



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema productivo de Caña panelera (*Saccharum officinarum*, L.)

Municipio de Útica
Departamento de Cundinamarca



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 Regional | Función en el proyecto |
|---------------------------------|---|
| María del Mar Galvis Rojas | Profesional de apoyo a la investigación |
| Néstor Aldemar Rincón Torres | Profesional de apoyo a la investigación |
| Jorge Iván Corzo Estepa | Profesional de apoyo a la investigación |
| Martha Marina Bolaños Benavides | Investigador Ph. D. |
| Gonzalo Rodríguez Borray | Investigador máster |
| Lilia Constanza Molano Bernal | 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 en pro del desarrollo de la parcela de integración. Sus aportes contribuyeron a obtener los resultados que se ven plasmados en este documento.

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Tibaitatá 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.



CONTENIDO

| | |
|--|----|
| Introducción | 1 |
| Objetivos..... | 2 |
| Riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña | 3 |
| Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y en el municipio | 4 |
| Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Útica | 4 |
| Exposición del sistema productivo de caña panelera a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Útica (Cundinamarca)..... | 9 |
| Zonas del municipio de Útica con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña panelera | 14 |
| Gestión de la información agroclimática y agrometeorológica para conocer el riesgo agroclimático en la finca..... | 16 |
| Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Útica (Cundinamarca)..... | 18 |
| Entresiembría con manejo integrado del sistema productivo..... | 20 |
| Siembra de especies nativas y barrera multiestrato | 20 |
| Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas | 21 |
| Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Útica (Cundinamarca).... | 23 |
| Sección 3: Implementación de las opciones tecnológicas entre los productores de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca) | 29 |



| | |
|--|----|
| Características de los dominios de recomendación para el sistema productivo de Caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca) | 30 |
| Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación..... | 31 |
| Referencias | 35 |



ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica (departamento de Cundinamarca)..... | 3 |
| Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Útica (Cundinamarca). | 5 |
| Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en municipio de Útica (1980-2011). | 6 |
| Figura 4. Mapa aptitud de uso de suelos para cultivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca). | 10 |
| Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en los meses de junio a diciembre. | 12 |
| Figura 6. Fases fenológicas de la caña panelera..... | 13 |
| Figura 7. Aptitud agroclimática del municipio de Útica para el cultivo de caña panelera bajo condiciones de déficit hídrico..... | 15 |
| Figura 8. Balance hídrico atmosférico del sistema productivo de caña panelera en el año 2015 para el municipio de Útica (Cundinamarca). | 18 |
| Figura 9. Balance hídrico agrícola para el cultivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca). | 19 |
| Figura 10. Frijol caupí en asocio con el sistema productivo de caña panelera. | 21 |
| Figura 11. A. Asocio caña con frijol caupí. B. Entresiembrado de plántulas de caña panelera provenientes de semillero. | 22 |
| Figura 12. Semillero de caña panelera. Parcela de integración Útica, Cundinamarca. Fuente: Corpoica (2015c). | 25 |



| | |
|--|----|
| Figura 13. Indicadores de sensibilidad (Izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio uno. | 32 |
| Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para los productores del dominio dos..... | 33 |
| Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para los productores del dominio tres. | 34 |



ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Duración de los eventos El Niño, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Útica para el periodo 1980-2011..... | 7 |
| Tabla 2. Duración de los eventos La Niña, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de Útica para el periodo 1980-2011. | 8 |
| Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica. | 12 |
| Tabla 4. Densidad de población de plantas de caña de acuerdo con diferentes distancias de siembra. | 24 |
| Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de caña panelera de Útica (Cundinamarca). | 31 |



INTRODUCCIÓN

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

Bajo 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. Para ello, se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas seleccionadas participativamente con agricultores, e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Cundinamarca fue priorizado el sistema productivo de caña panelera (*Saccharum officinarum* L.) en el municipio de Útica.

El presente documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera a condiciones de déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Útica, en el departamento de Cundinamarca.



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera (*Saccharum officinarum* L.) frente al riesgo agroclimático asociado a condiciones restrictivas de humedad en el suelo en el municipio de Útica (Cundinamarca), mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña

El riesgo agroclimático (IPCC, 2012) está expresado en función de la amenaza (eventos climáticos extremos) y la vulnerabilidad del cultivo, definida por su exposición y la sensibilidad de la especie al estrés hídrico. En la Figura 1 se exponen los elementos estructurales que determinan el riesgo agroclimático: la amenaza climática y la sensibilidad del sistema productivo de caña panelera. Como estrategia para disminuir la sensibilidad y aumentar la capacidad adaptativa del sistema productivo de caña panelera frente 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 y técnicas de los productores locales.

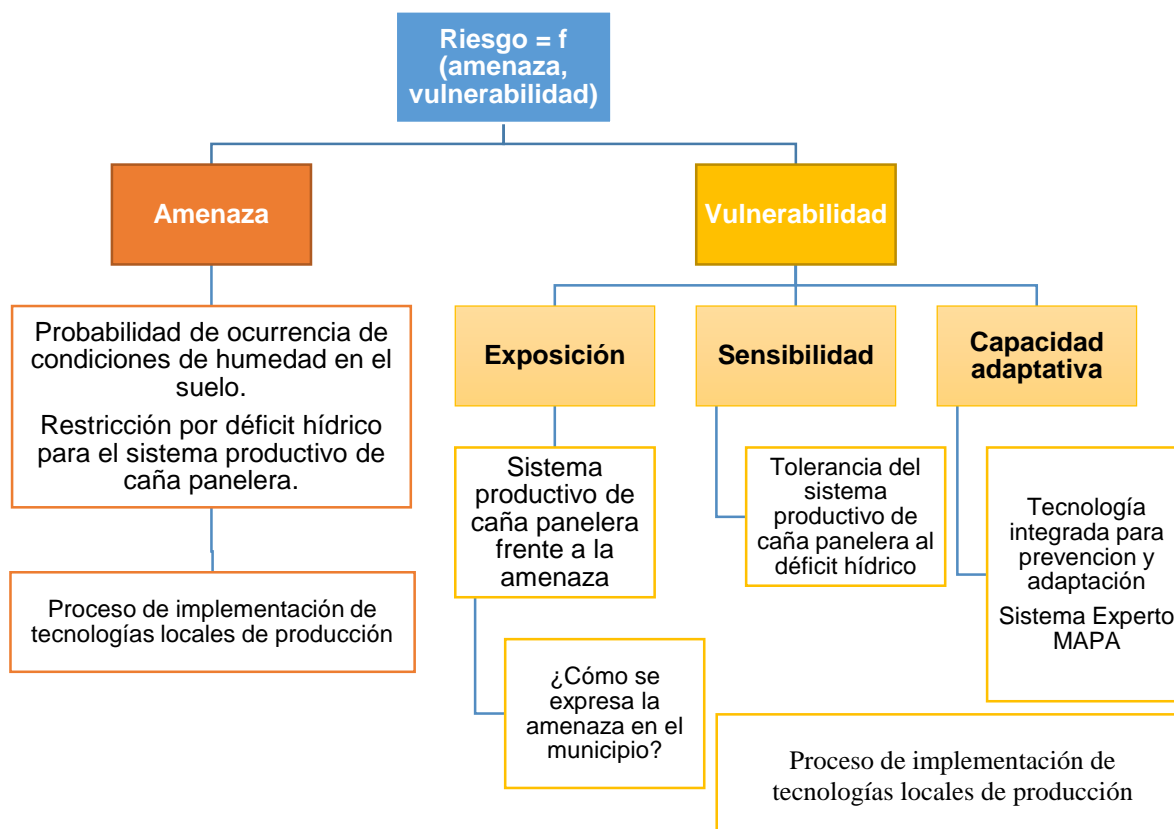


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica (departamento de Cundinamarca).

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, 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) y climáticas (distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración [ET₀], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

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

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Útica

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

El municipio de Útica pertenece a la subzona hidrográfica de Río Negro, la cual se identifica con el número 2306 en la figura 2. Se observa que el 3,3% del área se encuentra en altitudes inferiores a 500 msnm, el 88,4% de la zona se encuentra entre 500 y 1.000

msnm, y el 8,3% restante se encuentra por encima de 1.000 msnm presentando principalmente paisajes de montaña (figura 2).

