



Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de piña (*Ananas comosus*)

**Municipio de El Peñón
Departamento de Bolívar**



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
Manuel Ramón Espinosa	Investigador máster
Luis Manuel Carvajal	Profesional de apoyo a la investigación
Sony de la Consolación Reza García	Investigador Ph. D.
William Felipe Melo Zipacon	Profesional de apoyo a la investigación
Martha Marina Bolaños Benavides	Investigador Ph. D.
Antonio María Martínez Reina	Investigador Ph. D.
Gonzalo Rodríguez Borray	Investigador máster
Carlos Eduardo Ospina Parra	Investigador máster
Jorge Leonardo Abril Castro	Profesional de apoyo a la investigación



AGRADECIMIENTOS

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

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

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

A todos los integrantes del proyecto MAPA del C. I. Turipaná, que participaron en las diferentes actividades del Plan de Manejo Agroclimático Integrado de los sistemas productivos priorizados.

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

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



TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	VII
OBJETIVOS	2
Riesgo agroclimático para el sistema productivo.....	3
Sección 1: Factores que definen el riesgo agroclimático en el departamento y municipio ..	4
Amenazas derivadas de la variabilidad climática en El Peñón	4
Exposición del sistema productivo de piña a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Peñón	9
Zonas del municipio de El Peñón el sistema productivo piña tendría un mayor o menor riesgo de pérdida productiva	14
Riesgo agroclimático en la finca Gestión de la información agroclimática – agrometeorológica.....	16
Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de El Peñón (Bolívar).....	18
Ventajas comparativas de las tecnologías integradas	23
Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña a condiciones restrictivas de humedad en el suelo	25
Sección 3: Criterios para implementar las opciones tecnológicas entre los productores de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar).....	37
Dominio de recomendación	37
Determinación de los dominios de recomendación	37
Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo piña en El Peñón (Bolívar).....	38
Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio	39
REFERENCIAS	44



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar) bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.	3
Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas: altitud, paisajes y subzonas hidrográficas para el municipio de El Peñón (Bolívar).	5
Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos respecto al promedio histórico para el municipio de El Peñón (1980-2011).	6
Figura 4. Mapa de aptitud de uso de suelos para sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar).	10
Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales en época de déficit hídrico en la ventana de análisis (julio-noviembre) para el sistema productivo de piña en El Peñón (Bolívar).	12
Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de El Peñón para el sistema productivo de piña en condiciones ligeramente restrictivas y restrictivas por déficit hídrico en el suelo.	15
Figura 7. (Arriba) Balance hídrico atmosférico y (abajo) balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de piña en El Peñón (Bolívar) entre los meses de mayo de 2014 y agosto de 2015.	19
Figura 8. Sensor y Datalogger para medición de humedad del suelo en tiempo real. Parcela de integración de piña, finca La Esperanza, corregimiento Castañal, municipio El Peñón (Bolívar).	21
Figura 9. Plantas de piña con inducción a floración, parcela de integración del sistema productivo de piña, El Peñón (Bolívar).	22
Figura 10. Captura de microorganismos del suelo para la elaboración de biol.	27
Figura 11. Proceso de elaboración de biol.	28



Figura 12. Sistema productivo de piña bajo sombra, municipio de El Peñón (Bolívar)	29
Figura 13. Sistema de drenaje superficial por zanjas abiertas.....	33
Figura 14. Sistema de drenaje subterráneo por drenes enterrados.....	34
Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 1.	40
Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 2.	41
Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 3.	42
Figura 18. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el domino de recomendación 4.	43



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de El Peñón durante los eventos El Niño en el periodo 1980-2011.....	7
Tabla 2. Duración, valor del ONI y anomalías de precipitación en el municipio de El Peñón durante los eventos La Niña en el periodo 1980-2011.	8
Tabla 3. Ventana temporal de análisis para el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón.	13
Tabla 4. Producción de número de frutos en sus diferentes categorías de tamaño bajo los diferentes tratamientos en sistema productivo de piña.....	24
Tabla 5. Parámetros de calidad de frutos de piña evaluados en la parcela de integración del sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Tukey $p>0,05$).	24
Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de piña en condiciones climáticas de déficit hídrico.....	39



INTRODUCCIÓN

El Plan de Manejo Agroclimático construido por el proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático-Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (MAPA) contiene herramientas que sustentan la toma de decisiones para enfrentar eventos climáticos limitantes para los sistemas productivos y contribuir a la reducción de la 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 las condiciones restrictivas de humedad del suelo tienen 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. Para ello se desarrollaron parcelas de integración en 53 sistemas productivos, cuyo objetivo fue validar opciones tecnológicas, seleccionadas participativamente con productores, e integrar experiencias y conocimientos acerca de estrategias de adaptación para enfrentar condiciones limitantes de humedad en el suelo a escala local. Para el departamento de Bolívar se priorizó, por el Fondo Adaptación, el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón.

Este documento expone un conjunto de elementos que permiten orientar la planificación de acciones para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña a condiciones restrictivas de humedad en el suelo, en el municipio de El Peñón (Bolívar).



OBJETIVOS

Objetivo general

Contribuir a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de piña (*Ananas comosus*) frente al riesgo agroclimático en el municipio de El Peñón (Bolívar) mediante la presentación de herramientas para la toma de decisiones y gestión de tecnología.

Objetivos específicos

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

Riesgo agroclimático para el sistema productivo

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

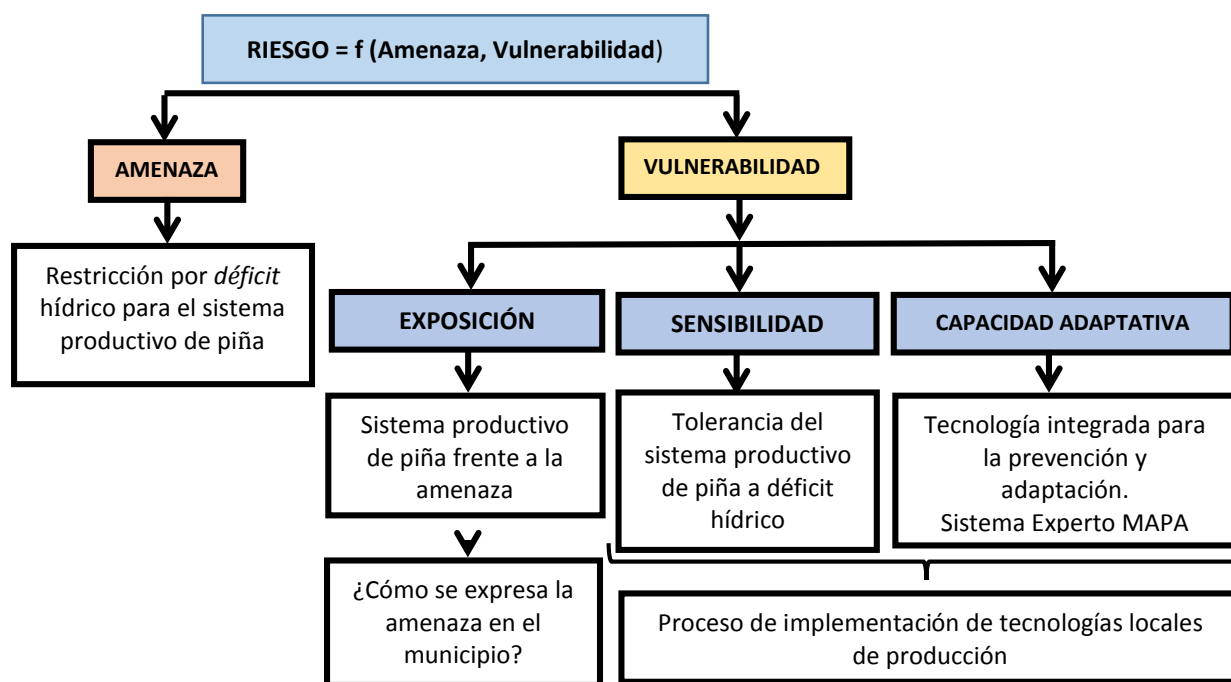


Figura 1. Diagrama conceptual del riesgo agroclimático para el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar) bajo condiciones de déficit hídrico en el suelo.



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

A escala departamental, es necesario reconocer la expresión de las amenazas derivadas de la variabilidad climática de influencia en el departamento, la cual está dada por su ubicación geográfica y variables climáticas.

A escala municipal, el riesgo se puede analizar mediante información cartográfica de las variables biofísicas (subzonas hidrográficas) y climáticas (estaciones meteorológicas, distribución de la precipitación media multianual, temperatura promedio, brillo solar, humedad relativa, distribución de la evapotranspiración [ET_0], distribución de las anomalías porcentuales de precipitación y temperaturas, susceptibilidad a excesos y a déficit hídrico e inundación). Con esta información se pueden identificar áreas con mayor y menor susceptibilidad a amenazas derivadas de la variabilidad climática.

Para mayor información del riesgo agroclimático a escala departamental y municipal consultar el sistema experto SE - MAPA

Amenazas derivadas de la variabilidad climática en El Peñón

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

Según la información levantada en el proyecto MAPA (Corpoica, 2015a), el municipio de El Peñón está ubicado en la subzona hidrográfica directos al bajo Magdalena, presenta una altitud entre 0 y 500 m, donde predominan planicies aluviales, y en menor proporción cuerpos de agua y zonas de lomerío (Figura 2). Estas son áreas que por su relieve plano y cercanía a cuerpos de agua suelen ser de amortiguación de excesos de agua en épocas de altas precipitaciones, y adicionalmente reciben las aguas que provienen de los lomeríos y montañas que las rodean.

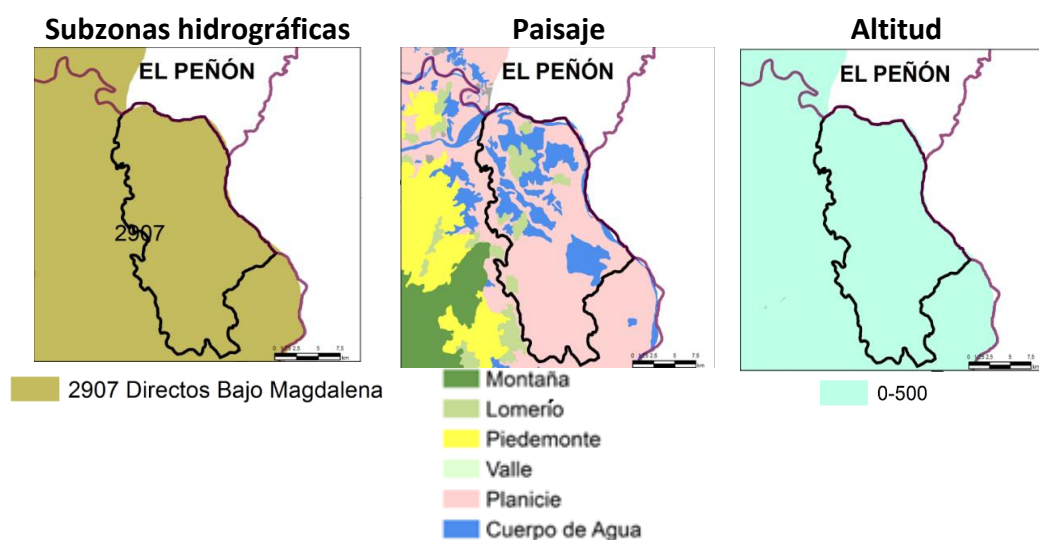


Figura 2. Mapas de zonificación según variables biofísicas: altitud, paisajes y subzonas hidrográficas para el municipio de El Peñón (Bolívar).

