

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON ÉNFASIS EN  
SEQUÍA EN LA SUBCUENCA DEL RÍO AGUAS  
CALIENTES, SOMOTO, NICARAGUA

POR

SONIA NOHEMÍ GÓMEZ RIVERA

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica

Noviembre, 2003

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

**ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD CON ÉNFASIS EN SEQUÍA EN LA  
SUBCUENCA DEL RÍO AGUAS CALIENTES, SOMOTO, NICARAGUA**

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgrado, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar al grado de:

**Magíster Scientiae**

Por

**SONIA NOHEMÍ GÓMEZ RIVERA**

Consejero Principal  
**FRANCISCO JIMÉNEZ**

Comité Asesor  
**SERGIO VELÁSQUEZ**  
**DIEGO GÓMEZ**

**CATIE**

Turrialba, Costa Rica  
Noviembre, 2003

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA  
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN  
ESCUELA DE POSGRADO**

Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma, por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgraduados del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGÍSTER SCIENTIAE**

---

Francisco Jiménez, Dr Sc.  
**Consejero Principal**

---

Diego Gómez, M Sc.  
**Miembro Comité Consejero**

---

Sergio Velásquez, M Sc.  
**Miembro Comité Consejero**

---

Glenn Galoway, Ph. D.  
**Director y Decano de la Escuela de Posgraduados**

---

Sonia Nohemí Gómez Rivera  
**Candidata**

## **DEDICATORIA**

A Dios, por que de él es la tierra y su plenitud, el mundo y los que en el habitan y sin él ni las hojas de los árboles se mueven; porque él es mi guía y me ha dado vida y fuerza para alcanzar mis metas

A mi padre y mi madre por que ellos me trajeron a este mundo y me inculcaron el temor a Dios. A mi padre que aunque físicamente no está en la tierra siempre está dentro de mí y cada día alimenta con su recuerdo el espíritu de superación y fortaleza que en mí sembró.

A mi hija Sonia Gabriela por ser parte principal de mi vida y motivo de mi inspiración.

A toda mi familia por el apoyo incondicional que siempre me han brindado en el transcurso de mi vida.

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi consejero principal Doctor Francisco Jiménez por todo su esmero y apoyo brindado en la realización de este estudio y por los conocimientos adquiridos de su parte.

A los miembros de mi comité asesor: MSc. Diego Gómez, MSc. Sergio Velásquez por su valiosa asesoría brindada.

Al Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria por apoyar, fortalecer y creer en la formación de capital humano como una alternativa de desarrollo para las comunidades.

A todos mis colegas y compañeros de trabajo que de una u otra manera me brindaron su apoyo.

Al proyecto FOCUENCAS- CATIE - ASDI por el apoyo brindado en la realización de esta maestría y por el trabajo realizado en pro de las comunidades.

A los productores de las comunidades que forman la subcuenca de Aguas Calientes, que me brindaron y apoyaron a obtener la información de campo y que con mucho empeño y esperanza se esfuerzan por ver un desarrollo en su comunidad.

A todas las instituciones y personas que me brindaron apoyo e información para hacer posible este estudio.

A todos mis profesores y personal del CATIE por el apoyo y por los conocimientos que me brindaron, que seguro serán de mucha utilidad en el desempeño de mi trabajo.

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>iii</b>
<b>AGRADECIMIENTOS.....</b>	<b>iv</b>
<b>TABLA DE CONTENIDOS.....</b>	<b>v</b>
<b>LISTA DE CUADROS .....</b>	<b>vii</b>
<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>ix</b>
<b>LISTA DE ANEXOS.....</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY.....</b>	<b>xi</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>xii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	2
1.3 OBJETIVOS .....	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i> .....	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2. REVISIÓN DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
2.1 FENÓMENO NATURAL.....	4
2.2 DESASTRE NATURAL.....	4
2.3 RIESGO.....	5
2.4 AMENAZA .....	5
2.4.1 <i>Amenaza natural</i> .....	5
2.4.1.1 <i>Geológica</i> .....	5
2.4.1.2 <i>Hidrometeorológica o climática</i> .....	6
2.4.2 <i>Amenaza socio-natural</i> .....	6
2.4.3 <i>Amenaza antrópica</i> .....	6
2.5 SEQUÍA.....	6
2.5.1 <i>Sequía en Nicaragua</i> .....	7
2.5.2 <i>Impacto de la sequía en Nicaragua</i> .....	8
2.6 VULNERABILIDAD.....	9
2.6.1 <i>Tipos de Vulnerabilidad</i> .....	10
2.6.2 <i>Vulnerabilidad a sequía</i> .....	11
2.6.3 <i>Factores que contribuyen a la vulnerabilidad a sequías</i> .....	12
2.6.3.1 <i>Socioeconómicos y Biológicos</i> .....	12
2.6.3.2 <i>Edafológicos y Tecnológicos</i> .....	12
2.7 HERRAMIENTAS DISPONIBLES PARA EL ANÁLISIS .....	13
2.7.1 <i>Sistema de información geográfica (SIG)</i> .....	13
2.7.2 <i>Análisis de datos agroclimáticos (AGROCLIM)</i> .....	13
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>14</b>
3.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	14

3.2 CARACTERIZACIÓN FÍSICA DE LA SUBCUENCA AGUAS CALIENTES .....	15
3.2.1 Población.....	15
3.2.2 Educación .....	15
3.2.3 Salud .....	15
3.2.4 Medios de comunicación .....	15
3.2.5 Fisiografía, Relieve y Drenaje.....	15
3.2.6 Zonas de vida.....	16
3.2.7 Clima.....	16
3.2.8 Suelos.....	16
3.2.9 Uso de la tierra y sistemas de producción.....	17
3.3 DEFINICIÓN DE LA POBLACIÓN.....	17
3.4 ESQUEMA DEL PROCESO METODOLÓGICO.....	18
3.5 FUENTES DE INFORMACIÓN.....	18
3.5.1 Fuente de información secundaria .....	18
3.5.2 Fuente de información primaria.....	19
3.6 FACTORES, VARIABLES E INDICADORES EVALUADOS.....	19
3.7 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.....	21
3.7.1 Estandarización y ponderación de los indicadores .....	21
3.7.2 Análisis para la identificación y caracterización de la sequía y su interrelación con las actividades productivas.....	22
3.7.3 Análisis para la identificación y cuantificación de impactos a la producción agropecuaria ocasionados por la sequía .....	25
3.7.4 Análisis para determinar las áreas críticas.....	26
3.7.5 Análisis para determinar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica .....	27
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>32</b>
4.1 IDENTIFICACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA SEQUÍA Y SU INTERRELACIÓN CON LAS ACTIVIDADES PRODUCTIVAS .....	32
4.2 IMPACTO A LA PRODUCCIÓN AGROPECUARIA OCASIONADO POR LA SEQUÍA .....	38
4.3 ÁREAS CRÍTICAS EN LA SUBCUENCA.....	42
4.4 VULNERABILIDAD BIOFÍSICA Y SOCIOECONÓMICA EN LA SUBCUENCA AGUAS CALIENTES...53	
4.5 ESTRATEGIAS Y ACCIONES PARA REDUCIR LA VULNERABILIDAD A SEQUÍA.....	61
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>65</b>
<b>6. LITERATURA CONSULTADA.....</b>	<b>67</b>
<b>7. ANEXOS.....</b>	<b>71</b>
7.1 GUÍA EJEMPLO PARA ENTREVISTA.....	71
7.2 CUADROS Y FOTOGRAFÍAS.....	72

## LISTA DE CUADROS

Página

<b>Cuadro 1.</b> Factores, variables e indicadores considerados en el análisis de vulnerabilidad.....	20
<b>Cuadro 2.</b> Escala e índice de vulnerabilidad propuestos para la subcuenca Aguas Calientes.....	21
<b>Cuadro 3.</b> Ejemplo para obtener el porcentaje y valoración de la vulnerabilidad .....	22
<b>Cuadro 4.</b> Escala de valoración para cantidad de lluvia caída en época de primera.....	23
<b>Cuadro 5.</b> Escala de valoración para cantidad de lluvia en época de postrera.....	23
<b>Cuadro 6.</b> Escala de valoración para días sin lluvia en período de canícula.....	24
<b>Cuadro 7.</b> Escala de valoración para satisfacción hídrica de maíz de 90 días y frijol de 70 días....	24
<b>Cuadro 8.</b> Escala de valoración para caudales mínimos en período de estiaje.....	25
<b>Cuadro 9.</b> Escala de valoración para pérdidas por satisfacción hídrica de los cultivos.....	26
<b>Cuadro 10.</b> Escala de valoración para intensidad de uso del suelo.....	26
<b>Cuadro 11.</b> Escala de valoración para áreas agrícolas en pendientes mayores de 30%.....	27
<b>Cuadro 12.</b> Escala de valoración para áreas con presencia de agua subterránea.....	27
<b>Cuadro 13.</b> Escala de valoración para densidad poblacional.....	28
<b>Cuadro 14.</b> Escala de valoración para ingresos familiares.....	28
<b>Cuadro 15.</b> Escala de valoración para dependencia Económica.....	28
<b>Cuadro 16.</b> Escala de valoración para desempleo.....	28
<b>Cuadro 17.</b> Escala de valoración para tenencia de la tierra.....	29
<b>Cuadro 18.</b> Escala de valoración para organización comunitaria.....	29
<b>Cuadro 19.</b> Escala de valoración para analfabetismo.....	29
<b>Cuadro 20.</b> Escala de valoración para instituciones presentes en la zona.....	30
<b>Cuadro 21.</b> Escala de valoración para capacitación.....	30
<b>Cuadro 22.</b> Escala de valoración para tecnologías de conservación de suelo.....	31
<b>Cuadro 23.</b> Escala de valoración para estructuras de almacenamiento.....	31
<b>Cuadro 24.</b> Escala de valoración para disponibilidad de riego.....	31
<b>Cuadro 25.</b> Pluviometría promedia de 31 años de registro en la estación Somoto.....	32
<b>Cuadro 26.</b> Comportamiento y valoración de la canícula en las comunidades de la subcuenca.....	34
<b>Cuadro 27.</b> Caudales en período de estiaje en la subcuenca Aguas Calientes.....	35
<b>Cuadro 28.</b> Análisis comparativo interanual de lluvias alcanzadas en primera y postrera.....	39
<b>Cuadro 29.</b> Probabilidad de ocurrencia de días sin lluvia en período canicular.....	39
<b>Cuadro 30.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica del cultivo de maíz de primera.....	40



<b>Cuadro 31.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica del cultivo de frijol de primera.....	41
<b>Cuadro 32.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica del cultivo de frijol de postrera.....	42
<b>Cuadro 33.</b> Área sobreutilizada en la subcuenca Aguas Calientes.....	43
<b>Cuadro 34.</b> Área agrícola en pendientes mayores de 30%.....	45
<b>Cuadro 35.</b> Porcentaje de familias que realizan tecnologías de conservación de suelos y agua.....	46
<b>Cuadro 36.</b> Presencia de canícula y porcentaje de área afectada.....	47
<b>Cuadro 37.</b> Presencia de agua subterránea en las comunidades de la subcuenca.....	49
<b>Cuadro 38.</b> Nivel de criticidad en las comunidades de la subcuenca.....	51
<b>Cuadro 39.</b> Densidad poblacional en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes.....	53
<b>Cuadro 40.</b> Ingreso familiar y desempleo en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes....	54
<b>Cuadro 41.</b> Tenencia de la tierra, educación y presencia de instituciones en la subcuenca.....	55
<b>Cuadro 42.</b> Organización de las comunidades en la subcuenca Aguas Calientes.....	56
<b>Cuadro 43.</b> Capacitación de la comunidades en la subcuenca Aguas Calientes.....	56
<b>Cuadro 44.</b> Aplicación de tecnologías de conservación de suelos y agua.....	57
<b>Cuadro 45.</b> Estructuras de almacenamiento de agua, semillas y disponibilidad de riego.....	57
<b>Cuadro 46.</b> Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca Aguas Calientes.....	59

## LISTA DE FIGURAS

Página

<b>Figura 1.</b> Ubicación geográfica y comunidades de la subcuenca Aguas Calientes.....	14
<b>Figura 2.</b> Escala de valores de vulnerabilidad.....	21
<b>Figura 3.</b> Comportamiento de la precipitación.....	32
<b>Figura 4.</b> Satisfacción hídrica del cultivo de maíz de primera.....	36
<b>Figura 5.</b> Satisfacción hídrica del cultivo de frijol de primera.....	37
<b>Figura 6.</b> Satisfacción hídrica del cultivo de frijol de postrera.....	38
<b>Figura 7.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica en cultivo maíz de primera.....	40
<b>Figura 8.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica en cultivo de frijol de primera.....	41
<b>Figura 9.</b> Probabilidad de satisfacción hídrica en cultivo de frjol de postrera.....	42
<b>Figura 10.</b> Mapa de intensidad de uso del suelo de la subcuenca Aguas Calientes.....	44
<b>Figura 11.</b> Mapa de comportamiento canicular de la subcuenca Aguas Calientes.....	48
<b>Figura 12.</b> Mapa de afluentes y agua subterránea de la subcuenca Aguas Calientes.....	50
<b>Figura 13.</b> Nivel de criticidad de las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes.....	51
<b>Figura 14.</b> Mapa de áreas críticas de la subcuenca Aguas Calientes.....	52
<b>Figura 15.</b> Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica de la subcuenca Aguas Calientes.....	59
<b>Figura 16.</b> Mapa de vulnerabilidad biofísica de la subcuenca Aguas Calientes.....	60
<b>Figura 17.</b> Mapa de vulnerabilidad socioeconómica de la subcuenca Aguas Calientes.....	61
<b>Figura 18.</b> Mapa de vulnerabilidad global de la subcuenca Aguas Calientes.....	62
<b>Figura 19.</b> Presencia institucional en la subcuenca Aguas Calientes.....	63

## LISTA DE ANEXOS

Página

<b>Anexo 1. Guía ejemplo para entrevista.....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 2. Cuadros y fotografías.....</b>	<b>72</b>
Cuadro 1. Ejemplo de simulación de balance hídrico de cultivo maíz de 90 días.....	72
Cuadro 2. Ejemplo de resultados de balance hídrico para cuarta pentada de mayo.....	73
Cuadro 3. Análisis comparativo interanual de las lluvias.....	74
Cuadro 4. Números sucesivos sin lluvia en período de canícula.....	75
Figura 1. Coeficiente del rendimiento en cultivo maíz en distintos períodos de desarrollo.....	76
Figura 2. Coeficiente del rendimiento en cultivo frijol en distintos períodos de desarrollo.....	76
Fotografías de la subcuenca Aguas Calientes.....	77

Gómez R, S.N 2003. Análisis de vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua.

Palabras claves: Vulnerabilidad, sub-cuenca, subcuenca Aguas Calientes, sequía, vulnerabilidad biofísica, vulnerabilidad socioeconómica, comunidades, indicadores.

## **RESUMEN**

El estudio se llevó a cabo en la subcuenca Aguas Calientes, con el objetivo de identificar los niveles y áreas con mayor grado de vulnerabilidad a sequía y el impacto de la misma; también la importancia del estudio radica en proponer mecanismos para la implementación de planes para la reducción de la vulnerabilidad a sequía en la subcuenca.

La información primaria fue recolectada por medio de un censo a toda las familias existentes en la subcuenca. Además se entrevistaron representantes de las instituciones y líderes comunitarios presentes en la misma. La información secundaria se obtuvo de base de datos proveniente de fotografías aéreas, mapas cartográficos y documentos relevantes. En la evaluación se emplearon indicadores de vulnerabilidad y el análisis de la información fue complementado con el uso de Sistema de Información Geográfica.

Los resultados muestran que todas las 10 comunidades que están dentro de esta subcuenca presentan alta vulnerabilidad. También se identificó que los indicadores biofísicos tienen mayor importancia para la vulnerabilidad (intensidad de uso de la tierra, comportamiento de la precipitación y presencia de agua) y algunos de naturaleza socioeconómica (densidad poblacional, ingresos económicos, capacitación a la población y la implementación de tecnologías de conservación). Seis comunidades presentaron muy alto nivel de criticidad, tres un alto nivel y solamente una comunidad presentó un nivel de criticidad medio.

El análisis del consenso de las municipalidades e instituciones presentes mostró que para reducir la vulnerabilidad a sequía son necesarias acciones tales como la coordinación interinstitucional y comunitaria y brindar conocimientos sobre los factores asociados con la sequía y vulnerabilidad como un buen uso y manejo de los recursos naturales. De esta manera, es necesario ejecutar planes para reducir los efectos de la sequía y contribuir al desarrollo de las comunidades de la subcuenca Aguas calientes.

Gómez R, S.N 2003. Analysis of vulnerability with emphasis to drought in the river Aguas Calientes sub basin, Somoto , Nicaragua.

Key words: Vulnerability, sub-basin, Aguas Calientes sub-basin, drought, biophysical vulnerability, socioeconomic vulnerability, communities, indicators.

### **ABSTRACT**

The study was conducted in Aguas Calientes sub basin, with the objective of identifying levels and areas of greatest vulnerability to drought, and the impact of it. The importance of this study stem in propose mechanisms for the implementations of plans to reduce the vulnerability to drought in this sub basin.

Collection of primary information was through of a census of all the families within the sub basin, as well as interviews of the representatives of institutions and community leaders present in the sub basin. Secondary information was obtained from data base from aerial photographs, cartographic maps and relevant documents. The evaluation was done using vulnerability indicators and data compiled was analyzed using a Geographic Information System.

The results showed that all the 10 communities located within this sub basin, exhibit high vulnerability to drought. It was also identified the biophysical indicators have a great importance to vulnerability, such indicator are: land use intensity, precipitation behavior and water presence. Some other indicator are of socioeconomic nature such as population density, economic income, training to the people and conservation technology implementation. Six communities presented very high level of critical, three were a high level and only one presented a medium vulnerability level.

The analysis of the municipality and institutional showed that to reduce the vulnerability to drought certain action need to be taken. It is necessary to increase interinstitutional and community coordination, educate people about factors associated with drought and vulnerability, it such a good use and management of natural resource. In deed, it is necessary to execute plans to reduce the effects of the drought and to contribute to development of the communities within the Aguas Calientes sub basin.

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Planteamiento del problema

La sociedad humana y el medio ambiente natural se han tornado cada vez más vulnerables a las amenazas naturales, siendo Centroamérica una de las regiones del continente americano más propensa a los desastres. En el verano de 1999, la sequía causada por el efecto del fenómeno de El Niño, fue el prelude de la temporada de incendios forestales más devastadores que ha experimentado la región centroamericana en los últimos 100 años (Lavell, 1999).

Nicaragua, es un país altamente vulnerable a desastres naturales, originados tanto por condiciones locales como por eventos climáticos de alcance mundial como son los fenómenos de El Niño y La Niña. Ambos fenómenos se han manifestado dejando afectaciones cuantiosas en el sector agropecuario, pesca y forestal.

La sequía ha sido sin embargo, uno de los fenómenos que ha causado gran impacto a la población, por ser este muy recurrente y provocar serios daños.

El problema generado por la sequía en Nicaragua reside en que su impacto se ha concentrado principalmente en la población rural, que son los grupos más empobrecidos, y que han venido incrementado su vulnerabilidad ante la ocurrencia de este fenómeno (MAGFOR, 2000).