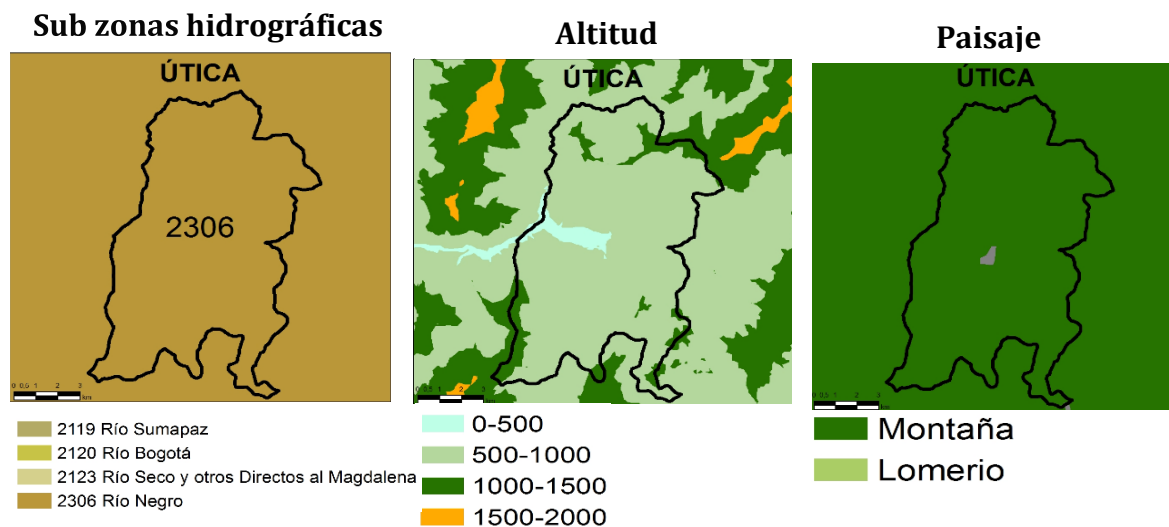


Figura 2. Variables biofísicas del municipio de Útica (Cundinamarca).
Fuente: Corpoica, (2015a).

El siguiente punto para analizar es la disponibilidad de las series climáticas (1980 – 2011), con las que es posible analizar el impacto de la variabilidad climática en eventos pasados, y así conocer los rangos en los cuales las variables climáticas pueden cambiar cuando se presenten nuevamente estos fenómenos. Dentro de la información empleada para el análisis climático del municipio de Útica se destacan:

Precipitación: Útica es el municipio con mayor precipitación de los municipios priorizados en Cundinamarca (1.808 mm/año) distribuida en dos temporadas de lluvias (trimestres marzo, abril y mayo; y septiembre, octubre y noviembre), una temporada seca a mitad de año (junio, julio y agosto) y una temporada de transición a principio de año (diciembre, enero y febrero).

En la figura 3 se muestra la dinámica de precipitación para Útica. La línea verde representa la precipitación promedio y, las barras rojas y azules la precipitación durante eventos de variabilidad asociadas a ENSO (El Niño South Oscillation), para este caso El Niño (1992) y La Niña (2010) respectivamente (Corpoica, 2015a). Se observa que cuando se presentan eventos El Niño se produce una reducción en las precipitaciones, siendo más marcada durante los meses de junio y julio, por lo cual se intensificaría la temporada seca que se

presenta en esta época del año. Igualmente se observa una reducción de las lluvias durante los meses de septiembre, octubre y noviembre afectando el segundo pico de lluvias del año.

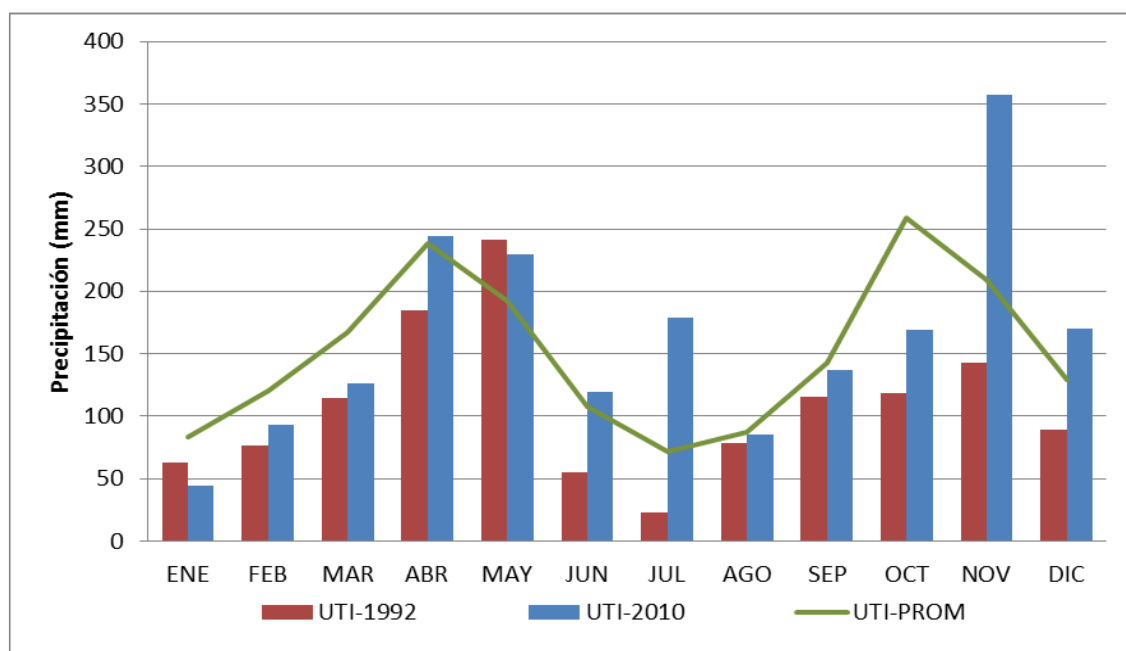


Figura 3. Precipitación en años extremos respecto al promedio multianual en municipio de Útica (1980-2011).

Fuente: Corpoica (2015a).

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña:

Permiten determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se debe revisar:

- El valor de la anomalía indica en que porcentaje podría aumentar o disminuir la precipitación.
- El valor del índice oceánico El Niño (ONI)¹, el cual indica qué tan fuerte fue El Niño (valores mayores a 0,5) o La Niña (valores menores a -0,5).

¹ El ONI expresa la magnitud de aumento o disminución de la temperatura promedio de la superficie océano Pacífico ecuatorial. Cuando la variación, durante por lo menos cinco meses consecutivos para ambos casos, supera valores de +0,5 °C se habla de un evento El Niño y cuando los valores son menores a -0,5 °C es un evento La Niña.. Este índice puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos:

Los valores ONI son útiles para visualizar las alertas de ocurrencia de este tipo de fenómenos. Este es calculado con base en un promedio trimestral móvil de la variación de la temperatura en °C del océano Pacífico (5°N-5°S, 120-170°O).

En la tabla 1 se observa el registro de los eventos El Niño en Útica entre los años 1980 y 2011. En general, se observa que las reducciones en la precipitación durante un evento El Niño oscilan entre -7% y -19%, con valores ONI entre 0,9 y 2,5. Sin embargo, durante los eventos El Niño de 2004 a 2005 y 2006 a 2007 se presentaron incrementos de la precipitación en 12% y 5%, respectivamente.

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

| | | | | | | | | | |
|-------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Inicio | may-82 | ago-86 | may-91 | may-94 | may-97 | may-02 | jun-04 | ago-06 | jul-09 |
| Fin | jun-83 | feb-88 | jun-92 | mar-95 | may 98 | mar-03 | feb-05 | ene-07 | abr-10 |
| 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 | -10% | -7% | -19% | -15% | -13% | -8% | 12% | 5% | -11% |

Fuente: Corpoica (2015a).

En la tabla 2 se presenta el registro de los valores ONI, la duración y el porcentaje de la anomalía para eventos La Niña en el municipio de Útica. Se observa que durante este evento las lluvias pueden aumentar desde 8% hasta 29% con respecto al promedio multianual del municipio. Son de destacar los fenómenos ocurridos en los periodos de octubre de 1984 a septiembre de 1985, septiembre de 1995 a marzo de 1996, y octubre del 2000 a febrero de 2001, en los cuales la precipitación se redujo 5%, 2%, y 9%, respectivamente, con respecto al promedio multianual del municipio. Este fenómeno ocurre debido a que existen otros factores, adicionales al ONI, que pueden regular el clima en una región determinada.

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

| | | | | | | | |
|-------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Inicio | Oct. 1984 | May. 1988 | Sep. 1995 | Jul. 1998 | Oct. 2000 | Sep. 2007 | Jul. 2010 |
| Fin | Sep. 1985 | May. 1989 | Mar. 1996 | Jun. 2000 | Feb. 2001 | May. 2008 | Abr. 2011 |
| Duración | 12 | 13 | 7 | 24 | 5 | 9 | 10 |
| Mínimo Valor ONI | -1,1 | -1,9 | -0,7 | -1,6 | -0,7 | -1,4 | -1,4 |
| Anomalía | -5 % | 16 % | -2 % | 8 % | -9 % | 25 % | 29 % |

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 (expansión de cuerpos de agua) o contracción de cuerpos de agua en eventos de sequía.