Fuente: Corpoica (2015a)

Lo segundo por revisar son los análisis disponibles de los datos históricos del clima (1980-2011), con lo que es posible tener algún grado de previsibilidad de la variabilidad climática. De la información empleada para el análisis climático del municipio de El Peñón (Bolívar) se destacan:

Precipitación: en la Figura 3 se muestra la dinámica de precipitación en el municipio de El Peñón, en la que se observa que los años con valores extremos de precipitación fueron 1991 para déficit y 2010 para exceso, coincidentes con eventos El Niño y La Niña, respectivamente. En 1991, las lluvias se redujeron un 42% (1.105 mm) reflejado proporcionalmente en todos los meses del año, mientras en 2010 el aumento de las lluvias

fue un 91% más que el promedio normal (3.638 mm), reflejado sobre todo en los meses de mayo, junio y octubre.

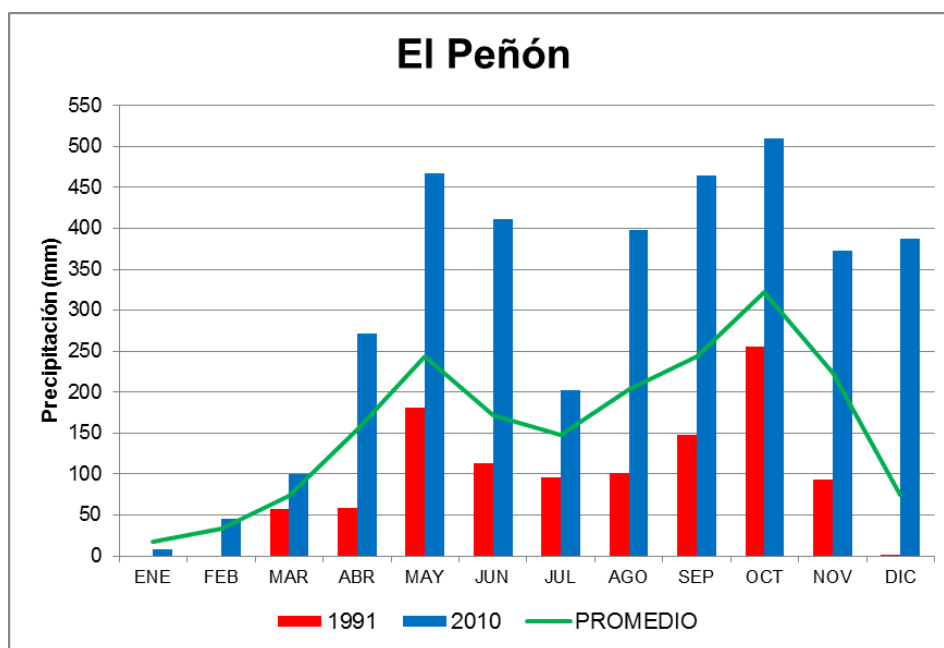


Figura 3. Comparación de la precipitación en años extremos respecto al promedio histórico para el municipio de El Peñón (1980-2011).
Fuente: Corpoica (2015a)

Como se observa en la Figura 3, la distribución de las lluvias es monomodal con picos de lluvia en los meses de mayo y octubre, y una reducción durante la época lluviosa en los meses de junio y julio, correspondiente al fenómeno conocido como “veranillo de San Juan”. Teniendo en cuenta esto, se identificó que, frente a fenómenos de variabilidad asociados a déficit hídrico, la distribución de precipitación se mantiene. Sin embargo, las lluvias disminuyen en todos los meses.

Valor del ONI y anomalías climáticas en eventos El Niño o La Niña: permite determinar qué tan fuerte es un fenómeno de variabilidad climática como El Niño o La Niña. Para conocer dichos cambios se deben 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), el cual indica qué tan fuerte fue El Niño con valores mayores a 0,5 o La Niña con valores menores a -0,5 con respecto al promedio histórico¹.

Las tablas 1 y 2 muestran cómo se han presentado los valores de ONI para fenómenos El Niño y La Niña, la duración y las anomalías en las precipitaciones en el municipio de El Peñón en los últimos 32 años, lo cual es útil cuando se presenta una alerta de ocurrencia de estos fenómenos.

En el municipio de El Peñón (Bolívar), la máxima anomalía de precipitación alcanza valores de hasta -31% con valor ONI de 2,3 (mayo de 1982 a junio de 1983). Sin embargo, el ONI más alto fue de 2,5 y la disminución de las lluvias fue de hasta un 28% con respecto al promedio multianual (mayo de 1997 a mayo de 1998), lo que indica que a pesar de que hay valores ONI menores la disminución de las lluvias puede ser de alta intensidad. De igual forma, se observa que durante un evento La Niña, la precipitación puede aumentar hasta un 107% (julio 2010 a abril 2011), con un valor ONI de -1,4; sin embargo, valores ONI más altos pueden presentar aumentos de la precipitación de menor intensidad (Tabla 2).

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

Periodo	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	-31%	-21%	-27%	-28%	-28%	-30%	12%	3%	-12%

Fuente: Corpoica (2015a)

¹ Este índice, que puede monitorearse en la página del Centro de Predicción Climática del Servicio Nacional Meteorológico de Estados Unidos, permite conocer el escenario climático que se presentará en la zona. Consúltelo en

http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears_ERSSTv3b.shtml

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

Periodo	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 (meses)	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	-9%	31%	11%	13%	-14%	20%	107%

Fuente: Corpoica (2015a)

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

Susceptibilidad del municipio a amenazas climáticas: con la cartografía temática del proyecto MAPA se puede identificar la susceptibilidad a exceso hídrico en eventos La Niña, la susceptibilidad a déficit hídrico en eventos El Niño, la susceptibilidad biofísica a inundación, la afectación de la capacidad fotosintética 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 de sequía (contracción de cuerpos de agua).

Para mayor información de susceptibilidad del municipio de El Peñón a amenazas climáticas, consultar el sistema experto SE - MAPA



Exposición del sistema productivo de piña a amenazas derivadas de la variabilidad climática en el municipio de El Peñón

Un sistema productivo se encuentra expuesto a limitantes por suelo y por condiciones climáticas y su variabilidad. Esta exposición varía en el tiempo y de acuerdo con su ubicación en el municipio.

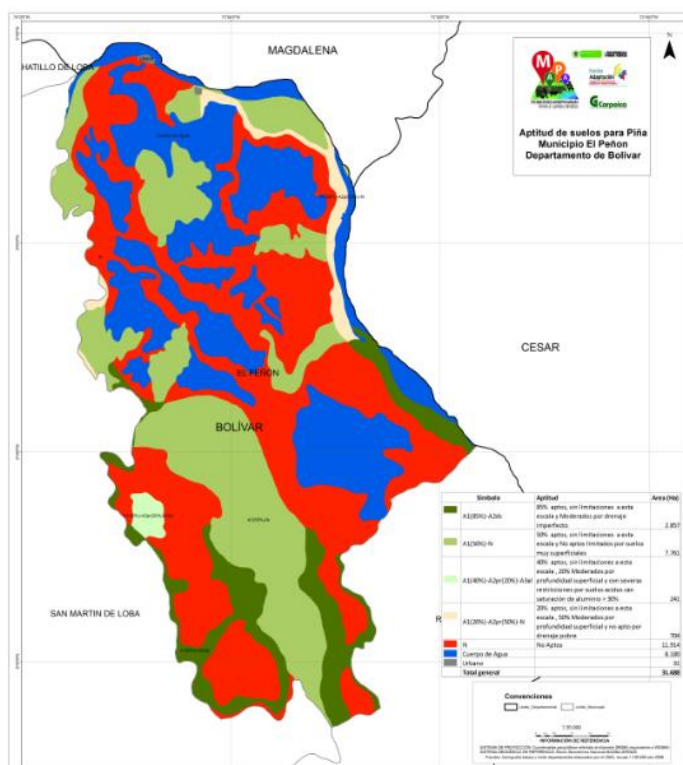
Para evaluar la exposición se deben identificar:

a. En el mapa de aptitud de suelos: las limitaciones de los suelos en donde están establecidos o se establecerán los sistemas productivos. Se debe tener en cuenta que algunas limitaciones pueden manejarse con relativa facilidad mientras que otras no pueden modificarse (altitud, pendientes excesivamente inclinadas, texturas). Es importante mencionar que la escala de análisis espacial es 1:100.000.

Para tener en cuenta: el municipio de El Peñón tiene alrededor de un 20% de los suelos con características óptimas A1 para piña (6540 ha aprox.). Sin embargo, hay zonas con inundaciones recurrentes que representan áreas de riesgo, dada la duración del ciclo productivo de la piña (hasta tres años). Algunos suelos pueden presentar condiciones aptas para el establecimiento de piña, con prácticas de acondicionamiento de drenaje. Estos suelos se clasificaron como A2ds y tienen aptitud moderada por tener drenaje imperfecto y A2pr por profundidad superficial. Estas unidades representan el 2,6% (830 ha) de las tierras del municipio (Corpoica, 2015b).

Otros suelos con aptitud marginal A3al presentan severas restricciones por acidez y saturación de aluminio, pero sólo cubren un 0,3% del municipio (97 ha). Los suelos no aptos N limitados por drenaje pobre y suelos superficiales representan el 50% del municipio (16.000 ha) y en general están ubicados a los bordes de ciénagas (Corpoica, 2015b). Estos suelos tienen como función natural amortiguar excesos de humedad (Figura 4).

Es importante señalar que, a la escala en la cual se realizó la clasificación, las diferentes aptitudes de los suelos se encuentran asociadas. Por lo cual, en la figura 4 se observan los símbolos A1-A2ds, A1-N, A1-A2pr, A1-A2pr-N, correspondientes a dichas asociaciones.