Las pérdidas más recientes en Nicaragua ocasionadas por efectos de la sequía han sido evidentes en los últimos eventos del fenómeno ENOS. En los años 1997-98, en el área de granos básicos durante la época de primera, se estimaron pérdidas 24.1%, afectando principalmente los cultivos de sorgo millón, frijol, maíz y arroz (23, 22, 13 y 9% respectivamente), pérdidas valoradas en unos 20.8 millones de dólares. Es importante señalar que este fenómeno ENOS 97-98, no ha sido el de mayor impacto negativo sobre la agricultura nicaragüense y podría clasificarse como de efecto moderado (OPSA, 1997).

Para el ciclo agrícola 2001/2002, en la época de primera, el Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR) realizó un diagnóstico para analizar los efectos de la prolongada sequía que afecta las zonas occidentales y norte del país, encontrando pérdidas del 18.3% de la cosecha prevista para este período en los cultivos de maíz, frijol, arroz, sorgo y ajonjolí (MAGFOR, 2001).

Según estudio de la sequía en Nicaragua, realizado por Gutiérrez (1994), este fenómeno básicamente se presenta en las regiones del Pacífico y Norte, en las cuales se concentran la mayor parte de las tierras que son utilizadas para la agricultura y que son vulnerables a la sequía, situación que convierte a este fenómeno en un aspecto negativo de gran relevancia para la población de Nicaragua, por ser la agricultura la base de la economía del país.

La expansión de la producción agropecuaria presenta limitaciones por el estado de sobreutilización de los suelos; la deforestación de laderas demuestran que la conversión del bosque a agricultura y a pastos en suelo de vocación forestal ha ocasionado un proceso masivo de erosión y depreciación de la tierra, impactando en el ciclo hidrológico y el microclima. Las comunidades enfrentan problemas de abastecimiento y calidad del agua, convirtiéndose en un problema crítico que requiere de inversiones cuantiosas para solucionarlo. De continuar el proceso de ampliación de la frontera agrícola se reproducirán las condiciones de degradación ambiental y pobreza social, con la consecuente pérdida de biodiversidad, recursos hídricos, y el incremento de la vulnerabilidad. (PNUD, 2000).

## **1.2 Importancia de la investigación**

La valoración de la vulnerabilidad a sequía proporciona un marco para identificar o predecir las causas fundamentales de los impactos relacionados con la misma. La sequía puede ser sólo un factor que, unido a otras condiciones adversas de carácter social, económico o medioambiental, genera vulnerabilidad (PNUD, 2000).

La importancia de evaluar la vulnerabilidad a la sequía en la subcuenca de Aguas Calientes radica en que es una zona que presenta serios problemas debido a la presencia de condiciones climatológicas adversas que provocan desastres, como es el caso de la sequía que año con año afecta a los habitantes de la subcuenca, por los daños que provoca en la producción agropecuaria y en la seguridad alimentaria. Además esta unidad hidrológica se considera de suma importancia, ya que es fuente de recarga para los pozos de agua potable que abastecen a gran parte del municipio. Sin embargo, en la actualidad, la disminución de los caudales de agua y de la producción agrícola es evidente, siendo estos agudizados por el deterioro de los recursos naturales de la subcuenca, y por el crecimiento demográfico de la población que realiza actividades en detrimento de los mismos.

Para reducir la vulnerabilidad es necesario comprender los factores que intensifican los efectos de las amenazas naturales y que el impacto de éstas no son el resultado exclusivo de las fuerzas naturales, sino que se magnifican con las actividades humanas inadecuadas y carentes de planificación, como la deforestación, las prácticas agrícolas insostenibles, uso irracional de los recursos naturales, aunado todo esto con la pobreza de las comunidades (USAID, 1999).

Conocer el grado de vulnerabilidad a la sequía y las áreas más críticas en la subcuenca, servirá de base para definir e implementar estrategias y convertirlas en parte, e incluso en elemento central del proceso de desarrollo, logrando así una contribución a la reducción de la vulnerabilidad de estas comunidades.

### **1.3 Objetivos**

#### ***1.3.1 Objetivo general***

- ✍ ✍ Analizar la vulnerabilidad con énfasis en sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua.

#### ***1.3.2 Objetivos específicos***

- ✍ ✍ Identificar y caracterizar la sequía y su relación con las actividades productivas en la subcuenca del Río Aguas Calientes.
- ✍ ✍ Identificar y cuantificar impactos en la producción agropecuaria ocasionados por la sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes.
- ✍ ✍ Determinar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca del Río Aguas calientes.
- ✍ ✍ Determinar áreas críticas por sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes.
- ✍ ✍ Identificar estrategias y acciones para reducir la vulnerabilidad ante la sequía en la subcuenca del Río Aguas Calientes.



## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 Fenómeno natural**

Es toda manifestación de la naturaleza. Se refiere a cualquier expresión que adopta la naturaleza como resultado de su funcionamiento interno. La ocurrencia de un "fenómeno natural" sea ordinario o incluso extraordinario (mucho más en el primer caso) no necesariamente provoca un "desastre natural". Entendiendo que la tierra está en actividad, puesto que no ha terminado su proceso de formación y que su funcionamiento da lugar a cambios en su faz exterior, los fenómenos deben ser considerados siempre como elementos activos de la geomorfología terrestre (Maskrey, 1993).

No todo fenómeno físico o natural genera una crisis que puede catalogarse como "desastre". Esto dependerá del grado de vulnerabilidad de la zona afectada (CCAD / SICA,1999).

La magnitud del impacto de los fenómenos naturales se diferencia de una zona a otra, lo que responde a variaciones en la intensidad de los eventos y a la relación de esta intensidad con la fragilidad ecológica de distintas poblaciones y zonas de la región (Gutiérrez,1999).

### **2.2 Desastre natural**

Es la correlación entre fenómenos naturales peligrosos (como terremotos, huracanes, maremotos, sequías, etc.) y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables (como situación económica precaria, viviendas mal construidas, tipo de suelo inestable, mala ubicación de la vivienda, etc). En otras palabras, se puede decir que hay un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables ( Maskrey, 1993).

Cuando por múltiples razones, la comunidad es incapaz de transformar sus estructuras, adecuar sus ritmos y redefinir la dirección de sus procesos como respuesta ágil, flexible y oportuna a los cambios del medio ambiente; cuando los diseños sociales no responden adecuadamente a la realidad del momento que les exige una respuesta, surge el desastre (Jiménez, 2002).

## **2.3 Riesgo**

El riesgo que tiene una comunidad de ser afectada por un desastre se define como el resultado de calcular la acción potencial de una amenaza determinada con las condiciones de vulnerabilidad que esta región presenta. Es decir, el riesgo de un país estará determinado por la magnitud de la amenaza que lo afecte y su vulnerabilidad ante esa amenaza.

### **Riesgo = Vulnerabilidad x Amenaza**

El riesgo es potencialmente reducible si se actúa de manera sistemática sobre los factores que lo generan (CCAD,1998).

El riesgo es el número esperado de pérdidas humanas, heridos, daños a la propiedad, al ambiente, interrupción de las actividades económicas, impacto social debido a la ocurrencia de un fenómeno natural o provocado por el hombre, es decir, el producto de la amenaza por la vulnerabilidad (Jiménez, 2002).

## **2.4 Amenaza**

Amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado. La amenaza surgen cuando de la posibilidad teórica se pasa a la probabilidad más o menos concreta, de que uno de esos fenómenos de origen natural o humano se produzca en un determinado tiempo y en una determinada región que no esté adaptada para afrontar sin traumatismos ese fenómeno (Wilches-Chaux, 1998).

La amenaza pueden ser clasificada en distintos tipos:

### ***2.4.1 Amenaza natural***

Tiene su origen en la dinámica transformación de la tierra. Normalmente el hombre no interviene en la ocurrencia de estos fenómenos, ni está en capacidad de evitar que se produzcan los mismos.

La amenaza natural puede considerarse según su origen en dos grupos (Wilches-Chaux, 1998; Lavell, 1996).

#### ***2.4.1.1 Geológica***

Incluye a fenómenos como los sismos y terremotos, las erupciones volcánicas, los maremotos o tsunamis, los deslizamientos y avalanchas, los hundimientos, la erosión terrestre y costera.

#### ***2.4.1.2 Hidrometeorológica o climática***

Esta amenaza es el producto directo de las condiciones climático-atmosféricas.

Se incluyen a los huracanes, las tormentas tropicales, los tornados, granizadas y tormentas eléctricas, el fenómeno de El Niño, las temperaturas extremas, las sequías, los incendios forestales, las inundaciones y los desbordamientos.

#### ***2.4.2 Amenaza socio-natural***

Es aquella que se expresa a través de fenómenos que parecen ser productos de la dinámica de la naturaleza, pero que en su ocurrencia o en la agudización de sus efectos, interviene el hombre. Las expresiones más comunes de esta amenaza son las inundaciones, las sequías o los deslizamientos, en donde actividades como la deforestación y mal uso de la tierra en las cuencas hidrográficas, o la construcción de obras de infraestructura sin las precauciones ambientales adecuadas, se constituyen en variables explicativas de la ocurrencia de estos fenómenos (Wilches-Chaux, 1998; Lavell, 1996).

#### ***2.4.3 Amenaza antrópica***

Es aquellas claramente atribuibles a la acción humana sobre los elementos de la naturaleza (aire, agua y tierra) o sobre la población, que ponen en peligro la integridad física o la calidad de vida de las comunidades (Wilches-Chaux, 1998).

### **2.5 Sequía**

La sequía es una amenaza hidrometeorológica, que puede ser agudizada por intervención de las acciones del hombre y convertirse en una amenaza socio natural. La sequía se presenta como un déficit o pobre distribución de precipitaciones sobre las esperadas o "normales" que, cuando se prolonga durante toda la temporada o más tiempo, es insuficiente para satisfacer las demandas de agua, lo cual puede ocasionar impactos económicos, sociales y medioambientales.

La sequía debería considerarse como una característica repetitiva del clima y es una condición, más relativa que absoluta, que debería ser definida para cada región y para cada grupo de organismos vivos. Todas las sequías difieren entre sí en intensidad, duración y extensión en el espacio geográfico (PAN, 1995).

Las sequías son en realidad el resultado de la combinación de factores meteorológicos, humanos y físicos. La causa inicial es la escasez de precipitaciones (**sequía meteorológica**) lo que deriva en una insuficiencia de recursos hídricos (**sequía hidrológica**) necesarios para abastecer la demanda existente que desde el punto de vista de la agricultura (**sequía agrícola**), es una escasez permanente y considerable de agua en una determinada zona de terreno cultivado, o en una zona forestal, lo que, en gran medida, limita el proceso de vida de las plantas (González, 2002).

La sequía es una situación en la cual la disponibilidad de agua es insuficiente para satisfacer las necesidades de las poblaciones de plantas, animales y de seres humanos que se encuentran condicionados por su modo de vida, distribución y aprovechamiento de las tierras ( PNUD, 2000).

La sequía es un problema social que genera toda una cadena de subproblemas tales como reducción de la producción y desempleo lo que produce otros eslabones como migración, ausentismo escolar, problemas de salud, menos recursos y más pobreza. La sequía afecta a los habitantes de una zona en sus variables socioeconómicas, culturales y estructurales (PNUD, 2000).

De todos los desastres naturales, las sequías son posiblemente las que tienen el mayor potencial de impacto económico y pueden afectar mayor número de personas. Las sequías afectan grandes extensiones geográficas llegando a cubrir países enteros. Tienen un impacto directo y significativo sobre la producción alimenticia y la economía en general (Jiménez, 2002).

### ***2.5.1 Sequía en Nicaragua***

Estudios realizados en Nicaragua por (INETER, 2001), sobre el comportamiento del fenómeno del Niño registrados entre 1971 hasta 1998, denominando “Escenarios de precipitación en Nicaragua para los eventos del Niño, con categorías fuerte, moderado y promedio”, indican que Nicaragua sufre sequías más severas cuando el fenómeno Niño se presenta de manera moderada, que cuando es categorizado como un Niño fuerte.

La disminución en las lluvias es más fuerte en el período que va de agosto a octubre. La mayor reducción en los acumulados de precipitación generalmente se comienzan a manifestar a partir del mes de julio, extendiéndose hasta el mes de septiembre en el caso del escenario de El Niño Fuerte y hasta el mes de octubre para el caso del escenario de El Niño Moderado.

El fenómeno climático de El Niño se ha presentado en Nicaragua en siete ocasiones entre 1971 y 1998. De estas, cuatro eventos han sido ubicados en la categoría de fuerte a muy fuerte y en tres ocasiones en la categoría de moderado.

Cada evento Niño ha tenido diferente influencia sobre el comportamiento de las lluvias en Nicaragua. Los acumulados de lluvia son menores cada vez que se presenta el fenómeno y esto se manifiesta principalmente en las regiones del Pacífico, Norte y Central, y con menor incidencia en el Atlántico (INETER, 2001).

### ***2.5.2 Impacto de la sequía en Nicaragua***

En el lenguaje común también se refiere a los impactos como "consecuencias" o "resultados". Los impactos son síntomas de vulnerabilidad. Hoy en día en los países desarrollados existen sistemas de reserva y abastecimiento de agua que impiden que las consecuencias de sequía deriven en un desastre que suponga pérdida de vidas humanas, siendo las consecuencias de índole exclusivamente social, ambiental y económica (cultivos y cosechas perdidas, disminución del caudal de los ríos, problemas de abastecimiento, plagas, etc). Sin embargo, en los países en vías de desarrollo, las consecuencias de las sequías alcanzan tal magnitud que, con frecuencia, las hacen merecedoras del calificativo de catástrofe, al ser causa de hambrunas, muerte y éxodo de población. Esto ocurre en economías que practican agriculturas de subsistencia dependientes exclusivamente del agua de lluvia, en las que cualquier periodo seco arruina las cosechas y por tanto, el alimento de una población (González, 2002).

La sequía en Nicaragua no es un fenómeno aislado, sino que ha venido ocurriendo desde la década de 1950 y cuya repetición se ha intensificado en la década de 1990, de manera casi sistemática cada tres años, a saber: 1991, 1994, 1997, 2000 y 2001. Cuando en 1972 se perdió un 57.7% de la cosecha de maíz, un 42.2% la de frijol y un 56.1% la de arroz, se pensó que la sequía era un fenómeno eventual, de muy baja probabilidad y que, por lo tanto, no merecía demasiada atención en las políticas públicas. La historia se ha encargado de desmentir esta valoración, y sabemos que se trata de un fenómeno recurrente, sobre todo en los últimos años donde se ha perdido un 20.3% en 1991, un 32% en 1994 y un 24.1% en 1997 de las cosechas de maíz ( INETER, 2001).

Las sequías causan gran impacto negativo principalmente en la población rural, debido a que sus actividades económicas están basadas en una agricultura condicionada por el agua que precipita y carecen de tecnologías que les ayuden a conservar agua para poder producir. La reducción o

pérdida total de las producciones agropecuarias en la región han traído como consecuencia hambre, desnutrición y pocas posibilidades de mejorar el nivel de vida de la población rural (INTA, 2000).

## **2.6 Vulnerabilidad**

Por vulnerabilidad se denota la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye un riesgo. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del riesgo sobre la comunidad (Jiménez, 2002).

La vulnerabilidad puede comprenderse como aquel conjunto de condiciones a partir de las cuales una comunidad está o queda expuesta al peligro de resultar afectada por una amenaza, sea de tipo natural, antrópica o socio-natural (Gomáriz, 1999).

Ser vulnerable es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable. Hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño de ocurrir un evento natural peligroso. Hay otras, en cambio, en que la gente está rodeada de ciertas condiciones de seguridad, por lo cual puede considerarse protegida (Maskrey, 1993).

La vulnerabilidad es la condición en virtud de la cual una población está o queda expuesta o en peligro de resultar afectada por un fenómeno de origen humano o natural, denominado amenaza (CCAD, 1998).

Un grupo es menos vulnerable cuando desarrolla capacidades para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. La vulnerabilidad determina la intensidad de los daños que produzca la ocurrencia efectiva del evento sobre la comunidad (Wilches- Chau, 1993).

Se define la vulnerabilidad como un factor interno, el cual contiene las condiciones que esa región posee para enfrentar la amenaza. Pueden considerarse diversos tipos; usualmente se citan la física, económica, social, política, técnica, ideológica, cultural, educativa, ecológica e institucional (CCAD,1999).

## **2.6.1 Tipos de Vulnerabilidad**

**2.6.1.1 Vulnerabilidad física:** se refiere a la localización de grandes contingentes de la población en zonas de riesgo físico; condición suscitada en parte por la pobreza y la falta de opciones para una ubicación menos riesgosa, y por otra, debido a la alta productividad (particularmente agrícola) de un gran número de estas zonas (faldas de volcanes, zona de inundación de ríos, etc.), lo cual tradicionalmente ha incitado al incremento de la población de las mismas (Wilches-Chaux, 1989).

**2.6.1.2 Vulnerabilidad económica:** más allá del problema de los ingresos, se refiere de forma a veces correlacionada al problema de la dependencia económica nacional, la ausencia de presupuestos adecuados, públicos, nacionales, regionales, locales y la falta de diversificación de la base económica (Wilches-Chaux, 1989).

La pobreza contribuye a que la base de recursos naturales de la región (bosques, suelos, agua y biodiversidad) esté sometida a diferentes procesos productivos y a dinámicas sociales y económicas, que lejos de considerar la riqueza natural como un servicio ambiental y contribuir al desarrollo de la región, se han convertido en causas principales de su deterioro ecológico, social y económico, convirtiendo a Centroamérica en un área vulnerable y frágil (CCAD/SICA, 1999).

**2.6.1.3 Vulnerabilidad social:** referida al bajo grado de organización y cohesión interna de comunidades bajo riesgo, que impiden su capacidad de prevenir, mitigar o responder a situaciones de desastre (Wilches-Chaux, 1989). La marginación económica y las pobres condiciones de empleo y salud constituyen componentes importantes de una vulnerabilidad social aguda (CCAD, 1999).

**2.6.1.4 Vulnerabilidad política:** se refiere al alto grado de centralización en la toma de decisiones, organización gubernamental, y la debilidad en los niveles de autonomía para decidir en los niveles regionales, locales y comunitarios, lo cual impide una mayor adecuación de las acciones a los problemas sentidos en estos niveles territoriales (Wilches-Chaux, 1989).

**2.6.1.5 Vulnerabilidad técnica:** referida a las técnicas inadecuadas de construcción de edificios e infraestructura básica utilizadas en zonas de riesgo (Wilches-Chaux, 1989).

La concentración de la población en segmentos frágiles del territorio (taludes, terrazas aluviales, fallas geológicas) y la multiplicación de inversiones y de actividades productivas en zonas

vulnerables, aumentan considerablemente los niveles de riesgo de la sociedad centroamericana (Gutiérrez, 1999).

**2.6.1.6 Vulnerabilidad ideológica:** se refiere a la forma en que los hombres conciben el mundo y el ambiente que habitan y con el cual interactúan. La pasividad, el fatalismo, la prevalencia de mitos, etc. son factores que aumentan la vulnerabilidad de las poblaciones, limitando su capacidad de actuar adecuadamente frente a los riesgos que presenta la naturaleza (Wilches-Chaux, 1998).