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

Exposición del sistema productivo de caña panelera a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de Útica (Cundinamarca)

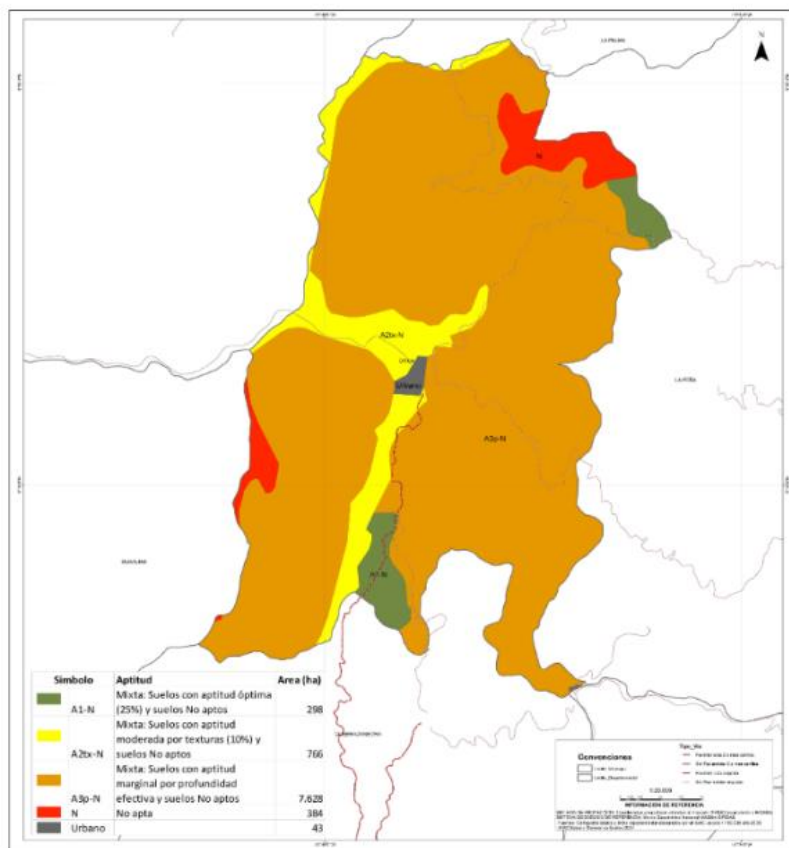
Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por el suelo y por la variabilidad de las condiciones climáticas. Esta exposición del cultivo varía en el tiempo y de acuerdo a su ubicación en el municipio. Para evaluar la exposición se debe identificar:

- **Las limitantes para el cultivo en el municipio:** revisando el mapa de aptitud de suelos para el sistema productivo (1:100.000). Es importante tener en cuenta que algunas limitantes biofísicas no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, textura). (Figura 4).

Para tener en cuenta: De acuerdo con el análisis realizado, usando la metodología propuesta por FAO (1976), el municipio de Útica presenta alta variedad de suelos, entre ellos entisoles, inceptisoles, alfisoles, molisoles, andisoles y vertisoles; predominando los dos primeros. Son suelos generalmente con buen drenaje (moderado a excesivo) y las profundidades efectivas varían desde muy superficiales a muy profundos, predominando las texturas medias a finas aunque también se presentan algunos con texturas gruesas. El valor del pH es en su mayoría de ligera a moderadamente ácido pero . Los suelos pueden presentar valores inferiores o superiores (incluso ligeramente alcalinos), no presentan problemas de aluminio y otros presentan valores muy altos de aluminio.

En el municipio de Útica se presentan aptitudes óptimas de suelo en el 3,3% (298 ha) del área total del municipio, aptitudes moderadas por textura asociadas a suelos no aptos en el 8,5% (766 ha).

Los suelos con aptitud marginal para el cultivo de caña panelera corresponden al 83,6% del área del municipio (7.628 ha) y están asociados con suelos clasificados como no aptos. Dadas las limitaciones de la profundidad por contactos líticos o alta pedregosidad y pendientes, se requiere el uso alternativo de los suelos con el fin de mitigar su deterioro, especialmente por erosión. Los suelos no aptos sin asociación ocupan un 4,2% del área (384 ha) y corresponden principalmente a suelos muy superficiales y con contactos líticos.








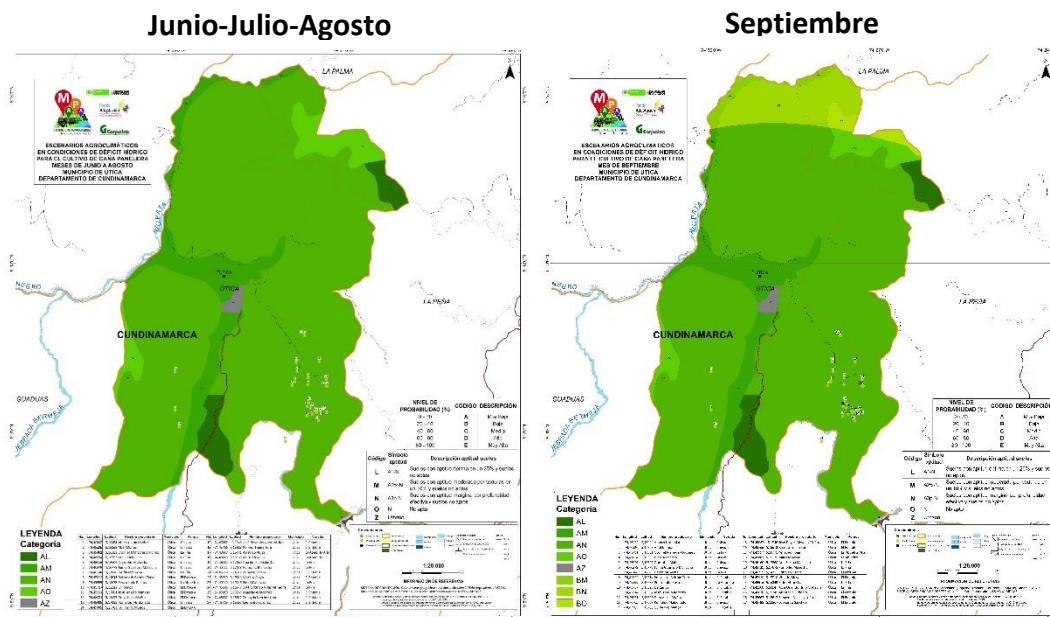
| Símbolo | | Aptitud | Área (ha) |
|---|---------------|---|-----------|
|  | A1-N | Mixta: Suelos con aptitud óptima (25%) y suelos No aptos | 298 |
|  | A2tx-N | Mixta: Suelos con aptitud moderada por texturas (10%) y suelos No aptos | 766 |
|  | A3p-N | Mixta: Suelos con aptitud marginal por profundidad efectiva y suelos No aptos | 7.628 |
|  | N | No apta | 384 |
|  | Urbano | | 43 |
| | Total general | | 9.120 |

Figura 4. Mapa aptitud de uso de suelos para cultivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca).

Fuente: Corpoica (2015b).

- **La probabilidad de déficit hídrico para el cultivo:** en los mapas de escenarios agroclimáticos, de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica. Según la categorización del índice de Palmer (Palmer W. , 1965), para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca), bajo una condición de déficit hídrico (categorías PDSI con valores $<-3,0$) se encontraron áreas con probabilidades bajas (áreas en tonos verde claro) y muy bajas (áreas en tonos verde oscuro) de ocurrencia de una condición limitante para el cultivo de caña panelera durante las ventanas de análisis (figura 5). Esta información, en conjunto con el conocimiento sobre las etapas fenológicas del cultivo (tabla 3, y figura 6), da una panorama que permite generar planes de manejo preventivos por parte de asistentes técnicos de la zona, favoreciendo la adaptabilidad del sistema productivo a estas condiciones.



Octubre-Noviembre-Diciembre

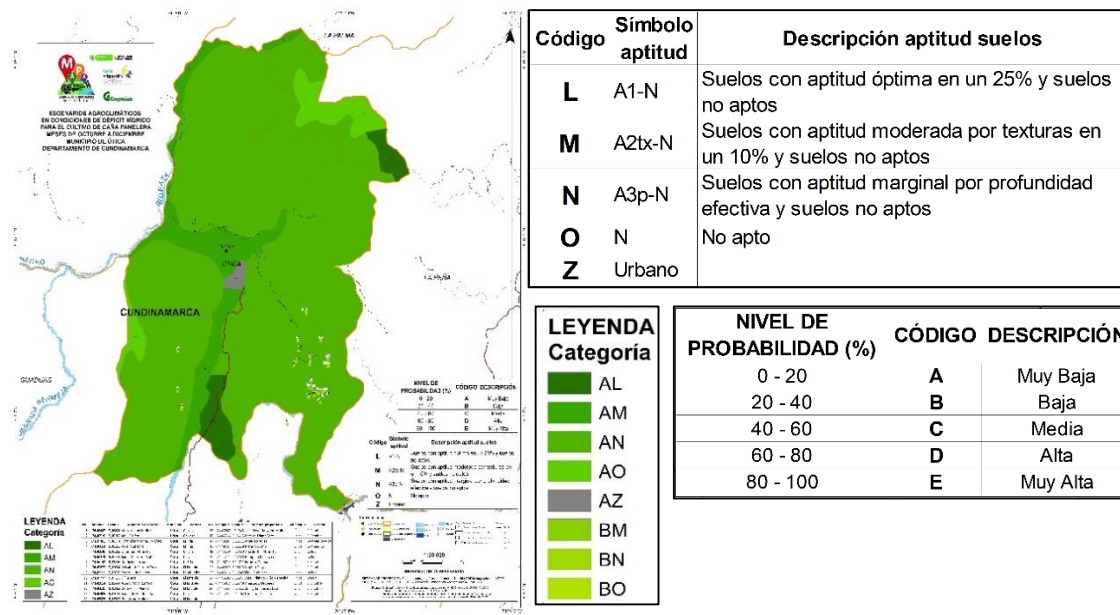


Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica, bajo condiciones de humedad restrictivas por déficit hídrico en los meses de junio a diciembre.