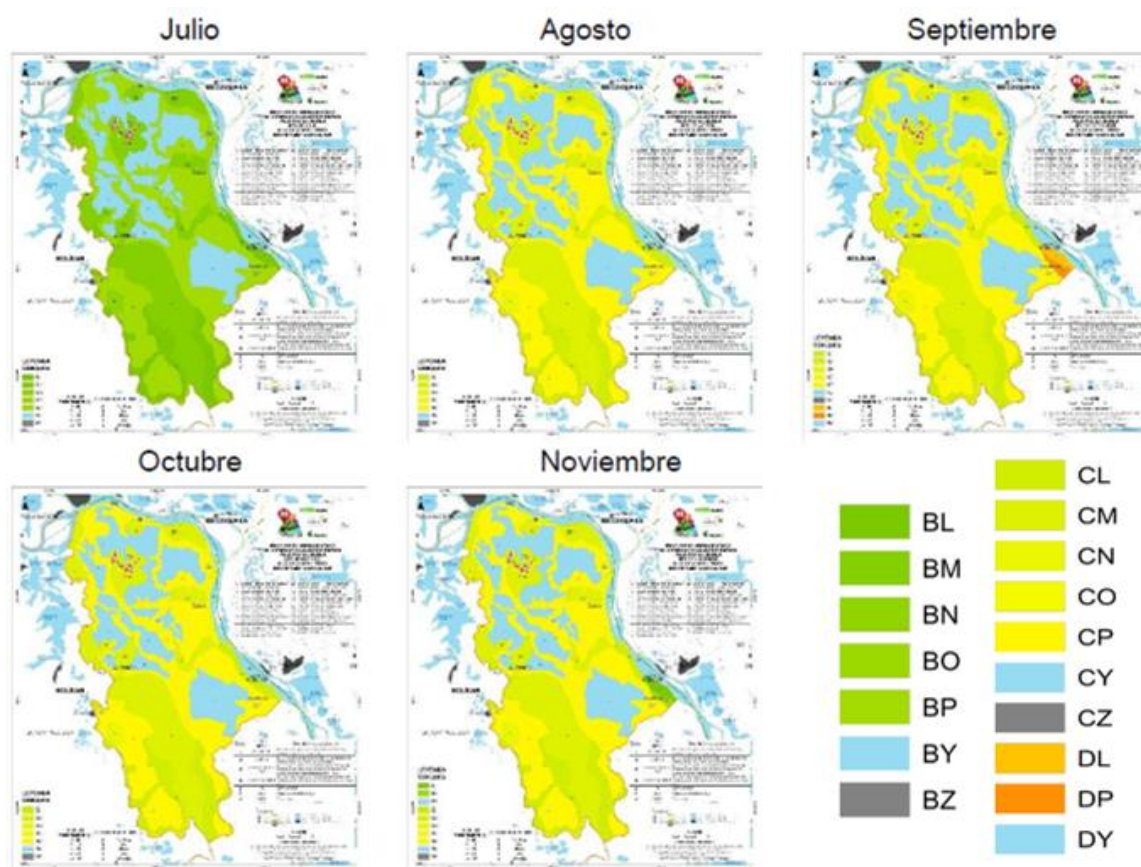
Símbolo		Aptitud	Área (ha)
	A1(90%)-ds	85% aptos, sin limitaciones a esta escala y moderados por drenaje imperfecto	2.857
	A1(50%)-N	50% aptos, sin limitaciones a esta escala y no aptos, limitados por suelos muy superficiales	7.761
	A1(40%)-A2pr(20%)-A3al	40% aptos, sin limitaciones a esta escala, 20% moderados por profundidad superficial y con severas restricciones por suelos, acidez con saturación de aluminio > 30%	241
	A1 (20%)-A2pr(20%)-N	20% aptos, sin limitaciones a esta escala, 50% moderado por profundidad superficial y no apto por drenaje pobre	704
	N	No aptos	11.914
	Cuerpo de Agua		8.180
	Urbano		31
	Total general		31.688

Figura 4. Mapa de aptitud de uso de suelos para sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar).

Fuente: Corpoica (2015b)

b. Mapas de escenarios agroclimáticos: la probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico del suelo para el sistema productivo de piña, con base en el cálculo del índice de severidad de sequía Palmer (1965), bajo una condición de sequía puede ser baja o muy baja (tonos verdes), media (tonos amarillos), alta (tonos naranja) o muy alta (tonos rojos) (Figura 5), de acuerdo al mes de siembra o etapa fenológica (Tabla 3).



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

Código	Símbolo aptitud	Descripción aptitud de suelos
L	A1(85%)-A2ds	85% de suelos aptos, sin limitaciones a esta escala; y moderados por drenaje imperfecto.
M	A1(50%)-N	50% de suelos aptos, sin limitaciones a esta escala; y no aptos limitados por suelos muy superficiales.
N	A1(40%)-A2pr(20%)-A3al	40% de suelos aptos, sin limitaciones a esta escala; 20% moderados por profundidad superficial y marginales por suelos ácidos con saturación de aluminio > 30%.
O	A1(20%)-A2pr(50%)-N	20% de suelos aptos, sin limitaciones a esta escala; 50% moderados por profundidad superficial y no apto por drenaje pobre.
P	N	Suelos no aptos.
Y	Agua	Cuerpos y corrientes de agua.
Z	Urbano	Zona urbana.

Figura 5. Escenarios agroclimáticos mensuales en época de déficit hídrico en la ventana de análisis (julio-noviembre) para el sistema productivo de piña en El Peñón (Bolívar).

Fuente: Corpoica (2015b)

En la ventana de análisis (julio-noviembre) se presentaron áreas con probabilidades bajas de ocurrencia de condiciones de humedad restrictivas por deficiencia de agua en el suelo (20-40%) y medias (40-60%) (Corpoica, 2015b). En la mayoría de meses analizados, las probabilidades de déficit hídrico en el suelo no superaron el 60%, sin embargo, en estas áreas se podría presentar estrés hídrico para el cultivo (Figura 5).

Las etapas fenológicas del cultivo más sensibles al estrés hídrico, en la ventana de análisis establecida entre julio-noviembre, son: formación de brotes laterales o macollamiento, aparición del órgano floral, floración, desarrollo y formación del fruto y cosecha (tabla 3). Lo anterior muestra cómo la ocurrencia de déficit hídrico puede ocasionar afectación durante el desarrollo reproductivo y productivo de las plantas, por lo cual en todos los meses se observa sensibilidad del sistema productivo.

Tabla 3. Ventana temporal de análisis para el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón.

Descripción o Etapa fenológica	Duración (días)	Año 2																			
		Julio				Agosto				Septiembre				Octubre				Noviembre			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Formación de brotes laterales / macollamiento (ahijamiento)	14																				
Aparición de órgano floral	30																				
Floración	20																				
Desarrollo y formación del fruto	50																				
Cosecha	50																				

Fuente: Corpoica (2015b)

Para tener en cuenta: pese a que la piña tiene tolerancia al déficit hídrico en etapas vegetativas; una sequía severa durante la diferenciación floral o en etapas iniciales del crecimiento del fruto (dos o tres meses) puede ocasionar ahuecamiento a lo largo del corazón del fruto (Salazar, 1994). El principal síntoma de esta condición es el aspecto aplanado en la parte lateral del fruto y en algunos casos la ausencia total de la corona, lo que afecta además el rendimiento del sistema productivo (Bonet, Brown, Guerrero, González y Hernández, 2014; Rodríguez, Farrés, Placeres, Peña, Fornaris y Mulen, 2009).

Esta condición de déficit hídrico podría eventualmente favorecer el ataque de insectos plaga como la cochinilla harinosa (*Dysmicoccus brevipes*) y ácaros (*Dolichotetranychus* sp.).

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 etapa fenológica específica de acuerdo con los calendarios fenológicos locales.

Zonas del municipio de El Peñón el sistema productivo piña tendría un mayor o menor riesgo de pérdida productiva

Para dar esta respuesta, se debe observar el mapa de aptitud agroclimática del municipio de El Peñón para el sistema productivo de piña (Figura 6). Este mapa resume la exposición a deficiencias hídricas para el sistema productivo y la aptitud de los suelos.

La aptitud biofísica de los suelos para la siembra de piña en el municipio de El Peñón es de 10.859,17 ha, área que corresponde a los nichos productivos óptimos o con leves restricciones (2.572,74 ha) y nichos productivos condicionados a prácticas de manejo y/o conservación de los suelos (8.709,26 ha) (Corpoica, 2015b). A continuación se presentan algunas características de estas zonas de aptitud agroclimática:

Nicho productivo óptimo o con leves restricciones: esta área ocupa 8,1% (2.572,74 ha) del área total del municipio (31.688,37 ha). Estas áreas presentan suelos con aptitud óptima y baja exposición a déficit hídrico para el sistema productivo.

Nicho productivo condicionado a prácticas de manejo y/o conservación de suelos: con una ocupación del 27,5% (8.709,26 ha) del área total del municipio (tono verde claro), el sistema productivo de piña presenta baja exposición a déficit hídrico en estas áreas. Sin embargo, en el suelo hay limitaciones por drenaje imperfecto, profundidad superficial, acidez y saturación de aluminio.

Áreas con suelos óptimos o con leves restricciones y alta exposición a déficit hídrico: con una ocupación del 0,9% (278,48 ha) del área total del municipio (tono naranja claro), en estas áreas los suelos presentan una aptitud óptima pero una alta probabilidad (mayor que 60%) de déficit hídrico.

Áreas con suelos no aptos y alta exposición a déficit hídrico: (tono rojo) 1,2% (374,19 ha) del área total de municipio. Estas áreas presentan suelos con marginalidad por drenaje, acidez extrema y alta probabilidad (60 a 80%) de deficiencia de agua. Estas características limitan el establecimiento y desarrollo del cultivo.

Área con suelos no aptos: con una ocupación del 62,3% (19.753,71 ha) del área total del municipio (tono naranja oscuro), son áreas con suelos no aptos y alta probabilidad de ocurrencia de déficit hídrico.