**2.6.1.7 Vulnerabilidad cultural:** expresada en la forma en que los individuos se ven a sí mismos en la sociedad y como conjunto nacional. Además, el papel que juegan los medios de comunicación en la consolidación de imágenes estereotipadas o en la transmisión de información desviante sobre el ambiente y los desastres (Wilches-Chaux, 1998).

**2.6.1.8 Vulnerabilidad educativa:** en el sentido de la ausencia en los programas de educación, de elementos que instruyan adecuadamente sobre el ambiente o el entorno que habitan los pobladores, su equilibrio o desequilibrio. Además, se refiere al grado de preparación que recibe la población sobre formas de un comportamiento adecuado a nivel individual, familiar y comunitario en caso de amenaza u ocurrencia de situaciones de desastre (Wilches-Chaux, 1998).

**2.6.1.9 Vulnerabilidad ecológica:** relacionada con la forma en que los modelos de desarrollo no se fundamentan en "la convivencia, sino en la dominación por la vía de la destrucción de las reservas del ambiente, que necesariamente conduce a ecosistemas que por una parte resultan altamente vulnerables, incapaces de autoajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otra, altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan" (Wilches-Chaux, 1989).

**2.6.1.10 Vulnerabilidad institucional:** reflejada en la obsolescencia y rigidez de las instituciones, especialmente las jurídicas, donde prevalece la burocracia, la decisión política y el dominio de criterios personalistas e impiden respuestas adecuadas y ágiles a la realidad existente (Wilches-Chaux, 1998).

## **2.6.2 Vulnerabilidad a sequía**

Vulnerabilidad a sequía son las características de la población, de sus actividades, o el medio ambiente, que son susceptibles de padecer los efectos de la sequía. El grado de vulnerabilidad



depende de las características medioambientales y sociales de la región y se mide por la capacidad para anticiparse, hacer frente, resistir y recuperarse del efecto de la sequía (PAN, 2000).

La valoración de la vulnerabilidad a sequía proporciona un marco para identificar o predecir las causas fundamentales de los impactos relacionados con la misma. La sequía puede ser sólo un factor que unido a otras condiciones adversas de carácter social, económico o medioambiental, genera vulnerabilidad (PNUD, 2000).

### ***2.6.3 Factores que contribuyen a la vulnerabilidad a sequías***

#### ***2.6.3.1 Socioeconómicos y Biológicos***

Estos factores son la alta densidad poblacional, la carencia de los recursos económicos con los que hacer frente a períodos adversos, el elevado peso del altamente sensible sector agrícola en el conjunto de las actividades económicas, el desequilibrio que caracteriza la estructura socioeconómica de los países subdesarrollados, la escasa formación que limita la capacidad de aplicar estrategias de resistencia o tolerancia a la sequía y aspectos biológicos como la calidad genética de la semilla que contribuyen a que se aumente o disminuya el grado de vulnerabilidad ante la sequía (Valiente, 2001).

#### ***2.6.3.2 Edafológicos y Tecnológicos***

Los factores edafológicos y tecnológicos que contribuyen a la vulnerabilidad ante sequía agrícola son la ubicación, pendiente, profundidad y capacidad de retención de humedad del suelo. En suelos con alta capacidad de retención, el crecimiento de los cultivos quizá no sea afectado por períodos secos prolongados ( de hasta 20 días). Otro es la proporción del área de producción que está irrigada. La vulnerabilidad es mucho menor en áreas irrigadas que en áreas de temporal.

La puntualidad de las lluvias es otro factor que contribuye a la vulnerabilidad, además la falta de implementación de tecnologías apropiadas como preparación de suelos y fechas de siembra adecuadas (Jiménez, 2002).

En la sequía los factores humanos inciden tanto o más que los meramente meteorológicos, bien por actividades que incrementan la demanda de agua (el crecimiento urbano y demográfico, las actividades económicas y la falta conciencia ambiental), o por la escasez de recursos de agua (González, 2002).

## **2.7 Herramientas disponibles para el análisis**

### **2.7.1 Sistema de Información Geográfica (SIG)**

Los avances tecnológicos que se vienen obteniendo en estos últimos tiempos han creado instrumentos y herramientas tecnológicas como los Sistemas de Información Geográfica (SIG), cuya aplicación en el manejo y tratamiento de la información se ha orientado preferentemente a la evaluación, planeamiento y gestión de los recursos naturales.

El SIG es una herramienta importante para combinar información sobre peligros naturales, recursos naturales, población e infraestructura, puede ayudar a los planificadores a identificar áreas menos expuestas a los peligros y más aptas para actividades de desarrollo, áreas que requieren evaluación adicional de los peligros, y áreas donde se deberían priorizar las estrategias de mitigación.

Un mapa de vulnerabilidad puede indicar a los planificadores la ubicación y extensión de áreas donde se deben evitar fuertes inversiones de capital, o áreas donde se deben considerar sólo las actividades menos susceptibles a un desastre. De igual manera, en áreas expuestas a peligros, el uso de un SIG sobreponiendo información de datos biofísicos y socioeconómicos, puede revelar el número de personas y recursos en riesgo (LA RED, 1994).

### **2.7.2 Análisis de datos agroclimáticos (AGROCLIM)**

Entre los factores climáticos que más influyen sobre la producción agrícola está la lluvia, la cual es la que más variabilidad presenta de un año a otro, en una región determinada.

El simple estudio de la distribución de las precipitaciones no permite razonar los problemas de la relación agua-cultivos. El suelo interviene de manera muy importante ya que tiene la propiedad de almacenar agua y de restituirla a las plantas, en función de lo que las mismas demandan. Esta realidad viene a complicar el dispositivo analítico y justifica la creación de herramientas que permitan analizar en términos sintéticos el problema de alimentación hídrica de los cultivos (Maraux y Rapidel, 1990).

El concepto de balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera que es bastante potente, de fácil modelización y sujeta a aplicarse por medio de simulaciones a toda clase de situaciones climáticas, edáficas y de cultivos ( Maraux y Rapidel, 1990).

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Ubicación del área de estudio

La subcuenca Aguas Calientes se localiza en la región de Las Segovias al norte de Nicaragua. Está conformada por cuatro afluentes: Aguas Calientes, La Sierpe, Los Copales y Susuba (figura 1). Limita al Norte con un sector del Río Coco, al Sur con el municipio de San Lucas, al Este con la subcuenca del Río Somoto y ciudad de Somoto y al Oeste con la Subcuenca del Río Inalí. Comprende diez comunidades distribuidas en dos municipios. Tiene un área de 47.8 km<sup>2</sup>. Geográficamente está comprendida entre las coordenadas 13°24'10" y 13°29'28" Latitud Norte y 86° 34'12" y 86° 39'39" Longitud Oeste (Umaña y Mendoza, 2000).

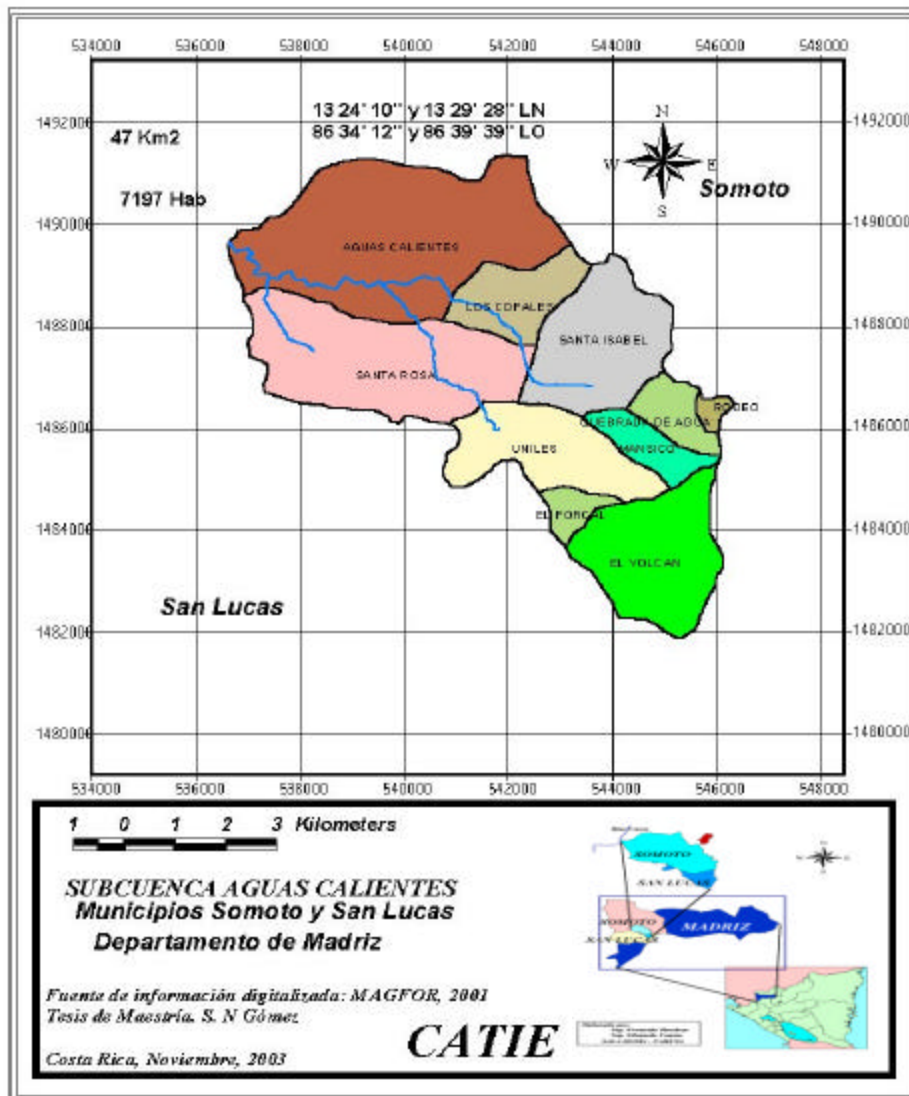


Figura 1. Ubicación geográfica y comunidades de la subcuenca Aguas Calientes

## **3.2 Caracterización física de la subcuenca Aguas Calientes**

### ***3.2.1 Población***

En la subcuenca habitan aproximadamente 7197 habitantes. En las 10 comunidades que la conforman existen 1082 familias. En la parte baja habitan 1575 personas. En la parte media es donde se encuentra concentrada la mayor parte de la población, habitan aproximadamente 5411 personas, lo que representa el 75,2% del total. En la parte alta se concentra una población de 211 habitantes, representando el 2,93% del total de habitantes que residen en la unidad hidrológica.

En las ocho comunidades correspondientes al municipio de Somoto habita un total de 6230 personas y en las dos comunidades correspondientes al municipio de San Lucas 967 personas (Umaña y Mendoza, 2000).

### ***3.2.2 Educación***

En cada comunidad existe al menos una escuela que brinda educación pre-escolar y primaria hasta cuarto o sexto grado. Los estudiantes que desean continuar sus estudios de secundaria viajan a las cabeceras municipales Somoto o San Lucas.

### ***3.2.3 Salud***

En ninguna de las comunidades que conforman la subcuenca existen centros de salud; en algunos casos se dan orientaciones en casas particulares de los brigadistas de salud. Se realizan campañas de salud relacionadas con la vacunación de niños.

### ***3.2.4 Medios de comunicación***

En ninguna de las comunidades existen oficinas de correo o teléfono. La mayoría de las familias tienen radio. En cada comunidad existen caminos de todo tiempo en los que se pueden transportar en bestias o a pie. También existe una carretera que comunica a todas las comunidades y pueden transportarse en bus para las cabeceras municipales San Lucas y Somoto.

### ***3.2.5 Fisiografía, relieve y drenaje***

En la cuenca predominan las lomas, con algunas planicies ubicadas en la depresión montañosa de Somoto y planicies de Somoto. El relieve es accidentado con laderas muy escarpadas en las partes

altas y con altitudes que varían desde 620 msnm hasta los 1730 msnm. Las mayores altitudes se localizan en el área del Cerro El Volcán que es el más alto, alcanzando 1730 msnm.

La red de drenaje la conforman los ríos Aguas Calientes que vierten hacia el Río Coco toda el agua del sistema de drenaje constituido por los ríos Quebrada de Agua, Santa Isabel, La Susuba, además de numerosos afluentes intermitentes y muy pocos con caudal permanente (Umaña y Mendoza, 2000).

### ***3.2.6 Zonas de vida***

De acuerdo a la clasificación climática de Holdridge se definen en la subcuenca dos zonas de vida: Bosque Seco Subtropical (BSSt) que ocupa la mayor parte del área con 4 263 hectáreas, lo que representa el 90% de la superficie total y comprende la parte baja, media y un porcentaje de la parte alta.

Bosque Seco Subtropical Premontano (BSStP), comprende la parte alta de la subcuenca, con una superficie de 473 hectáreas, correspondiente a un 10% del área total (MAGFOR, 2001).

### ***3.2.7 Clima***

El clima es tropical seco, presenta temperaturas que oscilan entre los 24 y 25°C. Las precipitaciones varían desde 630 mm hasta 800 mm por año, con una distribución irregular, iniciando el período lluvioso en el mes de junio y concluyendo en noviembre, con un período canicular seco bien marcado comprendido entre los meses de julio y agosto (Martínez y Laínez, 2000).

### ***3.2.8 Suelos***

Los suelos de la subcuenca se caracterizan por ser moderadamente profundos con textura de franco a franco arcilloso, de colores oscuros en la parte baja y rojizos principalmente en la parte alta. En la subcuenca se identifican dos órdenes de suelos:

**Molisoles:** ocupan la mayor parte de la superficie de la subcuenca, aproximadamente 4466 hectáreas, que representan el 94% del total. Estos son suelos que tienen un desarrollo juvenil (A-B-C) con un horizonte superficial “A” de color oscuro, alto en saturación de bases. Se ubican en toda la parte baja, toda la parte media y en un gran porcentaje de la parte alta.

**Inceptisoles:** ocupan una pequeña parte de la subcuenca, aproximadamente 270 hectáreas, que representan el 6% del área total, se ubican en la parte más alta de la subcuenca (zona conocida

como El Volcán). Estos suelos presentan un grado de evolución incipiente con un perfil tipo (A-B-C). Se identifica en este orden únicamente el grupo Eutropepts que son suelos que se distribuyen en relieves accidentados texturas medias y poco a moderadamente profundos (Umaña y Mendoza, 2000).

### ***3.2.9 Uso de la tierra y sistemas de producción***

Según el MAGFOR (2001), los municipio donde se encuentra ubicada la subcuenca, presentan una alta degradación por sobreutilización, aunque también hay altos valores de subutilización.

Los sistemas de producción dominantes en la subcuenca son los granos básicos, principalmente maíz, frijol y sorgo, un poco de hortalizas, henequén, café, animales de patio y ganado mayor de doble propósito, en menor escala.

La mayoría de productores hacen uso de prácticas tradicionales para cultivar la tierra, tales como la siembra al espeque, preparación de la tierra con bueyes, quema controlada, y uso de semilla criolla. Muy pocos productores emplean tecnologías conservacionistas y en menor escala se hace uso de maquinaria y se utilizan agroquímicos (INTA, 2000).

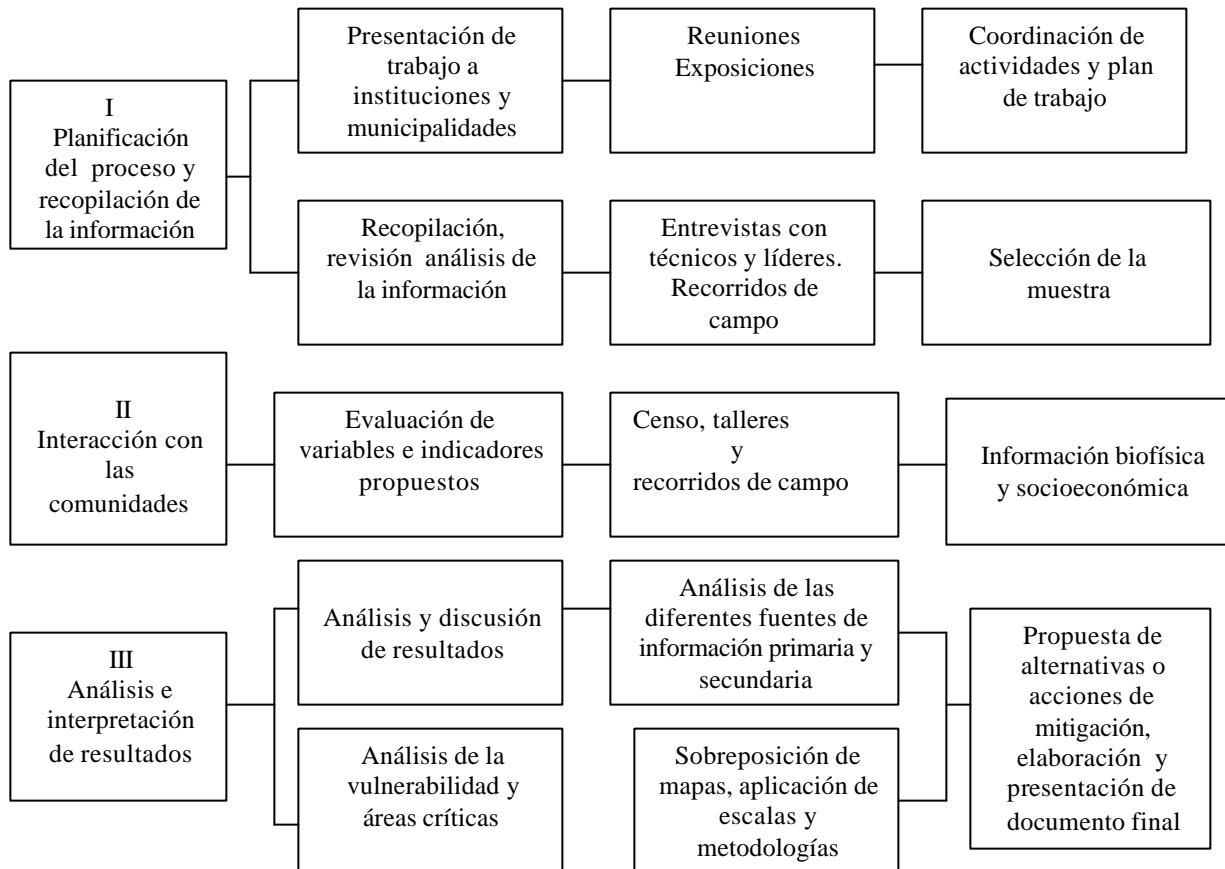
### **3.3 Definición de la población**

Para el análisis de las variables socioeconómicas se tomó como base la información existente en informes y censos de las comunidades y para los indicadores no encontrados en fuentes de información secundaria, se realizó un censo al 100% de la población. Las entrevistas fueron realizadas a los 1082 jefes de familias presentes en la subcuenca.

Para el análisis de la información acerca de las variable biofísicas se realizaron dos talleres participativos con informantes claves tales como técnicos de instituciones y productores líderes de las comunidades.