Fuente: Corpoica (2015b).

Tabla 3. Calendario fenológico para el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica.

| Etapa fenológica | Duración (días) | Ventana de análisis I | | | | | | | | | | | | Ventana de análisis II | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------|--------------------|-----------------------|---|---|---|-------|---|---|---|--------|---|---|---|------------------------|---|---|---|---------|---|---|---|-----------|---|---|---|-----------|---|---|---|
| | | Junio | | | | Julio | | | | Agosto | | | | Septiembre | | | | Octubre | | | | Noviembre | | | | Diciembre | | | |
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 | 1 | 2 | 3 | 4 |
| Fase de gran crecimiento | 210 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Maduración | 60 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cosecha | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Fuente: Corpoica (2015b).

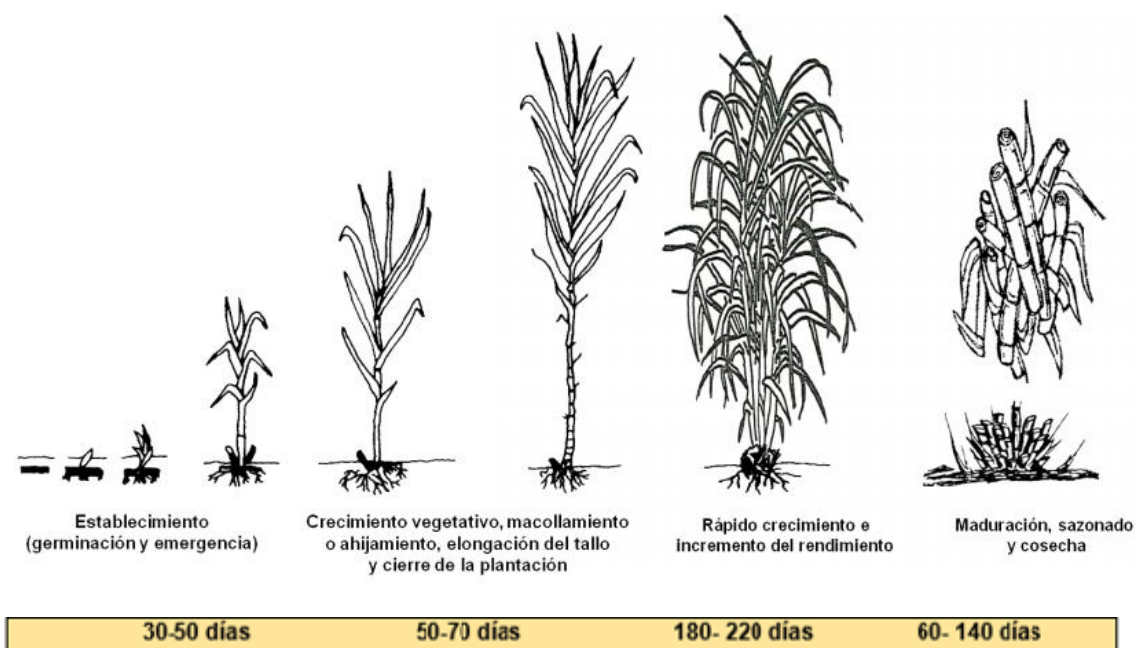


Figura 6. Fases fenológicas de la caña panelera.

Fuente: Benvenuti (2005).

Para tener en cuenta: El cultivo de caña panelera presenta una baja exposición al déficit hídrico durante sus fases fenológicas de rápido crecimiento, maduración y cosecha; sin embargo, en etapas fenológicas tempranas (germinación, emergencia y crecimiento vegetativo) esta exposición puede ser mayor, afectando la cantidad de plantas que se establecen en la parcela y, por ende, la producción total del sistema productivo. De acuerdo con Romero et al. (2006), el déficit hídrico en etapa de establecimiento puede reducir entre un 43% y un 100% del rendimiento del sistema productivo.

Las ventanas de análisis estudiadas para el municipio de Útica comprenden las fases de rápido crecimiento hasta maduración y cosecha, por lo cual no se contempló la exposición que tiene el sistema productivo de caña panelera al déficit hídrico durante su etapa de establecimiento y crecimiento vegetativo.

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

Zonas del municipio de Útica con mayor o menor riesgo agroclimático para el sistema productivo de caña panelera

En el mapa de aptitud agroclimática para el municipio de Útica (Figura 7) se puede observar las zonas del municipio con menor o mayor riesgo asociado a condiciones climáticas.

De forma general, el cultivo de caña en el municipio de Útica presenta tolerancia a las condiciones de déficit hídrico, desde la etapa de gran crecimiento hasta cosecha, debido a su condición como planta C4 por lo tanto, las aptitudes agroclimáticas identificadas para el cultivo de caña panelera en Útica, fueron:

- **Nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de suelos** se presentan (tono verde claro) con una ocupación del 95,3% del área total del municipio. En esta zona se encuentran ubicados la mayor parte de los productores de caña panelera del municipio.
- **Áreas con suelos no aptos** corresponde al 4,7% del área del municipio (figura 7, tono naranja). Estas áreas son categorizadas como restringidas, principalmente por presentar limitaciones de profundidad efectiva (por contactos líticos o alta pedregosidad y por las pendientes).

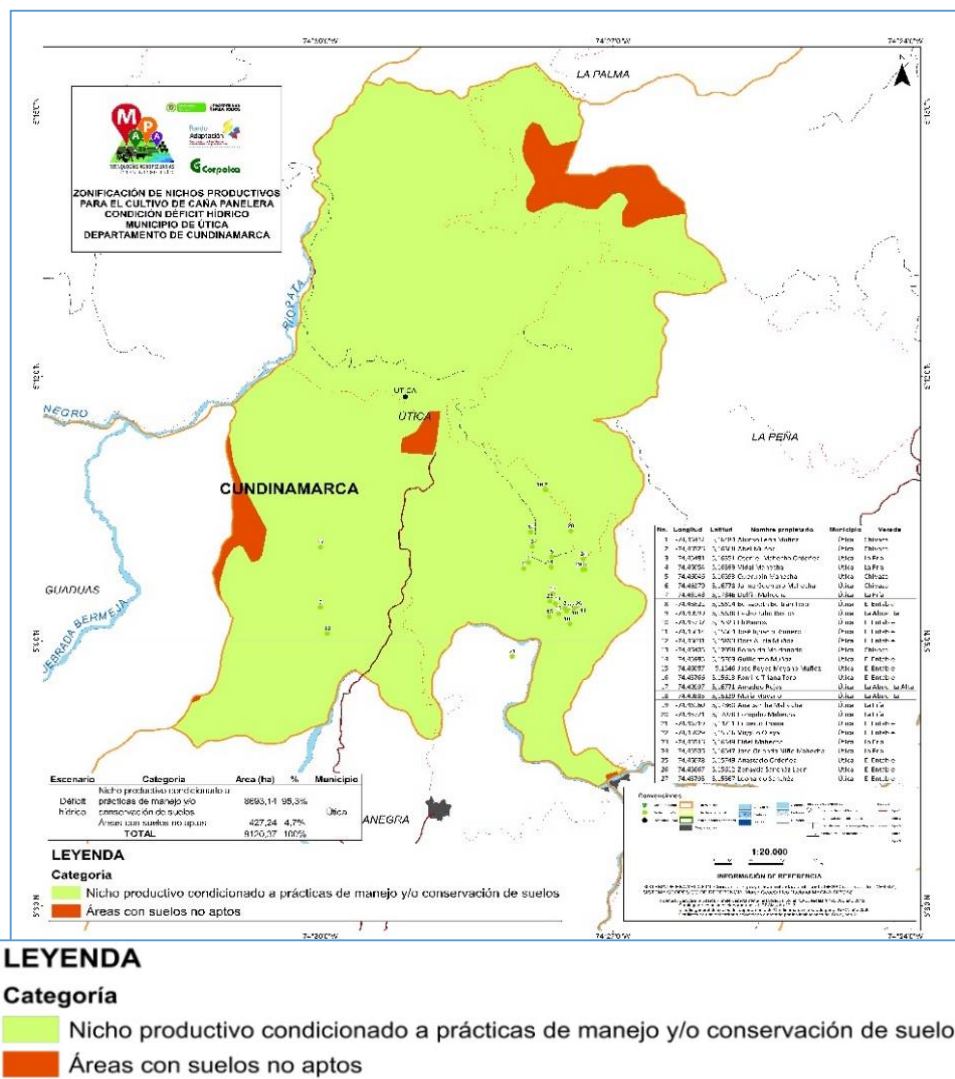


Figura 7. Aptitud agroclimática del municipio de Útica para el cultivo de caña panelera bajo condiciones de déficit hídrico.
Fuente: Corpoica (2015b).

