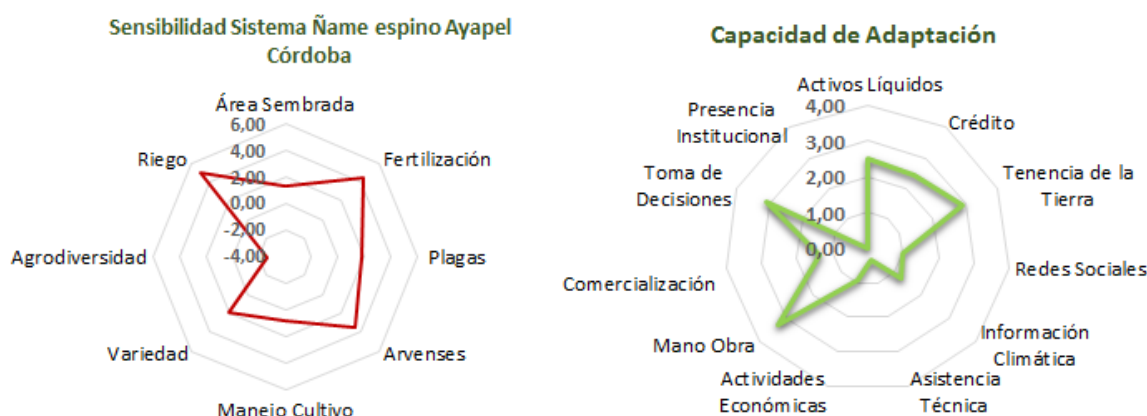
En específico, a los productores de este dominio se recomienda adoptar las tecnologías desde el primer periodo y disponerlas en la totalidad del predio. Si bien la implementación

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 33 % de la mano de obra total requerida (en adición a la mano de obra familiar disponible). Finalmente se recomienda a los productores de la zona ampliar los esquemas de disponibilidad de crédito, pues esto puede representar una herramienta de soporte financiero en momentos en que las condiciones económicas lo demanden.

### Dominio dos

Los productores del dominio dos se encuentran ubicados en zonas que presentan una alta exposición agroclimática, es decir, que están en predios condicionados a prácticas de manejo y conservación de suelos, además de tener una alta probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico. El grado de sensibilidad de los cultivos de estos productores es bajo, puesto que no cuentan con sistema de riego, tienen una alta incidencia de malezas en los lotes y la fertilización que realizan con el objetivo de aumentar los rendimientos es muy mínima; no obstante, estos productores presentan una gran agrodiversidad de cultivos, por lo que no dependen de un solo sistema de producción.

Por su parte, la capacidad de adaptación es baja, puesto que los productores de este dominio no cuentan con asistencia técnica, pero presentan una buena disponibilidad de acceso a crédito y son propietarios de los predios (figura 14).



**Figura 14.** Indicadores de la sensibilidad y la capacidad de adaptación en el dominio dos

El dominio de recomendación dos está dirigido a productores que cuentan con menos de media hectárea sembrada con ñame y representa a un grupo de productores pequeños.



De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación de las opciones tecnológicas de riego por goteo, fertilización orgánica y adecuación del terreno, resulta ser viable en relación con el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. En este sentido, estas opciones tecnológicas constituyen una medida de mitigación de los efectos adversos que conlleva una condición restrictiva por déficit hídrico.

A los productores de este dominio se recomienda adoptar las tecnologías desde el primer periodo y aplicarlas en la totalidad del área a sembrar. Si bien esta implementación tecnológica no permite la venta de jornales, esto no resulta ser una limitante para llevar a cabo el nuevo esquema de producción, en el cual se espera que sea necesario contratar un 10 % de la mano de obra total requerida (en adición a la mano de obra familiar disponible). Finalmente, igual que para los productores del dominio uno, se recomienda a los productores de la zona ampliar los esquemas de disponibilidad de crédito, pues esto puede representar una herramienta de soporte financiero en momentos en que las condiciones económicas lo ameriten.



## REFERENCIAS

- Aguilar, E. (1998). *Guía del cultivo de ñame cv. Diamante 22*. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Costa Rica.
- Ballaré, C., Scopel, A. Sánchez, R. (1995). Plant photo-morphogenesis in canopies, crop growth and yield. *Hort-Science*. 30(6), 1172-1181.
- Canellas, L., y Rocha, R. (2004). *Chemical nature of soil humified fractions and their bioactivity*. Ed. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuarias.
- Chaimsohn, P., Villalobos, E., y Urpí, J. (2007). El fertilizante orgánico incrementa la producción de raíces en pejibaye (*Bactris gasipaes* K.). Ed. *Agronomía Costarricense* 31(2), 57-64.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Córdoba en el marco de la carta de entendimiento No. 002-2013 1806-1 entre Corpoica y el CIAT, derivado del convenio entre Fondo Adaptación y Corpoica No. 002-2013*.
- Corpoica. (2015a). *Informe del producto 1: caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos del departamento de Córdoba*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica,
- Corpoica. (2015b). *Informe del producto 2: mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para berenjena (San Pelayo), ñame (Ayapel) y plátano (Lorica)*. Mosquera, Cundinamarca: Corpoica.



- Corpoica. (2016). *Informe final de la parcela de integración del sistema productivo del ñame, municipio de Ayapel, departamento de Córdoba*. Proyecto de Reducción del riesgo y adaptación al cambio climático.
- FAO. (1997). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. *Boletín de tierras y aguas de la FAO*.
- Gundel, S. (1998). *Participatory innovation development and diffusion*. Vol 21, Kommunikation und Beratung-Sozialwissenschaftliche Schriften zur Landnutzung und Landlic.
- Lores, A., Leiva, A., y Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales* 29(3), 5-10.
- IPCC. (2012). *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate*. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (1991). Aspectos técnicos sobre cuarenta y cinco cultivos agrícolas de Costa Rica. *Boletín técnico No. 74*. San José, Costa Rica.
- Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: OMM.
- Palmer, W. (1965). Meteorological drought. Department of Commerce. *Res. Paper*, (45) 58.
- Perea, J., García, A., Acero, R., Peña, F., y Gómez, G. (2000). *Efecto de un suplemento con humus sobre el crecimiento y digestibilidad y eficiencia nutricional en el caracol*. España: Universidad de Córdoba.
- Ramírez, G. (1998). Efecto de la fertilización con nitrógeno y fosforo del frijol (*Phaseolus vulgaris*). *Agronomía Costa Rica*, (9), 69-73.





Reina, Y. (2012). *Documentos sobre economía regional: el cultivo de ñame en el Caribe colombiano*. Cartagena: Banco de la República.

Renard, J. L., y Franqueville, H. (1991). Effectiveness of crop techniques in the integrated control of oil palm vascular wilt. *Oleagineaux*, 46(7), 255-265.

Sánchez, C., y Hernández, L. (1998). *Descripción de aspectos productivos, de postcosecha y de comercialización del ñame en Córdoba, Sucre y Bolívar*. Cereté, Córdoba: Corpoica-CI Turipaná.



**Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.**

**Ingresa por:**

[www.corpoica.org.co](http://www.corpoica.org.co) » sección Microsites » Link MAPA Pestaña Sistema Experto

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