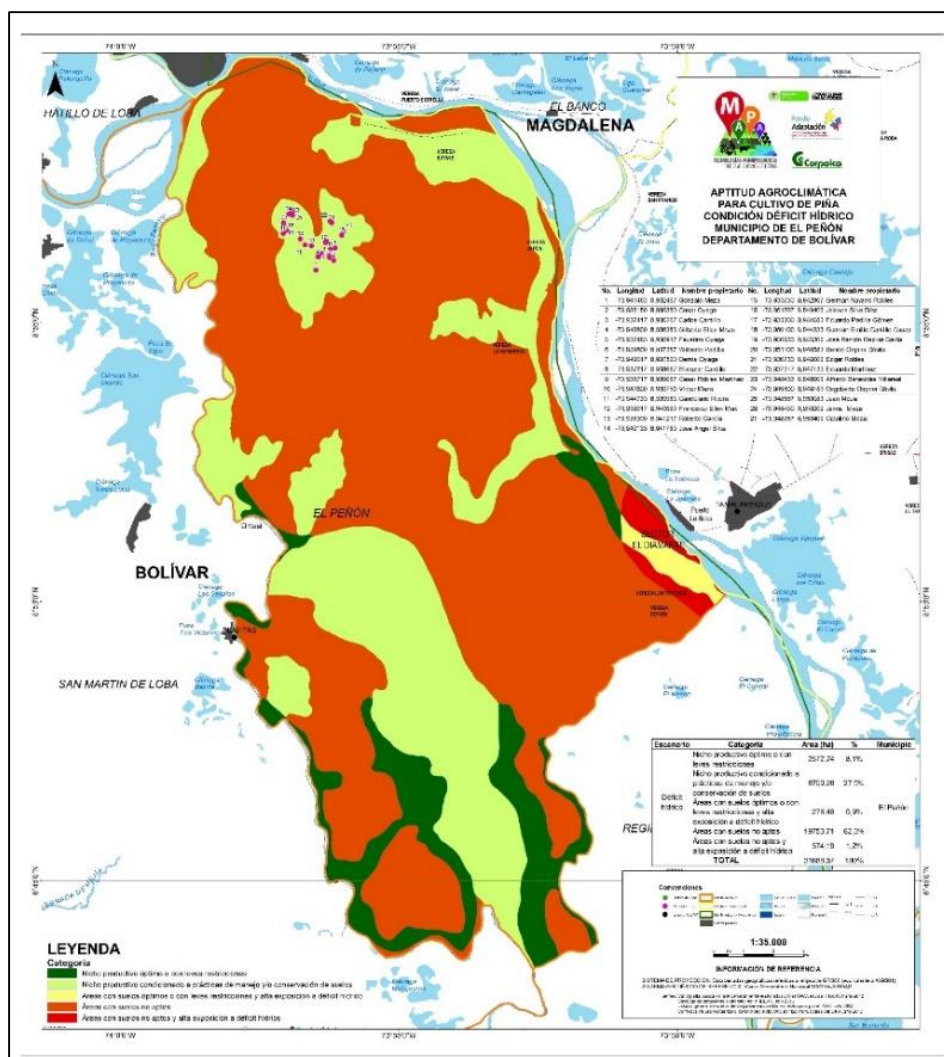


Figura 6. Aptitud agroclimática del municipio de El Peñón para el sistema productivo de pinya en condiciones ligeramente restrictivas y restrictivas por déficit hídrico en el suelo.

Fuente: Corpoica (2015b)



Para mayor información sobre aptitud agroclimática del sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar) consultar el sistema experto SE - MAPA

Riesgo agroclimático en la finca Gestión de la información agroclimática – agrometeorológica

Información agroclimática: la información climática puede emplearse para tomar decisiones estratégicas en la planificación agropecuaria, identificar riesgos asociados, relacionar la climatología de cualquier área con diferentes sistemas productivos 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 (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: monitoreo de la humedad del suelo por medios organolépticos, sensores o determinaciones físicas.
- Fenología y rendimiento de los cultivos: seguimiento del desarrollo y 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 extremos que afectan el cultivo, tales como excesos y déficit de agua, heladas, deslizamientos
- Distribución temporal y de cultivos: periodos de crecimiento, épocas de siembra, cosecha.
- Observaciones, técnicas y procedimientos utilizados en el desarrollo del sistema productivo.



El registro de datos meteorológicos en finca busca conformar una base de datos agrometeorológicos (temperatura máxima, mínima, 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 *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 sistema productivo. Consúltela en <http://agroclimatico.minagri.gob.cl/wp-content/uploads/sites/26/2013/11/04-Guia-uso-inf-agroclimatica-vp.pdf>



Sección 2: Prácticas para reducir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña ante condiciones de déficit hídrico del suelo en el municipio de El Peñón (Bolívar)

En esta sección se presentan recomendaciones sobre opciones tecnológicas integradas y validadas con potencial para contrarrestar los efectos que el déficit hídrico en el suelo tiene sobre el sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar).

Estas opciones tecnológicas fueron implementadas en una parcela de integración, en el periodo comprendido entre los meses de mayo de 2014 y agosto de 2015, época en la cual se presentaron condiciones de déficit hídrico atmosférico (Figura 7). En el periodo comprendido entre agosto de 2014 y agosto de 2015 se registró una precipitación total de 1.432 mm, lo cual está cercano al rango reportado para la especie (1.500 a 1.800 mm) (Vásquez, Saavedra y Saavedra, 2012). Sin embargo, como se aprecia en la Figura 7, se presentaron periodos en los cuales el balance hídrico atmosférico mostró periodos de déficit, particularmente entre los meses de junio y julio de 2014, y de diciembre de 2014 y marzo de 2015.

También se observa el balance hídrico agrícola que muestra cómo el agotamiento fue superior al agua fácilmente aprovechable (AFA) durante la mayor parte del periodo, lo cual es indicativo de déficit hídrico en suelo.

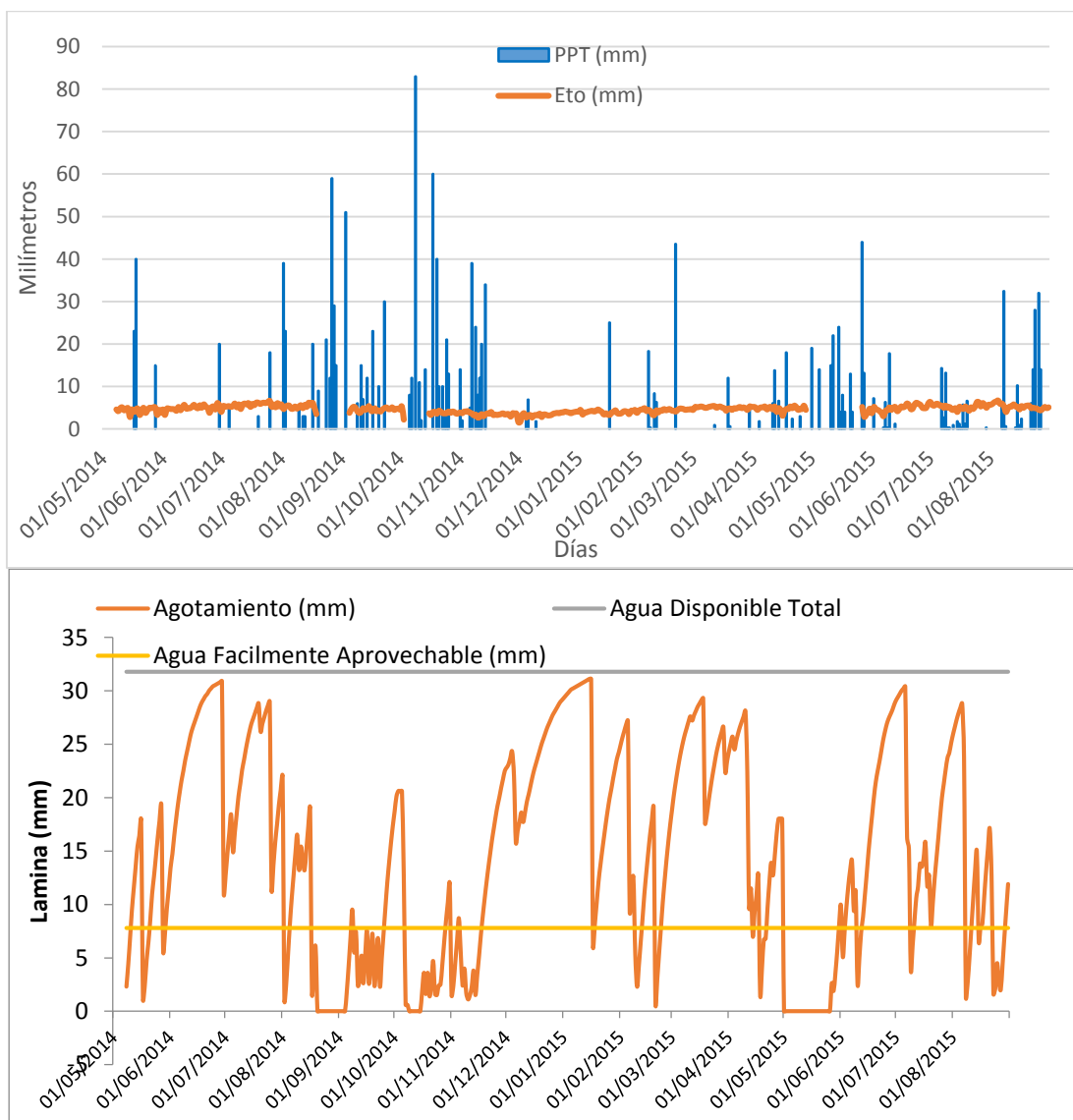


Figura 7. (Arriba) Balance hídrico atmosférico y (abajo) balance hídrico agrícola en la parcela de integración del sistema productivo de piña en El Peñón (Bolívar) entre los meses de mayo de 2014 y agosto de 2015.

Fuente: Corpoica (2015c)

Producto de este ejercicio se presentan las recomendaciones para implementar opciones tecnológicas integradas, con el fin de generar capacidad adaptativa en el sistema productivo de piña en municipio de El Peñón, departamento de Bolívar.

a) Sistema de riego por aspersión

El agua es uno de los recursos indispensables en la agricultura, con ella la planta desarrolla múltiples funciones, absorción de nutrientes para su metabolismo, participación en numerosas reacciones bioquímicas, entre ellas la fotosíntesis, transporte de asimilados, estabilidad de la membrana, regulación el crecimiento y desarrollo (Taiz y Zeiger, 2006). La cantidad de área sembrada y los rendimientos están relacionados con la cantidad y calidad de agua que se disponga y a la eficiencia de funcionamiento del sistema de riego.

El riego por aspersión consiste en la aplicación de agua al suelo, simulando una lluvia que sale por las boquillas del aspersor a una presión determinada.

Este sistema presenta ventajas como:

- Permitir regar en terrenos ondulados
- No se requiere nivelación de suelos
- Permite el control de la cantidad de agua a aplicar
- Se pueden utilizar eficientemente pequeños caudales
- Se adapta a una gran gama de suelos y cultivos
- Simula una lluvia, lo cual permite riego uniforme en el área de interés.

La instalación del sistema de riego tiene como finalidad reducir el impacto de épocas de bajas precipitaciones sobre el sistema productivo, las cuales se presentan más marcadas en los meses de diciembre, enero, febrero y marzo.

El sistema de riego tiene dos componentes: uno agronómico, en el que se incorpora el balance entre el requerimiento hídrico del cultivo, la precipitación y evapotranspiración (Eto), la cual, en general, se calcula con el software Eto – calculator de la FAO, a partir de datos meteorológicos, y por medio de la ecuación de Penman-Monteith. El otro componente es el hidráulico, el cual constituye la implementación y funcionamiento de la infraestructura de riego.