Es importante recordar que el análisis de aptitud agroclimática del municipio debe realizarse teniendo en cuenta la etapa fenológica en la cual se encuentra el cultivo, dado que en etapas fenológicas tempranas las plantas de caña son más susceptibles al déficit hídrico, afectando su establecimiento en campo. Es por ello que para condiciones extremas de déficit hídrico, como las presentadas durante el año 2015, puede aumentar el riesgo de pérdida de productividad, principalmente durante etapas de establecimiento.

Para mayor información sobre aptitud agroclimática del cultivo de caña panelera en el municipio de Útica, consultar el 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 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. Esta información puede emplearse para mejorar la toma de decisiones operativas en el manejo de sistemas productivos. La *Guía de Prácticas Agrometeorológicas* de la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 2011) indica que la información que debe ser proporcionada a los productores agropecuarios para mejorar la toma de decisiones es la siguiente.

- Datos referidos al estado de la atmósfera (clima): obtenidos a través de una estación meteorológica que registre precipitación, temperatura, radiación y humedad relativa.
- Datos referidos al estado del suelo: seguimiento de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas en laboratorio.
- Fenología: seguimiento del desarrollo y crecimiento del cultivo.
- Prácticas agrícolas empleadas: labores culturales, control de plagas, enfermedades y malezas.
- Desastres climáticos y sus impactos en la agricultura: eventos extremos que afectan al sistema productivo tales como excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos.
- Distribución temporal: periodos de crecimiento, épocas de siembra y cosecha.



El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima, media, precipitación, humedad relativa, velocidad del viento y radiación) a escala diaria. Estas variables pueden ser analizadas durante el ciclo del cultivo (principalmente en etapas fenológicas críticas) y se pueden relacionar con las exigencias climáticas del sistema productivo, sus necesidades hídricas y sus rendimientos².

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

Sección 2: Prácticas que se pueden implementar para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de Útica (Cundinamarca)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas validadas con potencial para reducir los efectos que produce el déficit hídrico sobre el sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca). Estas opciones tecnológicas fueron implementadas entre los meses de mayo a octubre del año 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico (Figura 8) y déficit hídrico en el suelo, representado por el déficit hídrico agrícola (Figura 9).

En la Figura 8 **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se observa el balance hídrico atmosférico diario para el municipio de Útica durante el periodo comprendido entre el mes de mayo e inicios del mes de octubre de 2015. Se observa que durante la mayor parte de este periodo, se presentó una condición de déficit hídrico atmosférico, en el cual la evapotranspiración (E_t) fue mayor que la precipitación, dando como resultado un balance hídrico atmosférico negativo.

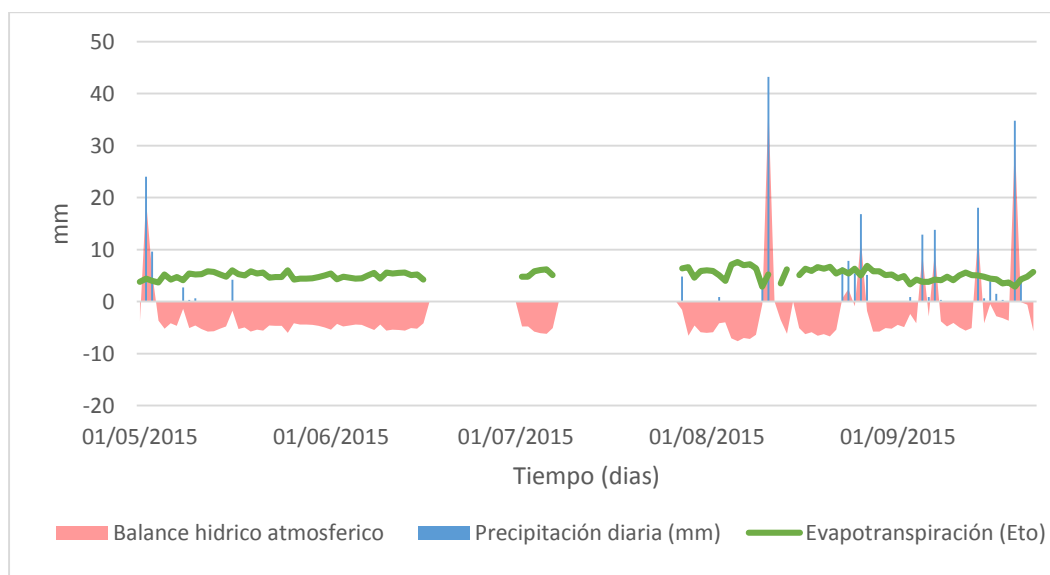


Figura 8. Balance hídrico atmosférico del sistema productivo de caña panelera en el año 2015 para el municipio de Útica (Cundinamarca).

Fuente: Corpoica (2015c).

Adicionalmente en la Figura 9 se presenta el balance hídrico agrícola para el sistema productivo de caña panelera en el que se describe la dinámica del agua en el suelo durante el periodo de evaluación de la parcela de integración. Se observa que 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 periodo de estudio. Este comportamiento indica que durante la mayor parte del tiempo de validación de las opciones tecnológicas, exceptuando algunos días de alta precipitación, se presentaron condiciones de déficit hídrico agrícola en el suelo para el sistema productivo de caña panelera; esta condición ocurre especialmente a finales del mes de mayo, época en la cual la lámina de agotamiento se acerca más al agua disponible total en el suelo (ADT). La condición de déficit hídrico también se refleja en el coeficiente de estrés hídrico (Ks), en el cual el valor 1 corresponde a condiciones óptimas de humedad y valores más cercanos a 0 indican mayor grado de estrés. Los anteriores resultados muestran que el agua que recibió el suelo producto de la precipitación no fue suficiente para suplir las necesidades hídricas del sistema productivo de caña panelera, por lo cual se presentó déficit hídrico.

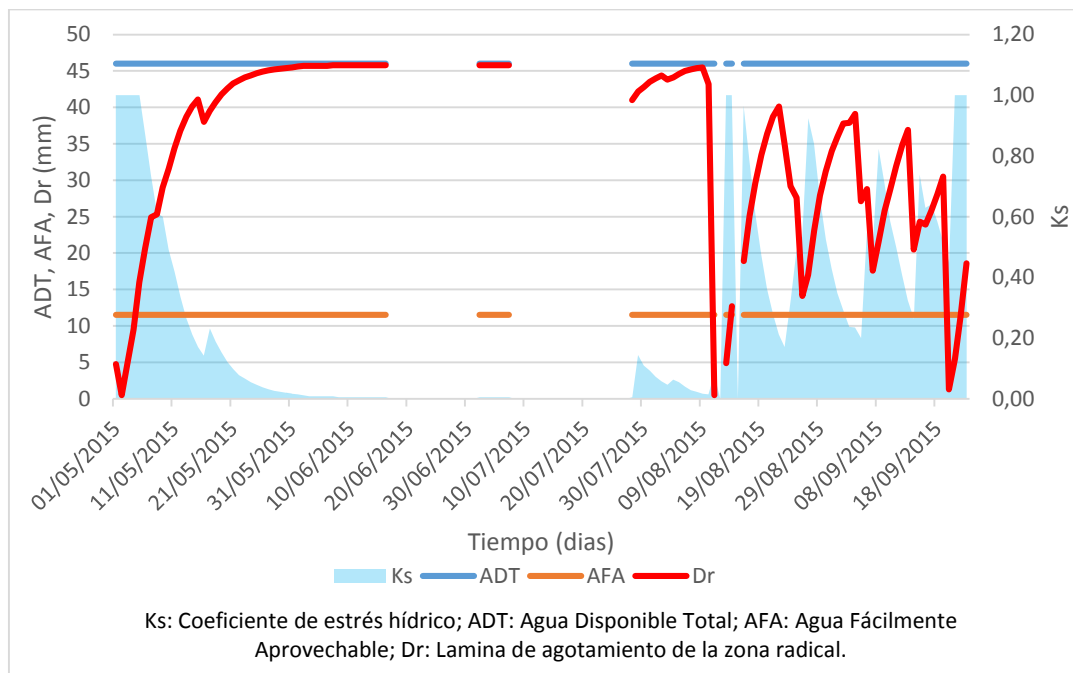


Figura 9. Balance hídrico agrícola para el cultivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca).

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de reducir la vulnerabilidad en el sistema productivo de caña panelera en Útica (Cundinamarca) a condiciones de déficit hídrico:

Entresiembrado con manejo integrado del sistema productivo

Esta práctica se basa en la siembra de caña en los espacios vacíos del lote generados por el continuo *entresaque* de tallos y la falta de renovación de plantas en el sistema productivo. La finalidad principal de esta práctica es recuperar espacios vacíos en el área de cultivo con plantas de caña productivas, con lo cual se mantiene la densidad de siembra del cultivo incrementando la producción del sistema.

Los espacios vacíos en el lote hacen que las altas temperaturas de la zona, sumado a alta velocidad de viento y bajos índices de humedad atmosférica, degraden los suelos haciéndolos más susceptibles a la erosión por desmoronamientos y agrietamiento; por lo cual esta práctica también reduce la erosión y pérdida de suelo en los lotes de cultivo (Corpoica, 2015c).

