



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de cebolla (*Allium cepa* L.)

Municipio de Ocaña
Departamento de Norte de Santander



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	Cargo
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Luis Felipe Castelblanco Rivera	Profesional de apoyo a la investigación
Jorge Iván Corzo Estepa	Profesional de apoyo a la investigación
Jairo Rojas Molina	Investigador máster
Gustavo Hernando Rueda Viasus	Profesional de apoyo a la investigación
Wilman Orley Londoño Salcedo	Profesional de apoyo a la investigación
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster
Jairo Mantilla Blanco	Economista
Andrés Felipe Zabala Perilla	Investigador máster, economista



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 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. La Suiza, Norte de Santander, que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio.....	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ocaña.....	4
Exposición del sistema productivo de cebolla a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Ocaña.....	9
Zonas del municipio de Ocaña con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla.....	14
Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca	17
Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo cebolla ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Ocaña (Norte de Santander).....	19
Optimización del recurso hídrico:	21
Incorporación de materia orgánica habilitada.....	23
Otras prácticas se pueden implementar dentro del sistema productivo de cebolla en Ocaña para reducir la vulnerabilidad del sistema ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo	25
Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de cebolla en el municipio de Ocaña, Norte de Santander.....	33
Dominios de recomendación	33
Características de los dominios de recomendación.....	34
para el sistema productivo de cebolla en Ocaña	34
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación.....	35
REFERENCIAS.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña (Norte de Santander) bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.....	3
Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Ocaña, Norte de Santander.....	5
Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en Ocaña (Período 1980-2011).....	6
Figura 4. Mapa de aptitud de uso de suelos para sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña.....	9
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña bajo condiciones de déficit hídrico, en la ventana de análisis octubre – febrero.....	12
Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Ocaña para el sistema productivo.....	16
Figura 7. Balance hídrico atmosférico del sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña (Norte de Santander) entre junio y agosto de 2014.	19
Figura 8. Balance hídrico agrícola, sistema productivo de cebolla, en el municipio de Ocaña (Norte de Santander), entre los meses de junio y agosto de 2014.	20
Figura 9. Riego por microaspersión, cultivo de cebolla ocañera.	21
Figura 10. Preparación del terreno e incorporación de materia orgánica habilitada.	23
Figura 11. Planta de cebolla afectada por raíz rosada.	24
Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 1.	36
Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 2.	37
Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 3.	38
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 4.	39



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Ocaña durante los eventos El Niño en el período 1980-2011.	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Ocaña durante los eventos La Niña en el período 1980-2011.....	8
Tabla 3. Calendario fenológico del sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña.	13
Tabla 4. Datos usados para calcular las necesidades de riego en la parcela de integración.	22
Tabla 5. Índice de productividad del agua (IPA) aplicada por riego.	25
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el municipio de Ocaña (Norte de Santander)	35



INTRODUCCIÓN

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

Con este enfoque, el proyecto MAPA ha realizado un acercamiento espacial de la exposición a condiciones restrictivas por exceso o déficit hídrico para 54 sistemas de producción en 69 municipios de 18 departamentos del país. En este sentido, se desarrollaron parcelas de integración para 53 sistemas productivos cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas e integrar experiencias y conocimientos de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Norte de Santander se priorizó, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de cebolla (*Allium cepa* L.) en el municipio de Ocaña.

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cebolla a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Ocaña, en el departamento de Norte de Santander.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo cebolla (*Allium cepa* L.), var. ocañera, frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de Ocaña (Norte de Santander), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y la gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del sistema productivo, definidas por su exposición y por la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. En la Figura 1, se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la vulnerabilidad del sistema productivo. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de cebolla ocañera frente a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, se presentan opciones tecnológicas integradas para la prevención y la adaptación, que ingresan a un proceso de implementación en el sistema productivo.

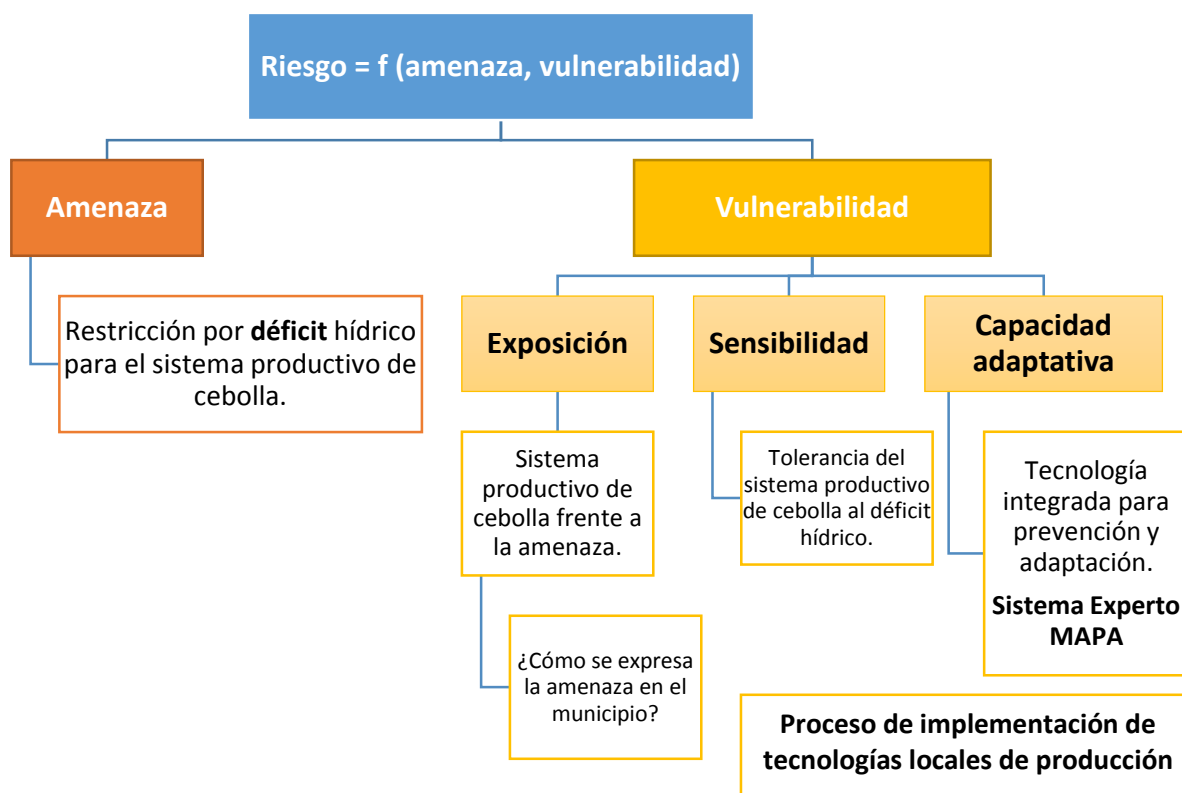


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña (Norte de Santander) bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.

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

A escala departamental: es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por su ubicación geográfica y por sus variables biofísicas (subzonas hidrográficas).

A escala municipal: el riesgo se puede analizar mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas, altura y paisaje) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración del cultivo de referencia (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, consultar el Sistema Experto (SE) – MAPA.

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en Ocaña

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

El municipio de Ocaña se encuentra influenciado por tres subzonas hidrográficas: al Norte y al Oriente, por el río Algodonal (Alto Catatumbo); al Occidente, por la quebrada El Carmen y por otros directos al Magdalena Medio; y, al Sur, por el río Lebrija y por otros directos al Magdalena (Corpoica, 2015a). Presenta una altitud predominante entre 1000 y 1500 m s.

n. m., con algunos picos en la zona sur y oriental, entre 1500 y 2500 m s. n. m., y con algunos valles en la zona suroccidental, con altitud entre 500 y 1000 m s. n. m. Predomina el paisaje montañoso, lo cual lo hace susceptible al déficit hídrico por escorrentía y a los deslizamientos en condiciones de exceso hídrico. La capacidad de uso del suelo es principalmente forestal, con una zona de conservación hacia el Sur del municipio, y posee una zona protegida en la parte suroriental (Figura 2).