Para el diseño agronómico se utiliza una evapotranspiración de referencia ($ETo = 6,7$ mm/día), calculada con base en la ecuación de Penman-Monteith, y un coeficiente de cultivo (Kc) de 0,5, para determinar el uso consuntivo de agua, el cual fue de 3,35 mm/día. Teniendo en cuenta un marco de plantación de 0,5m x 0,5m y una eficiencia estimada del 70% (sistema de riego por aspersión), se determinó:

- Cantidad de agua por planta 1,19 l.día⁻¹
- La lámina neta a aplicar de 15,6 mm cada dos días

Sin embargo, esto puede variar puesto que el diseño hidráulico y el establecimiento de la frecuencia de riego dependen de las condiciones agroecológicas y edáficas del lote seleccionado, y las capacidades técnicas y operativas del sistema de riego. Asimismo, además del balance hídrico del cultivo es importante considerar la humedad en el suelo, para lo cual se instalan sensores de humedad a diferentes profundidades (Figura 8) y con ello determinar la humedad del suelo en tiempo real, generando valores diarios que son fundamentales en la toma de decisión para la aplicación del riego.



Figura 8. Sensor y Datalogger para medición de humedad del suelo en tiempo real. Parcela de integración de piña, finca La Esperanza, corregimiento Castañal, municipio El Peñón (Bolívar).

Para mayor información sobre la determinación de láminas de riego puede consultar el sistema experto SE - MAPA

b) Aplicación de inductor de floración

La inducción de la floración es una práctica de uso común en frutales, en los que muchas veces, por condiciones naturales, no se presenta la floración en la proporción y uniformidad necesarias.

- Para corregir este limitante en piña, se emplea Ethephon (Ácido 2-cloroetil-fosfónico - Ethrel® 480 SL), el cual es un estimulante para la inducción de la floración a base de etileno, cuya función es el favorecimiento del crecimiento reproductivo sobre el vegetativo.
- A nivel local, esta práctica busca uniformizar la floración y controlar la producción de piña, cambiando la estacionalidad de la producción. Para su uso se realiza una mezcla de 1 cc de producto y 2 g de urea por litro de agua. Se aplican 50 cc de mezcla por planta en el cogollo de la planta. Generalmente se utiliza una bomba de espalda con capacidad de 20 litros.
- Se requiere que las plantas tengan una altura mínima de 1,2 m, pues aplicarlo en plantas sin la altura mínima requerida provoca un fruto pequeño con malformaciones.
- La inducción se puede hacer escalonadamente, con lo que se busca tener oferta semanal en cantidad y calidad requerida en el mercado (Figura 9).



Figura 9. Plantas de piña con inducción a floración, parcela de integración del sistema productivo de piña, El Peñón (Bolívar).



Para mayor información sobre la tecnología de inducción floral consultar el sistema experto SE - MAPA

Ventajas comparativas de las tecnologías integradas

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

En la Tabla 4 se presentan los resultados de producción, por tamaño de frutos, bajo los diferentes esquemas de integración de opciones tecnológicas implementadas en la parcela de integración en un área de 1.250 m² (0,125 ha).

De acuerdo con los resultados, la implementación de riego e inducción floral logró un incremento de 49,5% en la producción de frutos (1251), en comparación al manejo tradicional del productor (873). Con la aplicación de riego e inductor también se alcanza el mayor porcentaje de frutos grandes y un número bajo de unidades pequeñas.

El segundo valor más alto en producción de frutos se alcanza con riego sin inducción, lo cual demuestra la eficiencia técnica de la práctica del riego. Igualmente, con la aplicación del inductor se logran producciones más altas, en comparación con el manejo tradicional.

Tabla 4. Producción de número de frutos en sus diferentes categorías de tamaño bajo los diferentes tratamientos en sistema productivo de piña

Esquema de manejo	Producción No. frutos	Unidades Grandes		Unidades medianas		Unidades pequeñas	
		#	%	#	%	#	%
Sin Riego con inducción	915	247	27,0	425	46,4	243	26,6
Sin Riego sin inducción	837	371	44,3	272	32,5	194	23,2
Con riego e inducción	1251	587	46,9	455	36,4	209	16,7
Con riego sin inducción	1038	416	40,1	496	47,8	126	12,1

Fuente: Corpoica (2015c).

Con respecto a parámetros de calidad, no se observan diferencias significativas con relación a los grados °Brix ni a la resistencia mecánica, pero sí respecto al tamaño y diámetro promedio de los frutos, siendo mayor el valor de estos parámetros con las opciones tecnológicas en comparación con el manejo tradicional. Los mayores valores se alcanzan integrando las opciones de riego con inducción floral (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de calidad de frutos de piña evaluados en la parcela de integración del sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Tukey $p>0,05$).

Esquema de manejo	Peso (kg)	Diámetro (cm)	°Brix	Resistencia mecánica kg.cm ⁻²
Sin Riego con inducción	1,9ab	13ab	15,95a	4,22a
Sin Riego sin inducción	1,3c	11,4c	15,51a	4,21a
Con riego e inducción	2,8a	14,2a	16,27a	4,31a
Con riego sin inducción	1,6b	12b	16,13a	4,58a

Fuente: Corpoica (2015c).

La sumatoria de las opciones tecnológicas potencializa el sistema productivo y logra aumentar la producción aun en un escenario de déficit hídrico, lo cual las muestra como estrategia adecuada para aumentar la resiliencia del sistema productivo frente a condiciones climáticas restrictivas, como las ocasionadas por el fenómeno de El Niño.

Aunque el objetivo de implementar opciones tecnológicas es reducir la vulnerabilidad del sistema productivo, la sumatoria de las opciones tecnológicas (riego más inductor de floración) también contribuye favorablemente en la producción de piña, con lo que se logra obtener frutos más grandes y con mayor peso que aumentan el flujo económico del productor.

La sumatoria de las opciones tecnológicas (riego más inductor de floración) contribuye favorablemente en la producción de piña, con lo que se logra obtener frutos más grandes y con mayor peso, que aumentan el flujo económico del productor.

Prácticas complementarias para disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña a condiciones restrictivas de humedad en el suelo

Con el fin de disminuir la vulnerabilidad del sistema productivo de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar), se pueden desarrollar prácticas culturales, técnicas y tecnologías que aumenten la capacidad adaptativa del sistema. Algunas de estas están contenidas en el sistema experto con aplicación potencial tanto en condiciones de déficit hídrico en el suelo, como para el escenario de exceso de humedad.

Las condiciones actuales de manejo de los cultivos han generado criterios nuevos, orientados a replantear las bases para un manejo ecológico acorde con una tendencia mundial hacia la protección y conservación de los recursos naturales, por lo que algunas actividades como el enriquecimiento de los suelos agrícolas, utilización apropiada del agua de riego y la reducción casi total del uso de plaguicidas y fertilizantes químicos retoman una gran importancia (Lozano y Quimbayo, 2011). Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de déficit hídrico en el suelo, que complementan las opciones tecnológicas de riego e inducción floral:

Fertilización integrada: en condiciones restrictivas por déficit hídrico en el suelo que se presenta en la zona, esta opción tecnológica permite disminuir los efectos negativos sobre el sistema productivo, aporta nutrientes minerales y mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas; con la aplicación de enmiendas orgánicas y fertilización química se aumenta la fertilidad del suelo.

La fertilización química se debe realizar con base en el balance entre los resultados del análisis químico de suelo y los requerimientos del cultivo, acorde con su etapa de

producción o edad de la planta. Algunos criterios importantes para tener en cuenta con relación a la nutrición del sistema productivo en condiciones de déficit hídrico son:

- La piña puede absorber nutrientes por las raíces o también por las hojas (Malézieux y Bartholomeew, 2003), por lo cual la fertilización foliar puede ser una herramienta útil para disminuir el efecto del movimiento limitado hacia y a través de la planta, dada la baja disponibilidad de agua. Esta recomendación es útil para nutrientes críticos como hierro, zinc y boro.
- Aunque el nitrógeno es requerido por la plantas en altas cantidades (Vásquez et al., 2012), durante épocas de déficit hídrico se debe disminuir la aplicación de fuentes amoniacales.
- Si se realiza fertilización foliar, esta se debe suspender por lo menos 15 días antes de la inducción floral con el fin de no afectar la eficiencia de la fertilización y tampoco la inducción de la floración (Vásquez et al., 2012).
- Para la aplicación del fertilizante se debe tener en cuenta como criterio técnico la dosificación y formulación, así como las recomendaciones emitidas por el laboratorio de química de suelos de Corpoica.

Enmiendas orgánicas: el uso de enmiendas orgánicas consiste en incorporar compost y biol al suelo como parte del manejo integrado de la fertilidad:

- **Compost:** como acondicionador orgánico, mejora a corto plazo la capacidad de retención de humedad (Lozano y Quimbayo, 2011) y a mediano y largo plazo las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos, incrementa la porosidad, disminuye la densidad aparente, mejora la estructura, aumenta la capacidad de intercambio catiónico, capacidad buffer, la concentración de algunos nutrientes esenciales y la actividad biológica del suelo (Labrador, 2001; Ward, 2002; Brady y Weil, 2004; Quiroz y Pérez, 2013).
La dosis y momentos de aplicación dependen de los resultados del análisis de suelo particular de cada finca.
- **El biol:** es una fuente de fitorreguladores, que se obtienen como producto de la descomposición anaeróbica de desechos orgánicos, que promueven el desarrollo de las plantas. Para su elaboración generalmente se utilizan materiales de fácil consecución en la zona.

Materiales para su elaboración: 1 tanque con tapa hermetica de 200 l, 2 m de manguera transparente con su acople, una masilla epoxica, un recipiente plástico vacío.

Obtención de microorganismos: este proceso se realiza 5 a 8 días antes de realizar la preparación del biol. Consiste en colocar, dentro de una bandeja, arroz precocido en contacto con el suelo para capturar los microorganismos presentes en el suelo y posteriormente depositarlos en el tanque de preparación (Figura 10).



Figura 10. Captura de microorganismos del suelo para la elaboración de biol

Insumos: 25 kg de melaza, 50 kg de estiércol de vaca, 5-10 kg de cenizas, 250 mm de yogurt, 5 l de leche, 500 g de levadura, 500 g de sal, un frasco de salsa de soya, agua para completar la mezcla a 200 litros.

Preparación: a la tapa del tanque de 200 l se le realiza una perforación precisa al acople de la manguera, con el fin de insertarlo y quede como sifón asegurando los bordes de la conexión con la masilla epóxica. La manguera deberá quedar en un recipiente plástico con agua para evitar la entrada de oxígeno a la mezcla.

