



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de Papa (*Solanum tuberosum*)

Municipio de Yacuanquer
Departamento de Nariño



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
Fondo Adaptación
Julio de 2016

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

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



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



Equipo de trabajo	
Luis Fernando Gómez Gil	Investigador Ph. D.
Lucio Exequiel España Pantoja	Profesional de apoyo a la investigación
Mildred Katherine Pérez Cabrera	Profesional de apoyo a la investigación
Juan Carlos Rojas Bustos	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster
Leydi Marcela Paguatian Tutistar	Profesional de apoyo a la investigación



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 para el buen desarrollo de la parcela de integración. Sus aportes contribuyeron a obtener los resultados que quedaron plasmados en este documento.

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Obonuco, Nariño, 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.....	VI
Índice de tablas.....	VIII
Introducción.....	1
Objetivos	2
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y el municipio	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en yacuanquer	4
exposición del sistema productivo de la papa a amenazas derivadas de la variabilidad Climática en Yacuanquer	10
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de papa ante condiciones de déficit hídrico del suelo en Yacuanquer, Nariño 20	
1. Uso de semilla certificada de papa.....	22
2. Uso de abono orgánico como complemento a la fertilización química	23
Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas	25
Manejo y conservación del suelo	26
Elaboración de fertilizantes foliares o bioles	27
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de papa en Yacuanquer (Nariño).....	30
Dominio de recomendación	30
Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio	32
Referencias	39

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático en el sistema productivo de papa, en Yacuanquer (Nariño), bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.....	3
Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Yacuanquer (Nariño).....	5
Figura 3. Precipitación promedio multianual en Yacuanquer y en años extremos del periodo 1980-2011.	6
Figura 4. Aptitud de uso de los suelos en el sistema productivo de papa en Yacuanquer .	11
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo de la papa bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis I (abril-junio) y II (octubre-diciembre), de Yacuanquer.	14
Figura 6. Aptitud agroclimática bajo condiciones de déficit hídrico del sistema productivo de la papa en Yacuanquer... ..	16
Figura 7. a.) Balance hídrico atmosférico, y b.) Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de la papa, en Yacuanquer (Nariño), entre los meses de septiembre del 2014 a marzo del 2015.	21
Figura 8. Arreglo espacial del sistema productivo y siembra de papa en la parcela de integración, en Yacuanquer, Nariño.....	23
Figura 9. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 1.	33
Figura 10. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 2.	34



Figura 11. Sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 3.36

Figura 12. Sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 4.37



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Yacuanquer durante los eventos de El Niño en el periodo 1981-2010	8
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Yacuanquer durante los eventos de La Niña en el periodo 1981-2010.....	9
Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de la papa en Yacuanquer	12
Tabla 4. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de papa en condiciones climáticas de sequía	32



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático, 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 para 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 de 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. En el departamento de Nariño, el Fondo Adaptación priorizó el sistema productivo de papa (*Solanum tuberosum*) en el municipio de Yacuanquer.

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 papa a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en Yacuanquer, Nariño.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de papa ante el riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en Yacuanquer (Nariño), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de papa en Yacuanquer (Nariño)

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos o limitantes) y de la vulnerabilidad del sistema productivo, definida por su exposición, por la sensibilidad de la especie al estrés hídrico y por capacidad adaptativa del sistema productivo 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 de papa. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de papa ante a 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 de los productores locales.

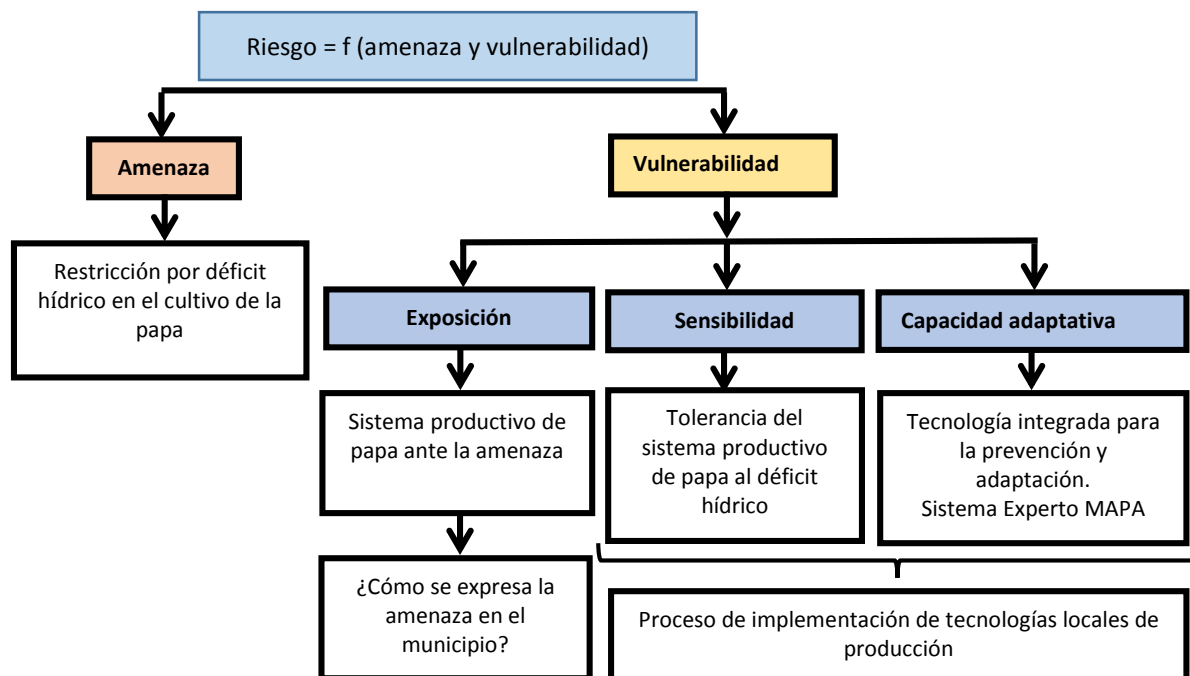


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático en el sistema productivo de papa, en Yacuanquer (Nariño), bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.

Sección 1: factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y el municipio

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

A escala municipal, el riesgo se puede analizar mediante 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) y 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, consultar el sistema experto (SE)-MAPA.

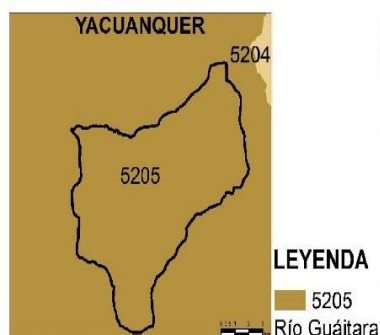
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Yacuanquer

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

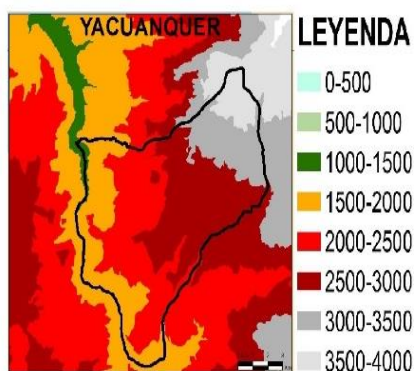
Yacuanquer, ubicado en la cuenca del río Guátara (figura 2a), se extiende desde la ribera del río hasta las faldas del volcán Galeras, presentando una gran diversidad climática enmarcada en un paisaje de altiplanicie hacia el sur y la zona central del municipio, y montaña hacia el norte (laderas del volcán).

Yacuanquer presenta distintos rangos altitudinales: de 1500 a 2000 metros sobre el nivel del mar (msnm) en la franja ribereña del río Guáitara; de 2000 a 2500 msnm en una franja de oriente a occidente (color rojo), en la zona central del municipio, donde se ubica la cabecera municipal de Yacuanquer; entre 2500 y 3000 msnm (color rojo oscuro) se ubican veredas como San José de Córdoba y San Felipe, entre otras. Una zona entre 3000 y 3500 msnm, al norte del municipio. Ascendiendo hacia el volcán Galeras hay una zona de páramo localizada entre 3000 y 4000 msnm (colores gris y blanco, figura 2b). La diversidad de rangos altitudinales hace que el municipio presente diferentes riesgos agroclimáticos.

a. Subzonas hidrográficas



b. Altitud



c. Paisaje

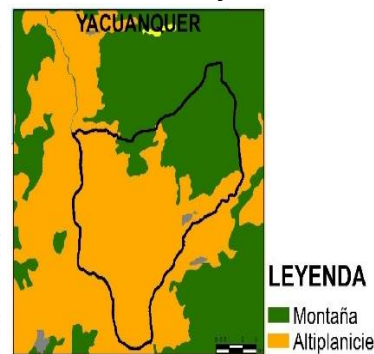


Figura 2. Mapas de variables biofísicas de Yacuanquer (Nariño). a. Subzonas hidrográficas. b. Altitud. c. Paisaje. Fuente: Corpoica (2015a).

Los paisajes de montaña y altiplanicie, en donde se ubica una gran parte de los productores del municipio, favorecen la escorrentía y el aumento de la susceptibilidad territorial a deslizamientos, escurrimiento y pérdida de humedad del suelo. En ese sentido, Yacuanquer presenta, tanto en épocas de déficit como de exceso de lluvias, susceptibilidad media y alta a eventos de déficit hídrico (figura 2c).