Para realizar esta actividad se recomienda propagar la semilla de caña mediante semilleros, utilizando las variedades adaptadas a la zona que presenten buenos rendimientos, bajos requerimientos nutricionales y tolerancia a periodos de sequía.

Siembra de especies nativas y barrera multiestrato

Con esta práctica se busca el establecimiento de un estrato arbóreo mediante la siembra de especies forestales como el guácimo (*Guazuma ulmifolia*) y un estrato herbáceo mediante la siembra de frijol arbustivo caupí (*Vigna unguiculata*) (figura 10). Estas actividades dan al agricultor la posibilidad de mejorar las condiciones de manejo del suelo y diversificar la producción dentro del sistema productivo.

Para el caso de la parcela de integración de Corpoica (Corpoica, 2015c) se utilizó la asociación entre el sistema productivo de caña panelera con frijol arbustivo caupí. Se usaron distancias de siembra para el frijol de 0,4 m entre surcos y 0,3 m entre plantas, y los surcos fueron ubicados asociados a las plantas de caña establecidas (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). Es importante señalar que estas distancias de siembra son determinadas dependiendo de la topografía del terreno y de las distancias de siembra utilizadas para el cultivo de caña panelera.



Figura 10. Frijol caupí en asocio con el sistema productivo de caña panelera.

Fuente: Corpoica (2015c).

Ventajas comparativas de las opciones tecnológicas integradas

Mediante la implementación combinada de las opciones tecnológicas integradas se busca reforzar algunas labores culturales que poco a poco se han perdido por parte de los agricultores de la zona.

La siembra de especies nativas (figura 11A) y barrera multiestrato evidenció una sinergia entre ambos sistemas productivos, observándose un mayor crecimiento y desarrollo de las plantas de caña panelera trasplantadas después de sembrar el frijol, en comparación con aquellos lotes en los cuales estaba solamente el sistema productivo de caña. Fue así

como se encontró mayor grosor (33,4 mm) durante la fase de gran desarrollo, en comparación de los tallos monitoreados en el tratamiento testigo (28 mm).

Adicionalmente, se encontró que repoblar los espacios vacíos en el lote con plantas de caña (figura 11B), manteniendo la densidad de siembra, protege el suelo de la erosión durante eventos climáticos de déficit hídrico. De igual forma, al utilizar esta tecnología se incrementa el número de plantas productivas de caña, aumentando la producción general del sistema.

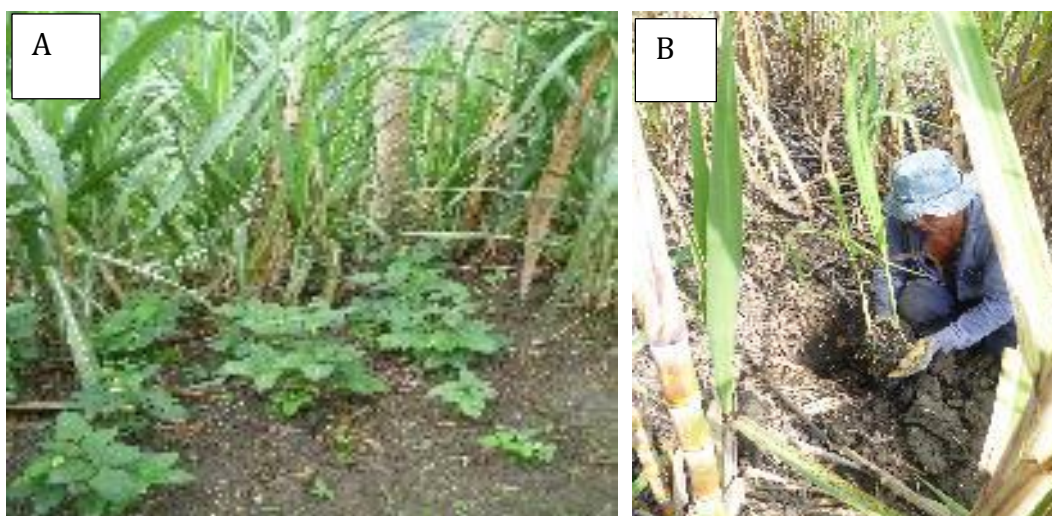


Figura 11. A. Asocio caña con frijol caupí. B. Entresiembrado de plántulas de caña panelera provenientes de semillero.
Fuente: Corpoica (2015c).

La siembra de frijol caupí en asocio con caña tiene ventajas adicionales, entre las que se destacan:

- Aporte de cantidades importantes de nitrógeno atmosférico al sistema productivo debido a su condición de planta leguminosa, la cual genera un asocio con bacterias fijadoras de nitrógeno atmosférico. Adicionalmente mejora las condiciones físicas del suelo por la acción de crecimiento de sus raíces.

- Generación de ingresos adicionales al productor mediante la venta de frijol, sumado a que por su alto contenido de proteína puede servir como sustituto de la carne en la dieta humana (Guerrero, 2010).
- Dado su rápido y extendido crecimiento brindar cobertura viva al suelo, generando de esta forma un microclima que mantiene la humedad del suelo en eventos de déficit hídrico. Además contribuye en la restauración de suelos altamente degradados, a través del aporte de materia orgánica (Gómez y Gutiérrez, 2015).

La propagación de especies arbóreas como el guácimo, que es usado como aglutinante en la agroindustria de la panela, puede favorecer directamente la producción de este material el cual es poco frecuente en el municipio.

Estas ventajas comparativas se presentaron durante una condición restrictiva por déficit hídrico en el suelo y pueden ser utilizadas como marco de referencia.

Prácticas complementarias para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera a déficit hídrico en el suelo, en el municipio de Útica (Cundinamarca)

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca) se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumentan la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas están contenidas en el sistema experto y tienen aplicación potencial tanto para condiciones de déficit hídrico en el suelo como para exceso de humedad.

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:

- **Establecimiento de semillero**

Esta labor permite la obtención de materiales de siembra libres de plagas y enfermedades, y con un vigor mayor a los obtenidos por medio de siembra directa (figura 13).

Para iniciar el montaje del semillero se debe conocer la magnitud del área destinada al cultivo, para así determinar la población a establecer, como también se debe tener en cuenta las densidades de siembra de acuerdo a las pendientes de la zona. Una densidad de siembra óptima, cuando las pendientes son altas y oscilan entre 25% y 50%, puede ser de 8.333 plantas/ha⁻¹, sembradas a una distancia de 1 m entre plantas y 1,2 m de distancia entre surcos (Tabla 4).

Tabla 4. Densidad de población de plantas de caña de acuerdo con diferentes distancias de siembra.

| Distancia de siembra Sistema de siembra mateado. | Número de cepas ideal en 100 m ² (10x10 m) | Número de cepas ideal en 1 ha (100 x 100 m). |
|--|--|---|
| 0,8 m x 1 m | 125 | 12.500 |
| 1 m x 1 m | 100 | 10.000 |
| 1,2 m x 1 m (lote con alta pendiente) | 83 | 8.333 |

Fuente: Maldonado, Santana y Jiménez (2006).

Para esta labor se recomienda propagar semilla vegetativa propia de la finca, dado que se encuentra adaptada a las condiciones climáticas de la zona. De la misma forma, se recomienda preparar un sustrato de crecimiento usando suelo y materiales orgánicos de la finca, lo cual asegura un buen comportamiento de las plántulas cuando sean trasplantadas a campo y no aumenta los costos del sistema productivo.

Se debe sembrar una semilla de caña, sin presencia visible de patógenos o daños mecánicos, por cada bolsa de sustrato asegurando por lo menos una yema viable por bolsa. A partir de este punto se debe realizar un seguimiento constante de las plántulas hasta que estas alcancen una altura promedio de entre 60 cm y 80 cm, momento en el cual están listas para el trasplante definitivo a campo.

De esta manera es posible obtener material de siembra sano y vigoroso con un establecimiento que puede llegar hasta el 80%, porcentaje superior al alcanzado con la siembra directa de semilla en campo (Corpoica, 2015c).



Figura 12. Semillero de caña panelera. Parcela de integración Útica, Cundinamarca. Fuente: Corpoica (2015c).

- **Análisis de suelos**

Corpoica (2005) propone una metodología para la toma correcta de las muestras de suelo que vayan a ser utilizada para hacer un diagnóstico a nivel físico y químico de las propiedades del suelo. Se recomienda hacer este análisis antes de iniciar cualquier labor, como también, de forma complementaria, al final de cualquier validación o actividad, llevando así un registro de los nutrientes que hay disponibles en el suelo y de cuáles deben complementarse. El protocolo comprende:

- Las submuestras deben tomarse siguiendo un trazado en zigzag con el fin de cubrir puntos del área total del lote para que el muestreo sea representativo.
- Para la toma de cada submuestra se debe hacer limpieza de un área aproximada de 0,04 m² (20 cm x 20 cm) con una profundidad de 3 cm de la superficie, ya que

de esta manera se eliminan residuos frescos de materia orgánica y de cualquier otro tipo.