En el caso de algunos indicadores como caudales mínimos en períodos de estiaje, la información fue recopilada mediante mediciones directas en el campo, en los meses más críticos del período seco (febrero, marzo y abril).

### 3.4 Esquema del proceso metodológico



### 3.5 Fuentes de información

#### 3.5.1 Fuente de información secundaria

Se recopiló información existente tal como fotografías aéreas del año 1995-96 a escala 1: 50 000, mapas de capacidad de uso y uso actual, base de datos estadística y cartográfica de las Segovias a escala 1: 50 000, proporcionados por la dirección de estudios territoriales del MAGFOR y registros

de precipitación de los últimos 30 años proporcionados por INETER. Toda la información fue utilizada como base de análisis para identificar las áreas geográficas que representen las variables biofísicas, principalmente relacionadas con la vulnerabilidad a la sequía.

También fueron recopilados registros de censos, estadísticas y diagnósticos de la zona que permitieron hacer una valoración de los aspectos socioeconómicos. Esta información fue obtenida en las instituciones, ministerios y organizaciones que están o han trabajado en la zona de estudio.

### ***3.5.2 Fuente de información primaria***

Se realizaron entrevistas a jefes de familias en cada una de las comunidades, dándose el llenado de la hoja de censo previamente diseñada. Se hicieron talleres con líderes y técnicos de instituciones que trabajan en la zona de estudio, así como recorridos de campo para la inspección visual de las condiciones biofísicas y socioeconómicas en la subcuenca.

Se realizaron mediciones directas de caudales mínimos en período de estiaje.

### **3.6 Factores, variables e indicadores evaluados**

El estudio en la subcuenca fue abordado partiendo de la hipótesis que la vulnerabilidad a la sequía es el resultado de factores biofísicos y socioeconómico.

Entre los factores biofísicos fueron analizadas las variables intensidad de uso del suelo y la presencia de agua superficial y subterránea. Se hizo énfasis en el comportamiento de la precipitación con el fin de determinar la vulnerabilidad de la subcuenca a una anomalía pluviométrica y los factores socioeconómicos en los que se definieron variables tales como población, ingresos, desempleo, organización y presencia institucional entre otros, que definirán la vulnerabilidad de la población ante esta anomalía.

Para cada uno de los factores seleccionados, se definieron las variables e indicadores que cuantitativa y cualitativamente permitieran describir las características de las comunidades de la subcuenca, y que proyectaran un resultado cercano a un patrón real de vulnerabilidad.



**Cuadro 1. Factores, variables e indicadores considerados en el análisis de vulnerabilidad**

<b>Factores</b>	<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
Biofísicos	Intensidad del uso del suelo	Área sobreutilizada Áreas agrícolas y pendientes
	Agua	Precipitación promedio Variaciones de la precipitación con respecto a la media Precipitaciones de primera y postrera Balance hídrico agrícola Presencia de canícula % de pérdidas de las cosechas Frecuencia de pérdidas Agua subterránea Caudales mínimos en período de estiaje
Socioeconómicos	Población	No. de habitantes por km <sup>2</sup>
	Educación	Analfabetismo
	Cobertura institucional	No. de instituciones presentes
	Organización comunitaria	% de familias organizadas
	Ingresos económicos	Ingreso familiar
	Dependencia económica	No. de actividades productivas
	Desempleo	% de familias desempleadas
	Tenencia de la tierra	% de familias con título de propiedad
	Tecnologías	% de familias que realizan prácticas de conservación de suelos y agua % de familias con estructuras de almacenamiento de granos o semilla % de familias con disponibilidad de semilla para reemplazar pérdida Disponibilidad de pozos para agua consumo
Capacitación	%. de familias capacitadas en aspectos de sequía o temas afines	

### 3.7 Análisis de la información

#### 3.7.1 Estandarización y ponderación de los indicadores

Los indicadores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía fueron estandarizados a través de una escala de 0 (cero) a 100 (cien), representando los valores máximos y mínimos los puntos de la escala.

**Figura 2. Escala de valores de vulnerabilidad**



Para obtener el nivel de vulnerabilidad en la subcuenca se utilizó la metodología propuesta por Cáceres (2001) para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales, donde se obtiene el nivel de vulnerabilidad en porcentaje y el porcentaje se compara con la escala de índice de vulnerabilidad, en este caso:

**Cuadro 2. Escala y valoración de vulnerabilidad para la subcuenca Aguas Calientes**

Porcentaje de vulnerabilidad	Valoración vulnerabilidad de la subcuenca	Índice de calificación
76-100	Muy alta	3
51- 75	Alta	2
26-50	Media	1
0-25	Baja	0

Con el fin de facilitar el análisis se hizo una reclasificación según la vulnerabilidad de la subcuenca, asignándole un valor numérico o índice de calificación de 0 (cero) a 3 (tres), representando el 0 a la situación más favorable (menos crítica) y el número 3 se le asignará a la situación menos favorable (más crítica), es decir entre mayor es el índice de calificación mayor es el grado de vulnerabilidad.

Luego se obtiene un índice de calificación promedio de los indicadores y el resultado se divide entre el valor máximo posible encontrado, se multiplica por cien para obtener el porcentaje de vulnerabilidad de la subcuenca y la valoración de la misma.

Así por ejemplo asumiendo valores hipotéticos:

**Cuadro 3. Ejemplo para obtener el porcentaje y la valoración de la vulnerabilidad**

<b>Indicadores</b>	<b>Índice de calificación</b>	<b>Valoración de la vulnerabilidad</b>
Área sobreutilizada	3	Muy alta
Áreas agrícolas y pendientes	2	Alta
Precipitaciones de primera y postrera	2	Alta
Balance hídrico agrícola	2	Alta
Presencia de canícula	3	Muy Alta
% de pérdidas de las cosechas	2	Alta
Agua subterránea	2	Alta
Caudales mínimos en período de estiaje	3	Muy Alta
<b>Promedio</b>	2.37	
<b>Máximo posible</b>	3	
<b>Vulnerabilidad (%)</b>	79%	Muy Alta

Antes de levantar la información, ésta fue validada y ajustada la escala para cada indicador con un grupo de expertos en agrometeorología, manejo de cuencas, sociología rural y economía, esto con el fin de evitar sesgos en la valoración que se dio a cada uno de ellos.

### ***3.7.2 Análisis para la identificación y caracterización de la sequía y su interrelación con las actividades productivas***

Para cumplir con este objetivo se realizó un análisis de los datos pluviométricos registrados en los últimos treinta años en la estación meteorológica del municipio de Somoto. El análisis se hizo a través del programa informático **AGROCLIM** (análisis de datos agroclimáticos). El programa **AGROCLIM** consta de herramientas sencillas para el análisis de la relación clima - suelo - planta. De manera general el programa está constituido de cuatro programas cuyo contenido es el siguiente: Programa ETP: propone un cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP) según la fórmula de Penman, a nivel diario, decenario o mensual.

Programa DATOS: presenta una serie de opciones para preparar, actualizar, corregir y editar los archivos pluviométricos.

Programa PLUVIO: presenta una serie de programas de análisis (promedios, frecuencias, máximas, mínimas, períodos secos y lluviosos) hietogramas y gráficas de análisis frecuenciales.

Programa BIP: presenta un modelo de simulación de balance hídrico sobre datos reales de evapotranspiración y de precipitaciones diarias, bajo hipótesis variables de reserva útil de los suelos, cultivos y fechas de siembra.

Utilizando el programa PLUVIO se realizó un análisis frecuencial de las precipitaciones para las épocas de siembra de primera (15 mayo al 15 de julio) y época de postrera ( 15 agosto al 30 de octubre). Para ejecutar el programa fue necesario la base de datos de precipitaciones diarias durante los años de estudio (archivo histórico).

Para el análisis se tomó en cuenta cada indicador y se le asignó un valor que será retomado posteriormente para el análisis de la vulnerabilidad.

### Indicadores de precipitación:

**Cuadro 4. Escala de valoración para cantidad de lluvia caída en época de primera**

Mm caídos del 15 mayo al 15 julio	Valoración de la sequía	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
< 300	Severa	Muy alta	3
300-450	Acentuada	Alta	2
451-600	Moderada	Media	1
> 600	Baja	Baja	0

Fuente: autor enriquecido con consultas a expertos

**Cuadro 5. Escala de valoración para cantidad de lluvia caída en época de postrera**

Mm caídos del 15 agosto a 30 octubre	Valoración de la sequía	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
< 300	Severa	Muy alta	3
300-450	Acentuada	Alta	2
451-600	Moderada	Media	1
> 600	Baja	Baja	0

Se realizó un hietograma para calcular y graficar los promedios de precipitaciones por períodos de cinco días (pentadas). De igual manera se utilizó el archivo histórico de datos de precipitaciones diarias.

Se caracterizaron las secuencias secas y lluviosas del período canicular (15 de julio a 15 de agosto) para determinar el número días sucesivos sin lluvia.

**Cuadro 6. Escala de valoración para días sin lluvia en el período canicular**

<b>Días sin lluvia durante la canícula</b>	<b>Valoración de la canícula</b>	<b>Valoración de la vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
> 40 días	Severa	Muy alta	3
26 a 40 días	Acentuada	Alta	2
15 a 25 días	Definida	Media	1
< 15 días	Benigna	Baja	0

Fuente : autor a partir de datos suministrados por MAGFOR

Se realizó un análisis del balance hídrico de los principales cultivos (maíz y frijol) para la fase de floración y llenado de granos considerando que son las fases más susceptibles y más exigentes en cuanto a la satisfacción de necesidades hídricas. Para realizar este análisis se trabajó con el programa BIP de AGROCLIM que presenta un modelo de simulación del balance hídrico sobre datos reales de evapotranspiración y de precipitaciones diarias, bajo hipótesis de variables de reserva útil de los suelos, fechas de siembra y cultivos.

Para funcionar el programa de simulación de balance hídrico fueron necesarios dos archivos de entrada: el archivo de datos pluviométricos diarios y otro archivo conteniendo los valores de ETP por década y los valores de los coeficientes de los cultivos a simularse.

Se realizó el análisis para diferentes fechas de siembra en las épocas de siembra primera y postrera. La duración del ciclo vegetativo para el maíz es de 90 días y para frijol de 70 días.

**Cuadro 7. Escala de valoración de satisfacción hídrica de maíz de 90 días y frijol de 70 días**

<b>ISH</b>	<b>Valoración de Satisfacción hídrica</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 40	Muy mala	Muy alta	3
60 a 40	Mala	Alta	2
61 a 80	Regular	Media	1
81 a 100	Buena	Baja	0

Fuente: autor a partir de consultas a expertos

Con el fin de conocer los caudales mínimo en período de estiaje se realizaron mediciones directas en ríos, mediante el método de aforo volumétrico, además se analizó información existente de aforos realizados por la Empresa Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ENACAL) en pozos, en cada comunidad en los meses más críticos de verano que corresponden a febrero, marzo y abril.

**Cuadro 8. Escala de valoración para caudales mínimos en período de estiaje**

Caudales mínimos ( lt / seg)	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
< 1 l/s	Muy alta	3
1- 4 l/s	Alta	2
4- 7 l/s	Media	1
>7 l/s	Baja	0

Fuente: autor a partir de consultas a expertos

### ***3.7.3 Análisis para la identificación y cuantificación de impactos a la producción agropecuaria ocasionados por la sequía***

Las sequías causan gran impacto negativo principalmente en la población rural, debido a que sus actividades económicas están basadas principalmente en una agricultura condicionada del agua que precipita y carecen de tecnologías que les ayuden a conservar agua para poder producir.

Para obtener y analizar esta información se realizaron talleres con líderes de las comunidades, técnicos de las municipalidades e instituciones agropecuarias que manejan estadísticas. Además fueron analizados los registros de pérdidas de las cosechas de los principales cultivos que se establecen en la subcuenca. Esta información fue respaldada con el análisis frecuencial del registro de datos pluviométricos de 30 años y la simulación del balance hídrico.

Con el análisis frecuencial se determinó el nivel de precipitación alcanzado a 20% (2 años entre diez) a 50% ( la mediana, es decir 5 años entre 10 o 1 entre 2) y a 80% (8 años entre 10, es decir 4 años entre 5) de probabilidad. De igual manera se realizó un análisis de las probabilidades de ocurrencia de la canícula.

Con el análisis de balance hídrico se determinó el índice de satisfacción hídrica de los cultivos maíz y frijol en la etapa de floración y llenado de granos, el cual se determina por la relación entre la tasa de evapotranspiración real (ETa) y la tasa de evapotranspiración máxima (ETm), asumiendo que a menores valores de satisfacción hídrica las pérdidas de cultivos son mayores.

Para definir la escala y cuantificar el porcentaje de pérdidas o disminución del rendimiento por déficit hídrico se utilizó la fórmula:

$$DR = 1 - k_{yp} * (1 - ISH_p)$$

Donde: DR = Disminución del rendimiento

$K_{yp}$  = Coeficiente de rendimiento del período (valores para maíz y frijol en figuras anexas)

ISH= Índice de satisfacción hídrica del período.

**Cuadro 9. Escala de valoración para pérdidas por satisfacción hídrica de los cultivos**

ISH	Valoración de satisfacción hídrica	% de pérdidas	Calificación
< 40	Muy mala	>78	3
40 a 60	Mala	57-78	2
61 a 80	Regular	30- 56	1
81 a 100	Buena	< 30	0

Fuente: autor con datos de FAO

### **3.7.4 Análisis para determinar las áreas críticas**

El nivel de criticidad fue evaluado mediante el análisis de los recursos naturales, el uso y manejo que se les está dando a los mismos y en consecuencia el grado de afectación de estos. Para ello se usó la misma metodología y escala de índice de vulnerabilidad (cuadro 2). Los indicadores que se evaluaron fueron: la intensidad del uso del suelo y presencia de agua subterránea. Esta información fue obtenida de base de datos cartográfica proveniente de fotografías aéreas del año 1995-96 y base de datos estadística las cuales fueron analizadas mediante el programa Arview del SIG. Se hizo una sobreposición de mapas basados en la capacidad de uso y uso actual y se definieron las categorías de intensidad de uso (adecuada, subutilizadas, sobreutilizadas). Esta información fue proporcionadas por el departamento de estudios territoriales del MAGFOR e INETER.

Se asume que un sobreuso del suelo viene a contribuir en el incremento de la vulnerabilidad ante la sequía, debido a que quizá tierras que deben ser dedicadas a la protección, están siendo utilizadas para cultivos anuales, sin aplicación de tecnologías que ayuden a mantener un equilibrio en el balance hídrico, lo que contribuye en el incremento de la criticidad de la subcuenca. Los mapas generados utilizando la hoja cartográfica y base de datos del área de estudio corresponden a la delimitación de las comunidades, intensidad de uso del suelo, presencia de agua subterránea y canícula. Además se generaron los mapas de vulnerabilidad y criticidad de la subcuenca.

**Cuadro 10. Escala de valoración para intensidad de uso del suelo**

Porcentaje de área en sobreuso	Grado de criticidad	Calificación
> 40	Muy alta	3
26-40	Alta	2
15-25	Media	1
<15	Baja	0

Fuente: autor enriquecido con consultas a expertos

**Cuadro 11. Escala de valoración para área de agrícola en pendientes mayores de 30%**

Porcentaje de área utilizada en pendientes >30%	Grado de criticidad	Calificación
>35	Muy alta	3
21 a 35	Alta	2
10 a 20	Media	1
< 10	Baja	0

Fuente: autor enriquecido con consultas a expertos

También fue evaluada la presencia o ausencia de agua subterránea, tomando en consideración que es un elemento básico que influye en que la situación de una comunidad sea más crítica y por lo tanto la vuelve más vulnerable. Para ello se determinó el porcentaje de área en las comunidades que cuentan con agua subterránea.

**Cuadro 12. Escala de valoración para área con presencia de agua subterránea**

Porcentaje de área con agua subterránea	Grado de criticidad	Calificación
<5	Muy alta	3
5-15	Alta	2
15-30	Media	1
> 30	Baja	0

Fuente: autor enriquecido con consultas a expertos

Además se evaluaron indicadores que representan el comportamiento de las precipitaciones, tales como cantidad y distribución en las diferentes épocas de siembra y presencia de canícula. Para ello se retomó el análisis frecuencial de precipitaciones y el análisis de caracterización de secuencias secas y lluviosas en el período canicular (cuadro 7. Días sin lluvia en el período canicular).

### ***3.7.5 Análisis para determinar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica***

Para determinar la vulnerabilidad biofísica y socioeconómica se procedió a realizar el análisis de los indicadores biofísicos (precipitaciones, intensidad de uso del suelo, balance hídrico, pérdidas agrícolas por sequía, caudales mínimos en período de estiaje). Esta información fue obtenida de base de datos cartográfica y estadística provenientes de fotografías aéreas, registros pluviométricos y mediciones directas y fueron analizadas mediante el programa AGROCLIM y SIG.

La información socioeconómica fue recopilada mediante entrevistas a informantes claves y a jefes de familias de cada comunidad. El análisis de la información recopilada tanto biofísica como socioeconómica se hizo conforme a la valoración que se dio a cada indicador. Los indicadores socioeconómicos analizados fueron los siguientes:

**Población:** con fines de evaluación de vulnerabilidad se considera que la comunidad con mayor densidad poblacional representan mayores riesgos de sufrir ante la amenaza de los fenómenos



naturales asociados a la ocurrencia de desastres. Para obtener esta información se revisaron censos municipales, se consultó a informantes claves, y técnicos de las instituciones presentes en la zona.

**Cuadro 13. Escala de valoración de vulnerabilidad para densidad poblacional**

Habitantes por km <sup>2</sup>	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
81-100	Muy alta	3
61-80	Alta	2
40-60	Media	1
< 40	Baja	0

Fuente: autor enriquecido con consultas a expertos

**Ingresos, dependencia económica y desempleo:** estos indicadores constituyen una fuerte presión sobre el ambiente biofísico y socioeconómico de la subcuenca, ya que al no haber un empleo no hay ingresos, lo que obliga al uso irracional de los recursos naturales. Por ejemplo el corte de árboles para la venta, es una acción que contribuye a la degradación de los recursos. Si las familias dependen económicamente solo de una actividad tienen más riesgo de sufrir ante los desastres.

**Cuadro 14. Escala de valoración de vulnerabilidad para ingreso familiar**

Ingresos mensuales por familia (Córdobas)	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
500-1000	Muy alta	3
1000-1500	Alta	2
1500 -2000	Media	1
2000-2500	Baja	0

Fuente: autor

**Cuadro 15. Escala de valoración de vulnerabilidad para dependencia económica**

Número de actividades productivas	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
1	Muy alta	3
2	Alta	2
3	Media	1
>4	Baja	0

Fuente autor

**Cuadro 16. Escala de valoración de vulnerabilidad para desempleo**

% de adultos desempleados	Valoración de la vulnerabilidad	Calificación
> 40	Muy alta	3
21 a 40	Alta	2
10 a 20	Media	1
< 10	Baja	0

**Tenencia de la tierra:** este indicador tiene relación con la oportunidad de la familia a acceder a servicios financieros e incentivos, los cuales tienen efecto colateral con el desarrollo de los sistemas y las tecnologías a implementar en la finca.