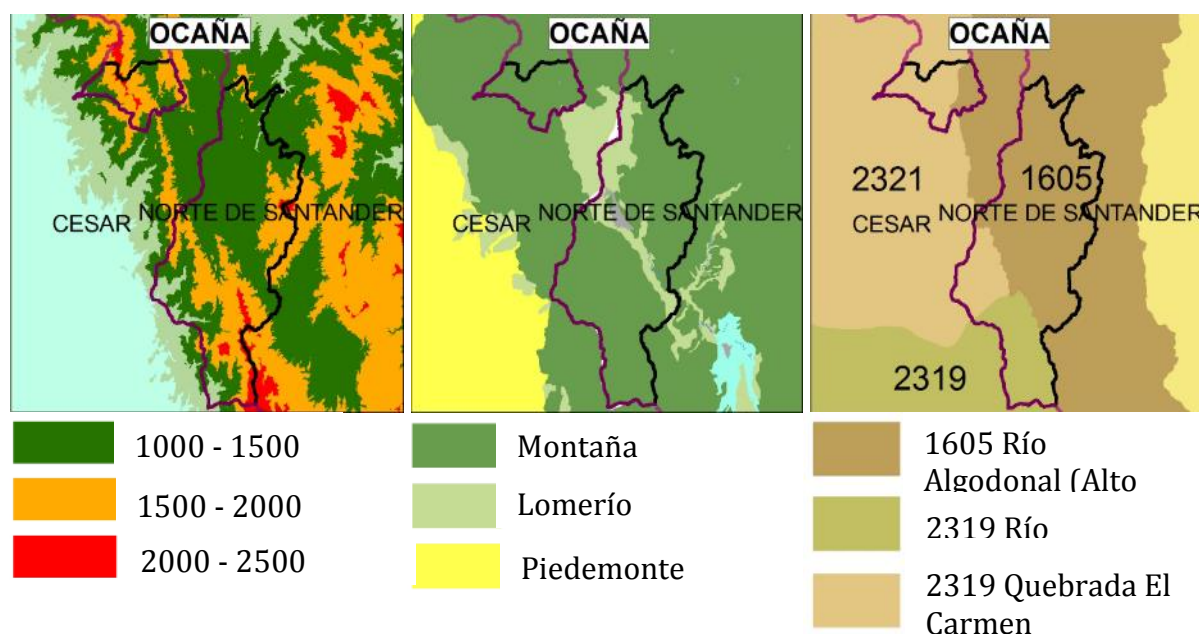


Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas del municipio de Ocaña, Norte de Santander

Fuente: Corpoica (2015a)

Lo siguiente a revisar son los análisis disponibles de las series climáticas (1980 – 2011); con lo cual, es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados para conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presentan nuevamente estos fenómenos. Para el análisis climático del municipio de Ocaña (departamento de Norte de Santander), se destacan las siguientes variables climáticas:

Precipitación: en la Figura 3, se muestra la dinámica de precipitación para el municipio de Ocaña. La línea verde representa la precipitación promedio y las barras rojas y azules, la precipitación durante eventos de variabilidad asociados a ENSO (El Niño Oscilación del Sur): El Niño (1997) y La Niña (2010) (Corpoica, 2015a).

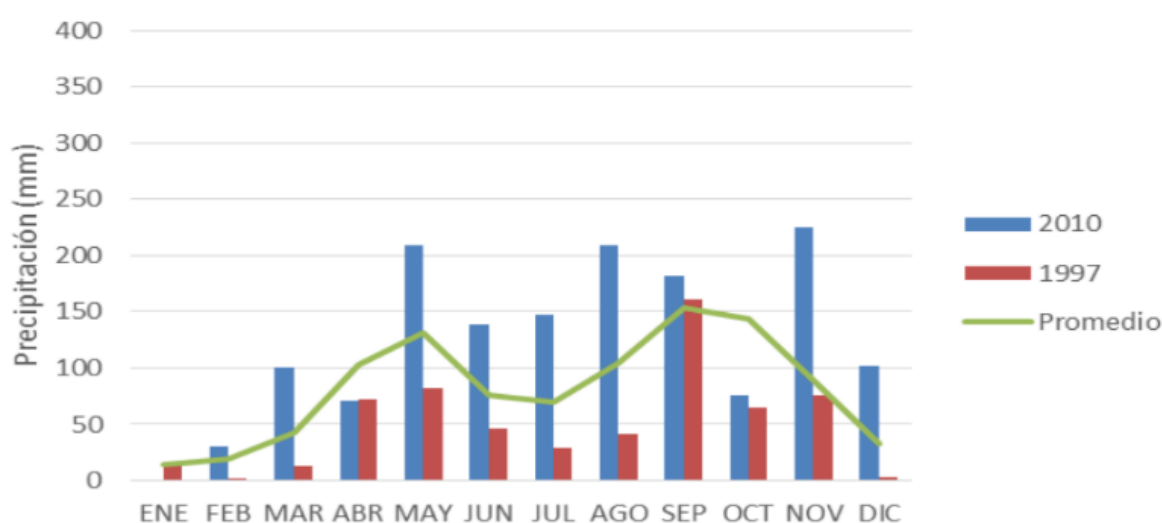


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en Ocaña (Período 1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a)

Se observa que el efecto del fenómeno El Niño es notorio durante el transcurso del año con reducción de lluvias; especialmente, entre abril y junio, período en el cual se espera un pico de lluvias en la región. De igual forma, durante el fenómeno La Niña, se observa un incremento importante en las precipitaciones; principalmente en los períodos comprendidos entre junio y agosto, y noviembre y diciembre, meses tradicionalmente de pocas lluvias.

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permite determinar la intensidad y la duración de un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- El valor de la anomalía en porcentaje, que indica en qué porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.

- El valor del Índice Oceánico El Niño (ONI)¹, el cual indica qué tan fuerte es El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

Las Tablas 1 y 2 muestran cómo se han comportado las anomalías de lluvias en Ocaña durante los eventos ENOS en los últimos 32 años, lo cual es útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de este fenómeno.

Se observa que, en el municipio de Ocaña (Norte de Santander), la máxima reducción registrada en la precipitación, en comparación con el promedio multianual, fue de 38 %; con un valor ONI de 2,5 para el período comprendido entre mayo de 1997 y mayo de 1998 bajo evento El Niño (Tabla 1). De la misma forma, durante el período comprendido entre mayo de 1988 y mayo de 1989, bajo un evento La Niña, se registró el mayor incremento histórico en la precipitación, con un 44 % de aumento con respecto al promedio multianual y un valor ONI de -1,9 (Tabla 2).

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

Período	May 1982 - Jun 1983	Ago 1986 - Feb 1988	May 1991 - Jun 1992	May 1994 - Mar 1995	May 1997 - May 1998	May 2002 - Mar 2003	Jun 2004 - Feb 2005	Ago 2006 - Ene 2007	Jul 2009 - Abr 2010
Duración (meses)	14	19	15	11	13	11	9	6	11
Máximo valor ONI	2,3	1,6	1,8	1,3	2,5	1,5	0,9	1,1	1,8
Anomalía	-1 %	-10 %	-28 %	-18 %	-38 %	-30 %	12 %	-1 %	-22 %

Fuente: (Corpoica, 2015a).

¹ El índice ONI puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos: <http://bit.ly/29LNC2H>.

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

Período	Oct 1984 - Sep 1985	May 1988 - May 1989	Sep 1995 - Mar 1996	Jul 1998 - Jun 2000	Oct 2000 - Feb 2001	Sep 2007 - May 2008	Jul 2010 - Abr 2011
Duración	12	13	7	24	5	9	10
Mínimo Valor ONI	-1,1	-1,9	-0,7	-1,6	-0,7	-1,4	-1,4
Anomalía	-11 %	44 %	5 %	10 %	-11 %	2 %	60 %

Fuente: (Corpoica, 2015a).

Se debe considerar que la temperatura de 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 puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico bajo eventos La Niña, la Susceptibilidad a déficit hídrico bajo eventos El Niño, la Susceptibilidad biofísica a inundación, la afectación de la capacidad fotosintética de cubiertas vegetales analizada mediante el Índice Diferencial de Vegetación Normalizado (NDVI), las áreas que se inundan regularmente cuando se presentan eventos de inundación por expansión de cuerpos de agua y cuerpos de agua que se contraen bajo eventos de sequía.

Para mayor información sobre susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas, consultar SE – MAPA.

Exposición del sistema productivo de cebolla a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Ocaña

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por características del suelo y por variabilidad climática. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo a su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición se debe identificar:

- **En el mapa de aptitud de suelos del municipio (Figura 4):** se debe tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad (principalmente propiedades químicas) mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas). Es importante mencionar que la escala de análisis espacial es 1: 100000.

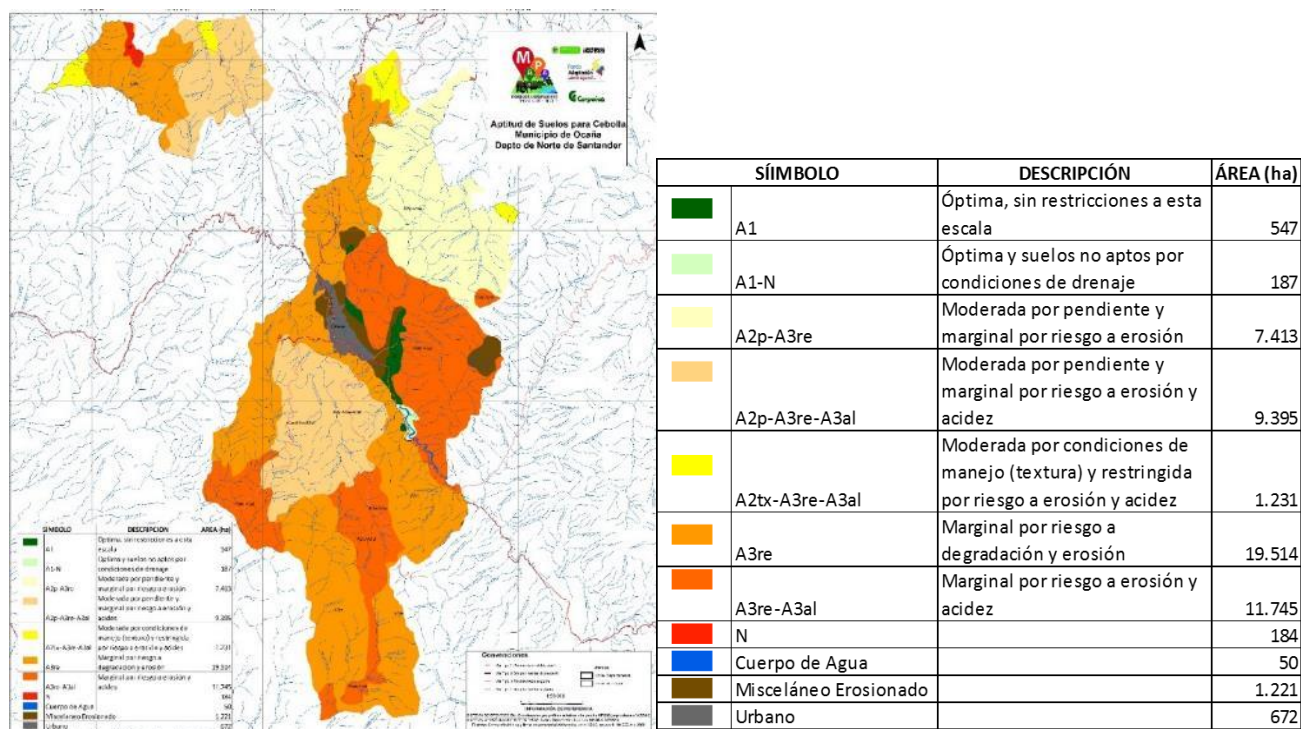


Figura 4. Mapa de aptitud de uso de suelos para sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña.