Los microorganismos se llevan a un tanque plástico y se depositan con un poco de agua hasta lavar bien todos los granos de arroz, se cuela y el agua obtenida se deposita en el tanque de 200 l.

Se agregan los 50 kg de estiércol de vaca y se mezclan con la melaza, aplicando siempre agua que ayude al mezclado de los insumos, para lo cual se requiere un trozo de madera que sirva de mezclador.

La levadura se disuelve en agua después de reactivarla en agua azucarada y se agrega al tanque de la mezcla; igualmente se agrega la ceniza, la sal y el frasco de salsa de soya. Se adiciona la leche y el yogurt mezclando de forma homogénea en el tanque junto con los demás insumos (Figura 11).

Posteriormente, se completa el nivel del agua hasta los 200 l del tanque, se sella herméticamente y se deja en reposo durante 15 días. A los 15 días se destapa y se mezcla nuevamente durante diez minutos, se vuelve a tapar (Corpoica, 2011; Restrepo, 2007; INTA, 2010).

Este proceso se repite cuatro a seis veces hasta que la mezcla tenga un olor agradable después de la fermentación (el cual para las condiciones de clima cálido es aproximadamente tres meses). El biol debe oler a melaza, de lo contrario hubo entrada de aire en el tanque y se dañó el producto.



Figura 11. Proceso de elaboración de biol

Para la aplicación del biol, se utiliza una concentración de 1,5 l por de 20 litros de agua, si es al follaje, y de 2 l si es aplicado al suelo (Figura 15)

Sistema productivo de piña bajo sombra: la piña bajo sombra (Figura 12) es catalogada como un sistema de manejo sostenible y orgánico (Ríos y Osuna, 2005; Ríos y Uriza, 2005; Rosales, Cruz y Cevallos, 2009). Para el desarrollo del agroecosistema de piña se deben proporcionar condiciones de heterogeneidad ambiental y de diversidad estructural que permitan interacciones ecológicas entre niveles tróficos y puedan aumentar la eficiencia ecológica de estos sistemas de producción (Gliessman, 2007).



Figura 12. Sistema productivo de piña bajo sombra, municipio de El Peñón (Bolívar)

Los árboles actúan como “buffer” de cambios en el ambiente (Montagnini, *et al.*, 2015), por lo cual es importante el manejo natural de sombrío de baja densidad, que permita la regulación de microclima y favorezca la dinámica ecosistémica. De esta manera, se puede disminuir la evapotranspiración, aprovechar en mayor medida la humedad del suelo y reducir la incidencia y severidad de problemas fitosanitarios.

Considerando que el lulo es una especie de sotobosque y que los árboles actúan como “buffer” de cambios en el ambiente (Montagnini *et al.* 2015), es importante considerar incorporar y realizar un manejo de sombrío de baja densidad, que permita la regulación de microclima y favorezca la dinámica ecosistémica. De esta manera se puede disminuir la evapotranspiración, aprovechar en mayor medida la humedad del suelo y reducir la incidencia y severidad de problemas fitosanitarios.

Para el desarrollo del sistema productivo bajo sombra deben ser considerados los siguientes aspectos:

- Trabajar con especies nativas las cuales sean compatibles con la biodiversidad de la zona.
- Incorporar estrategias desarrolladas por los productores para mantener y seleccionar las especies leñosas, por lo cual se deben integrar los conocimientos prácticos sobre especies que no generan competencia o limiten fuertemente la penetración de luz.

- Dado que es un sistema con alta estructuración y funcionalidad ecosistémica, solo es necesario realizar mantenimiento al sistema productivo de piña, lo cual implica principalmente actividades de manejo de arvenses, ramas y troncos caídos.

Manejo de coberturas vegetales: la cobertura de los suelos se emplea para dar solución a diferentes inconvenientes que se pueden presentar en los cultivos, entre los que se encuentran el crecimiento de malezas o arvenses, las cuales pueden ser focos de plagas o enfermedades. Adicionalmente, las coberturas ayudan a regular la humedad en el suelo, la temperatura, la promoción de biodiversidad microbiana en el suelo y el control de plagas.

En el esquema de manejo del sistema productivo que se presenta en el municipio de El Peñón, donde la distribución de las plantas de piña es al azar, la incidencia de malezas se maneja mediante el control manual, eliminando las de tipo postrado y rastrero, dejando equitativamente las plántulas de árboles espontáneos que crezcan en el lote, con el fin de manejar la sombra que requiere el cultivo. Debido al cubrimiento que genera el cultivo en el suelo y la alta competencia que generan las malezas, se recomienda no mantener coberturas que puedan afectar el rendimiento del sistema productivo.

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

A continuación se presentan algunas prácticas con aplicación potencial en condiciones de exceso hídrico en el suelo:

Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades (MIPE)

El Manejo Integrado de Plagas y Enfermedades es una herramienta útil que incluye prácticas como la identificación de los síntomas asociados a insectos y agentes microbianos, monitoreo e implementación de medidas preventivas y curativas, las cuales contribuyen a mantener el nivel de daño de enfermedades y plagas en niveles que no causen afectaciones económicas.



La sanidad del cultivo está determinada por prácticas de manejo preventivas como son: la selección adecuada selección del material vegetal de propagación, la ubicación del terreno donde se va a establecer el cultivo teniendo presentes las condiciones de clima, suelo y topografía, el historial del uso del suelo, la disponibilidad del agua y las actividades agrícolas del entorno (ICA, 2011).

Es importante tener en cuenta la densidad de siembra del cultivo, ya que una alta densidad en épocas de exceso de humedad puede favorecer la presencia de enfermedades. Un régimen de lluvias excesivo incrementa los contenidos de humedad en aire y suelo, y favorece la diseminación de las estructuras reproductivas de patógenos que afectan los distintos órganos de la planta, reducen la calidad y el rendimiento de las cosechas y originan incrementos en los costos de producción por las medidas de manejo.

Se recomienda, según sea el caso, efectuar poda de formación y deschuponada para reducir la humedad dentro del cultivo y dejar un único tallo principal con el fin de formar la estructura de la planta.

Según Vásquez et al. (2012), los problemas fitosanitarios limitantes en el sistema productivo de piña son:

Pudrición del cogollo y de la raíz (*Phytophthora parasitica*, *Phytophthora cinnamomi* y *Phytophthora palmivora*). Esta enfermedad fungosa se presenta en plantaciones sobre suelos mal drenados y se torna más severa a medida que el pH del suelo es más alcalino. En las plantas afectadas por los tres hongos, las hojas jóvenes no crecen y más tarde se tornan de color verde amarillento, y ocurre pudrición fétida del cogollo de la base de las hojas y de la raíz, por lo cual se desprenden fácilmente. La enfermedad se presenta durante todo el desarrollo de la planta y para su manejo se recomiendan las siguientes prácticas: realizar drenajes, evitar el salpique del suelo al cogollo de la planta y efectuar selección y desinfección de la semilla (Serna, 1998 citado por Vásquez et al., 2012).

Peca o pudrición del fruto (*Penicillium funiculosum*). Es un hongo que se establece en la inflorescencia en el momento de la apertura floral y más tarde en los frutos verdes. Se forman manchas de color amarillo sobre un frutillo, y conforme el fruto madura se extiende a otros frutos. Posteriormente el fruto se pudre. Los frutos afectados se deben retirar del lote y destruirse para evitar la diseminación del patógeno.

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

El seguimiento al estado de la enfermedad es una práctica fundamental para la toma de decisiones con respecto a momentos oportunos y estrategias para el manejo de enfermedades en el sistema productivo. Se recomienda evaluar periódicamente un 10% de la población de plantas con el fin de identificar la presencia de los síntomas descritos.

La estrategia de manejo de plagas y enfermedades debe ser seleccionada con ayuda del asistente técnico de la zona. Sin embargo, la prevención mediante recolección de partes de plantas afectadas y su correcta disposición fuera del lote de sistema productivo es una estrategia fácil y efectiva.

Sistemas de drenaje

El exceso de humedad en el suelo produce una reducción de oxígeno lo cual disminuye la tasa de respiración de las raíces de las plantas, la mineralización del nitrógeno, la adsorción de agua y nutrientes; y propicia la formación de sustancias tóxicas y la aparición de enfermedades, principalmente de origen fungoso y bacteriano. El drenaje es muy importante para obtener producciones óptimas de piña, ya que mantiene un ambiente propicio en el suelo para el desarrollo de las plantas.

Para la implementación de un sistema de drenaje, se debe determinar el tipo de drenaje a usar, dependiendo de la condición de exceso que se presente en el sistema productivo:

Sistema de drenaje superficial

Si el problema de exceso de agua se presenta por inundación, anegamiento o encharcamiento de los terrenos, caracterizado por la presencia de una capa o lámina de agua sobre la superficie del terreno que satura la parte superior del suelo, se recomendaría un drenaje superficial, cuyo objetivo es eliminar los excesos superficiales de agua conduciéndola fuera del área de influencia del cultivo, y posteriormente a algún cauce natural. Adicionalmente, algunos sistemas de drenaje superficial pueden ayudarnos a reducir el nivel freático, como es el caso de las zanjas abiertas.

Los canales, bordos, zanjas y drenes se pueden construir de tres formas: 1) en paralelo en terrenos casi planos con topografía uniforme, 2) en terrenos moderadamente inclinados de topografía irregular, 3) en terrenos con encharcamientos relativamente planos de topografía ondulada.



Figura 13. Sistema de drenaje superficial por zanjas abiertas.

Para implementar este tipo de drenajes se debe tener un conocimiento previo sobre las variables topográficas y altimétricas del terreno, así como un análisis físico y químico de suelos, datos climatológicos diarios de precipitación y temperatura, conocimiento agronómico del cultivo de piña y un estudio sobre conductividad hidráulica y nivel freático de la zona. A partir de estos datos se pueden realizar la estimación de los volúmenes de agua que ingresan al sistema (lluvias), la cantidad de agua a evacuar y el cálculo de las

dimensiones de los canales de recolección y conducción, así como su distribución general en el lote de cultivo.

De acuerdo con Sagarpa (2016), la construcción de un sistema de drenaje superficial aborda las siguientes obras:

- Nivelación del terreno con el fin de suprimir las hondonadas o depresiones que acumulen agua o bien dando pendientes suaves al terreno para propiciar el escurrimiento del agua.
- Surcos profundos y con pendiente continúa hacia una zanja conectada con los colectores de drenaje.
- Zanjas, canales o desagües, ya sean para interceptar, captar y desalojar el agua o para unir las partes bajas de los terrenos con los colectores de drenaje.
- Bordos para protección o encauzamiento del agua hacia las zanjas colectoras.
- Se puede complementar con drenes “topo” o con drenaje subterráneo entubado.
- Colectores de drenaje.
- Pozos de absorción o drenaje vertical.
- Una combinación de los anteriores.