Lo siguiente que se debe hacer es reconocer los patrones climáticos que modulan el clima en la zona, para lo cual se requiere verificar la disponibilidad de datos históricos del clima (1980-2011), con el fin de analizar la variabilidad climática, la intensidad y la frecuencia de eventos como *El Niño*-Oscilación Sur (ENOS) y ubicar áreas con mayor o menor fluctuación de variables meteorológicas. Dentro de la información empleada para el análisis climático de Yacuanquer (Nariño), se destacan:

Precipitación. En la figura 3 se muestra la dinámica de la precipitación: la línea verde representa la precipitación promedio, y las barras rojas (*El Niño* de 1992) y azules (*La Niña* de 1999), las precipitaciones mensuales durante eventos de variabilidad climática representativos en el municipio. La distribución de lluvias presenta un comportamiento bimodal con altas precipitaciones en dos temporadas: una durante los meses de marzo, abril y mayo, y otra a fin de año en los meses de octubre, noviembre y diciembre. Entre las dos temporadas lluviosas se despliega un periodo de mínimas precipitaciones, correspondiente a los meses de junio, julio, agosto y septiembre, además de una pequeña transición en los meses de enero y febrero. Cabe resaltar que la precipitación promedio anual del municipio es de 1050 mm.

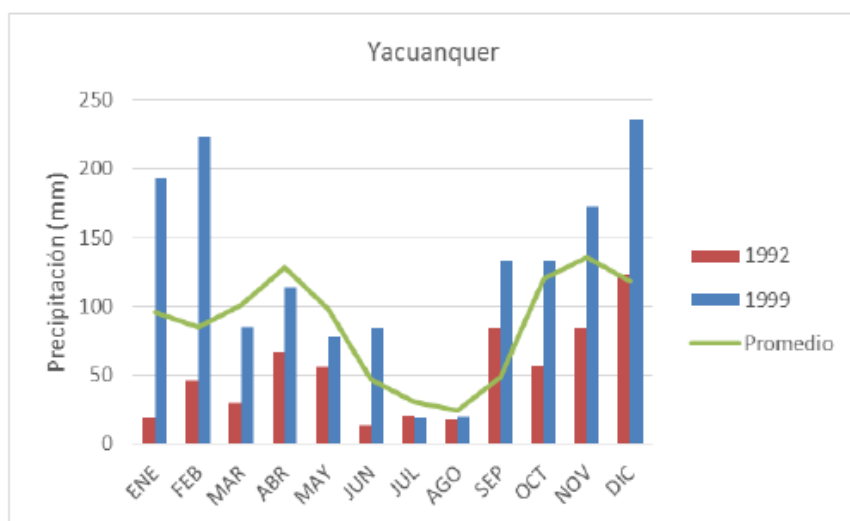


Figura 3. Precipitación promedio multianual en Yacuanquer y en años extremos del periodo 1980-2011. Fuente: Corpoica (2015a).

Es marcada la disminución de las precipitaciones entre los meses de junio y septiembre, lo que podría generar una susceptibilidad media o alta a déficit hídrico. Así mismo, las condiciones restrictivas de humedad en el suelo, a causa del déficit de lluvias, representan una mayor amenaza en comparación con excesos de humedad (Corpoica, 2015b). Cabe mencionar que el periodo crítico sería mayor si el fenómeno de variabilidad se extiende por varios meses o si se intensifica en los meses de precipitaciones bajas.

En general, en Yacuanquer se presentaron anomalías negativas (disminución de lluvias) durante el evento de *El Niño* y anomalías positivas (aumento de lluvias) en el evento de *La Niña*, con particularidades en la magnitud de dichas anomalías en cada uno de los meses del año. En 1992, el efecto de *El Niño* fue más crítico durante los meses de enero a marzo y de octubre a noviembre. Por otro lado, durante el evento de *La Niña* de 1999 se registraron precipitaciones mensuales superiores a la media histórica del municipio, con aumento (aproximadamente de 200 mm) en los meses de enero, febrero y diciembre.

Valor del Índice Oceánico El Niño (ONI) y anomalías climáticas en eventos de *El Niño* o *La Niña*: estas variables permiten determinar la intensidad de un fenómeno de variabilidad climática como *El Niño* o *La Niña*, por lo que es importante analizar lo siguiente:

- El valor de la anomalía en porcentaje indica el aumento o disminución de la precipitación.
- El valor del ONI¹ indica la intensidad de *El Niño* (valores mayores a 0,5) o *La Niña* (valores menores a -0,5).

Los valores ONI permiten analizar la evolución de este tipo de fenómenos. Se calculan con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura, en °C, del océano Pacífico (5 °N-5 °S, 120-170 °O).

Las tablas 1 y 2 muestran el comportamiento de los fenómenos de ENOS en los últimos 32 años y constituyen información de referencia que permiten analizar las posibles reducciones o incrementos de la precipitación en el municipio. Durante este periodo se

¹ Este índice expresa la magnitud de aumento o 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. El ONI puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.sht y permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona.

presentaron nueve (9) eventos de *El Niño*, con duración de seis (6) a 19 meses, y siete (7) eventos de *La Niña* con duraciones de cinco (5) a 24 meses.

En Yacuanquer (Nariño), entre mayo de 1991 a junio de 1992, el valor ONI registrado fue de 1,8 y la disminución de lluvias fue del 53 % con respecto al promedio multianual, con una duración de 15 meses. Este fue el evento de *El Niño* de mayor intensidad en los últimos 32 años, en comparación con el periodo de agosto del 2006 a enero del 2007, en el que el valor ONI fue de 1,1, con una disminución del 28 % de las lluvias y una duración de seis meses, catalogado como el evento de *El Niño* menos intenso (tabla 1).

Durante el evento de *La Niña* del periodo comprendido entre julio del 2010 a abril del 2011, el valor ONI fue de -1,4 y presentó un aumento del 3 % de las lluvias (anomalía positiva) con respecto al promedio multianual. En contraste, el evento de *La Niña* de octubre del 2000 a febrero del 2001, el valor ONI fue de -0,7 y presentó una disminución del 63 % de las lluvias con respecto al promedio multianual (Tabla 2). En el resto de eventos de *La Niña* se presentaron reducciones de la precipitación en el municipio.

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Yacuanquer durante los eventos de El Niño en el periodo 1981-2010

Periodo	Mayo 1982	Agosto 1986	Mayo 1991	Marzo 1993	Mayo 1997	Mayo 2002	Junio 2004	Agosto 2006	Julio 2009
	Junio 1983	Febrero 1988	Junio 1992	Mayo 1994	Mayo 1998	Marzo 2003	Febrero 2005	Enero 2007	Abril 2010
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-31 %	-36 %	-53 %	-47 %	-44 %	-49 %	-53 %	-28 %	-30 %

Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en Yacuanquer durante los eventos de La Niña en el periodo 1981-2010

Periodo	Octubre 1984	Mayo 1988	Septiembre 1995	Julio 1998	Octubre 2000	Septiembre 2007	Julio 2010
	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
Anomalía	-36 %	-21 %	-33 %	-1 %	-63 %	-6 %	3 %

De acuerdo con lo anterior, en Yacuanquer (Nariño), bajo eventos de *El Niño* y de *La Niña* se acentúa la ocurrencia de déficit hídrico. No obstante, la afectación es más notoria dependiendo de la ubicación geográfica y la topografía, puesto que en las zonas bajas se han presentado desbordamientos de fuentes hídricas superficiales (ríos o quebradas) que afectan la actividad agropecuaria.

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

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

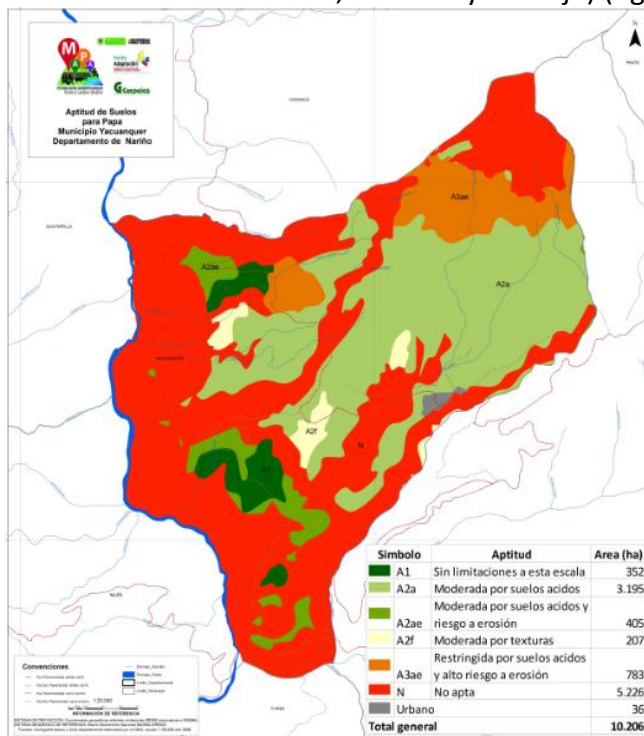
Para mayor información sobre la susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consultar el SE-MAPA.

Exposición del sistema productivo de la papa a amenazas derivadas de la variabilidad climática en Yacuanquer

Un sistema productivo se encuentra, entre otras, expuesto a limitantes por el suelo y por las condiciones climáticas y su variabilidad. La exposición del sistema productivo varía en el tiempo y de acuerdo con la ubicación en el municipio. Para el caso del sistema productivo de la papa en Yacuanquer, la exposición se analizó con base en la aptitud de los suelos para el cultivo y en la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.