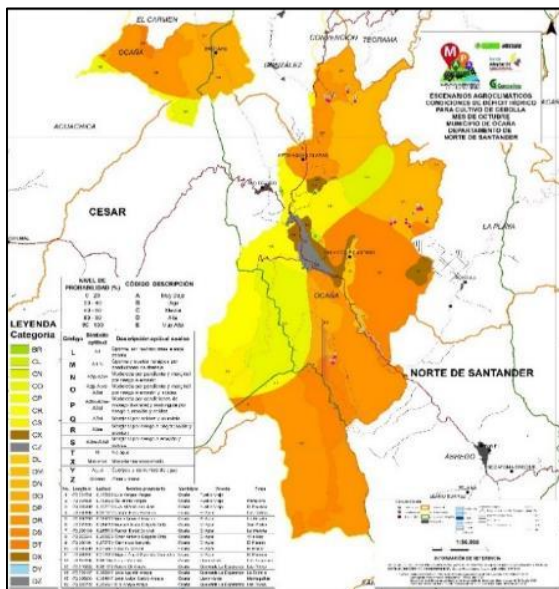
Fuente: Corpoica (2015b)

Para tener en cuenta: de acuerdo al análisis realizado al departamento de Norte de Santander, usando la metodología propuesta por la FAO (1976), el municipio de Ocaña presenta pocas áreas aptas para el sistema productivo de cebolla. Sólo un 1 % presenta suelos sin restricciones y corresponde a pequeñas áreas en los valles del río Algodonal y de algunas quebradas cerca de la cabecera municipal. Los suelos con aptitud moderada, asociada a suelos marginales (35 %), se localizan hacia el centro del municipio (sur de la cabecera municipal) y al nororiente (Figura 4).

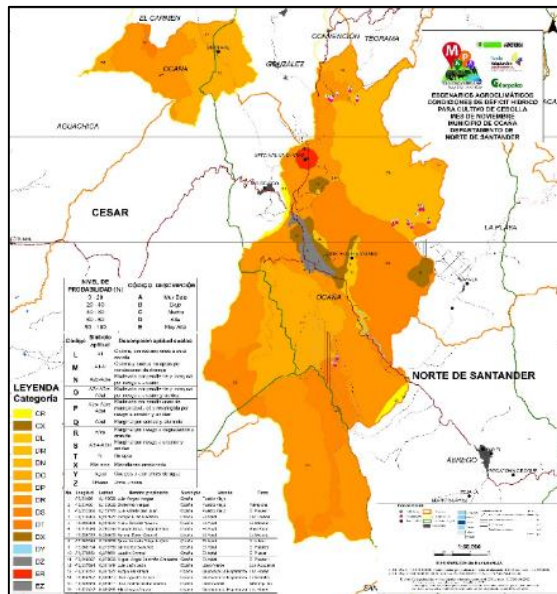
La mayor parte del municipio presenta restricciones por pendientes muy fuertes ligadas a suelos muy superficiales y, por lo tanto, con una alta susceptibilidad a erosión (A3re). Adicionalmente, la marcada acidez y la alta saturación de aluminio restringen el manejo, afectando no sólo la fertilidad y la disponibilidad de nutrientes, sino también la adaptabilidad de este sistema productivo. El estudio de suelos indica que más del 2 % de los suelos (1.221 ha) presenta zonas severamente degradadas (misceláneo erosionado) y no se recomiendan para la siembra de cebolla (Corpoica, 2015b).

- **En los mapas de escenarios agroclimáticos (Figura 5):** la probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico. De acuerdo con el cálculo del índice de Palmer (Palmer W. , 1965), en el municipio de Ocaña, se presentó probabilidad: Media (tono amarillo, 40-60 %), Alta (tono naranja, 60-80 %) y Muy alta (tono rojo, 80-100 %). Los meses analizados presentan probabilidades superiores al 40 %, las cuales podrían representar alto riesgo para el sistema productivo de cebolla; dependiendo de la época de siembra y de acuerdo con el calendario fenológico del sistema productivo (Tabla 3).

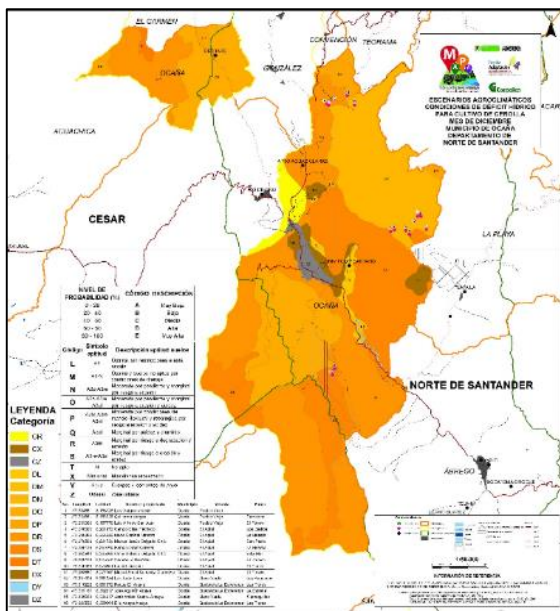
Octubre



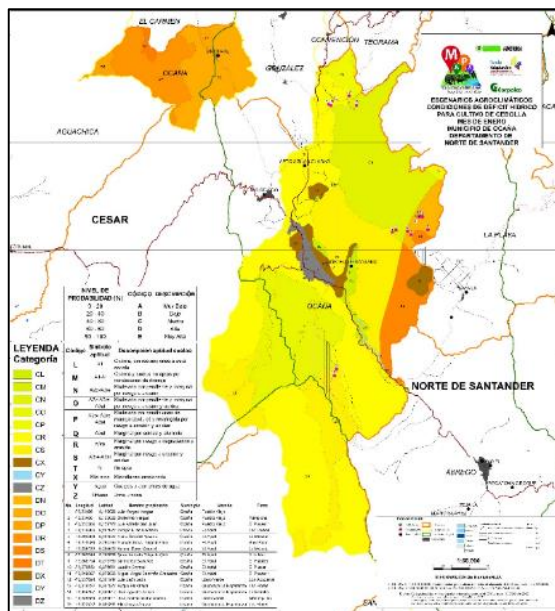
Noviembre



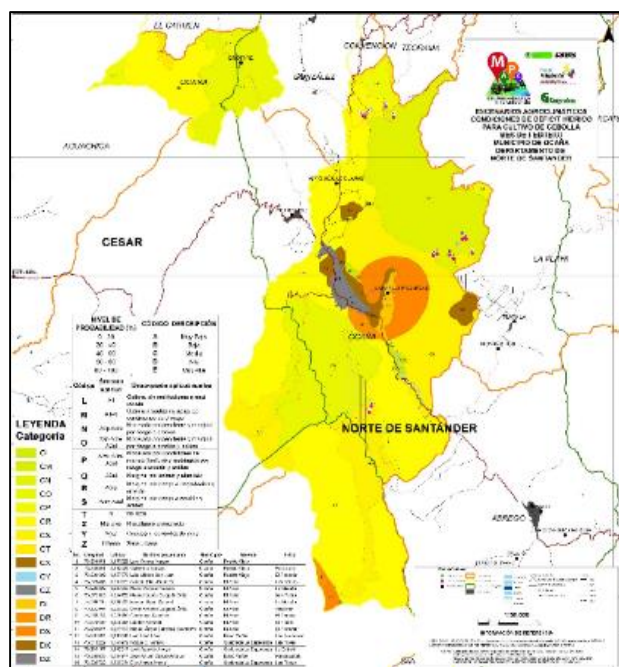
Diciembre



Enero



Febrero



NIVEL DE PROBABILIDAD (%)		CÓDIGO DESCRIPCIÓN	
0 - 20	A	Muy Baja	
20 - 40	B	Baja	
40 - 60	C	Media	
60 - 80	D	Alta	
80 - 100	E	Muy Alta	

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud suelos
L	A1	Óptima, sin restricciones a esta escala
M	A1-N	Óptima y suelos no aptos por condiciones de drenaje
N	A2p-A3re	Moderada por pendiente y marginal por riesgo a erosión
O	A2p-A3re-A3al	Moderada por pendiente y marginal por riesgo a erosión y acidez
P	A2tx-A3re-A3al	Moderada por condiciones de manejo (textura) y restringida por riesgo a erosión y acidez
Q	A3al	Marginal por acidez y aluminio
R	A3re	Marginal por riesgo a degradación y erosión
S	A3re-A3al	Marginal por riesgo a erosión y acidez
T	N	No apto
X	Mis eros	Misceláneo erosionado
Y	Agua	Cuerpos y corrientes de agua
Z	Urbano	Zona urbana

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña bajo condiciones de déficit hídrico, en la ventana de análisis octubre – febrero.