**Cuadro 17. Escala de valoración de vulnerabilidad para tenencia de la tierra**

<b>% de familias que tiene título de propiedad</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 20	Muy alta	3
21-40	Alta	2
41 a 60	Media	1
>60	Baja	0

Fuente: autor

**Organización comunitaria:** la organización comunitaria es un elemento importante por que permite la participación y proporciona herramientas a los pobladores para enfrentar el riesgo y disminuir la vulnerabilidad. En comunidades con organizaciones sólidas es más evidente la creación de proyectos, más oportunidad de recibir asistencia técnica, capacitación y más accesibilidad a créditos y financiamientos.

**Cuadro 18. Escala de valoración de vulnerabilidad para organización comunitaria**

<b>Porcentaje de familias organizadas</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 20	Muy alta	3
20-40	Alta	2
41-60	Media	1
> 60	Baja	0

**Educación:** si no existe o es bajo el nivel educativo en la población existe menos capacidad en la organización, gestión y aplicación de tecnologías viables y por ende menor capacidad para afrontar un desastre.

**Cuadro 19. Escala de valoración de vulnerabilidad para analfabetismo**

<b>Porcentaje de personas adultas que no saben leer ni escribir</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
>60	Muy alta	3
41 a 60	Alta	2
20 a 40	Media	1
< 20	Baja	0

**Cobertura institucional:** la presencia institucional es un factor importante ya que se refleja en el apoyo técnico y en la capacitación, lo que contribuye a que la población se prepare para poner en práctica medidas viables que disminuyan el grado de vulnerabilidad.

**Cuadro 20. Escala de valoración de vulnerabilidad para instituciones presentes en la zona**

Número de instituciones presentes	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
0	Muy alta	3
1	Alta	2
2	Media	1
>=3	Baja	0

Fuente: autor

**Capacitación:** la capacitación es una herramienta fundamental para crear una actitud a favor del buen uso y manejo de los recursos naturales, así como para preparar a la población en la toma de decisiones y adopción de tecnologías de desarrollo

**Cuadro 21. Escala de valoración de vulnerabilidad para capacitación en sequía**

Porcentaje de familias capacitada aspectos de sequía o afines	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
< 20	Muy alta	3
20 a 40	Alta	2
41 a 60	Media	1
> 60	Baja	0

Fuente: autor

**Tecnologías:** la implementación de tecnologías que ayuden a reducir los efectos negativos provocados por la sequía o cualquier amenaza natural, son de suma importancia, ya que estas disminuyen el grado de vulnerabilidad de la población ante estos efectos. La información fue obtenida mediante entrevista a 1082 jefes de familia y visualización directa de las mismas en el campo.

**Cuadro 22. Escala de valoración de vulnerabilidad para tecnologías de conservación de suelo**

<b>Porcentaje de familias que realizan prácticas de conservación de suelos y agua</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 20	Muy alta	3
20 a 40	Alta	2
41 a 60	Media	1
> 60	Baja	0

**Cuadro 23. Escala de valoración de vulnerabilidad para almacenamiento de agua y semillas**

<b>Porcentaje de familias con estructuras para almacenar agua, granos y semillas</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 20	Muy alta	3
20 a 40	Alta	2
41 a 60	Media	1
> 60	Baja	0

**Cuadro 24. Escala de valoración de vulnerabilidad para disponibilidad de riego**

<b>Porcentaje de familias con riego en su finca</b>	<b>Valoración de vulnerabilidad</b>	<b>Calificación</b>
< 20	Muy alta	3
20 a 40	Alta	2
41-60	Media	1
> 60	Baja	0

### ***3.7.6 Análisis para identificar estrategias y acciones que reduzcan la vulnerabilidad ante sequía***

Como última fase del trabajo, fueron analizados los resultados de la investigación en conjunto con las municipalidades, líderes comunales e instituciones con el fin de conocer las posibles y viables alternativas existentes y disponibles para los grupos afectados y áreas vulnerables a la sequía y aquellas que puedan ser sometidas a un proceso de experimentación o validación. Con esto se pretende contribuir a dar respuesta a la problemática y reducir el grado de vulnerabilidad en la subcuenca.

Esta información fue obtenida mediante un taller participativo, donde cada institución dio a conocer su plan de acción en la subcuenca, alternativas viables y disponibles y propuestas de actividades.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Identificación y caracterización de la sequía y su interrelación con las actividades productivas

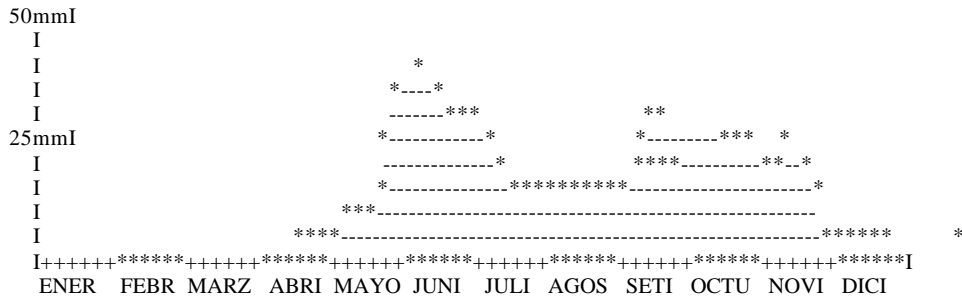
#### 4.1.1 Acumulado y distribución de la precipitación

Los resultados promedios de precipitación por pentada (5 días), por mes y el promedio interanual de 31 años de registros pluviométricos de la estación Somoto se presentan en el cuadro 25 y figura 3.

**Cuadro 25. Pluviometría promedio (mm) de 31 años de registro en la estación Somoto.**

PENTADAS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
PENT1	.6	.2	.1	1.6	10.5	33.3	18.4	12.3	19.3	28.3	10.0	2.0	
PENT2	.4	1.8	3.4	2.5	10.0	24.5	15.0	13.2	26.1	22.9	6.0	2.5	
PENT3	.3	.1	.1	4.2	9.5	8.9	15.2	16.6	17.6	21.7	5.3	.9	
PENT4	1.2	.3	4.9	5.2	30.4	32.3	9.7	17.0	32.8	21.0	6.2	1.9	
PENT5	.8	.5	.2	5.4	31.9	22.1	17.3	18.3	29.5	20.8	1.7	1.1	
PENT6	.4	.2	.9	8.0	48.1	17.0	19.8	24.6	24.8	29.0	3.8	2.7	
TOTAL	3.7	3.2	9.5	26.8	140.3	158.2	95.4	102.0	150.1	143.6	33.0	11.0	878.1

**Figura 3. Comportamiento de la precipitación**



Los resultados indican que existe un promedio de precipitación anual de 878.1 mm y promedios mensuales que varían entre 3.2 mm (febrero) y 158.2 mm (junio).

La distribución de las lluvias en el año manifiesta la existencia de dos estaciones bien marcadas, la estación lluviosa que generalmente se extiende de mediados del mes de mayo a finales del mes de

octubre, en el cual ocurre un 85% de la precipitación total y la estación seca que va de noviembre a abril durante el cual únicamente cae el 15% de la precipitación total.

El período lluvioso presenta un patrón bimodal de precipitación en el que ocurren dos máximos que generalmente son en los meses de junio y septiembre. Se presenta una sequía estacional que abarca del período de noviembre a abril y otra intraestacional que se presenta en los meses de julio a agosto, llamado este último período canicular.

Según el análisis de precipitaciones ocurridas en la época de primera, que abarca el período lluvioso del 15 de mayo a finales de julio, los registros indican que el acumulado de lluvia es de 386 mm, considerándose que la época de primera es arriesgada, ya que en promedio lo que precipita no alcanza para satisfacer plenamente las necesidades hídricas de los cultivos, incrementándose aún más este riesgo por la irregularidad en la distribución que las mismas presentan en este período. Según el cuadro 5 la valoración de sequía por cantidad de precipitación en esta época refleja la presencia de una sequía acentuada.

En la época de postrera que representa la segunda fase de la estación lluviosa y que abarca el acumulado promedio de lluvia del 15 de agosto a finales de octubre o mediados de noviembre, se tiene un promedio de 375 mm, considerándose una sequía acentuada por cantidad de precipitación; así en esta época, el acumulado de precipitaciones y la poca reserva de humedad en el suelo también pueden representar una limitante para las actividades agropecuarias, haciendo insegura la producción, principalmente para variedades de ciclo intermedio, pero con rendimientos por debajo de lo normal también para variedades de ciclo corto.

#### ***4.1.2 Comportamiento del período canicular***

La disminución drástica de las precipitaciones entre los dos subperíodos de la estación lluviosa o entre las épocas de primera y postrera conocido tradicionalmente como canícula fue otro de los factores importantes evaluados para identificar y caracterizar la sequía. Este período canicular se presenta entre los meses de julio y agosto.

El cuadro 26 presenta el comportamiento de este período canicular en las diferentes comunidades que conforman la subcuenca de Aguas Calientes.

**Cuadro26. Comportamiento y valoración de la canícula en las comunidades de la subcuenca**

Comunidades	Días sin lluvia durante la canícula	Valoración de la canícula
Volcán	<15 días	Benigna
Porcal	> 40 días	Severa
Mansico	26 a 40 días	Acentuada
Q. de Agua	26 a 40 días	Acentuada
Rodeo	26-40	Acentuada
Uniles	> 40	Severa
Santa Isabel	>40	Severa
Santa Rosa	>40	Severa
Los Copales	>40	Severa
A. Calientes	> 40	Severa

La presencia de un período de más de 15 días consecutivos durante los cuales se observa un déficit hídrico es muy marcado en toda la subcuenca valorada como una canícula severa y acentuada, a excepción de la comunidad El Volcán, donde generalmente pasan en este período menos de 15 días sin llover, considerándose que la canícula se presenta de forma benigna.

La presencia de este período canicular prolongado provoca una deficiencia hídrica en los suelos, que en dependencia del grado de severidad puede afectar parcial o totalmente la capacidad productiva de los cultivos, más aún cuando este período ocurre en las fases críticas de abastecimiento de agua tales como floración y llenado de granos.

#### ***4.1.3 Agua superficial y subterránea***

La presencia de agua superficial y subterránea en la subcuenca es limitada principalmente en los meses que corresponden a la estación seca (noviembre - abril). Los cuatro afluentes que tiene la subcuenca Aguas Calientes se caracterizan por presentar flujo intermitente durante el año, que solo escurren en la estación lluviosa y se secan parcial o totalmente en la época seca.

El cuadro 27 presenta datos de los caudales promedios registrados en los meses de febrero, marzo y abril que son los más críticos de la estación seca, tanto del agua superficial como subterránea.

**Cuadro 27. Caudales en período de estiaje en la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidades	Caudales en estiaje(quebrada) l / seg	Caudales en estiaje (Pozos) l / seg	Área con agua subterránea (ha)	% del área con agua subterránea
Volcán	0.09	0.25	0	0
Porcal	0	0.18	0	0
Mansico	0	0.16	0	0
Q. de Agua	0	0.18	0	0
Rodeo	0.1	0.20	0	0
Uniles	0	0.30	0	0
Santa Isabel	0	0	0	0
Santa Rosa	0	7.2	16.7	1.8
Copales	0	11.5	29.2	9.8
A. Calientes	0.09	14.2	264.0	18.9

Los resultados indican que los caudales mínimos superficiales registrados para la subcuenca en períodos de estiaje (febrero, marzo y abril) son limitados, presenciándose caudales superficiales solo en las comunidades de Rodeo, El Volcán y Aguas Calientes con valores de 0.09 a 0.1 litro por segundo.

En las mediciones de caudal en el período de estiaje (febrero, marzo y abril) que se realizaron en los pozos ubicados en las diferentes comunidades, se presentan caudales desde 0.16 hasta 0.30 litros por segundo en las comunidades de El Volcán, Porcal Mansico, Quebrada de Agua, Rodeo y Uniles y 7.2, 11.5 y 14.2 litros por segundo en las comunidades de Santa Rosa, Copales y Aguas Calientes, respectivamente. Estos últimos pozos son los que abastecen a la población de la ciudad de Somoto y se consideran en un nivel bajo de vulnerabilidad (valores mayores de 7 lt /seg) según el cuadro 8. A diferencia en las otras comunidades, el caudal presente en los pozos analizados muestran muy alta vulnerabilidad (valores menores a 1 lt /seg). Sin embargo, los caudales encontrados en las mediciones realizadas en las quebradas son mínimos o nulos en todas las comunidades, presentando para este caso también muy alta vulnerabilidad.

Es importante señalar que en las comunidades de Santa Rosa, Copales y Aguas Calientes, es donde únicamente fue notoria la presencia de agua subterránea, sin embargo el porcentaje del área en que se presenta la misma es mínima, presentándose un grado de criticidad de medio a alto según el cuadro 12 ya que solo se registran valores de 1.8% a 18.9% del área total de las comunidades.

Según Martínez y Laínez (1988), los niveles estáticos del agua en la subcuenca difieren a lo largo del área de la misma, van en aumento a medida que se acercan a la montaña, encontrando en el estudio de investigación de fuentes de agua potable de Somoto, que las profundidades del agua subterránea son de 2 m a 36.6 m.



#### 4.1.4 Satisfacción hídrica de los cultivos maíz y frijol

Para caracterizar las probabilidades de éxito de los dos cultivos principales que se establecen en la subcuenca se realizó el análisis del balance hídrico (maíz con ciclo de 90 días y frijol de 70 días) establecidos en diferentes fechas de siembra; a partir de la cuarta pentada de mayo (16 de mayo) para la época de primera y la primera pentada de septiembre (1 de septiembre) para la época de postrera ambos para las fases de floración y llenado de granos.

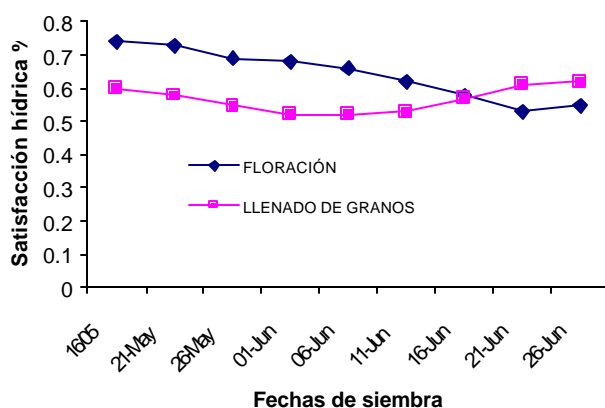
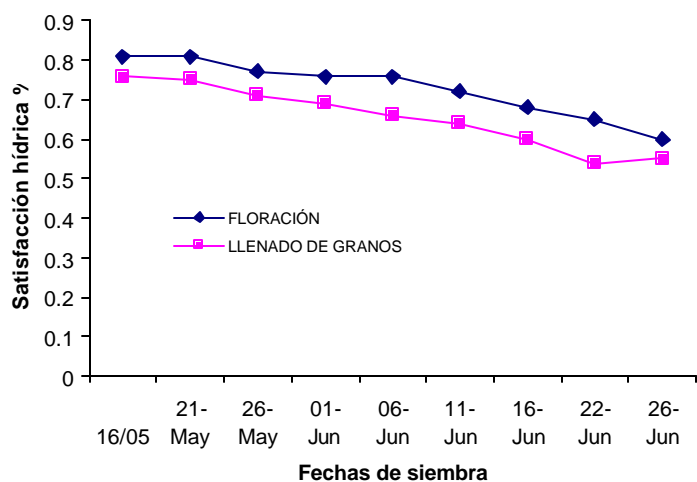


Figura 4. Satisfacción hídrica del cultivo de maíz de primera

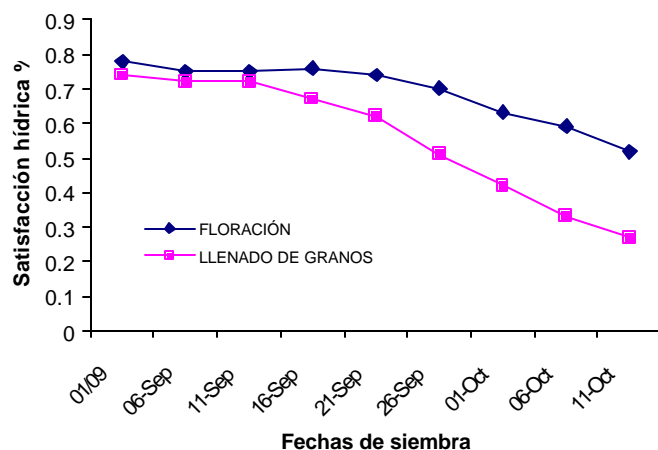
La figura 4 muestra la satisfacción de las necesidades hídricas en la fase de floración y llenado de granos del cultivo de maíz establecido en la época de primera, de ciclo vegetativo de 90 días y con un potencial productivo de 2264 kg/ha; los resultados muestran que el maíz establecido del 16 al 25 de mayo satisface sus necesidades hídricas de la fase de floración en un 73% y de la fase de llenado de grano en un 58%; sin embargo cuando el cultivo es establecido a partir del 26 de mayo refleja una disminución en la satisfacción de las necesidades hídricas en estas fases del período vegetativo; satisfaciéndose de 69% a 66% (67%) en la floración cuando el cultivo se establece del 26 de mayo al 06 de junio y de un 55% a 52% (53%) la fase de llenado de granos. Esta última situación es debido a que la etapa de floración que es más sensible y cuyas necesidades hídricas son más exigentes es muy afectada cuando coincide con el período canicular. Sin embargo se considera según se muestra en el cuadro 9 que para ambos casos se presenta una satisfacción hídrica de regular a mala, lo que significa que las siembras de primera son extremadamente riesgosas ya que las precipitaciones se establecen en la cuarta pentada de mayo y posterior a ello se establece la mayor parte del área a cultivar.

La figura 5 muestra la satisfacción hídrica del cultivo de frijol establecido en la época de primera y de ciclo vegetativo de 70 días y con un potencial productivo 1617 kg/ha. El comportamiento similar al del cultivo de maíz, reflejándose una disminución de la satisfacción hídrica que es directamente proporcional a las fechas de siembra. Sin embargo en el cultivo de frijol se evidencian valores de satisfacción hídrica mayores en comparación con el cultivo de maíz, reflejando para la floración un 76% cuando se establece el cultivo hasta el 06 de junio, y un 66% de satisfacción hídrica para la fase de llenado de grano. Esta situación se presenta debido a que el ciclo del cultivo de frijol es más corto y esto hace menos drástica la coincidencia de la fase de floración con el período canicular.



**Figura 5. Satisfacción hídrica del cultivo frijol primera**

La figura 6 refleja que el cultivo de frijol en la época de postrera satisface sus necesidades hídricas de la fase de floración y llenado de granos en un 76% y 66%, respectivamente cuando se establece el cultivo hasta el 16 de septiembre. A partir de esa fecha la satisfacción hídrica disminuye a valores menores del 70% y 60%, para ambas fases. Esta disminución de la satisfacción hídrica en este caso es debido a que la fase de floración se da a finales de octubre que es cuando comienzan a disminuir o desaparece el período lluvioso de la época de postrera.