Para evaluar la exposición se sugiere identificar lo siguiente:

- El mapa de aptitud de suelo**, en el que se muestran las propiedades físicas o químicas del suelo limitantes del cultivo de papa a escala 1:100.000; las propiedades químicas del suelo pueden manejarse (con aplicación de enmiendas y fertilizantes), mientras que otras no (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas y drenaje) (figura 4)










Símbolo	Aptitud	Área (ha)
	A1 Sin límites a esta escala	352
	A2a Moderada por suelos ácidos	3195
	A2ae Moderada por suelos ácidos y riesgo de erosión	405
	A2f Moderada por texturas	207
	A3ae Restringidos por suelos ácidos y alto riesgo de erosión	783
	N No apta	5226
	Urbano	36
Total general		10.206

Figura 4. Aptitud de uso de los suelos en el sistema productivo de papa en Yacuanquer
Fuente: Corpoica (2015b).

Para tener en cuenta: cerca del 4 % de los suelos del municipio presenta condiciones óptimas (A1) para el cultivo, y un 37 % muestra una aptitud moderada (A2), condicionada al manejo de acidez y a prácticas de manejo de suelos para evitar la erosión. La clase A3 (8 %) está restringida por pendientes muy fuertes y por suelos muy superficiales que condicionan la pérdida de suelos por erosión, además presenta una alta acidez. Otras zonas se han clasificado como no aptas (N) o no recomendadas para el cultivo, principalmente porque presentan altitudes superiores a las sugeridas (51 %); lo anterior, debido a que la función natural de los suelos es la captura y almacenamiento de humedad (Figura 4).

- b. Mapas de escenarios agroclimáticos.** La figura 5 muestra la probabilidad de déficit hídrico del suelo en el cultivo de papa en dos ventanas de análisis: I (abril-mayo-junio) y II (octubre-noviembre-diciembre), que coinciden con las épocas de siembra del municipio. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa de desarrollo de acuerdo con el calendario fenológico local y, a su vez, indica las áreas con menor o mayor probabilidad de déficit hídrico en el suelo para el cultivo.

De acuerdo con el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (Palmer, Meteorological Drought, 1965), bajo una condición de déficit hídrico en el suelo, en Yacuanquer se presentaron probabilidades bajas (tono verde, 20-40 %), medias (tono amarillo 40-60 %) y

altas (tono naranja, 60-80 %,) de ocurrencia de condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico (tabla 3).

Tabla 3. Calendario fenológico para el cultivo de la papa en Yacuanquer

Descripción o etapa fenológica	Abril				Mayo				Junio				Julio		Octubre				Noviembre				Diciembre			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Floración																										
Maduración																										
Cosecha																										

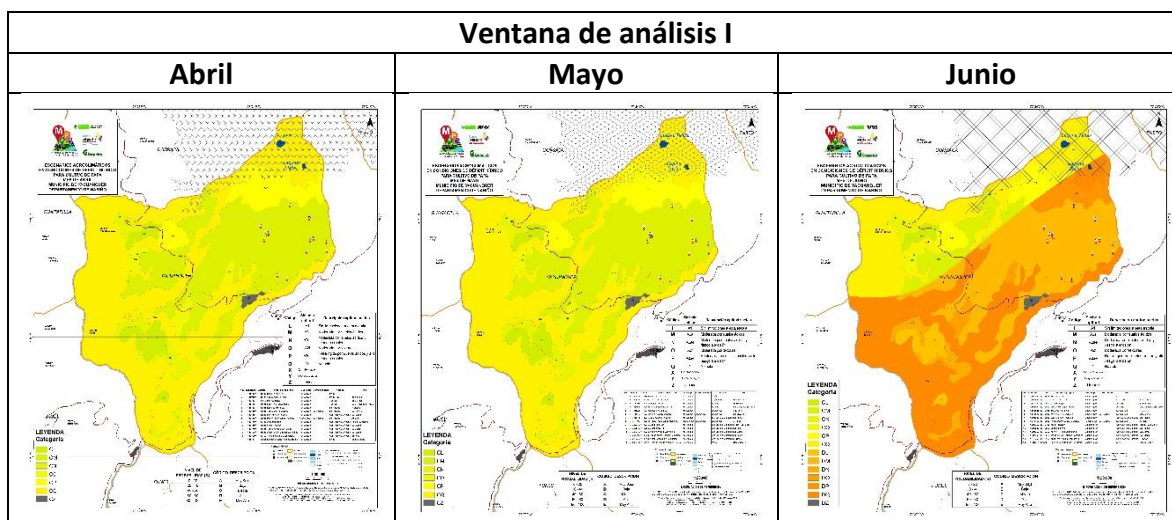
Para tener en cuenta: los excesos y las deficiencias de agua en el suelo tienen un mayor impacto en determinadas etapas de desarrollo del cultivo, dependiendo del requerimiento hídrico de las plantas. Así mismo, estas condiciones se expresan de manera diferencial, dada la ubicación geográfica del lote o parcela en el municipio.

En Yacuanquer hay dos épocas definidas de siembra de papa (enero y agosto) de la variedad *Diacol Capiro*, la cual presenta un ciclo productivo entre cinco y seis meses. Generalmente, la cosecha se realiza en los meses de junio-julio y diciembre-enero (Tabla 3). Las épocas de mayor requerimiento de agua para el cultivo son las etapas posteriores a la emergencia (enero-febrero y agosto-septiembre) y durante la tuberización y llenado de tubérculos (de abril a junio y de octubre a diciembre) (Corpoica, 2010).

En Yacuanquer, los meses de junio y diciembre son críticos para el cultivo, debido al déficit hídrico, sobre todo en la zona sur del municipio, en veredas ubicadas alrededor de la cabecera municipal como Mejía y La Aguada. La figura 5 muestra que ambos meses coinciden con las épocas de llenado de tubérculos, de acuerdo con las épocas de siembra acostumbradas en el municipio (Tabla 3). Por lo tanto, es importante planificar prácticas de manejo del cultivo encaminadas a contrarrestar los efectos adversos del déficit de lluvias.

El sistema productivo de papa tiene una alta vulnerabilidad ante una condición de déficit hídrico en el suelo, ya que la disminución de las lluvias y el aumento de las temperaturas inducen a la pérdida de turgencia, al marchitamiento, al cierre de estomas, a la disminución de fotosíntesis y afectan el desarrollo de la planta y del tubérculo y, en consecuencia, el rendimiento. Adicionalmente, en la tuberización, los contenidos de materia seca

disminuyen y la formación de almidón se ve afectada por el estrés hídrico y térmico (Ortiz, 2015).



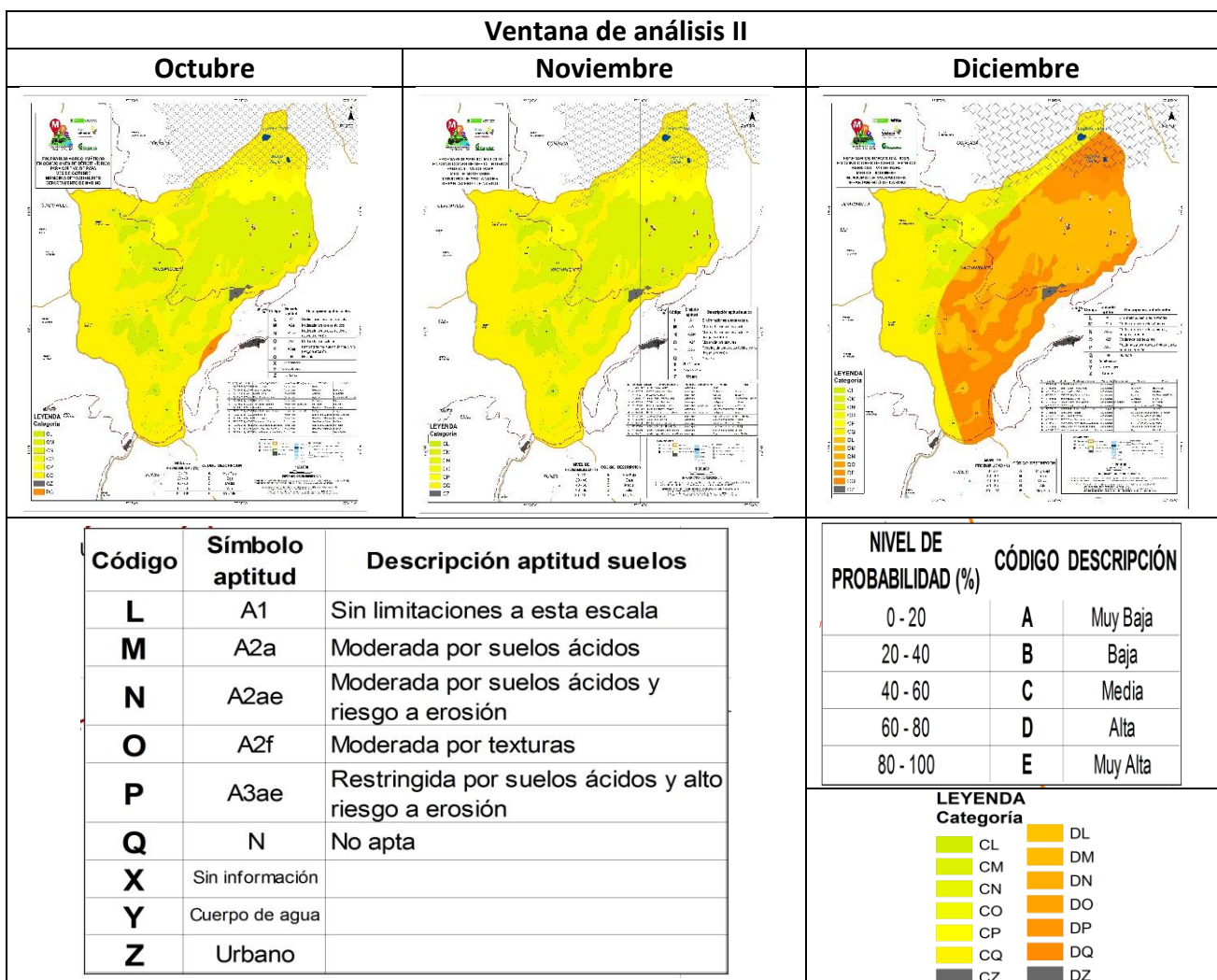


Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales del sistema productivo de la papa bajo condiciones de humedad en el suelo restrictivas por déficit hídrico en las ventanas de análisis I (abril-junio) y II (octubre-diciembre), de Yacuanquer.