Fuente: Corpoica (2015b)

Tabla 3. Calendario fenológico del sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña.

Etapas fenológicas	Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1ra siembra. Emergencia, brotación, emisión de hojas.																				
Emisión de hojas, inicio bulbificación, llenado de bulbo.																				
Llenado de bulbo, postración rama, cosecha.																				
2da siembra. Emergencia, brotación, emisión de hojas.																				
Emisión de hojas, inicio bulbificación, llenado de bulbo.																				
Llenado de bulbo, postración rama, cosecha.																				
3ra siembra. Emergencia, brotación, emisión de hojas.																				
Emisión de hojas, inicio bulbificación, llenado de bulbo.																				
Llenado de bulbo, postración rama, cosecha.																				

Fuente: (Corpoica, 2015b).

Para tener en cuenta: los tonos amarillos, naranja y rojo indican una mayor exposición a déficit hídrico. En los meses de octubre, noviembre y diciembre se presentan probabilidades medias de deficiencias de humedad en el suelo coincidiendo con el ciclo de cultivo de la primera siembra, siendo éste el más afectado, y sólo con la etapa de emergencia, brotación y emisión de hojas para la tercera siembra, siendo menor la posible afectación; en los demás meses, se presentan condiciones de humedad cercanas a capacidad de campo o menos restrictivas para el sistema productivo.

El estrés hídrico causado por deficiencias de agua en el sistema productivo podría generar pérdidas importantes en la producción; ya que la disminución de las lluvias y el aumento de las temperaturas pueden disminuir el contenido de agua en la planta. Un estrés fuerte genera pérdida de turgencia, marchitamiento, cierre de estomas y disminución de fotosíntesis. Asimismo, se puede presentar pérdida de plantas, bulbos de tamaño pequeño, coloración deficiente y aparición de pudrición apical (Corpoica, 2015b).

Los mapas de *escenarios agroclimáticos* indican las áreas con menor y mayor probabilidad a deficiencias de agua en el suelo para el sistema productivo de cebolla en una ventana de análisis. Cada mapa corresponde a un mes en el cual se presenta una etapa fenológica específica de acuerdo a los calendarios fenológicos locales. Sin embargo, deben ser entendidos como un marco de referencia.

Zonas del municipio de Ocaña con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de cebolla

Para dar esta respuesta, se debe observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de Ocaña para el sistema productivo de cebolla (Figura 6). Este mapa resume la exposición a deficiencias hídricas extremas para el sistema productivo y la aptitud de los suelos. Las categorías de aptitud agroclimática identificadas para el municipio de Ocaña, fueron:

Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos (tono verde claro) con un 10,4 % (5.445 ha) del área total municipal (52.160 ha). En estas áreas se presentan suelos con aptitud moderada para el sistema productivo, limitados principalmente por drenaje, acidez y pendientes muy fuertes ligadas a suelos muy superficiales. Las condiciones de humedad en el suelo fueron favorables para el sistema productivo.

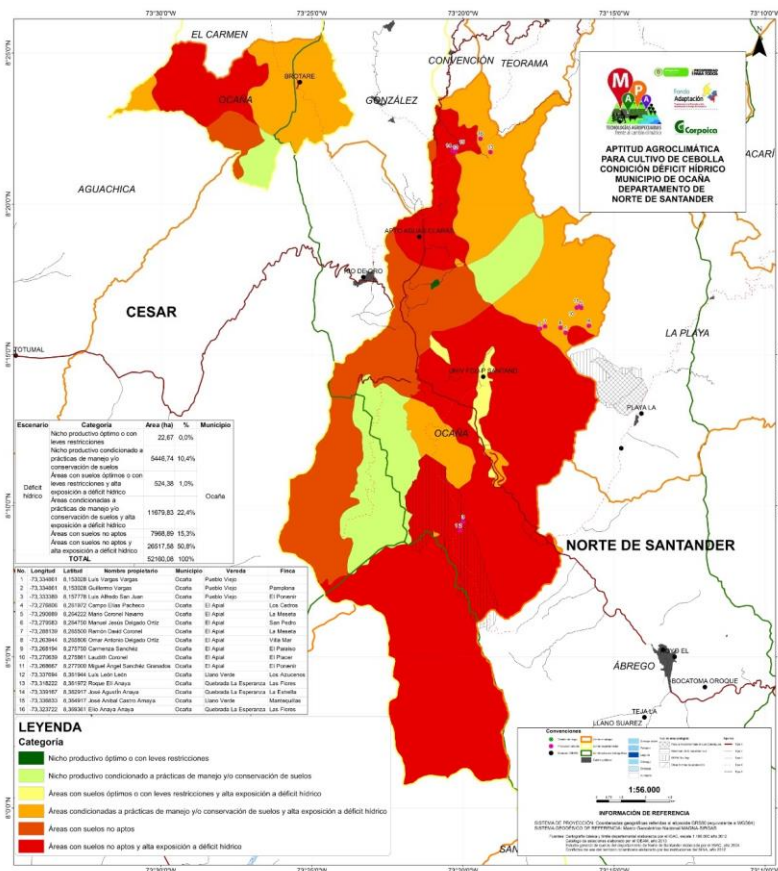
Áreas con suelos no aptos (tono naranja oscuro) con una ocupación de 14,7 % (7.669 ha) del área total municipal. Los suelos fueron restringidos principalmente por riesgo a degradación y erosión, por marginalidad en la acidez y por presentar misceláneo erosionado, también fueron incluidos en esta categoría los cuerpos y corrientes de agua y la zona urbana de Ocaña.

Áreas con suelos condicionados a prácticas de manejo o conservación de suelos y alta exposición a déficit hídrico (tono naranja claro) estas áreas ocupan el 22,4 % (11.680 ha) del área total municipal. En estas áreas se presenta una aptitud moderada de los suelos limitados principalmente por drenaje, acidez y pendientes



muy fuertes ligadas a suelos muy superficiales. En estas áreas, la probabilidad de ocurrencia de condiciones de déficit hídrico es alta.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico (tono rojo): estas áreas ocupan el 50,8 % (26.518 ha) del área total municipal. Los suelos fueron restringidos principalmente por riesgo a degradación y erosión, por marginalidad en la acidez y por presentar misceláneo erosionado; los suelos no aptos incluyen los cuerpos y corrientes de agua, y la zona urbana de Ocaña. Las condiciones de humedad en el suelo fueron desfavorables para el sistema productivo de cebolla.



LEYENDA

Categoría

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

Figura 6. Mapa de aptitud agroclimática del municipio de Ocaña para el sistema productivo de cebolla bajo condiciones de humedad en el suelo ligeramente restrictivas y restrictivas por déficit hídrico.

Fuente: Corpoica (20



Para mayor información sobre aptitud agroclimática para el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña, consultar SE – MAPA.

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

Información agroclimática: la información climática puede emplearse para tomar decisiones estratégicas en la planificación agropecuaria, para identificar riesgos asociados, para relacionar la climatología de cualquier área con diferentes sistemas productivos y para mejorar la planificación del uso y manejo del recurso suelo.

Información agrometeorológica: por otro lado, la información meteorológica 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 (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 (meteorológicos): empleando una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos: seguimiento del desarrollo y el crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas, monitoreo, etc.



- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos limitantes que afectan al cultivo, tales como excesos y déficit de agua, heladas y deslizamientos.
- Distribución temporal y de cultivos: 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 (temperatura máxima, mínima y media; precipitación, humedad relativa y radiación), a escala diaria. Estas variables serán analizadas durante el ciclo del sistema productivo y, principalmente, en etapas fenológicas críticas; y se relacionarán con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos².

² 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 análisis en su cultivo: <http://bit.ly/29P68Zg>.

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo cebolla ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Ocaña (Norte de Santander)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para reducir los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña (Norte de Santander). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre junio y agosto de 2014; época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico³ en la parcela de integración en el municipio de Ocaña⁴ (Figura 7).