**Figura 6. Satisfacción hídrica del cultivo frijol de postrera**

El análisis de acumulados y distribución de precipitaciones, secuencias secas y lluviosas, balance hídrico de los cultivos tradicionales de la subcuenca, presencia de agua subterránea y caudales mínimos en período de estiaje reflejan como resultado la presencia de una **sequía meteorológica** caracterizada por una deficiencia y mala distribución de la precipitación pluvial, lo que ha provocado una insuficiencia de recursos hídricos en gran parte de la subcuenca, debido a que no hay recarga de agua (**sequía hidrológica**), además de una escasez de la misma en el suelo que limita la producción agrícola (**sequía agrícola**). Esta escasez de agua en el suelo se incrementa o agudiza por el mal manejo de los mismos que presentan un alto grado de erosión, lo que beneficia el escurrimiento superficial y la disminución de la infiltración del agua.

## **4.2 Impacto a la producción agrícola ocasionado por la sequía**

El análisis de los resultados para identificar y cuantificar el impacto a la producción agrícola ocasionado por la sequía, se presenta mediante las probabilidades de acumulados de precipitación para las épocas de primera y postrera, la presencia períodos secos y la influencia de los mismos en la satisfacción hídrica de los cultivos maíz y frijol.

### **4.2.1 Probabilidad de pérdidas por acumulados y distribución de precipitación**

En el cuadro 28 se muestra el análisis comparativo interanual de las lluvias en las época de primera y postrera el que refleja el nivel de precipitaciones alcanzado a 20% (2 años entre 10) a 50% (la mediana, es decir 5 años entre 10 ó 1 año entre 2) y 80% (8 años entre 10 ó 4 entre 5) de probabilidad.

**Cuadro 28. Análisis comparativo interanual de lluvias alcanzadas en primera y postrera**

Época	Mínimo(mm)	8 Años/10(mm)	5 Años/10 (mm)	2 Años/10 (mm)	Máximo (mm)
Primera	0	295,2	383,5	625,0	793,3
Postrera	71,2	229,7	375,5	531,6	701,6

Los resultados de este análisis comparativo indican que las precipitaciones alcanzadas con un 50% de probabilidad están por debajo de las cantidades normales para obtener una producción satisfactoria, situación que puede provocar reducción de las cosechas; sin embargo aún más grave la situación cuando los resultados reflejan que en el 80% de los años se presentan cantidades aún más inferiores (225,2 y 229,7 mm), lo que indica que la reducción de las cosechas se incrementa sustancialmente, tomando en consideración que la cantidad de lluvia no está acorde con las exigencias y demandas, así como la distribución de la misma que en la zona no es buena. Otro factor importante a tomar en consideración son las pérdidas por intercepción y escorrentía superficial del agua que precipita que no se reflejan en este análisis.

#### **4.2.2 Probabilidad de pérdidas por presencia de canícula**

El cuadro 29 muestra el resultado de evaluación del comportamiento del período canicular de 25 años de estudio, donde se evidencia un elevado porcentaje de años (72%) en el que es probable que de manera general en la subcuenca se presente una canícula acentuada con 26 a 40 días sin lluvia, el 16% de los años es probable que se presente canícula definida con 15 a 25 días sin lluvia y un 12% de los años puede presentarse una canícula severa con más de 40 días sin lluvia. Con estos resultados se evidencia que en más del 70% de los años se pueden manifestar reducciones drásticas y hasta pérdidas totales en el rendimiento de los cultivos, ya que esos 26 ó más días sin lluvias coinciden de manera general con la fase de floración o llenado de granos.

**Cuadro 29. Probabilidad de ocurrencia de días sin lluvia en el período canicular**

Días sin lluvia en canícula	Años	Porcentaje de años
>40	3/25	12%
26-40	18/25	72%
15-25	4/25	16%

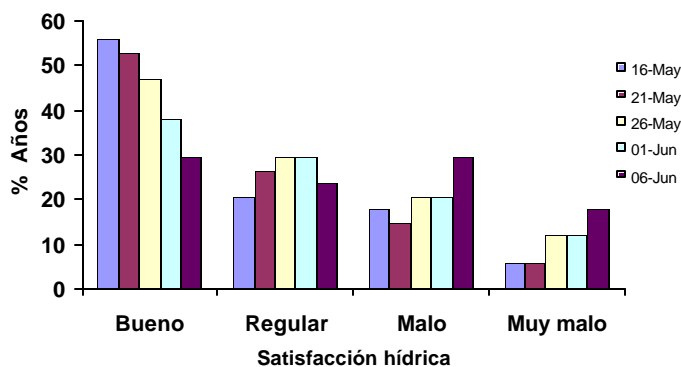
En el cuadro anexo 4 se presentan para cada año estudiado los días sucesivos sin lluvia durante el período de canícula.

### 4.2.3 Probabilidad de pérdidas por satisfacción hídrica de los cultivos

La probabilidad de años que se presente una buena, regular mala y muy mala satisfacción hídrica para el cultivo de maíz se muestra en el cuadro 30 y la figura 7.

**Cuadro 30. Probabilidad de satisfacción hídrica del cultivo de maíz de primera**

ISH	Porcentaje de años				
	16 May	21 May	26 May	01 Jun	06 Jun
Bueno	55.9	52.9	47.1	38.2	29.4
Regular	20.6	26.5	29.4	29.4	23.5
Malo	17.6	14.7	20.6	20.6	29.4
Muy malo	5.9	5.9	11.8	11.8	17.6



**Figura 7. Probabilidad de satisfacción hídrica en maíz de primera**

El cuadro y la figura anterior muestran la probabilidad de satisfacción hídrica para el cultivo de maíz de 90 días en la fase de floración en diferentes fechas de siembra. Se observa que hay buena satisfacción hídrica (80% a 100%) en el 55.9% de los años cuando el cultivo se establece el 16 de mayo, reduciéndose el número de años en que esta se presenta como buena a medida que avanzan las fechas de siembra, obteniendo valores desde 47.1% de los años cuando se establece el 26 de mayo, hasta solo 29.4% de los años cuando el cultivo es establecido el 06 de junio. En el cultivo de maíz establecido del 16 al 26 de mayo es probable que de 10 años 5 años no haya reducción de la cosecha o esta sea menor del 30% según el cuadro 9. Sin embargo si se establece después del 26 de mayo es probable que solo 4 ó 3 años de 10 se presente esta situación.

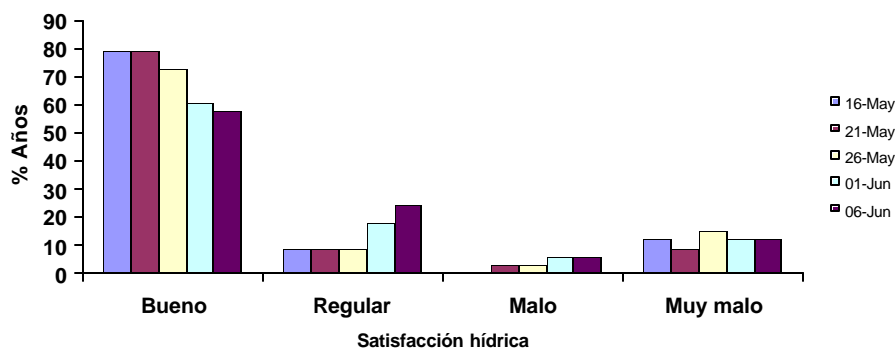
Es importante mencionar que cuando el establecimiento del cultivo se realiza después del 26 de mayo hay una satisfacción hídrica mala en el 20 a 30 % de los años, lo que significa que de 10 años en 2 ó 3 años pueden haber reducciones significativas de cosechas desde un 57% a 78% según el cuadro 9.

El cuadro 31 y la figura 8 muestran la probabilidad de años que se presenta una satisfacción hídrica buena, regular, mala y muy mala para el cultivo de frijol establecido en diferentes fechas de la época de primera.

En el cultivo de frijol de primera el comportamiento es similar al maíz, a medida que avanzan las fechas de siembra se reduce el porcentaje de años en que se presenta buena satisfacción hídrica (reducciones máximas aproximadamente del 30%); sin embargo en el cultivo de frijol el porcentaje de años que no hay pérdidas o la reducción del rendimiento es baja se incrementa en comparación con maíz; cuando el frijol se establece del 16 al 26 de mayo la satisfacción hídrica es buena en el 78.8% y 72.7% de los años, es decir de 10 años 7 u 8 años no hay pérdidas de cosecha o la reducción del rendimiento es menor al 30%, pero cuando se establece después del 26 mayo la satisfacción hídrica es buena solo en 60.6% y 57.6% de los años, es decir que de 10 años 6 años aproximadamente no hay pérdidas de cosechas o la reducción del rendimiento es menor del 30%.

**Cuadro 31. Probabilidad de satisfacción hídrica el cultivo de frijol de primera**

ISH	Porcentaje de años				
	16 May	21 May	26 May	01 Jun	06 Jun
Bueno	78.8	78.8	72.7	60.6	57.6
Regular	9.1	9.1	9.1	18.2	24.2
Malo	0	3	3	6.1	6.1
Muy malo	12.1	9.1	15.2	12.1	12.1



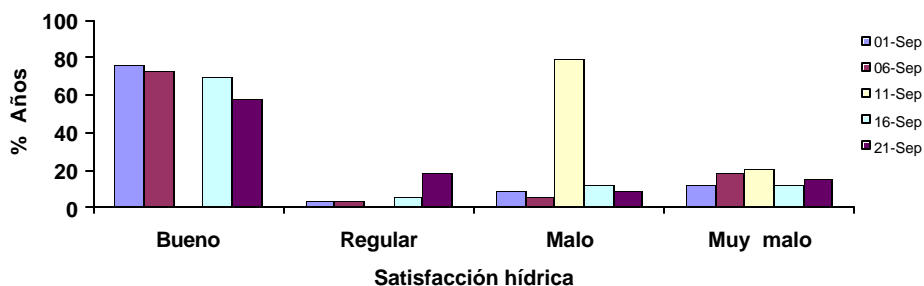
**Figura 8. Probabilidad de satisfacción hídrica en frijol de primera**

La satisfacción hídrica del cultivo de frijol en la fase de floración, para la época de postrera se presenta en el cuadro 32 y la figura 9.

Los resultados indican que en 75% de los años se presenta una buena satisfacción hídrica cuando el cultivo se establece en la primera pentada de septiembre, sin embargo la satisfacción hídrica disminuye a medida que avanzan las fechas de siembra, llegando a obtener el mayor porcentaje de años (78.8%) una satisfacción hídrica mala cuando el cultivo se establece en la tercera pentada de septiembre. Esta última situación se presenta debido a que la fase de floración y llenado de granos coinciden con la salida de las lluvias. Esta satisfacción hídrica mala significa una reducción del rendimiento en el cultivo de frijol de postrera del 61% a 82% según cuadro 9.

**Cuadro 32. Probabilidad de Satisfacción hídrica frijol de postrera**

ISH	Porcentaje de años				
	1 Sep	06 Sep	11 Sep	16 Sep	21 Sep
Bueno	75.8	72.5	0	69.7	57.6
Regular	3	3	0	6.1	18.2
Malo	9	6.1	78.8	12.1	9.1
Muy malo	12.1	18.2	21.2	12.1	15.2



**Figura 9. Probabilidad de satisfacción hídrica en frijol de postrera**

#### 4.3 Áreas críticas en la subcuenca Aguas Calientes

Para determinar las áreas críticas de la subcuenca se realizó un análisis de las áreas que están siendo sobreutilizadas, área de cultivos agrícolas en pendientes mayores del 30%, implementación de tecnologías de conservación de suelos y agua, la presencia de agua superficial y subterránea y el comportamiento del período canicular.

### 4.3.1 Áreas en sobreuso

En el cuadro 33 se muestra el área de cada comunidad que está siendo utilizada con alternativas productivas que no son adecuadas, de acuerdo a su potencial de uso, y que presentan un alto riesgo para la degradación de los recursos naturales.

**Cuadro 33. Área sobreutilizada en la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidades	Área (ha)	Porcentaje de área	Calificación	Valoración
Volcán	521.5	86.2	3	Muy Alta
Porcal	18	20.9	1	Media
Mansico	71.5	44.2	3	Muy Alta
Q. de Agua	120.3	78.4	3	Muy Alta
Rodeo	23.8	70.1	3	Muy Alta
Uniles	99.2	19.8	0	Baja
Santa Isabel	198.1	33.1	2	Alta
Santa Rosa	50	5	0	Baja
Los Copales	40.2	13.4	0	Baja
A. Calientes	561.7	40.3	3	Muy Alta

Mediante la confrontación entre el uso actual y el uso potencial de la tierra, se ha obtenido un conocimiento cuantificado de la forma en que están siendo utilizadas las áreas en cada comunidad que conforman la subcuenca, se ha determinado el nivel de intervención principalmente cuando hay un sobreuso.

En el cuadro anterior se muestra que en cinco comunidades de la subcuenca existe un sobreuso mayor al 40% del área de cada comunidad, estas están siendo utilizadas inadecuadamente con respecto al uso potencial y corresponden principalmente a tierras de uso forestal que están siendo intervenidas por actividades agrícolas. Estas áreas se encuentran con un nivel de criticidad muy alta según escala del cuadro 10.

Es importante destacar que las comunidades que tienen un mayor porcentaje de área en sobreuso son las que se localizan en las partes más altas de la subcuenca como es el caso de El Volcán, Quebrada de Agua y Rodeo con 86.2%, 78.4% y 70.1%, respectivamente.

De manera general en la subcuenca están siendo subreutilizadas 1654 ha, lo que representa un 35% del área total de la subcuenca; 1821 ha están siendo subutilizadas es decir el 38% del total y 1020 hectáreas tienen un uso adecuado lo que corresponde únicamente al 21.3% del área total.



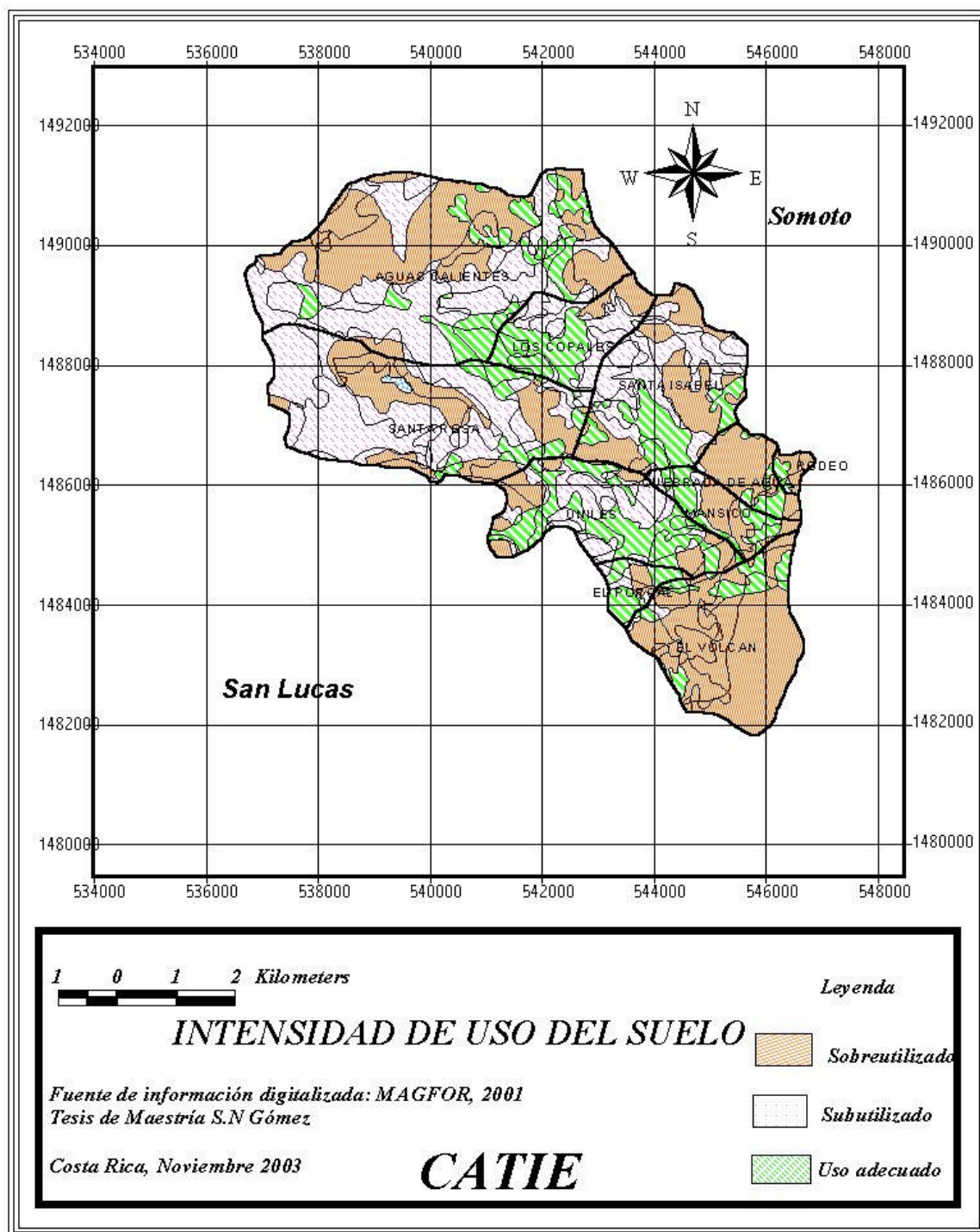


Figura 10. Mapa de intensidad de uso del suelo en la subcuenca Aguas Calientes

#### 4.3.2 Áreas agrícolas en pendientes mayores de 30%

Uno de los parámetros utilizados para evaluar la capacidad de uso de la tierra es la topografía, basado en ello y tomando en consideración que la sobreutilización de los suelos de la subcuenca es principalmente por alta intervención de actividades agrícolas (cultivos anuales), se presenta en el cuadro 34 el área para cada comunidad que está siendo intervenida por actividades agrícolas en pendientes mayores del 30%.

**Cuadro 34. Área agrícola en pendientes mayores de 30%**

Comunidades	Área (ha)	Porcentaje de área	Calificación	Valoración
Volcán	523.2	86.5	3	Muy Alta
Porcal	22.1	25.8	2	Alta
Mansico	72.4	44.7	3	Muy alta
Q. de Agua	120.3	78.4	3	Muy Alta
Rodeo	23.8	70.1	3	Muy Alta
Uniles	501.2	24.4	2	Alta
Santa Isabel	212.7	35.6	3	Muy alta
Santa Rosa	333.6	35.0	2	Alta
Los Copales	45.5	15.2	1	Media
A. Calientes	582.1	41.8	3	Muy Alta

Es evidente el uso inadecuado que se está dando al suelo, principalmente en las comunidades que se encuentran en la parte alta de la subcuenca, donde el mayor porcentaje del área con pendientes mayores de 30% están siendo destinadas a cultivos agrícolas anuales, con escasas o nulas prácticas de conservación de suelos y agua, estando expuestas las mismas a altos niveles de escurrimiento superficial, erosión del suelo y baja infiltración del agua. El cuadro anterior muestra que seis comunidades tienen una valoración muy alta con respecto al grado de criticidad según la escala del cuadro 11, dado que en más del 35% del área de cada una de ellas se está presentando esta anomalía.

A nivel general, en la subcuenca totalizan unas 2436.9 ha que están siendo intervenidas bajo este sistema, correspondientes al 51% del área total de la subcuenca.