Fuente: Corpoica (2015b).

En Yacuanquer, una buena parte del municipio presenta probabilidades de déficit hídrico, entre 60 y 80 %, en junio y diciembre, lo cual podría representar un alto riesgo para el sistema productivo de papa. Hacia el norte del municipio se observan probabilidades hasta del 80 % de deficiencias hídricas, principalmente en los meses de noviembre, diciembre y enero.

A partir de los registros climáticos de los últimos 32 años (1980-2011) se realizó el cálculo del balance hídrico con el índice de Severidad de Sequía de Palmer, para obtener, mes a mes, la probabilidad de ocurrencia del déficit hídrico. Con base en estos resultados se realizaron los mapas de escenarios agroclimáticos que indican las áreas con menor y mayor probabilidad a sufrir deficiencias de agua en el suelo del sistema productivo, en las ventanas de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una o varias etapas fenológicas, de acuerdo con los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como marco de referencia (Corpoica, 2015b).

Zonas de Yacuanquer con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de la papa

Se pueden observar los mapas de aptitud agroclimática de Yacuanquer para el sistema productivo de la papa (figuras 6a y 6b). Estos mapas integran la exposición periódica a condiciones de déficit hídrico del sistema productivo y la aptitud de los suelos, en las dos ventanas de análisis.

Categoría	Número de hectáreas	
	Ventana I	Ventana II
Nicho productivo óptimo con leves restricciones	98	143
Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos	1025	819
Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico	254	209
Áreas condicionadas a prácticas de manejo y/o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico	338	3524
Áreas con suelos no aptos	2011	2905
Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico	3498	2605
Área total del municipio	10.206	10.206

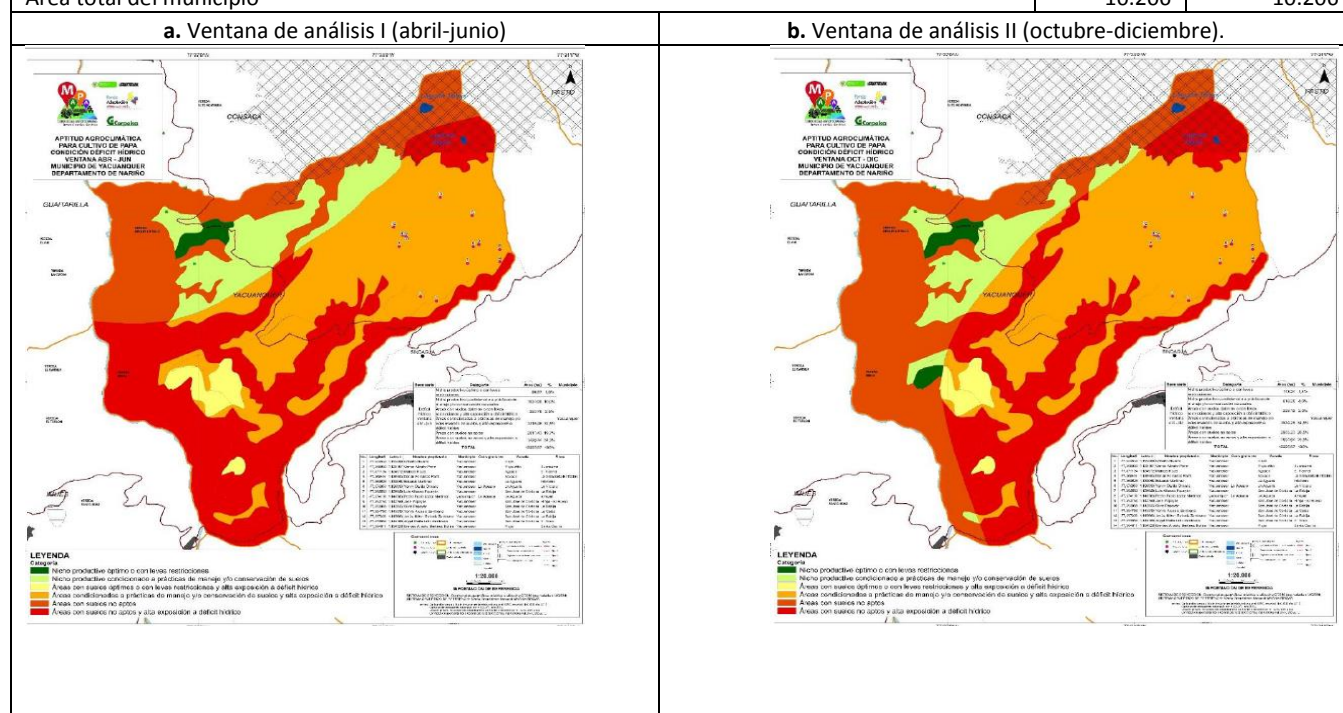


Figura 6. Aptitud agroclimática bajo condiciones de déficit hídrico del sistema productivo de la papa en Yacuanquer. **a.** Ventana de análisis I (abril-junio). **b.** Ventana de análisis II (octubre-diciembre).
Fuente: Corpoica (2015b).

Durante una condición de déficit hídrico en el suelo del sistema productivo de papa en Yacuanquer, se identificaron las siguientes categorías de aptitud agroclimática:

Nichos productivos óptimos o con leves restricciones. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 1 % (aproximadamente 98 ha) del área total del municipio (10.205 ha), y en la ventana octubre-diciembre ocupa el 1,4 % (aproximadamente 143,24 ha) del área total del municipio. Se observan suelos y disponibilidad hídrica sin limitaciones para el sistema productivo de papa.

Hay en la ventana de análisis una baja a media probabilidad (< 60 %) de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo del sistema productivo. Estas áreas son recomendables para el sistema productivo de papa, desde el punto de vista biofísico. En condiciones de déficit hídrico extremo requerirían una menor inversión en manejo de suelo y en gestión del agua.

Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 10 % (aproximadamente 1024,9 ha) del área total del municipio. En la ventana octubre-diciembre ocupa el 8 % (aproximadamente 819,20 ha).

En la ventana de análisis hay una baja a media probabilidad (< 60 %) de ocurrencia de déficit hídrico en el suelo para el sistema productivo. Se presenta una aptitud moderada por enraizamiento, suelos moderadamente profundos y muy superficiales, moderadamente bien drenados y algunos sectores limitados por capa cálcica.

Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 2,5 % (aproximadamente 253,78 ha) de la extensión territorial del municipio, y en la ventana octubre-diciembre ocupa el 2 % (aproximadamente 209 ha) del área total del municipio.

Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 32,5 % (aproximadamente 3318 ha) de la extensión territorial de municipio, y en la ventana octubre-diciembre ocupa el 34,5 % (aproximadamente 3524.25 ha) del área total del municipio. Esta área presenta suelos con aptitud moderada por drenaje, texturas y profundidad efectiva.

Pese a las bajas limitaciones por los suelos, hay una probabilidad superior al 60 % de déficit hídrico en los meses de noviembre a enero. Bajo esta condición hídrica, se restringe el uso de estas áreas, debido a los efectos negativos sobre sanidad, fisiología y productividad. Sin embargo, estas limitantes podrían enfrentarse con la implementación de sistemas de riego, el mejoramiento genético (busca genotipos más tolerantes al déficit y a la presión de plagas) y el diseño de planes de manejo integrado de plagas a nivel local.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 34,3 % (aproximadamente 3498 ha) del área del municipio, y en la ventana octubre-diciembre ocupa el 25,5 % (aproximadamente 2604 ha) del área total del municipio. Estas áreas se restringen principalmente por presentar marginalidad en la profundidad efectiva (suelos superficiales) y pendientes asociadas a planos de inundaciones.

Son áreas no recomendadas para el sistema productivo de papa, debido a fuertes limitaciones por altitud y a mayores probabilidades de déficit hídrico severo durante los meses asociados al ciclo productivo.

Área con suelos no aptos. En la ventana abril-junio, esta área ocupa el 19,7 % (aproximadamente 2011,43 ha) del municipio, y en la ventana octubre-diciembre ocupa el 28,5 % (aproximadamente 2905 ha) del área total del municipio. En estas los suelos están restringidos principalmente por tener pendientes fuertes, con alto riesgo de erosión, por ser superficiales y muy superficiales y por presentar una capa cálcica.

En conclusión, los suelos con aptitud óptima para el sistema productivo de papa (tono verde oscuro) están ubicadas en veredas como Mohechiza Bajo. Las zonas con leves restricciones por acidez (tono verde claro) comprenden las veredas El Rosario y San Felipe. Por otro lado, veredas como San José de Córdoba, La Aguada y Mejía se localizan en la franja de suelos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos (color amarillo), debido a su alta exposición a déficit hídrico, al alto riesgo de erosión potenciado por la pendiente, a deslizamientos y a condiciones de acidez (Corpoica, 2015b).