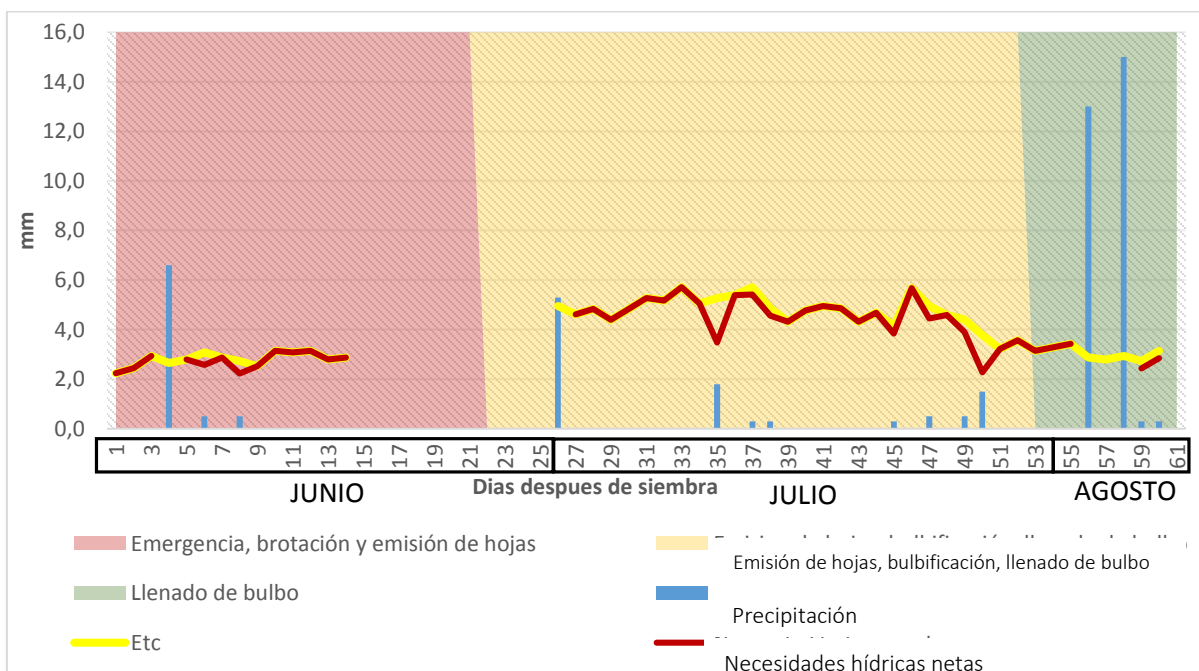


Figura 7. Balance hídrico atmosférico del sistema productivo de cebolla en el municipio de Ocaña (Norte de Santander) entre junio y agosto de 2014.

Fuente: Corpoica (2015c)

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

⁴ Vereda Quebrada La Esperanza, finca La Estrella.

Del mismo modo, en la Figura 8 se describe la dinámica del agua en el suelo. Se observa que los períodos en los cuales se presentó déficit hídrico atmosférico coinciden con el registro de déficit hídrico agrícola; según el cual, la lámina de agotamiento en la zona de raíces (Dr) (agua que se extrae del suelo) es mayor que el agua fácilmente aprovechable (AFA) (agua disponible para las plantas) durante la mayor parte del período de evaluación de la parcela (período comprendido entre junio y agosto de 2014). Este comportamiento indica que, durante todo el ciclo de cultivo, se presentaron condiciones de déficit hídrico para el cultivo de cebolla; lo cual se refleja en el coeficiente de estrés hídrico (Ks), en donde el valor 1 indica condiciones óptimas de humedad y valores más cercanos a 0 indican un mayor grado de estrés.

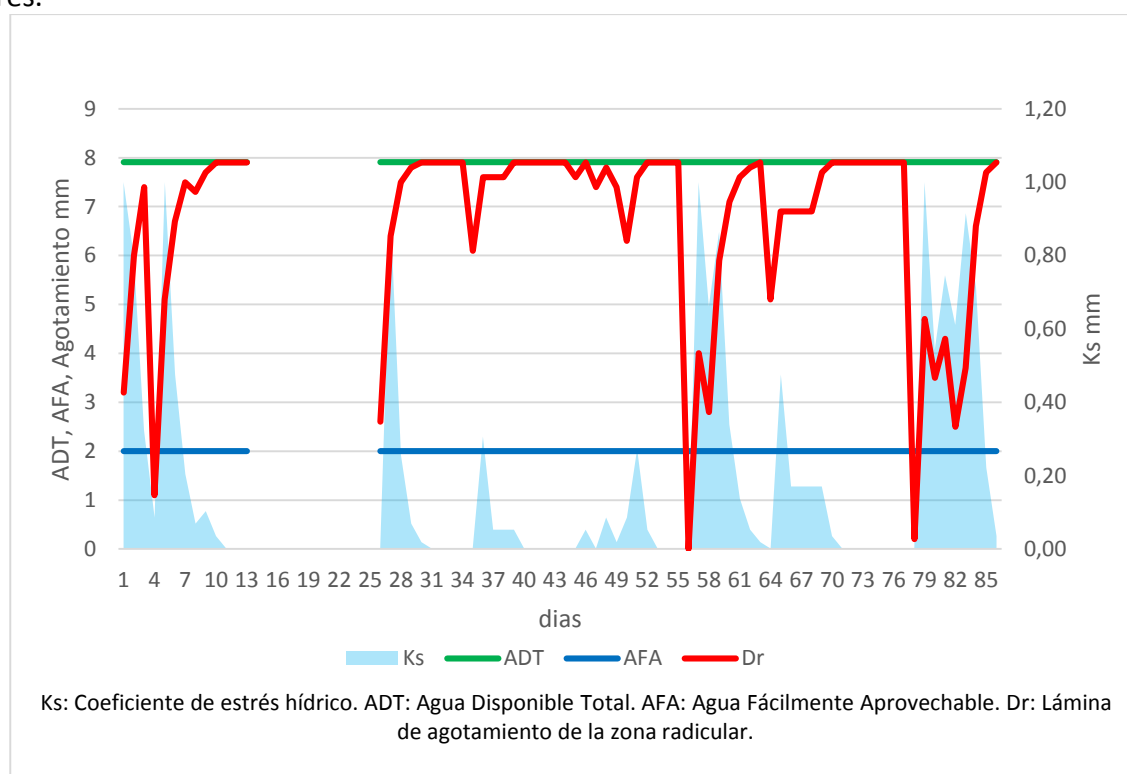


Figura 8. Balance hídrico agrícola, sistema productivo de cebolla, en el municipio de Ocaña (Norte de Santander), entre los meses de junio y agosto de 2014.

Producto de este ejercicio, se presentan las recomendaciones para implementar dos opciones tecnológicas integradas con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de cebolla en Ocaña (Norte de Santander).

Optimización del recurso hídrico:

Se fundamenta en la aplicación de una lámina de agua mediante sistema de riego, con el fin de suplir los requerimientos hídricos del cultivo y teniendo en cuenta el volumen de agua requerido y el momento y la frecuencia de aplicación.

Para implementar la opción tecnológica “optimización del recurso hídrico”, se validó un sistema de riego por microaspersión en el sistema productivo de cebolla. Esta tecnología consiste en aplicar agua en forma de lluvia muy fina, mediante dispositivos llamados micro aspersores; dichos dispositivos pueden ser de largo conducto, de orificio, de remolino o autocompensantes. El riego por microaspersión es homólogo a la aspersión; sin embargo, se diferencia de la aspersión convencional en que el caudal y la presión de cada aspersor son más bajas (Figura 9).



Figura 9. Riego por microaspersión, cultivo de cebolla ocañera.

Se decidió, a través de la participación local, implementar el riego por medio de un sistema de microaspersión teniendo en cuenta las siguientes características del riego:

- El área húmeda que cubre cada micro aspersor es reducida pero uniforme.
- Los componentes del sistema de riego por microaspersión son pequeños y económicos.
- La instalación del sistema de riego es fijo, lo que mejora la eficiencia de riego.
- Requiere bajos caudales para su operación.
- Los costos de operación son menores que los de sistemas convencionales de riego.
- Se adapta a la topografía y al suelo de la zona y disminuye el riesgo de erosionarlo.

- Opera a bajas presiones (de 15 a 35 PSI).
- Tiene un tamaño fino de gota de agua.
- Mejor uniformidad de la distribución del agua.
- Mayor eficiencia en el uso del agua.

Para implementar el riego por microaspersión, se deben analizar las condiciones biofísicas del suelo en la parcela seleccionada, las necesidades hídricas del cultivo y la oferta ambiental de la zona. Con base en ello, se establece la lámina de riego a utilizar. Los datos necesarios para este cálculo se especifican en la Tabla 4.

Tabla 4. Datos usados para calcular las necesidades de riego en la parcela de integración.

Datos utilizados para el cálculo de las necesidades hídricas	
Eficiencia en riego por microaspersión (E)	70 %
Profundidad de raíz (Pr)	20 cm
Clase textural del suelo	Franco
Capacidad de campo (CC)	36,9 %
Punto de marchitez permanente (PMP)	34,2 %
Densidad aparente (Da)	1,4 g.cm ⁻³
Uso consuntivo (evapotranspiración)	4 mm/día
Remanente de humedad	30 %
Jornada de trabajo (Jit)	10 h/día.

Fuente: (Corpoica, 2015c).

La evapotranspiración (ET_0) en el sistema productivo de cebolla se calculó usando el software ET_0 Calculator de la FAO; el cual realiza el cálculo de la evapotranspiración de referencia del cultivo (ET_0) por medio de la ecuación FAO Penman-Monteith. Los datos meteorológicos usados por el software fueron tomados a nivel de parcela mediante una estación meteorológica automática “Ambient weather” en el período comprendido entre los meses de junio y agosto de 2014.

Para mayor información sobre la tecnología de riego por microaspersión,
consultar SE – MAPA.