- c. Realización de un hueco en forma de “V”, del ancho de un palin, a una profundidad de 20 a 30 cm.
- d. Con una pala limpia extraer una muestra 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 muestra en un balde plástico limpio.
- e. Mezcla de las submuestras en un recipiente limpio y selección de 1 kg de muestra, el cual se debe empacar en una bolsa plástica previamente marcada con los siguientes datos: nombre del propietario, nombre de la finca, ubicación geográfica, tipo de sistema productivo y número del lote, entre otros.

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

- **Plan integrado de fertilización:** Para mantener la capacidad productiva de los suelos es necesario generar una integración entre prácticas de nutrición vegetal y de mejoramiento de las condiciones físicas químicas y biológicas de los suelos, las cuales permitan un balance entre los nutrientes existentes en el suelo y los requeridos por las plantas de cultivo. Esta práctica actualmente no se realiza en el municipio de Utica; o no se hace de la forma adecuada.

Los cálculos de la disponibilidad de nutrientes para las plantas inferidos a través de los análisis de suelo, se basan en los siguientes conocimientos:

- a) Disponibilidad y movilidad de nutrientes en el suelo.
- b) Requerimiento nutricional de la planta.
- c) Edad de la plantación.
- d) Estado fenológico de las plantas.
- e) Variedad de la caña sembrada.
- f) Tasas de mineralización.
- g) Profundidad efectiva.
- h) Eficiencia del fertilizante.

Durante épocas de déficit hídrico se debe disminuir la aplicación de fuentes amoniacales de nitrógeno. Así mismo, se requiere 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.

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

- **Cubierta muerta:** Es una capa delgada o un colchón de cualquier material orgánico que no se incorpora, sino que se deja en la superficie del terreno. Se forma de materiales de origen vegetal como plantas de malezas cortadas o rastrojo cercano al cultivo.

Para el caso de la parcela de integración se utilizaron las hojas residuo de la cosecha de socas anteriores, generando un colchón alrededor de las plantas de caña principalmente en los espacios vacíos donde el suelo estaba totalmente descubierto, haciéndose más propenso a una resequedad crítica en época de sequía; de esta forma se reducen las pérdidas de agua por evaporación. Adicionalmente, las hojas de caña poseen cerca del 48% de materia seca y un contenido de fibra bruta del 42%; presentando una relación carbono nitrógeno de 62:1, aproximadamente (Osorio, 2007), por lo cual es una importante adición de materia orgánica al suelo.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de caña panelera en Útica (Cundinamarca), consultar el SE-MAPA



Como se expuso en la sección 1 y 2, la amenaza y la vulnerabilidad son los determinantes del riesgo agroclimático. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones 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 solo responde a criterios técnicos, sino también económicos, dado que un sistema productivo está determinado, además, por las características socioeconómicas de los productores.

A continuación se presentan algunos criterios técnico-económicos para la implementación de las opciones tecnológicas 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 caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca)

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

Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo 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, etc.) Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos, que deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.

Determinación de los dominios de recomendación

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. La información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, acordes a las condiciones biofísicas, técnicas y socioeconómicas del sistema productivo.

Por otro lado, se desarrolla un modelo microeconómico para evaluar la viabilidad financiera de las opciones tecnológicas que se proponen para enfrentar la condición

climática limitante, el cual se calcula para cada uno de los grupos resultantes de la tipificación, generando diferentes soluciones de viabilidad dependiendo de las características de cada grupo. A partir de información climática de los municipios se generan mapas de exposición a los riesgos agroclimáticos de déficit o excesos hídricos y, esta información se cruza con la tipificación y los resultados de la modelación. Los dominios entonces se definen teniendo en cuenta el grado de exposición al evento climático y, el grupo de la tipificación socioeconómica y técnica al que pertenece cada productor. La recomendación para cada dominio, respecto a la adopción de las tecnologías, se basa en el análisis de vulnerabilidad y la solución del modelo, dando como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación para el sistema productivo de Caña panelera en el municipio de Útica (Cundinamarca)

En la **Tabla 55** se presentan los dominios de recomendación con sus respectivas características de agrupación. En las columnas dos, tres y cuatro se presenta el grado de exposición, el grado 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 baja para todos los productores de este municipio. Por el contrario, el grado de sensibilidad que presentan los cultivos de caña de los productores de Útica ante una condición de déficit hídrico es alta para todos los dominios. De otro lado, la capacidad adaptativa es media para todos los dominios de recomendación.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera de la práctica de entresiembrado en conjunto con la siembra de frijol caupí, de acuerdo a las características de los productores de cada dominio, estableciendo además proporciones y posibles restricciones para la implementación. Para este caso, la implementación del esquema de producción es viable para todos los productores.

Tabla 5. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de caña panelera de Útica (Cundinamarca)

| Dominio | Exposición | Sensibilidad | Capacidad de adaptación | Viabilidad financiera de opción tecnológica |
|---|------------|--------------|-------------------------|---|
| 1. Productores sin acceso a crédito, con disponibilidad de agua para riego y con baja exposición a déficit hídrico. | Baja | Alta | Media | No Viable |
| 2. Productores con acceso a crédito, con disponibilidad de agua para riego y con baja exposición a déficit hídrico. | Baja | Alta | Media | Viable |
| 3. Productores con acceso a crédito, con disponibilidad de agua para riego y con baja exposición a déficit hídrico. | Baja | Alta | Media | Viable |

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio de recomendación

Dominio 1

Los productores de este dominio se caracterizan por tener en general áreas de cultivo más grandes que los demás grupos de productores, no presentan acceso a crédito y no fertilizan los cultivos, pero tienen disponibilidad de agua para riego. Estos productores también tienen manejos de factores fitosanitarios muy limitados y no fertilizan los cultivos, lo que los ubica como un grupo de productores con sensibilidad alta ante una condición de déficit hídrico. La capacidad de adaptación de estos productores es de grado medio, esto se debe a que son propietarios de la tierra, tienen buena disponibilidad de información climática y presentan adecuados acuerdos de compra del producto. No obstante, limita la falta de acceso a crédito y la insuficiente disponibilidad de mano de obra familiar (Figura 13).

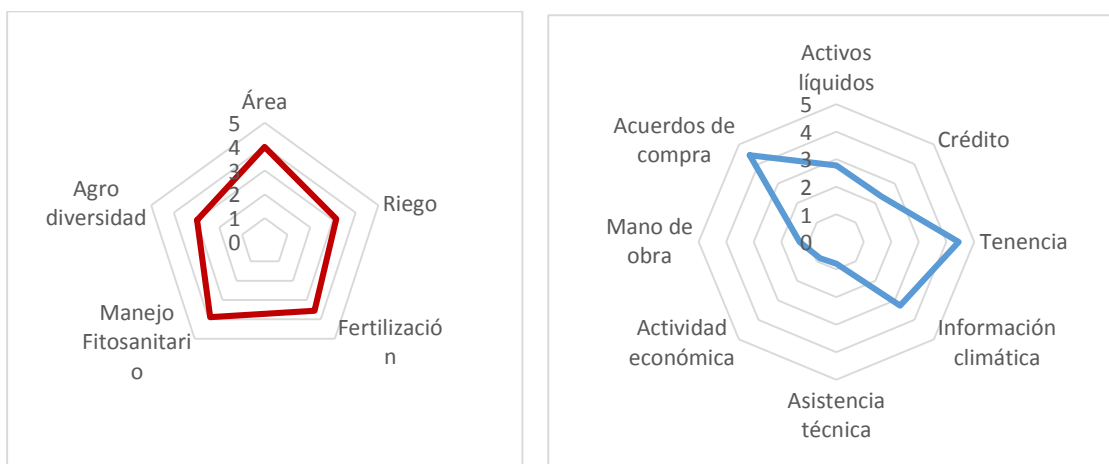


Figura 13. Indicadores de sensibilidad (Izquierda) y capacidad de adaptación (derecha), para los productores del dominio uno.

De acuerdo al análisis microeconómico, la implementación de la tecnología propuesta (entresiembrado en asocio a siembra de frijol caupí) es viable de acuerdo al capital financiero asociado a ese esquema de producción. Se prevé que para los productores con predios de mayor tamaño se haga necesario el uso de crédito bancario para la implementación de la inversión, al menos para cubrir el incremento en los costos de producción, en mayor medida asociada a la mano de obra a contratar. Por esto, se sugiere que durante los primeros periodos de producción la implementación de la tecnología propuesta se combine con el esquema de producción tradicional, de forma que la producción con la nueva tecnología cubra al menos el 60% del predio y paulatinamente se convierta en el 100%, según lo permitan los excedentes en los ingresos asociados. Finalmente se resalta que pese a la necesidad de incremento de la mano de obra a contratar, esto no se convierte en un limitante para la implementación de la tecnología y que los excedentes asociados permitirán con facilidad el pago del endeudamiento por crédito.

Dominio 2

Este grupo de productores se caracteriza por la disponibilidad, el acceso y uso de créditos bancarios, y en cambio no disponen de agua para riego de sus cultivos. Por otra parte, este conjunto de productores no fertiliza las plantas, presenta un esquema insuficiente de manejo fitosanitarios, lo que los ubica como un grupo de productores con cultivos con alta sensibilidad ante una condición de déficit hídrico. Sin embargo, los productores de este

dominio presentan capacidad de adaptación media ante el déficit hídrico dado que son propietarios de la tierra, tienen la disponibilidad a la información agroclimática y cuentan con acuerdos adecuados de comercialización del producto. No obstante, se ven afectados por la limitante de disponibilidad de mano de obra familiar y de asistencia técnica de calidad en campo (Figura 14).