### 4.3.3 Implementación de tecnologías para conservar los recursos naturales

En el cuadro 35 se muestran los resultados del grado de implementación de prácticas de conservación de suelos y agua por las familias productoras que habitan en la subcuenca

**Cuadro 35. Tecnologías de conservación de suelos y agua**

Comunidad	Porcentaje de familias que realizan prácticas de conservación de suelos y agua	Calificación	Valoración
Volcán	38	2	Alta
Porcal	45	1	Media
Mansico	14	3	Muy alta
Q. de Agua	20	3	Muy alta
Rodeo	33	2	Alta
Uniles	12	3	Muy alta
Santa Isabel	20	3	Muy alta
Santa Rosa	40	2	Alta
Copales	29	2	Alta
A. Calientes	5	3	Muy alta

Los resultados muestran que en todas las comunidades solo un pequeño porcentaje de las familias utilizan prácticas de conservación de suelos y agua, reflejando valores máximos de 45%, como es el caso de la comunidad de El Porcal, donde realizan las prácticas más comunes de conservación de suelos y agua tales como la no quema de rastrojos, el uso de curvas a nivel y en menor escala barreras vivas, alcanzando valores mínimos de tan solo el 5% de las familias que aplican estas prácticas como en el caso de la Comunidad de Aguas Calientes.

Esta situación agrava aún más los efectos provocados por la sequía ya que no hay retención ni protección del agua que precipita y que llega al suelo, lo que provoca pérdidas de la misma ya sea por escurrimiento superficial o por evaporación, convirtiendo estas comunidades en zonas más críticas y vulnerables ante los efectos ocasionados por la sequía.

#### 4.3.4 Afectación de la canícula

La presencia del período canicular constituye un riesgo para el rendimiento de los cultivos, dependiendo de la severidad de la misma puede convertirse en verdaderas catástrofes para la población.

En el cuadro 36 se muestra el nivel de criticidad de la canícula para cada comunidad y el área que está siendo afectada por la misma.

**Cuadro 36. Presencia de canícula y porcentaje de área afectada**

Comunidades	Días sin lluvia durante canícula	% de área	Tipo de canícula	Calificación	Valoración
Volcán	<15	64.3	benigna	0	Baja
Porcal	>40	58	Severa	3	Muy alta
Mansico	26 - 40	56.5	Acentuada	2	Alta
Q. de Agua	26 - 40	76.4	Acentuada	2	Alta
Rodeo	26 - 40	68.2	Acentuada	2	Alta
Uniles	> 40	50.7	Severa	3	Muy alta
Santa Isabel	>40	55.2	Severa	3	Muy alta
Santa Rosa	>40	84	Severa	3	Muy alta
Los Copales	>40	74.6	Severa	3	Muy alta
A. Calientes	> 40	81.4	Severa	3	Muy alta

Los resultados muestran que las comunidades que conforman la subcuenca presentan una canícula muy marcada, de severa a acentuada en más del 50% del área de cada una de las comunidades a excepción de la comunidad de El Volcán que presenta una canícula benigna, en la cual pasan menos de 15 días consecutivos sin lluvia en la mayor parte del área.

Cuando se presentan más de 15 días consecutivos sin lluvia en este período, el estrés hídrico es una de las principales limitaciones de la producción, ya que los mayores efectos se registran por la coincidencia de este período con la fase de floración o llenado de granos de los cultivos. La presencia de este período canicular prolongado en conjugación con las características que presentan los suelos de la subcuenca que son generalmente pocos profundos y con bajos contenidos de materia orgánica, influyen en que gran parte del área de la misma se vuelva más crítica ante los efectos de la sequía.

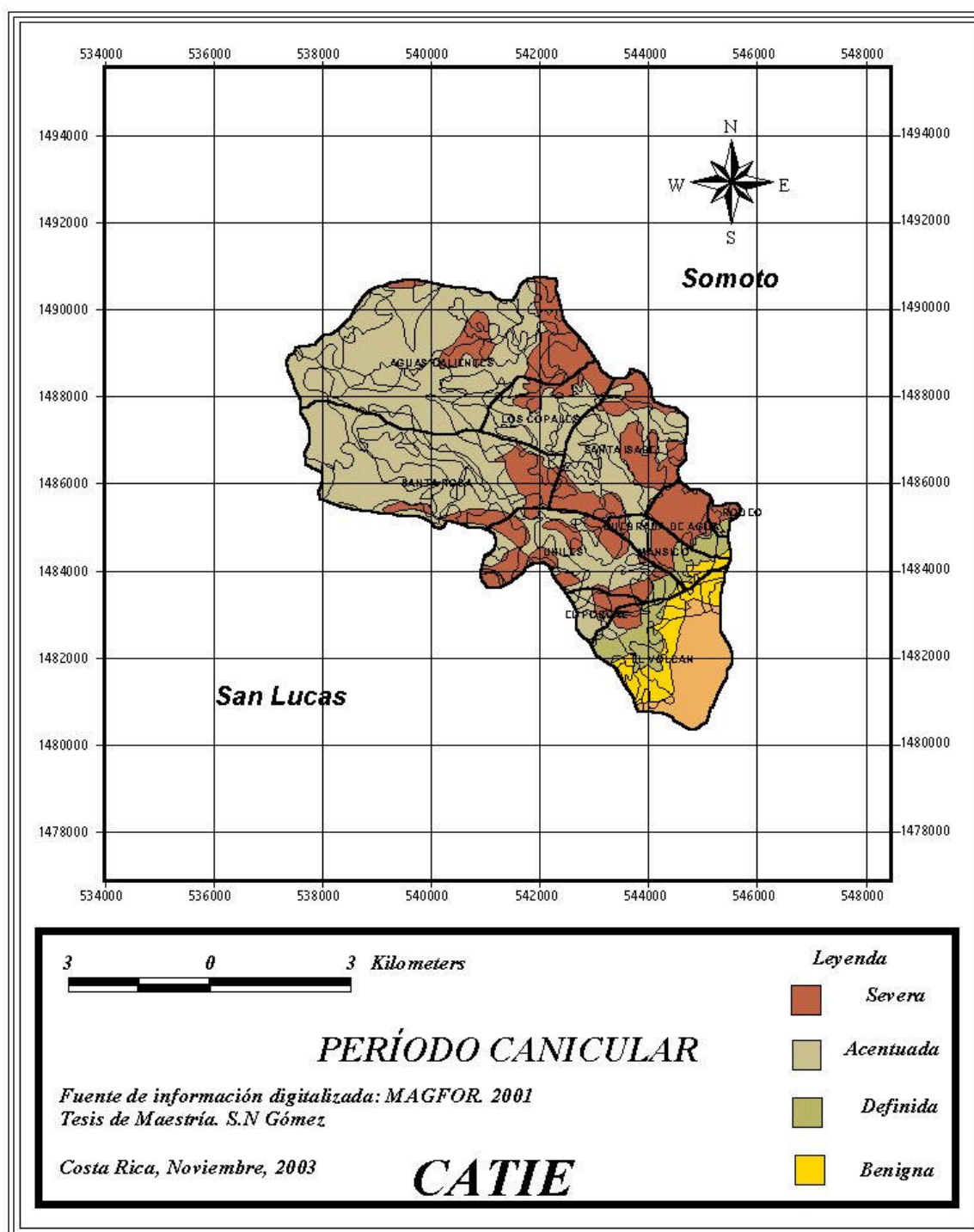


Figura 11. Mapa de comportamiento canicular en la subcuenca Aguas Calientes

#### 4.3.5 Presencia de agua subterránea

Otro aspecto tomado en consideración para evaluar la criticidad de las comunidades es la presencia de agua subterránea en las mismas. Las reservas de agua podrían ser una alternativa para el abastecimiento de agua tanto para el consumo humano como para la implementación de agricultura de riego. Sin embargo, el cuadro 37 presenta los resultados de la presencia de agua subterránea a nivel de la subcuenca.

Es notorio que solo en las comunidades de Santa Rosa, Los Copales y Aguas Calientes puede observarse almacenamiento de agua y en un porcentaje bajo del área total de cada comunidad, siendo 18.9% el mayor porcentaje de área en la comunidad de Aguas Calientes, el cual presenta un nivel medio de criticidad, encontrándose las otras comunidades en un nivel crítico muy alto, a excepción de la comunidad de Copales que el nivel crítico es alto, según escala propuesta en el cuadro 12.

Es importante mencionar que en las comunidades donde no se visualizó agua subterránea es posible que esta se encuentre pero a niveles más profundos.

**Cuadro 37. Presencia de Agua subterránea**

Comunidades	Área con agua subterránea (ha)	Porcentaje del área	Calificación	Valoración
Volcán	0	0	3	Muy Alto
Porcal	0	0	3	Muy Alto
Mansico	0	0	3	Muy Alto
Q. de Agua	0	0	3	Muy Alto
Rodeo	0	0	3	Muy Alto
Uniles	0	0	3	Muy Alto
Santa Isabel	0	0	3	Muy Alto
Santa Rosa	16.7	1.8	3	Muy Alto
Los Copales	29.2	9.8	2	Alto
A. Calientes	264.0	18.9	1	Medio

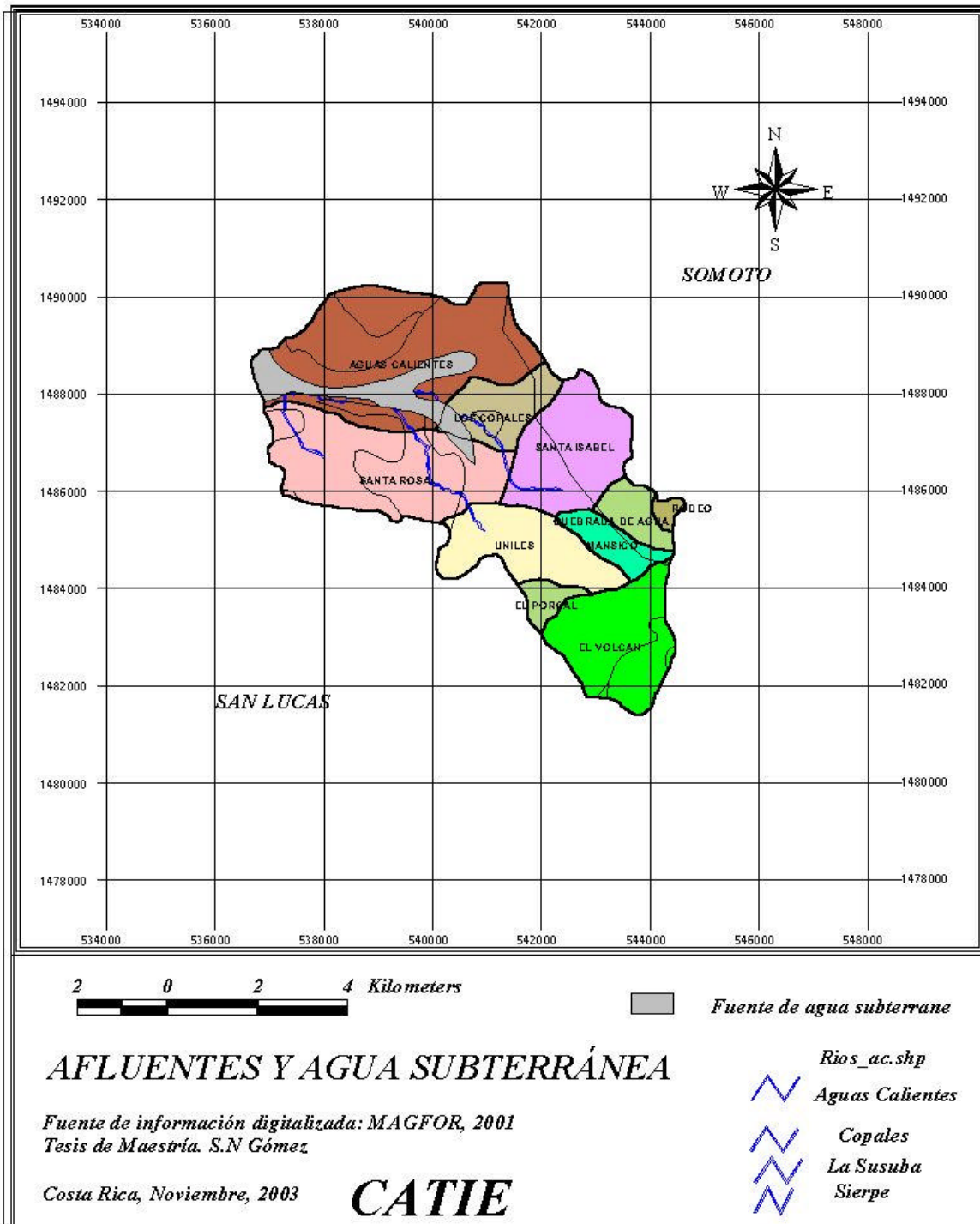


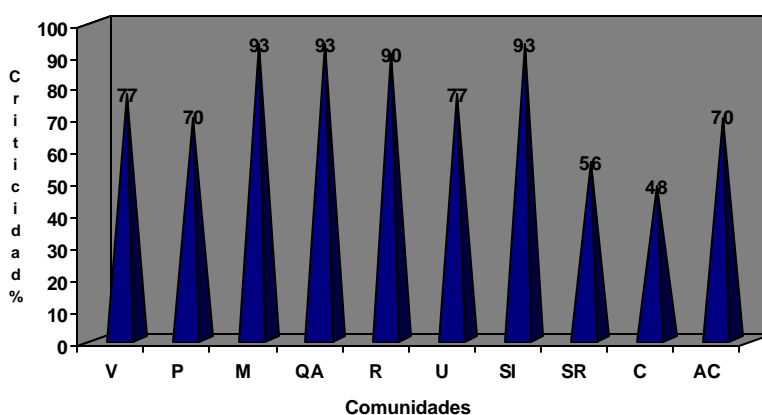
Figura 12. Mapa de afluentes y agua subterránea en la subcuenca Aguas Calientes

En el cuadro 38 y figura 13, basados en los indicadores anteriormente analizados, se muestra el nivel de criticidad de cada una de las comunidades en la subcuenca Aguas Calientes. Se presentan niveles de alto a muy alto a excepción de la comunidad de Copales que presenta un nivel medio de criticidad, según escala del cuadro 2. Sin embargo las comunidades de Mansico, Quebrada de Agua, Santa Isabel y Rodeo son las que presentan los mayores valores de criticidad.

**Cuadro 38 Nivel de criticidad en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes**

Indicadores	Comunidades									
	V	P	M	QA	R	U	SI	SR	C	AC
Sobreuso de suelo	3	1	3	3	3	0	2	0	0	3
Cultivos en pendientes mayores de 30%	3	2	3	3	3	2	3	2	1	3
Presencia de canícula	0	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Caudales mínimos en estiaje	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0
Agua subterránea	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
Prácticas de Conservación de suelos y agua	2	1	3	3	2	3	3	2	2	3
<b>Promedio</b>	<b>2.3</b>	<b>2</b>	<b>2.8</b>	<b>2.8</b>	<b>2.7</b>	<b>2.3</b>	<b>2.8</b>	<b>1.7</b>	<b>1.3</b>	<b>2.1</b>
<b>Máximo disponible</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>Nivel de criticidad</b>	<b>77</b>	<b>70</b>	<b>93</b>	<b>93</b>	<b>90</b>	<b>77</b>	<b>93</b>	<b>56</b>	<b>43</b>	<b>70</b>

V: Volcán; P: Porcal; M: Mansico; QA: Quebrada de Agua; R: Rodeo; U: Uniles; SI: Santa Isabel; SR: Santa Rosa; C: Copales; AC: Aguas Calientes



**Nivel de criticidad de las comunidades en la subcuenca Aguas Calientes**



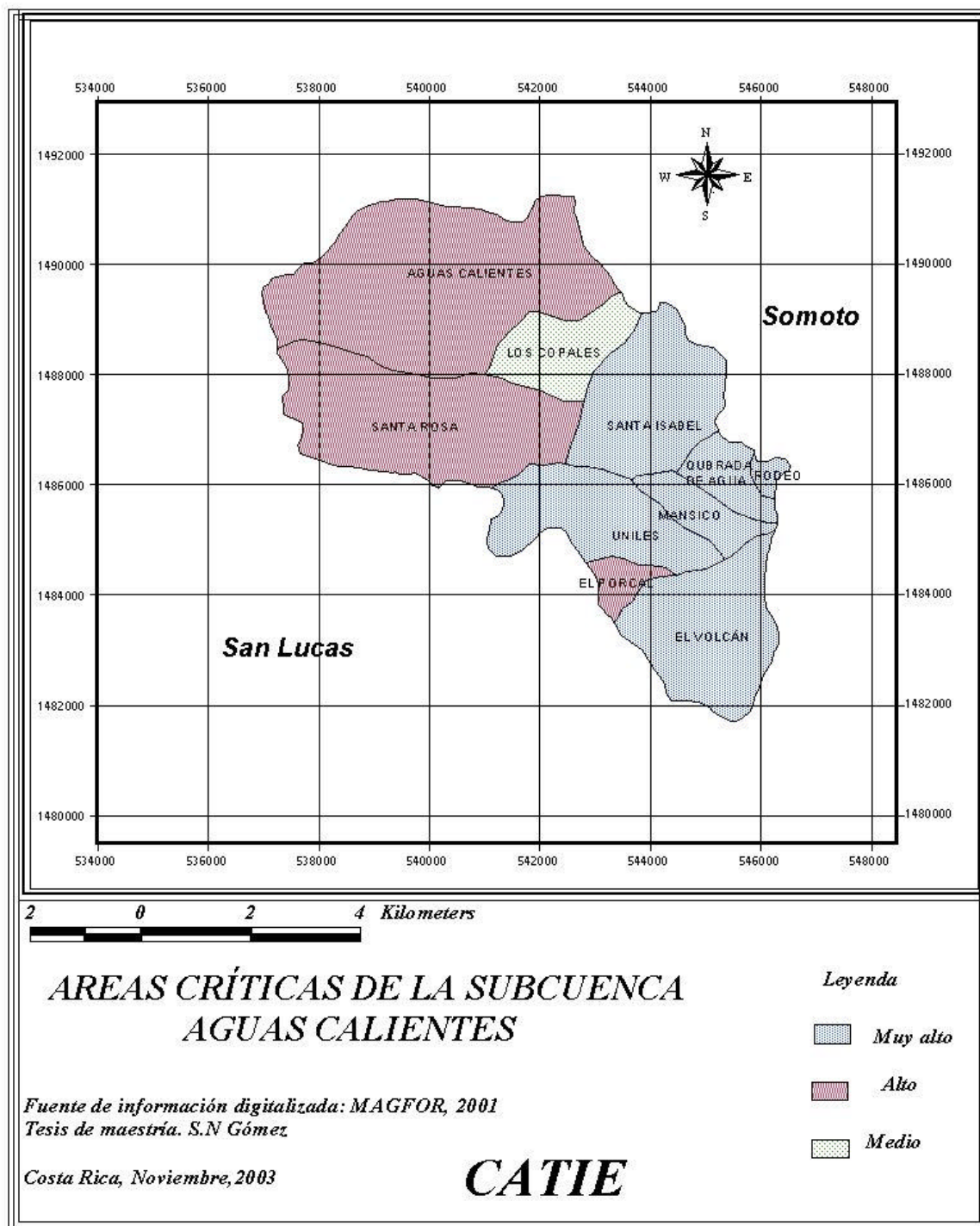


Figura 14. Mapa de áreas críticas en la subcuenca Aguas Calientes

#### 4.4 Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca Aguas Calientes

Las características socioeconómicas están conformadas por un conjunto de variables que incluyen la densidad poblacional, actividades productivas, ingresos, desempleo, educación, presencia institucional, organización, capacitación e implementación de tecnologías que amortigüen los efectos negativos de la sequía.