Existen áreas de suelos denominadas no aptas para el sistema productivo de la papa (tono rojo), que incluyen el área correspondiente al casco urbano, cuerpos de agua y suelos no aptos o no recomendados para el sistema productivo por condiciones de acidez, altitud, paisaje, alta exposición a heladas y por presentar un alto riesgo de deslizamientos y de erosión.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de papa en Yacuanquer, Nariño, consultar 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 en el manejo de sistemas productivos. *La guía de prácticas agrometeorológicas*, de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011), indica que la información que debe proporcionarse a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente:

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima): implementación de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento a la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos: seguimiento al desarrollo y al crecimiento del cultivo.

- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y arvenses, etc.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan los sistemas productivos, tales como excesos y déficit de agua, heladas o deslizamientos.
- Distribución temporal: periodos de crecimiento y épocas de siembra y de 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 (temperaturas máxima, mínima y media, precipitación, humedad relativa y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del sistema productivo (principalmente en etapas fenológicas críticas) y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, con las necesidades hídricas y con los rendimientos.²

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de papa ante condiciones de déficit hídrico del suelo en Yacuanquer, Nariño

En esta sección se presentan las opciones tecnológicas integradas y validadas, con potencial para reducir los efectos que tiene el déficit hídrico en el suelo sobre el sistema productivo de papa en Yacuanquer (Nariño). Las medidas priorizadas apuntan a aliviar la presión agrícola en los suelos del municipio, desarrollando un sistema productivo con rendimiento similar al que se presenta en condiciones de humedad normales, sin afectar los costos de producción.

Las opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de septiembre del 2014 y marzo del 2015, en la parcela de integración establecida en Yacuanquer; durante este periodo se presentaron condiciones de déficit hídrico en el suelo (figura 7).

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

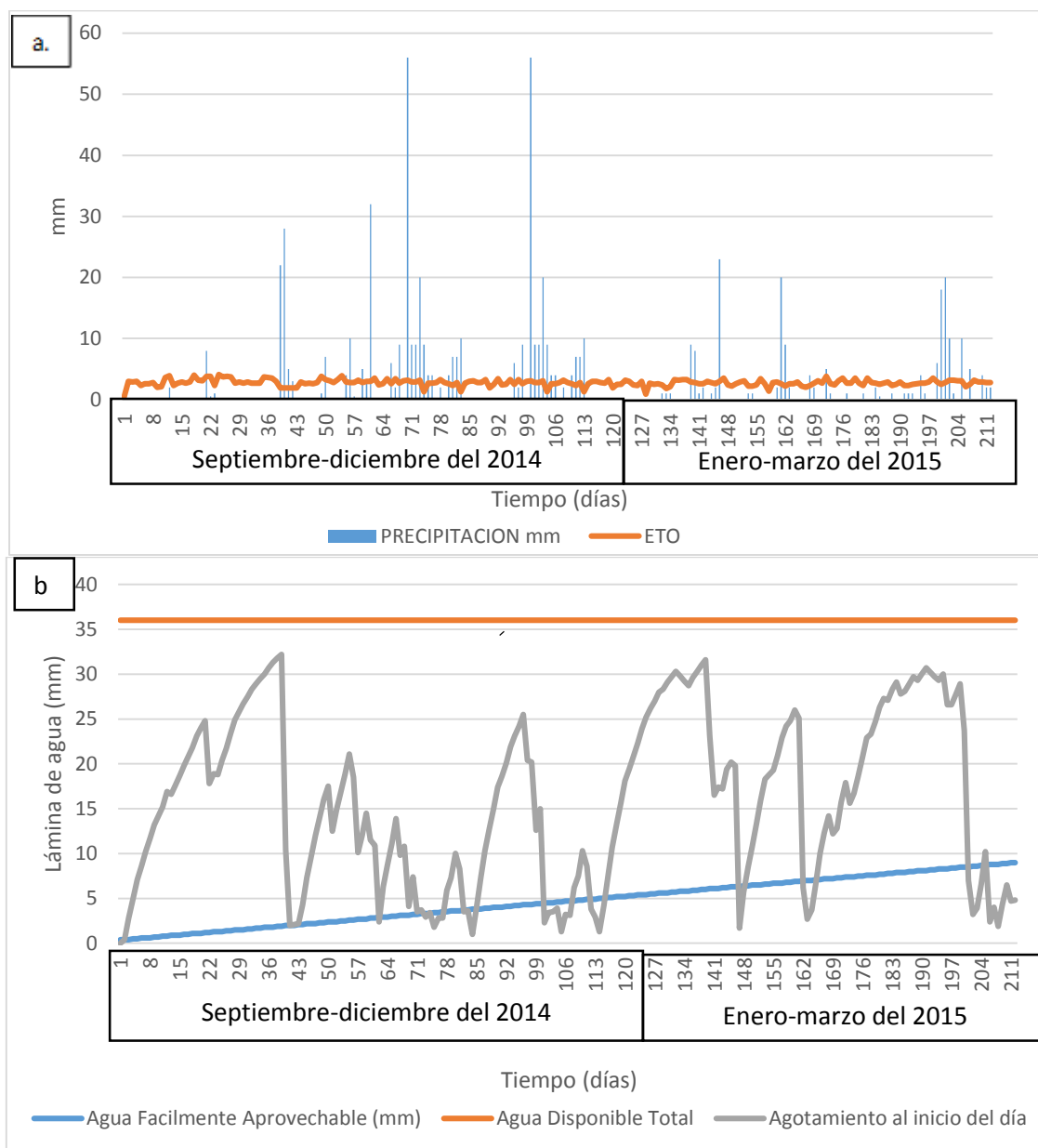


Figura 7. a.) Balance hídrico atmosférico, y **b.)** Balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de la papa, en Yacuanquer (Nariño), entre los meses de septiembre del 2014 a marzo del 2015. Fuente: Corpoica, 2015c.

En la figura 7a, la evapotranspiración de referencia (ET_0) fue superior a la precipitación durante varios periodos del ciclo productivo evaluado, lo que indica la ocurrencia de déficit hídrico.

Por su parte, la figura 7b presenta el comportamiento de las láminas de agua disponibles, el agua fácilmente aprovechable y el agotamiento, sucedidos en el suelo de la parcela de integración durante el periodo de evaluación. Si bien el contenido de agua en el suelo o el agua disponible 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 capilar retenida en los poros 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, en la mayor parte del periodo evaluado en la parcela de integración, se presentó déficit hídrico en el suelo.

Dado que esta condición hídrica es recurrente en esta zona y es un factor restrictivo para el sistema productivo de papa, a continuación se presentan las recomendaciones para implementar dos opciones tecnológicas integradas, con el fin de disminuir la vulnerabilidad y generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de la papa, en Yacuanquer (Nariño), bajo condiciones de déficit hídrico:

1. Uso de semilla certificada de papa

Sembrar semilla certificada de papa (con registro ICA) garantiza calidad fisiológica, genética y agronómica. Además, reúne buenas condiciones de calidad, expresada en tubérculos sanos, libres de plagas y enfermedades, uniformidad varietal, tamaño y peso, sin daños mecánicos, buena turgencia y brotación múltiple. El uso de semilla certificada permite incrementar la productividad y los ingresos del productor (Corpoica, 2000).

Se recomienda sembrar un tubérculo por sitio, con peso entre 60 y 80 g, a distancias de 0,4 m entre planta y 1,2 m entre surcos, para una densidad de siembra de 20.800 sitios ha^{-1} , ideal para cosechar tubérculos de aceptación en el mercado (figura 8).



Figura 8. Arreglo espacial del sistema productivo y siembra de papa en la parcela de integración, en Yacuanquer, Nariño.

2. Uso de abono orgánico como complemento a la fertilización química

El uso de los abonos orgánicos contribuye a la conservación y mejoramiento de las propiedades físicas y biológicas del suelo como: porosidad, retención de humedad y actividades de micro y mesofauna (Torres, 2010). La adición de abonos orgánicos al suelo aporta macro y micronutrientes, mejora el intercambio y el aprovechamiento de nutrientes, aumenta la capacidad de aireación, absorción y retención de agua y regula la temperatura del suelo (Corpoica, 2003).

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

- a. **La oferta nutricional del suelo.** El análisis de suelos es utilizado principalmente para conocer las propiedades químicas y físicas del suelo, y así determinar la disponibilidad de nutrientes en el mismo. Es una herramienta útil para establecer la estrategia de acondicionamiento del suelo y satisfacer las demandas nutricionales del cultivo. La metodología que se siguió para la toma de muestras de suelo (Corpoica, 2005) comprende:
 - Tomar varias submuestras recorriendo el lote en forma de zigzag, 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 y a una profundidad de entre 20 y 30 cm.
 - Extraer con una pala limpia una capa o tajada de suelo de 2 a 3 cm de grosor, 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, el cual se empaca en una bolsa plástica limpia, identificada con los nombres de propietario, finca, vereda, municipio y departamento. Indicar, además, el manejo previo que se ha dado al suelo o sistema productivo anterior, la topografía, el drenaje del lote y el tipo de 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.** Según Guerrero (1998), para una producción de 40 t ha⁻¹ de papa, las demandas nutricionales del cultivo son de 210 kg de N, 70 kg de P₂O₅, 430 kg de K₂O, 40 kg de Mg y 20 kg de S.