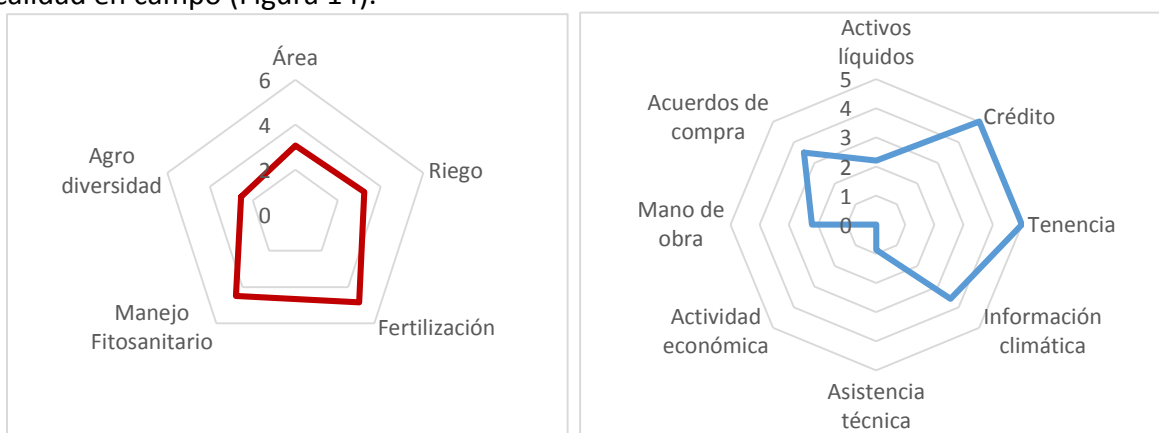


Figura 14. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para los productores del dominio dos.

De acuerdo al análisis microeconómico, la implementación de la tecnología es viable para este conjunto de productores de acuerdo al comportamiento del capital asociado al nuevo esquema de producción. De la misma forma que en el dominio uno, se prevé que para los productores de mayor tamaño de predio se haga necesario el uso de créditos bancarios para cubrir los costos adicionales asociados a la inversión. En este caso, al presentarse menor carencia de mano de obra familiar, se recomienda que sea implementada la tecnología para la totalidad de predio desde el primer ciclo de producción.

Dominio 3

Este grupo de productores se caracteriza por tener acceso y disponibilidad de créditos bancarios, al mismo tiempo que posee disponibilidad de agua. En contraste, este grupo de productores no fertiliza las plantas y tiene serias dificultades con el esquema de manejo de problemas fitosanitarios, lo que ubica sus cultivos como de alta sensibilidad ante una condición de déficit hídrico. Por otra parte estos productores presentan un nivel de capacidad de adaptación media, al igual que los demás dominios; en virtud de la condición de tenencia de la tierra, el acceso a crédito, la disponibilidad de información climática,

sumado a la falta de suficiente disponibilidad de mano de obra familiar y asistencia técnica en campo de calidad (Figura 15).

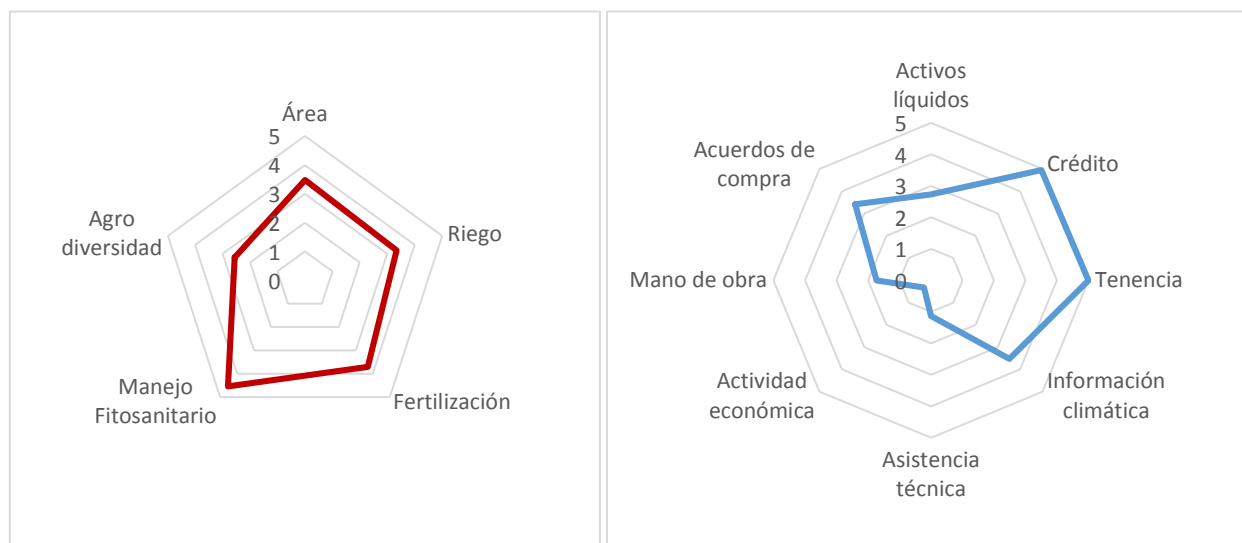


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (izquierda) y capacidad de adaptación (derecha) para los productores del dominio tres.

De acuerdo al comportamiento del capital financiero resulta viable la implementación de la opción tecnológica propuesta. En cuanto al análisis microeconómico, este sugiere que puede llegar a hacerse necesario el acceso a crédito bancario para el primer ciclo de producción y así cubrir los gastos adicionales. Por esto, se sugiere que durante el primer periodo de producción la implementación de la tecnología se combine con el esquema de producción tradicional, de forma que la producción con la nueva tecnología cubra al menos el 75% del predio y paulatinamente se convierta en el 100%, según lo permitan los excedentes en los ingresos asociados. Finalmente se resalta que pese a la necesidad de incremento de la mano de obra a contratar, esto no se convierte en un limitante para la implementación de la tecnología y que los excedentes asociados permitirán con facilidad el pago del endeudamiento por crédito.

REFERENCIAS

- Benvenuti, F. (2005). *Relação de índices espectrais de vegetação com a produtividade da cana-de-açúcar e atributos edáficos* Dissertação (Tesis de maestría). Recuperada de goo.gl/xcyc5V
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2005). Análisis de suelos y recomendaciones de fertiizacon para la producción ganadera. En Corpoica (Ed.), *Producción y utilización de recursos forrajeros en sistemas de producción bovina de las regiones de caribe y valles interandinos* (pp. 1-10). Mosquera: Produmedios.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2014). *Reducción del riesgo de adaptación al cambio climático - tercer informe semestral Productos 1 y 2*. Mosquera: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria,
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos. Proyecto de Reducción y Adaptación al cambio climático*.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015b). *Producto 2: Mapas de aptitud agroclimática e identificación de nichos productivos por evento de variabilidad climática de pastos para ganadería de leche (Úbate), caña panelera (Útica, y mango (Anapoima). Proyecto de Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático*.



Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica). (2015c). *Informe final: Parcela de integración del sistema productivo caña panelera, municipio de Útica, departamento de Cundinamarca. Proyecto: Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático:*

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1976). *A framework for land evaluation. Soils bulletin, 32.* Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Gómez, W., & Gutiérrez, J. (2015). *Respuesta fisiológica del frijol caupi Vigna unguiculata L., utilizado como abono verde en cultivo asociado con caña de azúcar Saccharum officinarum L., en suelos Pachic Haplustolls del municipio El Cerrito- Valle del Cauca* Tesis para optar al título de Agrónomo). Recuperado de goo.gl/iiEkX9

Guerrero V. (2010). *Manual de leguminosas y abonos verdes para una agricultura sostenible y soberanía alimentaria.* Recuperado de goo.gl/FGFR32

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

Maldonado, G., Santana, N., & Jiménez, D. (2006). *Prácticas sostenibles en el sistema productivo de caña panelera.* Bogotá: Corpoica - Pronatta.

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

Osorio, G. (2007). *Buenas Prácticas Agrícolas -BPA- y Buenas Prácticas de Manofactura -BPM- en la producción de caña y panela.* Medellín: FAO, Corpoica.



Palmer, W. (1965). *Meteorological drought. Department of Commerce. Research Paper No. 45.* Washington: Department of Commerce.

Romero, E., Scandaliaris, J., Tonatto, J., Leggio, M., & Alonso, L. (2006). Efecto de los principales factores de manejo de la plantación en la emergencia de caña planata en Tucumán, Argentina. *Revista Industrial y agrícola de Tucumán*, 38(1-2),19-28.

Viveros, V. (2011). *Identificación de características asociadas con la mayor eficiencia en el uso de agua para la producción de caña de azúcar* (Tesis doctoral). Recuperado de goo.gl/JKuDqf



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>