Incorporación de materia orgánica habilitada

Consiste en la fertilización del sistema productivo de cebolla incorporando materias orgánicas habilitadas o mejoradas. Las materias orgánicas habilitadas, como la gallinaza compostada y el lombricompost, son aquellas que han sido sometidas a procesos de fermentación y deshidratación en los cuales se eliminan microorganismos que pueden resultar nocivos y se estabiliza la concentración de elementos mayores disponibles como nitrógeno, fósforo, azufre, potasio y carbono.

La principal utilidad de la gallinaza compostada como fertilizante es su alto aporte de nutrientes para las plantas; adicionalmente, sirve como mejorador de suelo, ya que aumenta su capacidad de retención de agua. Sin embargo, el uso de gallinazas frescas, puede producir efectos adversos al suelo y a las plantas; se recomienda el compostaje (Estrada, 2005).



Figura 10. Preparación del terreno e incorporación de materia orgánica habilitada.

Por otra parte, el lombricompost posee una alta cantidad de nutrientes para las plantas; adicionalmente, cuenta con una alta población microbiana benéfica y fitohormonas promotoras del crecimiento vegetal, por lo que el material final debe mantenerse necesariamente entre 50 % y 60 % de humedad (Mora, 2003) (Figura 10).

Las enmiendas orgánicas se incorporan cuando se realiza el trazado de las eras y antes de la siembra, con la implementación de rastras o rotovator.

Ventajas comparativas que presentaron estas tecnologías integradas

Las ventajas comparativas se presentan bajo una condición restrictiva por déficit de humedad de suelo. Las opciones tecnológicas descritas anteriormente representan un marco de referencia, y se validaron en un área con suelos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelo y alta exposición a déficit hídrico, por lo cual su implementación se debe ajustar de acuerdo a la zonificación de aptitud agroclimática.

Con base en la información recolectada en la parcela de integración, se encontró que, con un sistema de riego por microaspersión y la incorporación de materia orgánica habilitada, se tuvo un incremento en la producción del **6,3 %**; y, al comparar el sistema tradicional (riego por manguera y gallinaza cruda) con las opciones tecnológicas, se incrementó la relación beneficio costo del sistema de **15 % a 21 %**.



Figura 11. Planta de cebolla afectada por raíz rosada.

Asimismo, con las tecnologías integradas, se puede reducir el efecto de las altas temperaturas y el déficit hídrico sobre el sistema productivo, mejorando las condiciones de humedad y aumentando los nutrientes disponibles en el suelo.

Con la implementación de materia orgánica habilitada, se disminuye la incidencia de patógenos como *Pyrenochaeta terrestris*, causante de la enfermedad de *raíz rosada* (Figura 11).

En la tabla 5, se presentan los datos del índice de productividad del agua en el sistema productivo de cebolla para la opción tecnológica del riego por microaspersión y para el manejo del riego tradicional con manguera; la diferencia es notable. La tabla incluye también los datos de la lámina total de agua utilizada y de la cantidad de cosecha que con ella se produjo; se evidencia que el uso de materia orgánica habilitada y el riego por microaspersión aumentan los rendimientos, en comparación con el uso de riego por manguera y gallinaza cruda.

Tabla 5. Índice de productividad del agua (IPA) aplicada por riego.

Tipo de riego	Lamina total de agua (m ³)	Total de producción (bultos)	Total de producción (kilos)	IPA (kg.m ⁻³)
Microaspersión	705,6	118	7375	10,4
Manguera	1231,2	97	6062	4,9

Fuente: (Corpoica, 2015c).

Otras prácticas se pueden implementar dentro del sistema productivo de cebolla en Ocaña para reducir la vulnerabilidad del sistema ante condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de cebolla en Ocaña, se pueden desarrollar prácticas culturales y tecnología que aumenten la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas, con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo o en el escenario de exceso de humedad contenidos en el sistema experto.

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:

Selección de material vegetal

En la selección del material se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Que el material vegetal esté adaptado a las condiciones ambientales de la región (suelos, topografía, clima) de manera que no se requieran intervenciones considerables para adecuar el ambiente en el que las plantas se desarrollan, lo que genera sobrecostos.
- Considerando que actualmente se utiliza semilla que se produce en la zona desde hace varios años, este material no es el más adecuado; ya que presenta gran variabilidad, baja producción y problemas fitosanitarios. Por tal razón, es importante contar con semilla certificada; con lo cual se pueden obtener plantas que presenten mejores características en cuanto a rendimiento, tolerancia o resistencia a enfermedades y plagas, formas y tamaños de bulbo.
- El material vegetal de propagación debe estar libre de enfermedades y problemas fitosanitarios; ya que, si no es así, se incurrirá en mayores costos de producción para el manejo de estos problemas y el rendimiento se puede ver afectado.

Uso de coberturas

- La cobertura de los suelos se emplea para dar solución a diferentes inconvenientes que pueden presentarse en los cultivos; entre ellos se encuentra el crecimiento de malezas o arvenses que pueden ser focos de plagas o de enfermedades. Las coberturas ayudan a regular la humedad en el suelo y la temperatura, promueven la biodiversidad microbiana en el suelo y facilitan el control de plagas.
- Las coberturas vivas pueden ser inconvenientes para el sistema productivo de cebolla; debido a que esta planta es poco competitiva frente a otras por factores como el agua, la luz y los nutrientes; por lo cual, se recomienda el uso de coberturas muertas, tipo paja, o residuos de material vegetal, teniendo en cuenta que se debe evitar la diseminación de semillas.

Manejo de la fertilidad

Las estrategias y los planes de fertilización deben definirse a nivel de finca; dado que cada lote posee características particulares de suelo y clima, las cuales definen el tipo y la cantidad de fertilizantes a utilizar, así como los tiempos de aplicación de los mismos.

El proceso de generar una estrategia de fertilización adecuada puede dividirse en tres etapas:

1. **Análisis de suelos:** utilizado para conocer las características físicas y químicas del suelo y, de esta forma, determinar la disponibilidad de nutrientes en la zona en donde se establecerá el sistema productivo para generar una estrategia adecuada de manejo de la fertilización para el cultivo.

La metodología propuesta por Corpoica (2005) para la toma de muestra de suelo comprende: (1) Toma de submuestras en puntos trazados en zigzag que permita cubrir el área total del lote para que el muestreo sea representativo. (2) Para la toma de cada submuestras se debe limpiar un área aproximada de 0,04 m² (20cm x 20 cm) a una profundidad de 3 cm de la superficie, con el fin de eliminar los residuos frescos de materia orgánica y otro tipo de residuos. (3) Realizar un hueco en forma “V” del ancho de una pala a una profundidad de 20 cm a 30 cm. (4) Extraer una muestra de 2 cm a 3 cm de grosor de la pared del orificio, con una pala limpia; descartar el suelo que queda en los bordes de la pala y depositar la muestra en un balde plástico limpio. (5) Una vez tomadas todas las submuestras, se mezclan; por último, se selecciona un kilogramo aproximadamente; el cual se debe empacar en una bolsa plástica bien rotulada: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de cultivo y número del lote. Esta muestra debe enviarse a un laboratorio certificado para realizar el análisis correspondiente.

Para producciones de 35 t.ha⁻¹, la cebolla bulbo extrae 128 kg.ha⁻¹ de N, 24 kg.ha⁻¹ de P, 99 kg.ha⁻¹ de K, 28 kg.ha⁻¹ de Ca y 6,3 kg.ha⁻¹ de Mg, aproximadamente. Un desbalance en cualquiera de los nutrientes repercute en la calidad y en el rendimiento total (Figueroa y Torres, 2016).

2. **Análisis de la información:** se deben seguir las recomendaciones del técnico o del agrónomo para definir el tipo de fertilizantes a emplear, las cantidades y las frecuencias de aplicación para garantizar que las plantas puedan disponer de los nutrimentos necesarios para lograr el crecimiento, el desarrollo y el rendimiento óptimos del sistema productivo. Estos cálculos deben tener en cuenta variables como: la disponibilidad de los nutrimentos en el suelo, el pH, la profundidad efectiva de las raíces, la eficiencia de los fertilizantes y el requerimiento nutricional de la planta, de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo. De igual forma, la recomendación técnica de la fertilización debe tener en

cuenta el escenario climático esperado para el período de ejecución del sistema productivo.

En épocas de déficit hídrico, se debe disminuir la aplicación de fuentes amoniacales de nitrógeno; así mismo, se debe revisar el contenido de los macronutrientes (N, P, K), ya que la baja disponibilidad de agua limita su movimiento hacia y a través de la planta.

3. **Ejecución y seguimiento:** el plan de manejo debe ejecutarse de acuerdo con la recomendación técnica, teniendo en cuenta las formas de aplicación y los productos a utilizar. Del mismo modo, se debe realizar un seguimiento continuo con el fin de visualizar los resultados del plan de fertilización y cambiar lo que sea necesario.

Establecimiento de cortinas rompevientos⁵

Las cortinas rompeviento son hileras de árboles o arbustos de diferentes alturas que forman una barrera opuesta a la dirección predominante del viento, alta y densa, que se constituye en un obstáculo al paso del viento.

Los beneficios de la implementación de esta técnica no sólo se hacen sentir en la reducción de los daños producidos por el viento, sino que, además, genera un microclima propicio para el desarrollo vegetal, reduce la erosión eólica, modifica la temperatura del aire y del suelo, reduce la evapotranspiración, mejora la distribución de la humedad en el suelo, reduce daños mecánicos y por marchitamiento, y mejora y protege la calidad de las cosechas.