Con base en los resultados del análisis de suelos, los requerimientos nutricionales del cultivo acordes con cada etapa fenológica, disponibilidad y movilidad de nutrientes en el suelo, tasas de mineralización, eficiencia del fertilizante, así como la oferta ambiental y referencias sobre los rendimientos locales, se diseñó el siguiente plan de fertilización, el cual puede ser utilizado como referencia:

- Siembra: aplicar en la corona (alrededor de la semilla) el 100 % del abono orgánico y el 30 % del fertilizante químico.
- Reabono: entre 30 y 45 días después de la siembra, aplicar en banda el 70 % restante del fertilizante químico.

El abono orgánico y el fertilizante químico, aplicados de forma fraccionada, permiten lograr una mayor productividad, derivada del adecuado suministro de nutrientes y del mantenimiento de la microbiota benéfica.

Las dosis y fuentes de fertilizante por hectárea utilizadas en la parcela de integración ubicada en la vereda San José de Córdoba, de Yacuanquer, fueron: a la siembra, abono orgánico (gallinaza compostada, registro ICA 5502) $2,08 \text{ t ha}^{-1}$, más la mezcla de fuentes de fertilizantes químicos: 440 kg de DAP, 5 kg de bórax y 15 kg de sulfato de zinc ha^{-1} . Al reabonar se aplicó una mezcla de 340 kg de fertilizante 15-15-15, 200 kg de Nitrabor, 150 kg de cloruro de potasio, 220 kg de kieserita y 4 kg de urea.

Para mayor información sobre las tecnologías de uso de semilla certificada de papa y uso de abono orgánico como complemento a la fertilización química, consultar el SE-MAPA.

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

A continuación, se describen las ventajas comparativas de las opciones tecnológicas (OT) implementadas en el sistema productivo de papa, bajo una condición restrictiva de humedad en el suelo causada por déficit hídrico. Las OT descritas anteriormente fueron validadas en un área condicionada a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico, por lo cual deben ser ajustadas de acuerdo con la zona de aptitud agroclimática del municipio.

Estas OT son prácticas sencillas que junto a un manejo agronómico integrado del cultivo, resultan ser una herramienta útil para enfrentar los efectos negativos del déficit hídrico, reducir las pérdidas, disminuir la vulnerabilidad y generar capacidad adaptativa del sistema productivo en el corto, mediano o largo plazos.

- La semilla certificada presenta un mayor crecimiento, en comparación con las semillas tradicionales, en variables como longitud de raíces y números de tallos y de tubérculos. En cuanto a la materia seca acumulada al final del ciclo productivo, los tubérculos obtenidos de semilla certificada pesaron aproximadamente el doble que los cosechados con semilla tradicional (Corpoica, 2015c).

- El rendimiento de papa se incrementó en 59 % con el uso de semilla certificada y fertilización recomendada, al obtener un rendimiento de $40,4 \text{ t ha}^{-1}$, en comparación con el manejo tradicional del productor ($25,3 \text{ t ha}^{-1}$) (Corpoica, 2015c).
- Con el uso de semilla certificada y abono orgánico como complemento a la fertilización química, se obtuvo una rentabilidad del 61 %, mientras que, al emplear semilla y fertilización acostumbradas por el productor, la rentabilidad fue del 22 %. Además, la combinación de estas opciones tecnológicas promueve una mayor precocidad en la emergencia, el inicio de tuberización, la floración y la madurez de la cosecha (Corpoica, 2015c).

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de papa a déficit hídrico en el suelo, en Yacuanquer (Nariño)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de papa en Yacuanquer (Nariño), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. A continuación, se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo y que complementan las opciones tecnológicas descritas anteriormente:

Manejo y conservación del suelo

Bajo un escenario de déficit hídrico, el manejo de suelos contribuye a conservar la humedad del suelo, usando prácticas de labranza. Para evitar la evaporación del agua contenida en el suelo se sugiere preparar el terreno con labranza de conservación (Leiva, 1998).

No es recomendable realizar una labranza profunda con implementos de discos o vertedera, dado que al voltear el suelo se expone la materia orgánica a procesos acelerados de mineralización. Además, con el volteo se incrementa la pérdida de humedad del suelo (Leiva, 1998).

Se aconseja utilizar el arado de chuzo o cincel para aflojar y airear el suelo, protegiendo su estructura, e incorporar materia orgánica como residuos de cosecha anterior o de arvenses, que al quedar sobre la superficie del suelo lo cubren y le mantienen la humedad.

La formación de los surcos (con cierto grado de inclinación) a través de la pendiente también favorece, en un escenario de déficit hídrico, la conservación de la humedad del suelo o evacuar el exceso de humedad en una época de altas precipitaciones.

Elaboración de fertilizantes foliares o bioles

Los biofertilizantes son abonos líquidos a base de estiércol fresco disuelto en agua y enriquecido con leche o suero, melaza, ceniza, harina de rocas y algunas sales minerales como sulfatos de magnesio, zinc, cobre y ácido bórico, entre otros. Se fermentan durante varios días en un tanque plástico bajo un sistema aerobio (en presencia de oxígeno), aunque se puede elaborar en forma anaerobia (SENA, 2012).

Pasos para la elaboración del biol:

- Instalar el tanque, con capacidad de 200 litros, en un lugar fresco, seguro y cómodo para la manipulación y utilización del biopreparado.
- Mezclar los ingredientes básicos: estiércol vacuno, agua, leche o suero, melaza o jugo de caña y las sales minerales. Los sulfatos se deben adicionar secuencialmente cada tres días, hasta añadir todas las sales minerales. Completar el volumen de agua, dejando un espacio de 15 cm desde el nivel del líquido hasta el borde del tanque.
- Fermentar durante un periodo de 30 días para el aprovechamiento del biol.
- Verificar que se presenten los siguientes indicadores en el biopreparado, para reconocer la finalización del proceso: el abono debe tener el olor agradable y característico de la fermentación, el color debe ser ámbar brillante y generalmente presenta una nata blanca.
- Colar y envasar el producto.
- Aplicar el abono foliar. Es aconsejable aplicarlo en las primeras horas de la mañana o después de las cuatro de la tarde, en dosis de dos a tres litros, por medio de una bomba de 20 litros.

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

A continuación, se presenta una propuesta de manejo integrado de la Gota (*Phytophthora infestans*), principal limitante fitosanitaria del sistema productivo de la papa cuando hay excesos de humedad en el suelo:

El enfoque de Manejo Integrado de Enfermedades (MIE) permite a los productores de papa implementar prácticas para mantener las poblaciones fitopatógenas por debajo de umbrales de daño económicos, enfocando las acciones hacia la conservación del medio ambiente y valorando la disponibilidad y limitación de recursos humanos, técnicos y naturales.

Las condiciones favorables para el desarrollo de la Gota son temperaturas entre 12° y 18° C, alta humedad (>75 %), niebla, lluvias y sol intenso en horas de la tarde, así como la siembra escalonada de papa durante todo el año; cuando la variedad es susceptible y se presenta una humedad relativa por encima del 95 % durante 12 horas y temperaturas bajas (de 12° a 18° C) seguidas de días soleados, se espera una fuerte presencia de la enfermedad en el campo (epidemia) (ICA, 2002) (Corpoica, 2010).

Al establecer una estrategia de MIE, el productor debe proceder en forma sistemática, identificando y priorizando las prácticas, técnicas y metodologías a aplicar en forma integrada y que permitan manejar la enfermedad. El éxito en el manejo de la Gota (*P. infestans*) consiste en observar constantemente el sistema productivo y las condiciones ambientales que favorecen el desarrollo de la enfermedad (ICA, 2011).

Como esta enfermedad es altamente destructiva y las variedades comerciales de la papa son susceptibles a ella, se recomienda evitar su llegada o mantenerla en los niveles de daño más bajos posibles, con las siguientes prácticas (ICA, 2002):

- Usar semilla certificada o libre de la enfermedad.
- Destruir las fuentes de inóculo en el campo como las toyas, los residuos de cosecha anterior y otras plantas susceptibles.
- Sembrar en épocas adecuadas, con el fin de romper los ciclos del patógeno y evadir las condiciones favorables para su desarrollo durante el ciclo productivo.

- No exceder los niveles de fertilización, especialmente de nitrógeno, ya que este favorece el crecimiento exuberante de la planta, facilitando así la presencia de infecciones.
- Monitorear constantemente el sistema productivo en busca de la presencia de manchas de la Gota en las hojas, especialmente por debajo de las mismas, con el fin de aplicar el producto adecuado para su control.
- Los días húmedos, lluviosos en la mañana y soleados en la tarde, y los cambios bruscos de temperatura, son propicios para el desarrollo de la Gota.
- Calibrar y mantener en buen estado el equipo de aspersión.
- Elegir y aplicar correctamente los fungicidas. Cuando se utilicen fungicidas de contacto hay que cubrir el 100 % del cultivo, especialmente asperjando la parte inferior de la hoja, donde se localiza la fuente de inóculo de la enfermedad.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de la papa en Yacuanquer (Nariño), consultar el SE-MAPA.

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son dos elementos determinantes del riesgo agroclimático. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas, y el segundo, a la relación del 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 ante el riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de la adopción de dichas opciones tecnológicas no solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dadas 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 papa en Yacuanquer (Nariño)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniforme que puede recibir las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, Leiva, & Varela, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva y económica, en los cuales se propone 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 modelos microeconómicos, en la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados los sistemas productivos y en los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

A cada uno de los dominios (grupo de productores) se les formulan recomendaciones acordes con los resultados del análisis socioeconómico, para identificar la viabilidad financiera de las tecnologías propuestas y la implementación según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.). Estas recomendaciones apoyan la toma de decisiones de los asistentes técnicos, pero se ajustan a las particularidades de cada zona.