Sistema de drenaje subterráneo o subsuperficial

Si el exceso de agua en el lote de cultivo se caracteriza por la presencia de un manto freático cercano a la superficie del terreno que satura el perfil del suelo y propicia una humedad muy alta en la zona de desarrollo de las raíces de los cultivos, se requiere de drenaje subterráneo (Sagarpa, 2016).

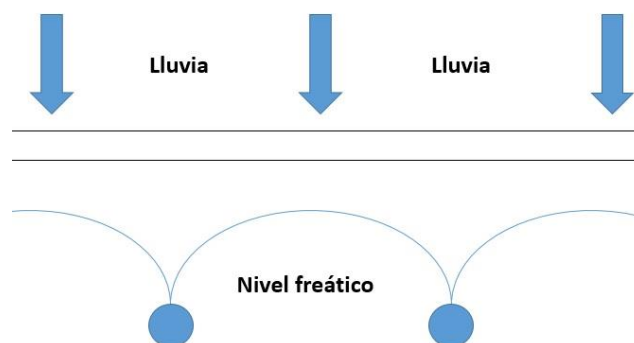


Figura 14. Sistema de drenaje subterráneo por drenes enterrados.

Según Cisneros (2003), para la construcción de drenajes subterráneos se debe tener en cuenta principalmente:

- Propiedades hidrológicas del suelo (permeabilidad, macroporosidad y espesor de los estratos).
- Factores de carga del acuífero (agua de lavado, agua de lluvia y “seepage”).
- Criterios de drenaje, es decir, las condiciones que se imponen a la capa freática.
- Factores topográficos (cota mínima de descarga por gravedad, etc.).

Los cálculos se desarrollan en dos fases principales:

- Cálculos hidrológicos, cuyo objeto es determinar la profundidad y espaciamiento de los drenes.
- Cálculos hidráulicos, mediante los cuales se determina la pendiente de los drenes y se calcula su diámetro.

De acuerdo con García (2015) existen tres tipos de drenajes subterráneos:

- Zanja cubierta: pueden estar rellenas de piedras (30 o 40 cm superficiales con tierra vegetal procedente generalmente de la excavación); de drenaje por fajas, se rellenan con ramas o troncos de árboles o arbustos, en su parte inferior, y después se completa el relleno de la zanja con la propia tierra excavada (el principal inconveniente de este tipo de drenaje reside en la pudrición del material vegetal); con canalizaciones de piedras o ladrillos, en la parte inferior de la zanja se construye una canaleta cubierta de piedras planas (losas) o ladrillos. Después se rellena con la tierra extraída.
- Tubulares sin revestimiento, drenes zapa o topo, que actúan como cauces de desagüe. La eficacia de este método depende de que las galerías se conserven durante largo tiempo sin destruirse o cerrarse, se recomienda una profundidad entre 40 a 80 cm. Las pendientes de las galerías serán superiores al 3%, para garantizar la salida del agua. La distancia entre cada galería varía entre 3 y 5 m, según niveles de los freáticos, volúmenes de agua a evacuar y textura de los suelos.

- Drenaje por tubos, de material plástico; los tubos de cloruro de polivinilo (PVC) son los de uso más frecuente, con la característica de que vienen perforados y permiten el ingreso del agua para su desagüe.

El diseño e implementación de cualquier tipo de sistema de drenaje debe ser realizado por un asistente técnico, quien dependiendo de las características climáticas propias de la finca determinará el sistema de drenaje más adecuado para la condición de exceso hídrico, las dimensiones del mismo, su disposición sobre el terreno y las labores de instalación necesarias.

Para mayor información sobre opciones tecnológicas con aplicabilidad en el sistema productivo de piña en El Peñón (Bolívar) consultar el sistema experto SE - MAPA

Como se expuso en las secciones 1 y 2, son dos los determinantes del riesgo agroclimático: la amenaza y la vulnerabilidad. El primero se refiere a la probabilidad de ocurrencia de condiciones climáticas restrictivas y el segundo, a la interacción entre el grado de exposición a la amenaza, la sensibilidad del sistema productivo y la capacidad adaptativa del mismo. Esta última se aumenta con la implementación de opciones tecnológicas integradas que reducen la vulnerabilidad del sistema productivo 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: Criterios para implementar las opciones tecnológicas entre los productores de piña en el municipio de El Peñón (Bolívar)

Dominio de recomendación

Un dominio de recomendación corresponde a un grupo de agricultores relativamente uniformes, para quienes se pueden hacer más o menos las mismas recomendaciones tecnológicas (Lores, Leyva y Varela, 2008). A partir de los dominios de recomendación se pueden diseñar modelos de optimización productiva, en los cuales se proponga un plan de producción en función de los recursos disponibles en cada grupo.

En el marco del proyecto MAPA, la recomendación sobre la adopción de las tecnologías propuestas para cada tipo de productores o dominio se basa en los resultados de viabilidad de los modelos microeconómicos, en la exposición agroclimática del área donde se encuentran localizados y en los indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos ante los eventos climáticos críticos de exceso o déficit hídrico.

Para cada uno de los dominios (grupo de productores) se hacen recomendaciones de acuerdo con los resultados del análisis socioeconómico. Lo que se busca es identificar si las tecnologías propuestas son viables (financieramente) y cómo deben implementarse según las diferentes características de los productores (tamaño del predio, mano de obra, acceso a crédito, etc.). Estas recomendaciones son una guía de apoyo para los asistentes técnicos, que deben ser ajustadas a las particularidades de cada caso.

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. Esta información de las encuestas se emplea también para el análisis de la vulnerabilidad de las unidades productivas a los eventos climáticos, mediante



la construcción de indicadores de sensibilidad y capacidad adaptativa, 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, con 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, que da como resultado la viabilidad de las tecnologías, la prioridad de su implementación y la forma de implementarse en el tiempo (Corpoica-CIAT, 2015).

Características de los dominios de recomendación en el sistema productivo piña en El Peñón (Bolívar)

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 sensibilidad y la capacidad adaptativa ante una condición climática limitante para cada dominio.

Se definieron cuatro dominios de recomendación en el municipio de El Peñón. Se puede apreciar que todos los productores se encuentran en zonas de baja exposición ante una condición de déficit hídrico. Por su parte los, productores presentan un grado de sensibilidad muy alto ante dicho evento climático, exceptuando los productores del dominio tres, quienes presentan un grado alto de sensibilidad. El grado de capacidad adaptativa que presentan los productores ante un evento de déficit hídrico es medio.

Finalmente, la última columna de la tabla muestra los resultados del modelo microeconómico, el cual evalúa la viabilidad financiera del uso de inducción floral

combinado con el uso de sistema de riego, de acuerdo con las características de los productores de cada dominio, y además establece proporciones y posibles restricciones para la implementación. En este caso, las opciones son viables para todos los dominios.

Tabla 6. Caracterización de los dominios de recomendación para el sistema productivo de piña en condiciones climáticas de déficit hídrico.

Dominio	Exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación	Viabilidad financiera de opción tecnológica
1. Productores con predios pequeños, vías de acceso sin pavimentar y sin acceso a crédito bancario.	Baja	Muy alta	Media	Viable con restricciones
2. Productores predios grandes, vías de acceso sin pavimentar y con acceso a crédito bancario.	Baja	Muy alta	Media	Viable
3. Productores con predios medianos vías de acceso fluviales y con acceso a crédito bancario.	Baja	Alta	Media	Viable
4. Productores con predios medianos vías de acceso de caminos de herradura y con acceso a crédito bancario.	Baja	Muy Alta	Media	Viable

Implementación de las opciones tecnológicas en cada dominio

Dominio 1

El dominio de recomendación 1 incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos con leves restricciones para la producción agrícola, lo que los sitúa en un grado exposición bajo ante un evento de déficit hídrico. Por otra parte, debido a la predominancia de pendiente en los predios, la falta de prácticas como la inducción floral o fertilización y la baja disponibilidad de riego, los productores de este dominio tienen un grado de sensibilidad muy alto ante un evento de déficit hídrico. Finalmente, en razón de ser propietarios de los predios pero no contar con disponibilidad de créditos bancarios, los

productores de este dominio tienen un grado medio de capacidad adaptativa ante un evento de déficit hídrico (Figura 13).

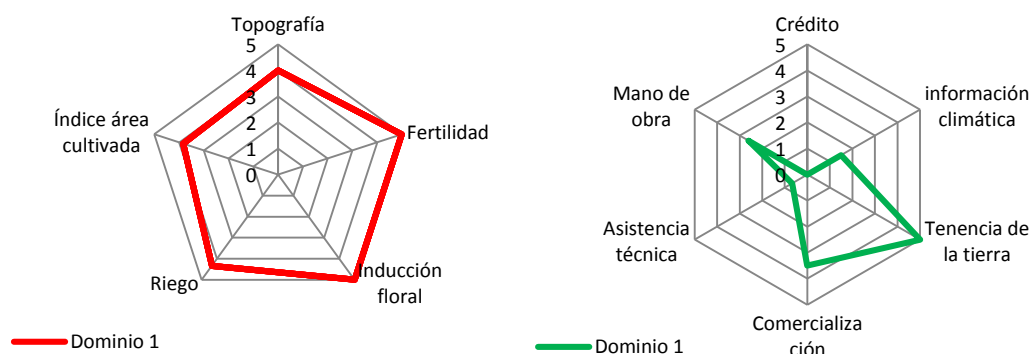


Figura 15. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 1.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación tecnológica de inducción floral en conjunto con el uso de sistema de riego es viable según el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Sin embargo, se resalta que para que las opciones tecnológicas sean factibles económicamente es necesario incrementar el área cultivada de piña a al menos 2 ha. Pese a que los productores de este dominio no tienen acceso a crédito bancario, esto no resulta una limitante para la implementación tecnológica.

Dominio 2

El dominio de recomendación 2 incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos con leves restricciones para la producción agrícola, lo que los sitúa en un grado de exposición ante un evento de déficit hídrico. Por otra parte, debido a la falta de prácticas como la inducción floral o fertilización y la falta de disponibilidad de riego, los productores de este dominio tienen un grado de sensibilidad muy alto ante un evento de déficit hídrico. Finalmente, en razón de ser propietarios de los predios pero no contar con disponibilidad de créditos bancarios ni asistencia técnica en campo, los productores de este dominio tienen un grado medio de capacidad adaptativa ante un evento de déficit hídrico (Figura 14).