Para planear el establecimiento de cortinas, se debe pensar en los efectos que se espera que tengan sobre los caminos adyacentes y las edificaciones, en los gastos indirectos y las bajas utilidades que generarían, y en el impacto sobre el sistema de drenaje. Por consiguiente, se recomienda apoyarse en la revisión de un profesional.

⁵ Para mayor información sobre barreras rompevientos, diríjase al siguiente link: <http://bit.ly/29Ltqvy>.

Frente a amenazas potenciales de exceso hídrico en el suelo, es importante analizar el 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 frente a dichas condiciones climáticas.

Manejo integrado de enfermedades

Bajo condiciones de exceso de humedad en el suelo, es común que se incremente la incidencia de enfermedades (principalmente de origen fungoso y bacteriano) en el sistema productivo de cebolla; por lo cual, es muy importante contar con una estrategia de manejo integrado de enfermedades para evitar pérdidas en el cultivo durante épocas de exceso de lluvias.

Las enfermedades que más limitan el cultivo de cebolla ocañera son:

- La mancha púrpura causada por el hongo *Alternaria porri* que sobrevive en los residuos del cultivo y se favorece por la alta humedad relativa y por temperaturas entre 21 y 30 °C.
- La pudrición del cuello causada por *Botrytis* sp., que permanece en residuos vegetales y en tejidos muertos hasta que se presenten condiciones favorables: humedad relativa alta, condensación de agua en los tejidos vegetales, luz difusa y fluctuaciones de temperatura entre 0 y 35 °C.
- La pudrición blanda causada por *Erwinia carotovora* y favorecida por la humedad en el bulbo; se presenta en cebollas que no han sido bien curadas.
- El mildew veloso causado por el hongo *Peronospora destructor* que esporula en noches con alta humedad relativa y a temperaturas moderadas (de 4 a 25 °C) e infecta bajo presencia de agua y temperaturas entre 7 y 16°C.
- Raíz rosada causada por el hongo *Pyrenochaeta terrestris* o *Phoma terrestris*, favorecida por la presencia de estiércol bovino; se nota con mayor presencia en

La estrategia de manejo de plagas y enfermedades debe seleccionarse con ayuda del asistente técnico de la zona. Sin embargo, la prevención es una estrategia fácil y efectiva.

cultivos recién abonados. Esta enfermedad se encuentra difundida totalmente en la zona cebollera de Ocaña y sus alrededores; por lo cual, se constituye como la enfermedad que mayores pérdidas causa en la zona.

A continuación, se presentan algunas recomendaciones para reducir la incidencia de los patógenos mencionados y de otros de menor importancia económica en el sistema productivo de cebolla:

1. Se deben evitar malos hábitos, como el empleo de abonos crudos y la aplicación de agua en exceso; ya que estos son los factores que más influyen en la diseminación de estas enfermedades.
2. En lo posible, utilizar semilla certificada, desinfectada y proveniente de cultivos libres de patógenos.
3. Realizar un muestreo previo de suelos para identificar la presencia de microorganismos que puedan ser patógenos para el cultivo.
4. Realizar muestreos constantes en el cultivo con el fin de identificar la presencia de enfermedades. Este muestreo, sumado al empleo de datos meteorológicos (temperatura del aire, horas de humedad relativa sobre 80 % y precipitación del día), permitirá identificar la existencia de condiciones que favorezcan el desarrollo de las enfermedades.

El manejo adecuado de problemas fitosanitarios requiere un diagnóstico oportuno y correcto; el cual se logra mediante el constante monitoreo del sistema productivo. Una vez identificado el agente causal de la enfermedad, se puede definir con exactitud la estrategia de manejo a implementar.

Manejo integrado de suelos

El manejo integrado de los suelos vincula una serie de prácticas culturales, agronómicas y mecánicas que buscan mantener una relación suelo-agua-plantas equilibrada para el crecimiento y el desarrollo adecuados de las plantas.

En condiciones de exceso de humedad en el suelo, las prácticas de manejo integrado de suelos deben propender por permitir un flujo adecuado de aguas freáticas y superficiales con el fin de reducir la escorrentía y controlar la erosión hídrica.

Entre las prácticas culturales, se sugiere construir obras de conservación de suelos para zonas de ladera. Según la FHIA (2011), algunas de estas obras son:

- **Siembra con curvas de nivel:** esta práctica consiste en hacer las hileras del cultivo en contra de la pendiente, siguiendo las curvas a nivel; es útil para siembras en suelos inclinados o en pendiente ($>5\%$), los cuales son propensos a deshidratarse y llegar a punto de marchitez permanente en épocas de déficit hídrico. Este tipo de siembra permite realizar otras actividades en el cultivo, como el desarrollo de canales de distribución de aguas lluvias; y facilita el desplazamiento de operarios en las labores de fertilización, cultivo y control de malezas, entre otras. Como esta práctica de conservación se aplica particularmente en suelos inclinados o de laderas, implica el uso de la herramienta llamada agronivel o nivel tipo "A"; con la cual, se trazan las curvas a nivel.
- **Establecimiento de barreras vivas:** las barreras vivas son hileras de plantas sembradas a poca distancia, en curvas de nivel, con el objetivo de conservar el suelo y protegerlo de la erosión. Reducen la velocidad del agua porque dividen la ladera en pendientes más cortas; sirven también como filtro, captando sedimentos que van en el agua de escurrimiento.

- **Barreras muertas de piedra para controlar la erosión:** son muros relativamente bajos que se construyen con piedras del lugar, siguiendo las curvas a nivel, para evitar la erosión en los suelos de ladera. Reducen la velocidad de la escorrentía y detienen el suelo que se erosiona en las partes superiores de la ladera; cuando van acompañadas de barreras vivas, mejoran la infiltración de agua y la fertilidad del suelo.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de cebolla en Ocaña, consultar SE – MAPA.

Como se expuso en las secciones 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los dos determinantes del riesgo agroclimático. La amenaza se define como la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas; la vulnerabilidad, como 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 tecnologías integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo frente al riesgo agroclimático. Es importante considerar que la viabilidad de adopción de dichas opciones tecnológicas no sólo responde a criterios técnicos, sino también a factores económicos; dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

A continuación, se presentan algunos criterios técnico-económicos para implementar 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 cebolla en el municipio de Ocaña, Norte de Santander

Dominios de recomendación

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

Para cada dominio (grupo de productores), se hacen recomendaciones de acuerdo a 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, etcétera). Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos y deben ajustarse a las particularidades de cada caso.

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

Para determinar los dominios de recomendación, se usa la información de encuestas aplicadas a productores. Luego, se hace un proceso de agrupamiento estadístico o tipificación (agrupamiento por tipos) de productores con características socioeconómicas y productivas similares. Esta información de las encuestas se emplea también para analizar la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y de capacidad adaptativa acordes a las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico que permita evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición climática limitante. El modelo se calcula para cada grupo resultante de la tipificación, lo que genera 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 exceso 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, 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 para el sistema productivo de cebolla en Ocaña

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

Se puede apreciar que la exposición a la condición climática de déficit hídrico es, en general, alta o muy alta para los productores de este sistema; lo que prioriza la necesidad de usar medidas de mitigación de efectos negativos asociados a déficit hídrico. El grado de sensibilidad que presentan los productores de Ocaña ante una condición de déficit hídrico es medio para todos los dominios; también la capacidad adaptativa es de grado medio para todos los productores de este sistema.

La columna final de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la implementación de enmiendas orgánicas asociadas a uso de riego por microaspersión, de acuerdo a las características de los productores de cada dominio; además, establece proporciones y posibles restricciones para la implementación.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el municipio de Ocaña (Norte de Santander)

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de Adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con menos de 1 hectárea, sin acceso a crédito y propietarios de la tierra.	Alta	Media	Media	Viable
2. Productores con predios de 1 a 2 hectáreas, acceso a crédito y no propietarios de la tierra.	Muy alta	Media	Media	Viable y prioritaria
3. Productores con 2 hectáreas, con acceso a crédito y propietarios de la tierra.	Alta	Media	Media	Viable
4. Productores con 2 hectáreas, con acceso a crédito, propietarios de la tierra y que presentan exposición muy alta ante una condición de déficit hídrico.	Muy alta	Media	Media	Viable y prioritaria

Fuente: Corpoica-CIAT (2015)

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación

Dominio 1

Los productores del dominio 1 se localizan en predios con áreas condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos, lo que los ubica en zonas con un alto grado de exposición agroclimática ante una condición de déficit hídrico. Debido a la alta incidencia de plagas y enfermedades, el ineficiente manejo integrado de éstas, el carácter inadecuado del sistema de riego utilizado y el manejo ineficiente del agua, la sensibilidad ante la condición climática es de grado medio. Por su parte, la capacidad de adaptación es de grado medio debido, principalmente, a que son productores con bajo acceso a créditos bancarios, son propietarios de la tierra y tienen asistencia técnica de calidad (Figura 12).