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 los productores. Luego se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de los 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 que dependen 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; esta información se cruza con la tipificación y con los resultados de la modelación. Los dominios entonces se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio, con respecto a la adopción de las tecnologías, se basa en el análisis de vulnerabilidad y en la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo de papa en Yacuanquer (Nariño)

Se definieron cuatro dominios de recomendación en Yacuanquer. Todos los productores se encuentran en zonas de alta exposición al déficit hídrico (tabla 4), por tanto, es una prioridad la adopción de medidas de adaptación para estos productores. Los dos primeros corresponden a productores con acceso a crédito, mientras que los dominios 3 y 4 no lo tienen. Aunque la sensibilidad de los cuatro dominios es igual, los dominios 1 y 3 tienen una mayor capacidad de adaptación que los dominios 2 y 4. En la tabla 4 se muestra el mapa de los dominios de recomendación.

El resultado de la modelación microeconómica indica que la implementación de las dos opciones tecnológicas en conjunto (uso de semilla certificada y fertilización orgánica) es viable para todos los dominios de recomendación propuestos. Sin embargo, la implementación no debe ser igual para todos los casos (tabla 4).

Tabla 4. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de papa en condiciones climáticas de sequía

Dominio	Grupos	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Tamaño de finca	Área sembrada	Tec.
1	1	Alta	Media	Media	3-12	0,25	Viable
2	2	Alta	Media	Baja	0,1-3,5	<1,5	Viable
3	3	Alta	Media	Media	>0,4	<2	Viable
4	5	Alta	Media	Baja	2-4	<1	Viable

Recomendaciones para implementar las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

Este dominio contiene productores con alta exposición al déficit hídrico, con una sensibilidad de grado medio ocasionada por la implementación de prácticas agronómicas inadecuadas, tales como la disposición de densidades de siembra inconvenientes y el manejo de suelos con tracción animal, cuando estos no son acordes al sistema. Aunado a esto, las fincas analizadas presentan una topografía entre plana y ondulada que genera una mayor susceptibilidad a las heladas en algunas épocas del año. La capacidad de adaptación de los productores pertenecientes a este dominio es media, ya que tienen acceso a crédito bancario para realizar actividades agropecuarias, son propietarios de los predios y poseen disponibilidad de mano de obra. Además, muestran la mayor capacidad adaptativa de toda la muestra. No obstante, se recomienda fortalecer los canales de difusión de información climática local para todos los productores y asociaciones de la región (figura 9).

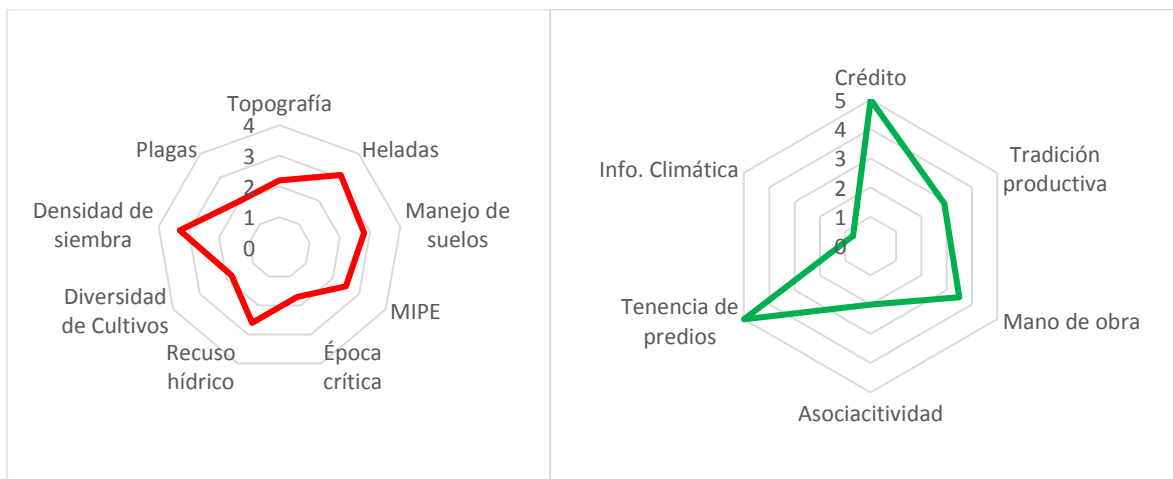


Figura 9. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 1.

En este dominio se encuentran fincas con una extensión que oscila entre las tres y doce ha, y el área cultivada promedio es de 0,25 ha. Según el análisis microeconómico, si un productor de este dominio tiene 0,2 ha cultivadas con papa, se sugiere la implementación de ambas tecnologías. Bajo este escenario se alcanza el nivel óptimo del sistema, en el que se espera una producción de aproximadamente ocho toneladas por hectárea, por ciclo.

Dadas las condiciones de los productores incluidos en este dominio y en un contexto de déficit hídrico, no sería posible mantener los gastos familiares sin adoptar alguna de las opciones tecnológicas propuestas, es decir, el escenario de manejo tradicional del sistema productivo no resultaría factible.

Con la adopción de las opciones tecnológicas, el comportamiento del capital indica una tendencia creciente debido a que bajo este esquema la producción presentaría un comportamiento constante y por ende generaría excedentes al productor, una vez garantizados los gastos familiares. El acceso al crédito es importante en los primeros ciclos de implementación de la opción tecnológica; se espera que el crédito no sobrepase el 70 % del costo total de la inversión en el sistema productivo, para cubrir los requerimientos de

insumos y mano de obra contratada, la cual representa alrededor del 50 % del total de la mano de obra empleada en el sistema.

Dominio 2

La sensibilidad a las condiciones de déficit hídrico en las unidades productivas pertenecientes a este dominio es media, dado que los sistemas productivos se encuentran localizados en áreas de topografía ondulada condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos (alta exposición a déficit hídrico). El bajo acceso a fuentes hídricas para riego del sistema productivo y el inadecuado manejo de plagas y enfermedades, incrementan la sensibilidad del sistema.

En este dominio, la capacidad de adaptación es favorecida por la tenencia de la tierra en propiedad, por la tradición productiva y por el acceso a mano de obra familiar o contratada (figura 10).

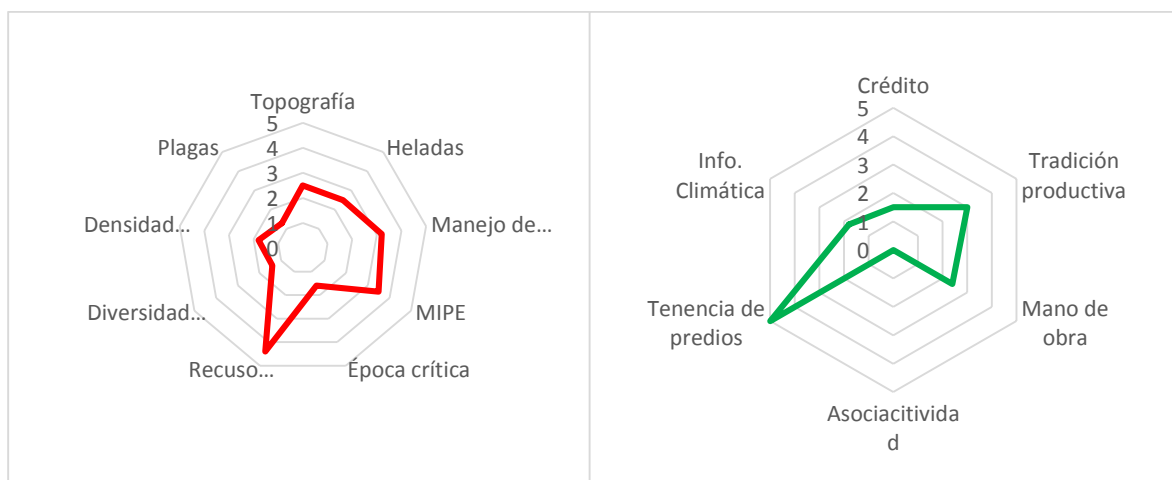


Figura 10. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 2.

El tamaño de los predios en este dominio varía entre 0,01 y 3,5 ha, el promedio del área cultivada es de 0,7 hectáreas con papa, las cuales bajo un esquema de manejo tradicional

producen 17,7 toneladas por hectárea, por ciclo. Según el análisis microeconómico, se pueden implementar ambas opciones tecnológicas propuestas (fertilización orgánica complementaria a la química y uso de semilla certificada), con las que se pueden obtener rendimientos de aproximadamente 28,2 toneladas por hectárea, por ciclo.

En el escenario planteado, el capital disponible se incrementaría en el tiempo cuando se opta por el manejo del sistema productivo con las dos opciones tecnológicas después del segundo ciclo, indicando que hay excedentes y que el gasto familiar se satisface con suficiencia. Además, se sugiere el acceso a un crédito para capital de trabajo que no sobrepase el 52 % de los costos correspondientes a la inversión en insumos y semilla. Se espera que en el segundo ciclo el crédito ya no sea necesario, dados los excedentes que se generarían en el primer ciclo.