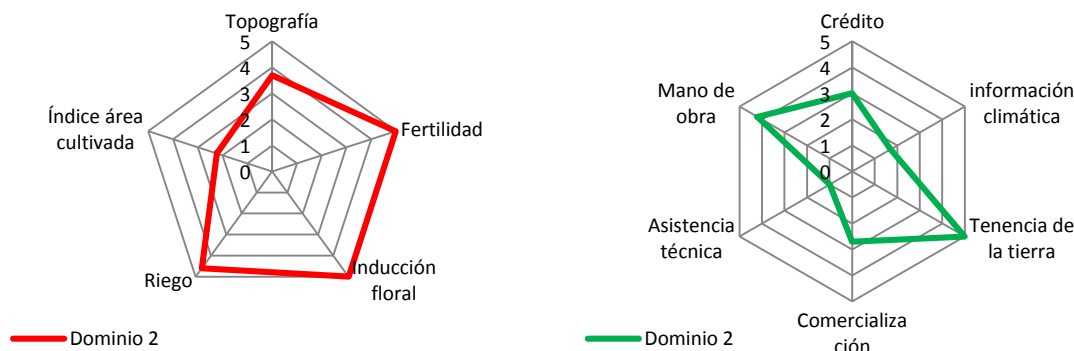


Figura 16. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 2.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación tecnológica de inducción floral en conjunto con el uso de sistema de riego es viable según el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Sin embargo, se resalta que para que las opciones tecnológicas sean factibles económicamente, es necesario incrementar el área cultivada de piña a al menos 2 ha (50% del área en proporción). En caso de ser necesario se recomienda el uso de crédito bancario para realizar la inversión.

Dominio 3

El dominio de recomendación 3 incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos con leves restricciones para la producción agrícola, lo que los sitúa en un grado exposición bajo ante un evento de déficit hídrico. Por otra parte, debido la falta de prácticas como la inducción floral o fertilización, la falta disponibilidad de riego, en conjunto con las condiciones topográficas relativamente favorables de los predios, los productores de este dominio tienen un grado de sensibilidad alto ante un evento de déficit hídrico. Finalmente, en razón de ser propietarios de los predios pero no contar con disponibilidad de créditos bancarios ni asistencia técnica en campo, los productores de este dominio tienen un grado medio de capacidad adaptativa ante un evento de déficit hídrico (Figura 15).



Figura 17. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 3.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación tecnológica de inducción floral en conjunto con el uso de sistema de riego es viable según el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Sin embargo, se resalta que dadas las condiciones de los productores de este dominio es posible que durante los primeros meses del evento de déficit hídrico no se generen excedentes para el productor, por lo que se sugiere en caso de ser necesario el uso de créditos bancarios que permita sobrellevar esta situación. El comportamiento del capital asociado a este esquema de producción permite que el endeudamiento sea pagado mediante los excedentes que se generan en los meses posteriores. Finalmente, para que la implementación tecnológica sea factible económicamente, el área de siembra debe ser de al menos 1,2 hectáreas (60% del área disponible en proporción).

Dominio 4

El dominio de recomendación 4 incluye productores que se encuentran ubicados en zonas con suelos con leves restricciones para la producción agrícola, lo que los sitúa en un grado exposición bajo ante un evento de déficit hídrico. Por otra parte, debido la falta de prácticas como la inducción floral o fertilización y la baja disponibilidad de riego, los productores de este dominio tienen un grado de sensibilidad muy alto ante un evento de déficit hídrico. Finalmente, en razón de ser propietarios de los predios pero no contar con disponibilidad de créditos bancarios ni asistencia técnica en campo, los productores de este dominio tienen un grado medio de capacidad adaptativa ante un evento de déficit hídrico (Figura 16).

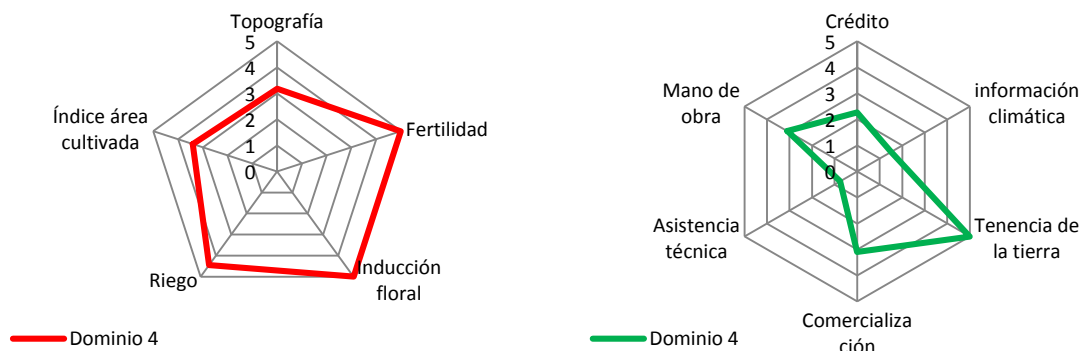


Figura 18. Indicadores de sensibilidad (rojo) y capacidad de adaptación (verde) para el dominio de recomendación 4.

De acuerdo con el análisis microeconómico, la implementación tecnológica de inducción floral en conjunto con el uso de sistema de riego es viable según el comportamiento del capital financiero asociado a este esquema de producción. Finalmente, para que la implementación tecnológica sea factible económicamente, el área de siembra bajo este esquema debe ser de al menos 1,2 hectáreas (50% del área disponible en proporción), la cual se puede ir incrementando paulatinamente.



REFERENCIAS

- Bonet, C.; Brown, O.; Guerrero, P.; González, F. y Hernández, G. (2014). Efecto del agua sobre el rendimiento en el cultivo de la piña. *Revista Ingeniería Agrícola*, 4(4), 8-13.
- Brady, N. y Weil, R. (2004). *Elements of the nature and properties of soils* (2nd edition). New Jersey: Pearson-Prentice Hall.
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de la materia de riego y drenaje*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí: Centro de Investigación y Estudios de Posgrado.
- Corpoica. (2015a). *Producto 1: Caracterización de la variabilidad climática y zonificación de la susceptibilidad territorial a los eventos climáticos extremos*. Proyecto 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 mango (Clemencia y Santa Catalina), piña (El Peñón) y pasto Pará y pasto estrella (Mompox y Hatillo de Loba)*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación Al Cambio Climático.
- Corpoica. (2015c). *Informe final de la Parcela de Integración del Sistema Productivo de piña Municipio de El Peñón, Departamento de Bolívar*. Proyecto Reducción del Riesgo y Adaptación al Cambio Climático.
- Corpoica-CIAT. (2015). *Informe de dominios de recomendación para los sistemas productivos de Bolívar y Atlántico en el marco de la Carta de Entendimiento 002-2013 1806-1 entre CORPOICA y el CIAT derivado del convenio entre Fondo Adaptación y CORPOICA No. 002- 2013*.
- FAO (1976). A framework for land evaluation. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). *Soils bulletin*, 32.
- García, A. (2015). *Infraestructuras para establecer la implantación de cultivos*. España: Ediciones Nobel.



- Gliessman, S. R. (2007). *Agroecology the ecology of sustainable food systems* (2nd Edition). United States of America: CRC Press.
- ICA. (2011). *Manejo fitosanitario del cultivo del lulo (Solanum quitoense Lam.). Medidas para la temporada invernal*. Bogotá: Produmedio.
- INTA. (2010). *Producción de diferentes tipos de abonos, repelentes y fungicidas orgánicos experiencias de productores en la zona sur de Costa Rica*. Costa Rica.
- IPCC. (2012). *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate*. Cambridge, UK.: Cambridge University Press.
- Labrador, J. (2001). *La materia orgánica en los agrosistemas*. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Madrid: Ediciones Mundi Prens.
- Lores, A.; Leyva, A. y Varela, M. (2008). Los dominios de recomendaciones: establecimiento e importancia para el análisis científico de los agroecosistemas. *Cultivos Tropicales*, 29(3), 5-10.
- Lozano, M. y Quimbayo, L. (2011). *La biofertilización: una alternativa para el manejo sostenible del cultivo de mango*. Colombia: Corpoica.
- Malézieux, E. y Bartholomeew, D. (2003). Plant Nutrition, en D. Bartholomeew. R. Paull y K. Rohrbach, *The Pineapple: Botany, Production and Uses* (pp. 143-165). CABI publishing.
- Montagnini, F., Somarriba, E., Murgueitio, E., Fassola, H. y Eibl, B. (2015). *Sistemas agroforestales. Funciones productivas, socioeconómicas y ambientales*. Serie técnica. Informe técnico 402. CATIE, Turrialba, Costa Rica. Cali: Editorial CIPAV.
- OMM. (2011). *Guía de prácticas climatológicas*. Ginebra: Organización Meteorológica Mundial.
- Palmer, W. (1965). *Meteorological Drought*. U.S. Department of Commerce. Research Paper, 45.
- Quiroz, G. y Pérez, A. (2013). Vinaza y compost de cachaza: efecto en la calidad del suelo cultivado con caña de azúcar. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 5, 1069-1075.



- Restrepo, J. (2007). *El ABC de la agricultura orgánica y harina de rocas*. Managua: SIMAS.
- Ríos, T. A. y Osuna, J. A. (2005). Diagnosis of pineapple crop (*Ananas comosus* L.) cultivation in Nayarit, México. IV International Pineapple Symposium. *ISHS Acta Horticulturae*, 666, 43-49.
- Ríos, T. A. y Uriza, D. (2005). Native pineapple (*Ananas comosus* L.) potential as an organic crop in Nayarit, México. IV International Pineapple Symposium. *ISHS Acta Horticulturae*, 666.
- Rodríguez, A., Farrés, E., Placeres, J., Peña, O., Fornaris, L. y Mullen, L. (2009). Manejo del cultivo de la piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.) cv. Española Roja, en Cuba. *CitriFrut.*, 29 (2), 71-75.
- Rosales, A.J.J., Cruz V., U. y Cevallos E., J. (2009). Manejo del agroecosistema de piña cultivada bajo sombra en Villa Purificación, Jalisco, México. *Rev. Bras. de Agroecología*, 4, 3931-3935.
- Sagarpa. *Drenaje superficial en terrenos agrícolas*. Recuperado de <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUSSA/Drenaje%20superficial%20en%20terrenos%20agricolas.pdf>.
- Salazar, R. (1994). *Situación del cultivo de la piña en Colombia*. Bogotá: ICA.
- Serna, V. (1998). *El cultivo de la piña. Manual técnico*. Bogotá: Federación Nacional de Cafeteros de Colombia, Proexport Colombia.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2006). *Fisiología vegetal* (3ª ed). Universitat Jaume.
- Vásquez, H.; Saavedra, R. y Saavedra, S. (2012). Piña. En G. Fisher, *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 776 – 801). Bogotá: Produmedios.
- Ward, M. (2002). *Composting a beginner's guide*. Slippery rock, Pennsylvania: Slippery University.



Para mayor información consulte el sistema experto-MAPA.

Ingrese por:

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

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