Figura 12. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 1.
Fuente: Corpoica-CIAT (2015)

De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación tecnológica resulta viable. Adicionalmente, se resalta que la disponibilidad de mano de obra familiar, por parte de estos productores, satisface la demanda asociada; incluso pueden venderse jornales lo que aumenta el capital disponible por parte del productor. En caso de resultar necesario, se debe buscar acceso a crédito para implementar las tecnologías durante los primeros períodos; para ello, se espera que el endeudamiento no supere el 50 % de los costos de la inversión, cuyo valor del préstamo va disminuyendo en los dos siguientes períodos y llega a tener un valor aproximado del 9 % de los costos para el período 4, a partir del cual ya no se requiere el crédito, dado que éste disminuye a través de los períodos y el capital tiene un aumento creciente hasta el final de la modelación, sugiriendo la viabilidad económica de las tecnologías.

Dominio 2

Los productores del dominio 2 se ubican en zonas con una exposición muy alta ante una condición de déficit hídrico ya que están localizados en nichos productivos con suelos no aptos para la producción de cebolla. El nivel de sensibilidad es de grado medio, debido al tipo de riego que utilizan (riego con manguera) mediante la técnica de “chispeado”, la cual no hace un uso eficiente del recurso hídrico. Por su parte, la capacidad adaptativa es de grado medio pues los productores tienen la mayor proporción de sus activos líquidos representados en animales, son dueños de los predios y tienen un buen servicio de asistencia técnica (Figura 13).



Figura 13. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 2.
Fuente: Corpoica-CIAT (2015)

El análisis microeconómico sugiere que la implementación de la tecnología propuesta es viable para los productores de este dominio, de acuerdo con el comportamiento del capital asociado al esquema de producción. Se deben cultivar al menos 1,1 hectáreas (55 % del área en proporción) con las tecnologías propuestas desde el primer período. La mano de obra familiar disponible cubre la demanda laboral del cultivo y pueden llegar a venderse jornales. En caso de resultar necesario, se debe acceder a crédito para implementar las tecnologías durante los primeros períodos. Dada la disponibilidad de capital de los productores de este dominio, se espera que el valor del endeudamiento no sobrepase el 60 % de los costos de la implementación de la tecnología. Finalmente, con las opciones tecnológicas, el comportamiento del capital es creciente y progresivo a lo largo del período de análisis, sugiriendo la viabilidad financiera de la implementación tecnológica.

Dominio 3

Los productores del dominio 3 se encuentran en zonas condicionadas a prácticas de manejo y conservación de suelos, lo que los ubica en un grado de exposición alto ante una condición de déficit hídrico. Debido a que presentan limitaciones para el acceso a recurso hídrico y para el manejo integrado de plagas y enfermedades, pero utilizan riego por aspersión; se encuentran bajo un grado de sensibilidad media ante una condición de déficit hídrico. Por su parte, la capacidad de adaptación es de grado medio; pues son productores dueños de los predios, tienen buena disponibilidad de mano de obra y sus activos líquidos están bien representados en animales (Figura 14).

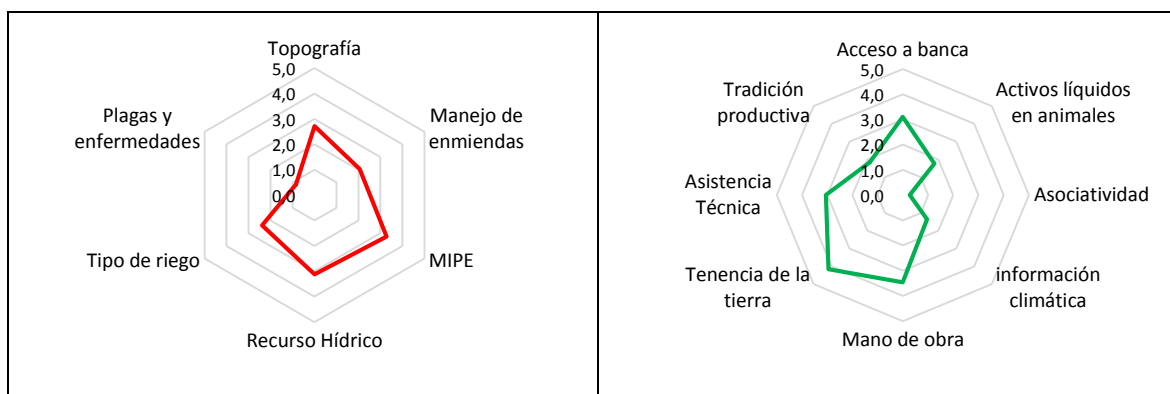


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 3.
Fuente: Corpoica-CIAT (2015)

El análisis microeconómico sugiere la viabilidad de las tecnologías propuestas, pues el comportamiento del capital asociado muestra la factibilidad financiera de la implementación de las opciones tecnológicas; no obstante, se deben sembrar al menos 0,7 hectáreas (un 35 % del área disponible) bajo el nuevo esquema de producción. Adicionalmente, se resalta que no se debe contratar mano de obra, pues la familiar es suficiente e, incluso, se pueden vender jornales. De resultar necesario, se debe acceder a crédito al menos durante los primeros períodos de cultivo. Dadas las condiciones de capital de los productores de este dominio, se espera que el valor del crédito para el primer ciclo se aproxime al 50 % de la inversión a realizar. Así mismo, se prevé que, dados los ingresos adicionales, resultado de la implementación tecnológica, se pueda pagar el valor del crédito adquirido sin inconvenientes.

Dominio 4

Los productores del dominio 4 se localizan en zonas no aptas para la producción de cebolla, lo que los ubica en un grado de exposición muy alto ante una condición de déficit hídrico. Son productores con esquemas ineficientes de manejo de plagas y enfermedades, y con acceso limitado a recurso hídrico; lo que los ubica como un conjunto de productores con un grado medio de sensibilidad ante una condición de déficit hídrico. Por otra parte, son productores con buena disponibilidad de mano de obra, son propietarios de los predios y tienen acceso a crédito bancario; lo que los hace un grupo con un grado medio de capacidad de adaptación ante una condición de déficit hídrico (Figura 15).

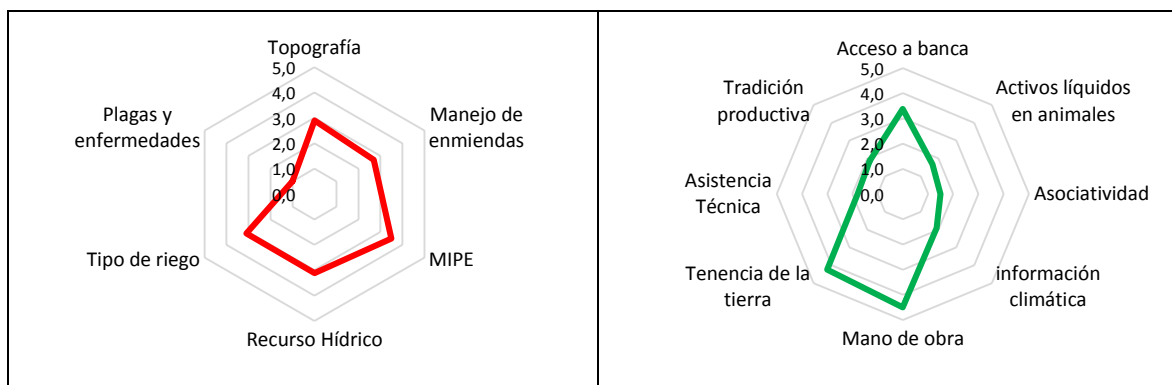


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio 4.
Fuente: Corpoica-CIAT (2015)

La recomendación para los productores del dominio 4 resulta ser la misma que la analizada para el dominio 3; pero, siendo de carácter más prioritario para este dominio, dada la exposición agroclimática. Nuevamente, la implementación de las opciones tecnológicas es viable de acuerdo con el comportamiento del capital asociado; no obstante, se deben sembrar al menos 0,7 hectáreas (un 35 % del área disponible) bajo el nuevo esquema de producción. No se hace necesario contratar mano de obra, pues la familiar satisface la demanda; incluso, se pueden vender jornales. En caso de que sea necesario, se debe acceder a crédito al menos durante los primeros periodos de cultivo.

REFERENCIAS

- Corpoica. (2005). Capítulo 1: Análisis de suelos y recomendaciones de fertilización para la producción ganadera. En Corpoica, *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones del Caribe y valles interandinos* (págs. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto de Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático..
- Corpoica. (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por eventos de variabilidad climática para cebolla (Ocaña y La Playa), lulo (Abrego y Teorama) y papa (Silos y Mutiscua)*. Proyecto: Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.
- Corpoica. (2015c). *Informe final: Parcela de integración del sistema productivo de cebolla, municipio de Ocaña, departamento de Norte de Santander*. Proyecto: Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe: Dominios de recomendación para los sistemas productivos de Norte de Santander y Nariño en el marco de la carta de entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No 002-2013*.
- Estrada, M. (2005). Manejo y procesamiento de la gallinaza. Artículo de revisión. *Revista Lasallista de Investigación*. Vol 2, No 1, 43-48.
- FAO. (1976). *A framework for land evaluation*. Soils bulletin: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FHIA. (2011). *Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Proyecto promoción de sistemas agroforestales de alto valor con cacao en Honduras*. Honduras: Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional.



Figuerola, M., y Torres, M. 2016. Cebolla: Bases nutricionales de la fertilización. Artículo en línea en: <http://bit.ly/29VwzMg>.

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

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

Mora, L. (2003). *Produciendo abono de lombriz*. Costa Rica: CIA - Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo.

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

Palmer, W. (1965). *Meteorological drought*. Departament of Commerce. Res. Paper.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingresa por:

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

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