Dominio 3

Los productores pertenecientes a este dominio están ubicados en áreas de topografía ondulada, condicionadas a prácticas de manejo, conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico. Por su parte, la sensibilidad del sistema presenta una condición media, al igual que la capacidad adaptativa, esto debido principalmente a factores como la poca asociatividad de los productores, el limitado acceso a créditos y la falta de información climática. Adicionalmente, las deficiencias en el acceso al recurso hídrico, el empleo de los suelos y el manejo integrado de plagas y enfermedades son indicadores que aumentan la vulnerabilidad de estos productores en la época de déficit hídrico (figura 11).

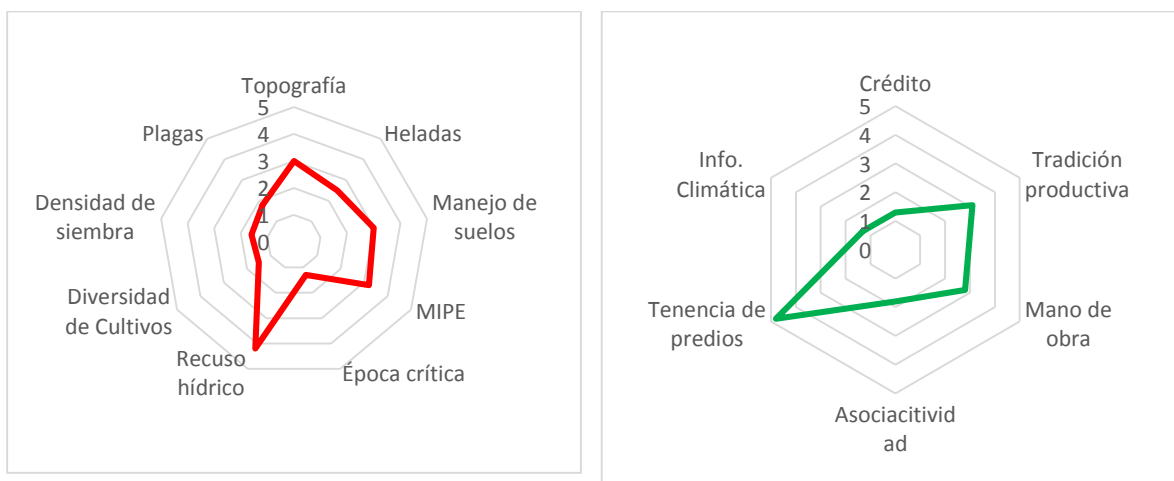


Figura 11. Sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 3.

El tamaño de los predios en este dominio es de un área que oscila entre 0,4 y ocho ha, y el área promedio sembrada con papa es de 0,5 ha. De acuerdo con el análisis microeconómico, un productor con 0,4 hectáreas cultivadas puede alcanzar utilidades mayores cuando se adoptan las tecnologías propuestas, obteniendo una producción de 16,1 toneladas por hectárea, por ciclo, la cual supera la producción de 10,1 toneladas por hectárea, por ciclo, obtenida bajo el esquema tradicional de producción.

Con la implementación de las tecnologías propuestas, el crédito recomendado para los productores de este dominio es cercano al 35 % del total de recursos requeridos para la contratación de mano de obra y la compra de insumos. El crédito solo se hace necesario durante el primer ciclo de producción. Por su parte, bajo un esquema de manejo tradicional, el crédito para capital de trabajo se tendría que solicitar en todos los periodos, afectando la generación de excedentes para el productor.

Dominio 4

Los productores que integran este dominio se encuentran localizados en áreas con topografía entre plana y ondulada, condicionadas a prácticas de manejo y conservación de

suelos, con alta exposición a déficit hídrico y un grado de sensibilidad medio a los factores descritos. Sumado a esto, se registra para este dominio una marcada incidencia de plagas y enfermedades.

La capacidad adaptativa es media, puesto que el productor de este dominio se encuentra condicionado por factores como acceso al crédito y tenencia de la tierra, aspectos que favorecen la capacidad de adaptación (figura 12).



Figura 12. Sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) en el dominio 4.

En este dominio, los predios poseen extensiones de entre dos y cuatro ha, con áreas cultivadas con papa menores a una (1) ha. De acuerdo con el análisis microeconómico, si un productor cultiva 0,6 ha bajo un esquema de manejo tradicional, obtendrá una producción de alrededor de 15,1 toneladas por hectárea, por ciclo; mientras que con un esquema de implementación de las opciones tecnológicas, la producción asciende a 24,1 toneladas por hectárea, por ciclo, lo que hace evidente la conveniencia de adoptar ambas opciones tecnológicas bajo un escenario climático de déficit hídrico.

Cabe resaltar que los productores de este dominio bajo el esquema de manejo tradicional del sistema productivo de la papa logran satisfacer sus gastos familiares, pero requieren el uso consecutivo de crédito, en tanto que los productores que incorporan las opciones tecnológicas necesitan el crédito únicamente en el primer ciclo, por un monto cercano al



35 % de la inversión en semillas y fertilizantes, garantizando el incremento de su capital de trabajo desde el segundo ciclo productivo.

REFERENCIAS

- Corpoica. (2000). *Manejo integrado del cultivo de la papa*. Bogotá: Produmedios.
- Corpoica. (2003). *Manual de papa para productores*. Bucaramanga: La Bastilla Ltda.
- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En *Manual técnico: Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones Caribe y valles interandinos*. (págs. 1-10). Mosquera, Cundinamarca: Produmedios.
- Corpoica. (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 del Caribe y valles interandinos* (pág. 10). Mosquera: Produmedios.
- Corpoica. (2010). *Escalas fenológicas de las variedades de papa parda pastusa, Diacol Capiro y criolla "yema de huevo" en las zonas productoras de Cundinamarca, Boyacá, Nariño y Antioquia*. Bogotá: Produmedios.
- Corpoica. (2010). *Manejo técnico del cultivo de papa criolla con fines industriales. Experiencias en el departamento de Antioquia*. Bogotá, Colombia: Corpoica.
- Corpoica. (2015a). *Informe de mapas de susceptibilidad territorial a eventos climáticos extremos. Mapas de nichos productivos por sistema de producción y escenario de variabilidad climática, departamento de Nariño*. Bogotá: Corpoica.
- Corpoica. (2015a). *Informe de producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos, departamento de Nariño*. Mosquera: Corpoica. 40 p.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Mosquera, Cundinamarca: autor.
- Corpoica. (2015b). *Informe del producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para papa (La Cruz y*

Yaquanquer), lima Tahití (La Unión y San Lorenzo) y pasto Kikuyo (Buesaco y San Pedro de Cartago). Mosquera: Corpoica. 104 p.

Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para tomate (Repelón y Campo de la Cruz), ají topito (Suan y Santa Lucía) y pastos para ganadería doble propósito (Candelaria y Manatí).* Mosquera, Cundinamarca: autor.

Corpoica. (2015c). *Informe final de la parcela de Integración del Sistema Productivo de ají topito, del municipio de Suan, Departamento del Atlántico.* Mosquera, Cundinamarca: autor.

Corpoica. (2015c). *Informe final de parcela de integración del sistema productivo de papa en el municipio de Yacuanquer, departamento de Nariño.* Mosquera: Corpoica.

Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Norte de Santander y Nariño 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.*

FAO. (24 de Septiembre de 2015). *FAOstats.* Obtenido de <http://faostat3.fao.org/>

Guerrero, R. (1998). *Fertilización de cultivos en clima frío.* Bogotá, Colombia: Monómeros.

ICA. (1998). *Como tomar una buena muestra de suelo. Como tomar una buena muestra de suelo.* Bogotá, Bogotá, Colombia: Convenio Fenalce, SENA, SAC.

ICA. (2002). *Descripción y manejo de las principales enfermedades de la papa.* Pasto, Colombia: Produmedios.

ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de la papa Solanum tuberosum subsp. Adigena y S. phureja. Medidas para la temporada invernal.* Bogotá, Colombia: Produmedios.

ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo de lulo (Solanum quitoense Lam.). Medidas para la temporada invernal.* Bogotá: Produmedios.

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

- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, Reino Unido: Cambridge University Press.
- Leiva, F. R. (1998). Manejo sostenible de suelos agrícolas. *Convenio SENA, SAC, Fenalce*. Bogotá, Colombia: Produmedios.
- Ligarreto, G. A. (2012). Ají y pimentón. En H. Pinzón, *Manual para el cultivo de hortalizas* (pág. 573). Bogotá: Produmedios.
- 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 p.
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra, Suiza: Organización Meteorológica Mundial.
- Ortiz, R. (27 de octubre de 2015). *El cambio climático y la producción agrícola. Notas técnicas*. Banco Interamericano de Desarrollo. Obtenido de <http://idbdocs.iadb.org/wsdocs/getdocument.aspx?document=36736182>
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. Department of Commerce. US. Weather Bureau. Washington, DC: Research Paper 45.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. Department of Commerce. Res. Paper, 45, 58.
- SENA. (2012). *Agroecología aplicada a las condiciones del trópico húmedo*. Bogotá: Convenio SENA-Tropenbos.
- Tamayo, P. J., & Jaramillo, J. E. (2013). *Enfermedades del tomate, pimentón, ají y berenjena en Colombia: guía para su diagnóstico y manejo*. Bogotá: Corpoica.
- Torres, C. y. (2010). *Evaluación del efecto de la aplicación de abonos orgánicos en la productividad de papa Solanum tuberosum L., variedad Iniap-Fripapa, en las localidades de Samaná-Cotopaxi y San Jorge-Tunguragua*. Ecuador: Tesis de grado. Universidad Estatal de Bolívar. Escuela de Ingeniería Agronómica.



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>