##### Densidad poblacional

En el cuadro 39 se muestra el análisis de la población en cada una de las comunidades. Se evidencia que la densidad poblacional en toda la subcuenca es alta, presentando valores desde 55 habitantes por km<sup>2</sup> para la comunidad de Aguas calientes hasta 341 habitante por km<sup>2</sup> para la comunidad de El Rodeo. En la mayoría de las comunidades que conforman la subcuenca, los valores de densidad poblacional sobrepasan a los del resto del municipio que según (FENUAP/INIFOM, 2001) fueron para el año 2000 de 69.4 habitantes por km<sup>2</sup>.

La densidad poblacional constituye un elemento importante, pues todas las acciones que generan vulnerabilidad se desarrollan en función de los habitantes de las comunidades, así las comunidades con mayor número de pobladores, presenta mayor vulnerabilidad ante una amenaza, evidenciando una mayor competencia por los recursos.

Según la valoración de la vulnerabilidad proporcionado a la densidad poblacional en el cuadro 13 en todas la s comunidades existe un nivel muy alto de vulnerabilidad, a excepción de la comunidad de Aguas Calientes que se encuentra en un nivel medio de vulnerabilidad.

**Cuadro 39. Densidad poblacional en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidad	Habitantes por km <sup>2</sup>	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	91	Muy Alta	3
Porcal	310	Muy Alta	3
Mansico	320	Muy Alta	3
Q. de Agua	240	Muy Alta	3
Rodeo	341	Muy Alta	3
Uniles	243	Muy Alta	3
Santa Isabel	334	Muy Alta	3
Santa Rosa	84	Muy Alta	3
Los Copales	151	Muy Alta	3
A. Calientes	55	Media	1

## Ingreso familiar y desempleo

**Cuadro 40. Ingreso familiar y desempleo en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidad	Ingresos (Córdobas)	Desempleo (%)	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	400	87	Muy alta	3
Porcal	600	93	Muy alta	3
Mansico	200	75	Muy alta	3
Q. de Agua	200	100	Muy alta	3
Rodeo	200	100	Muy alta	3
Uniles	400	79	Muy alta	3
Santa Isabel	400	87	Muy alta	3
Santa Rosa	350	44	Muy alta	3
Copales	600	47	Muy alta	3
A. Calientes	350	45	Muy alta	3

En todas las comunidades existe más del 40% de las familias desempleadas.

En la mayoría de las comunidades las familias dependen de la agricultura y comercio de los productos agrícolas que obtienen en las cosechas. Estos dos indicadores presentan el mismo peso y muy alto grado de vulnerabilidad en todas las comunidades según la escala dada a la misma en los cuadros 14 y 16.

Los ingresos mensuales por familia no están acorde con el mínimo aporte que cada familia debe tener para resolver sus necesidades básicas, esto debido a que en la mayoría de los casos las familias se dedican a las labores agrícolas de su fincas, siendo este el aporte monetario que obtienen al salir la cosecha, el cual no es significativo.

Las insuficientes actividades de las que dependen económicamente en la zona, contribuyen a un alto grado de desempleo y bajos niveles de ingresos, situación que obliga al uso irracional y deterioro de los recursos naturales, acentuándose aún más el grado de vulnerabilidad en la subcuenca.

## Tenencia de la tierra, educación y presencia institucional

Para la evaluación de los indicadores tenencia de la tierra, analfabetismo y presencia institucional se parte del supuesto que entre más población analfabeta exista en una comunidad el nivel de vulnerabilidad será mayor, ya que el analfabetismo limita el acceso a información y a la participación.

El caso de la tenencia de la tierra tiene relación con la oportunidad de las familias de acceder a servicios y a la implementación de tecnologías y desarrollo de actividades que encaminen a reducir la vulnerabilidad; y la presencia institucional que es un factor importante ya que se refleja en el apoyo técnico y en la capacitación, lo que contribuye a que la población se prepare para poner en práctica medidas viables que disminuyan el grado de vulnerabilidad. Se torna difícil y hasta imposible introducir programas y proyectos en las comunidades, que propongan un buen manejo de los recursos naturales, cuando no hay apoyo institucional, el nivel educativo es altamente vulnerable y cuando se carece de un título de propiedad que garantice y asegure la inversión de esfuerzos.

El cuadro 41 muestra que en todas las comunidades, tanto el analfabetismo, tenencia de tierras, y presencia institucional tienen el mismo peso y no son indicadores fuertes del incremento de vulnerabilidad, pues un alto porcentaje de las familias poseen título de propiedad, existe bajo porcentaje de analfabetismo y muy buena presencia institucional.

**Cuadro 41. Tenencia de la tierra, educación y presencia institucional en la subcuenca**

Comunidad	% de familias con título de propiedad	Presencia institucional	Porcentaje analfabetismo	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	72	4	10	Baja	0
Porcal	83	3	16	Baja	0
Mansico	62	3	8	Baja	0
Q. de Agua	79	6	17	Baja	0
Rodeo	76	3	20	Baja	0
Uniles	89	10	8	Baja	0
Santa Isabel	100	11	8	Baja	0
Santa Rosa	62	5	5	Baja	0
Copales	69	3	7	Baja	0
A. Calientes	63	4	13	Baja	0

**Organización comunitaria:** la organización es muy importante porque permite la participación y proporciona herramientas a los pobladores para amortiguar los efectos de la amenaza, disminuir la vulnerabilidad y enfrentar al riesgo.

En el cuadro 42 se muestra que en cinco comunidades existe buena organización. Esta se da en grupos formales con diferentes organizaciones, obteniéndose una valoración de vulnerabilidad baja.

Sin embargo las comunidades de Mansico, Quebrada de Agua, Rodeo, Copales y Aguas Calientes presentan valores de alta a muy alta vulnerabilidad ya que solamente de un 13% a 34% de familias organizadas.

**Cuadro 42. Organización de las comunidades en la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidad	% de familias organizadas	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	98	Baja	0
Porcal	100	Baja	0
Mansico	20	Muy alta	3
Q. de Agua	13	Muy alta	3
Rodeo	21	Alta	2
Uniles	74	Baja	0
Santa Isabel	95	Baja	0
Santa Rosa	70	Baja	0
Copales	33	Alta	2
A. Calientes	34	Alta	2

**Cuadro 43. Capacitación de las comunidades en la subcuenca Aguas Calientes**

Comunidad	% de familias capacitadas aspectos de sequía o afines	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	27	Alta	2
Porcal	61	Baja	0
Mansico	21	Alta	2
Q. de Agua	33	Alta	2
Rodeo	21	Alta	2
Uniles	25	Alta	2
Santa Isabel	13	Muy Alta	2
Santa Rosa	47	Media	1
Copales	33	Alta	2
A. Calientes	29	Alta	2

El análisis anteriormente descrito de algunos indicadores evidencian que el problema de sequía en la subcuenca es muy marcado, sin embargo los resultados del cuadro 43, indican que ha sido débil el desarrollo de proyectos de extensión comunitaria relacionada con educación ambiental y desastres naturales en la totalidad de las comunidades que comprende la subcuenca. Un bajo porcentaje de la población ha participado en eventos relacionados con la conservación de los recursos naturales y un menor porcentaje en eventos relacionados con desastres naturales.

Estos datos indican que las estrategias de extensión que han sido implementadas, no han sido dirigidas adecuadamente para reducir la vulnerabilidad ante los desastres naturales, principalmente

la sequía que es el problema más sentido en la zona. Se observa en la mayoría de las comunidades, que un porcentaje bajo de familias están capacitadas en temas relacionados con la sequía que incluye el buen uso y manejo de los recursos suelo, agua, bosque y alimentos.

Esta falta de conocimientos y capacidades influye en la baja implementación de tecnologías o prácticas que ayuden a reducir los efectos de la sequía, tal como se muestra en los cuadros 44 y 45 donde solo un bajo porcentaje de familias realizan prácticas y poseen estructuras para conservar estos recursos.

**Cuadro 44. Tecnologías de conservación de suelos y agua**

Comunidad	% de familias que realizan prácticas de conservación de suelos y agua	Calificación	Valoración de vulnerabilidad
Volcán	38	2	Alta
Porcal	61	0	Baja
Mansico	14	3	Muy alta
Q. de Agua	20	3	Muy alta
Rodeo	33	2	Alta
Uniles	12	3	Muy alta
Santa Isabel	20	3	Muy alta
Santa Rosa	40	2	Alta
Copales	29	2	Alta
A. Calientes	5	3	Muy alta

El cuadro 45 muestra que el porcentaje de familias que poseen estructuras para almacenar agua, granos y semillas, además la existencia de pozos y riego en sus fincas es bajo, presentando estas tecnologías igual peso con un grado de vulnerabilidad muy alto.

**Cuadro 45. Estructuras de almacenamiento de agua, semilla, disponibilidad de riego y pozos**

Comunidad	% de familias que tiene estructuras y equipos	Valoración de vulnerabilidad	Calificación
Volcán	9	Muy alta	3
Porcal	12	Muy alta	3
Mansico	3	Muy alta	3
Q. de Agua	7	Muy alta	3
Rodeo	4	Muy alta	3
Uniles	16	Muy alta	3
Santa Isabel	13	Muy alta	3
Santa Rosa	3	Muy alta	3
Copales	3	Muy alta	3
A. Calientes	8	Muy alta	3

En el cuadro 46 y figura 15 se muestran los resultados correspondientes a la evaluación de vulnerabilidad biofísica y socioeconómica que presentan cada una de las comunidades que conforman la subcuenca de Aguas Calientes, al igual que la vulnerabilidad global de la misma. Los datos muestran que la vulnerabilidad biofísica para las comunidades está en el rango de 60-87%, presentando los más altos valores las comunidades de Mansico, Quebrada de Agua, Santa Isabel, Rodeo y Aguas Calientes y que corresponden a una vulnerabilidad muy alta, según el cuadro 2 de índices de vulnerabilidad. Las otras comunidades corresponden a una vulnerabilidad biofísica alta.

En promedio la valoración del grado de vulnerabilidad biofísica para la subcuenca es de 75% correspondiente a una vulnerabilidad alta. Esta situación se interpreta por la marcada afectación negativa del comportamiento de las precipitaciones y el mal uso y manejo que se está dando a los recursos suelo y agua.

El análisis de la vulnerabilidad socioeconómica presenta un rango de 43 a 63%, siendo las comunidades de El Porcal y Santa Rosa las que presentan los valores más bajos de vulnerabilidad, considerada como una vulnerabilidad media; sin embargo las otras comunidades se encuentran en un nivel de vulnerabilidad alta.

De forma general la subcuenca presenta un nivel de vulnerabilidad socioeconómica de 56% que según la escala de índice de vulnerabilidad (cuadro 2) corresponde a una vulnerabilidad alta.

Es importante mencionar que los indicadores densidad poblacional, ingresos económicos, desempleo y falta de estructuras (para almacenar o conservar agua, granos y semillas) que amortigüen los efectos negativos de la sequía son relevantes en el incremento de la vulnerabilidad socioeconómica en la subcuenca, no así los indicadores educación, presencia institucional y tenencia de la tierra que no ejercen ningún efecto en el incremento de la misma.

El grado de vulnerabilidad total (biofísica y socioeconómica) de la subcuenca es de 65% que corresponde a una vulnerabilidad alta, siendo los indicadores biofísicos los que ejercen mayor peso en la misma.

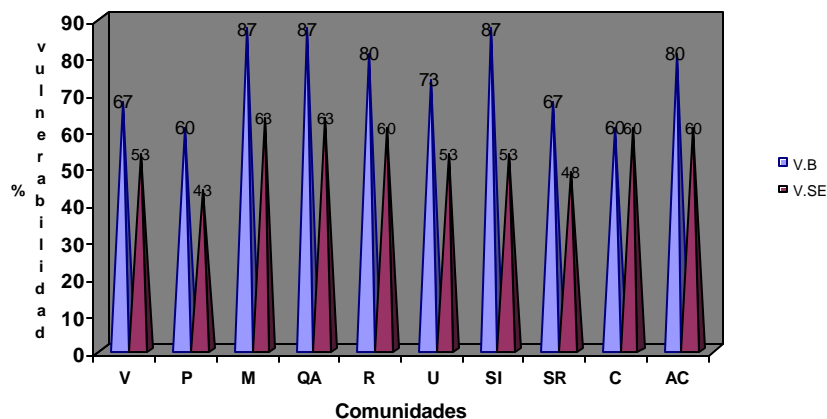


Figura 15. Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca Aguas Calientes

Cuadro 46. Vulnerabilidad biofísica y socioeconómica en la subcuenca Aguas Calientes

Indicadores Biofísicos	Comunidades									
	V	P	M	QA	R	U	SI	SR	C	AC
Sobreuso de suelo	3	1	3	3	3	0	2	0	0	3
Precipitaciones	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Presencia de canícula	0	3	2	2	2	3	3	3	3	3
Agua subterránea	3	3	3	3	3	3	3	3	2	1
Prácticas de Conservación de suelos y agua	2	0	3	3	2	3	3	2	2	3
<b>Promedio</b>	<b>2</b>	<b>1.8</b>	<b>2.6</b>	<b>2.6</b>	<b>2.4</b>	<b>2.2</b>	<b>2.6</b>	<b>2.0</b>	<b>1.8</b>	<b>2.4</b>
<b>Máximo posible</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>V. B por comunidad (%)</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>87</b>	<b>87</b>	<b>80</b>	<b>73</b>	<b>87</b>	<b>67</b>	<b>60</b>	<b>80</b>
<b>V. B en la subcuenca (%)</b>	<b>75%</b>									
Indicadores Socioeconómicos	V	P	M	QA	R	U	SI	SR	C	AC
Densidad Poblacional	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Ingreso	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Desempleo	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Presencia institucional	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Educación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Organización	0	0	3	3	2	0	0	0	2	2
Capacitación	2	0	2	2	2	2	2	1	2	2
Tenencia de la tierra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Estructuras almacenamiento	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
<b>Promedio</b>	<b>1.6</b>	<b>1.3</b>	<b>1.9</b>	<b>1.9</b>	<b>1.8</b>	<b>1.6</b>	<b>1.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.8</b>	<b>1.8</b>
<b>Máximo posible</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>V. SE por comunidad (%)</b>	<b>53</b>	<b>43</b>	<b>63</b>	<b>63</b>	<b>60</b>	<b>53</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
<b>V. total por comunidad</b>	<b>60</b>	<b>56</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>70</b>	<b>63</b>	<b>70</b>	<b>58</b>	<b>60</b>	<b>70</b>
<b>V. SE en la subcuenca (%)</b>	<b>56%</b>									
<b>Vulnerabilidad Total (%)</b>	<b>65%</b>									

V: Volcán; P: Porcal; M: Mansico; QA: Quebrada de Agua; R: Rodeo; U: Uniles; SI: Santa Isabel; SR: Santa Rosa; C: Copales; AC: Aguas Calientes



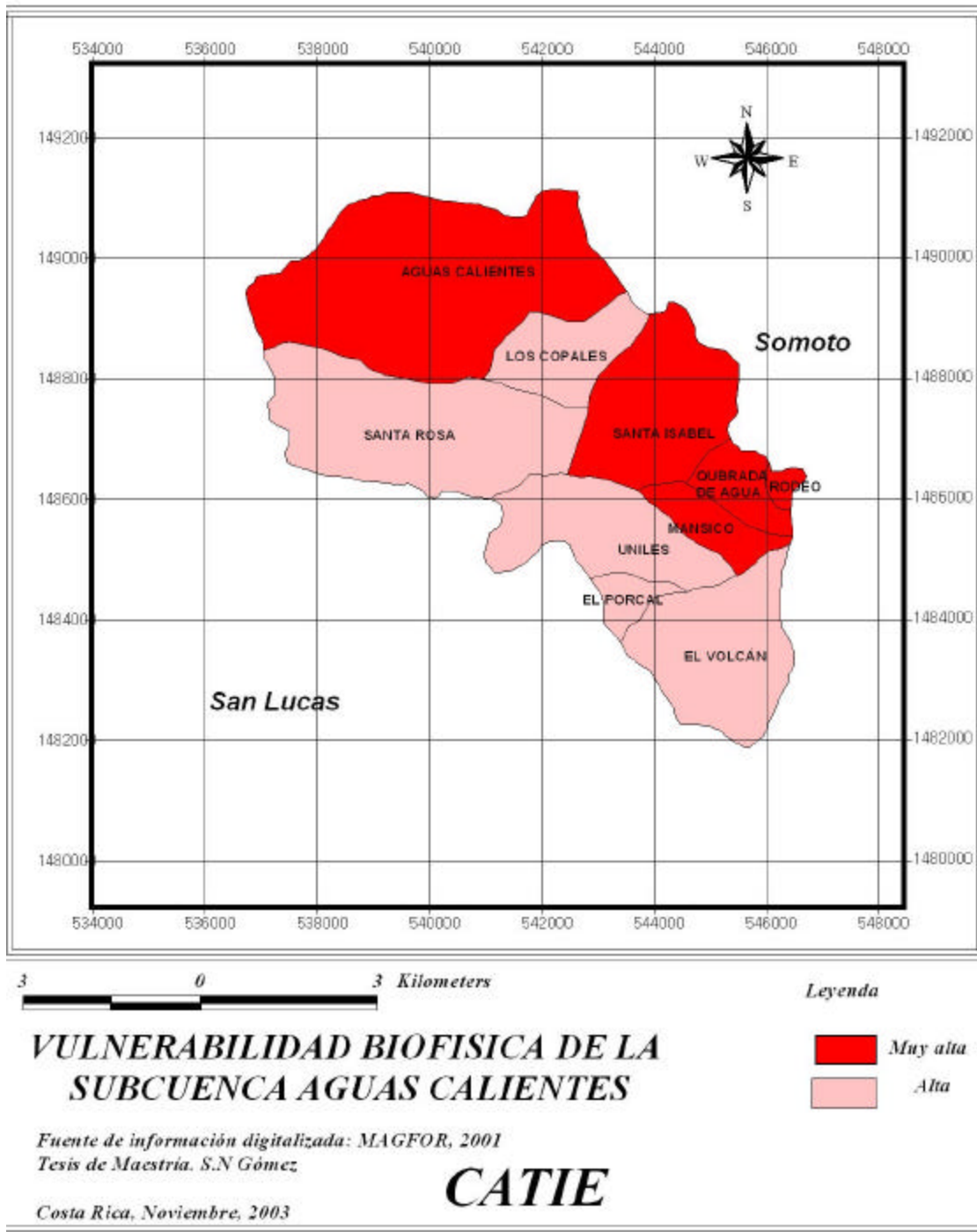


Figura 16. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la Subcuenca Aguas Calientes

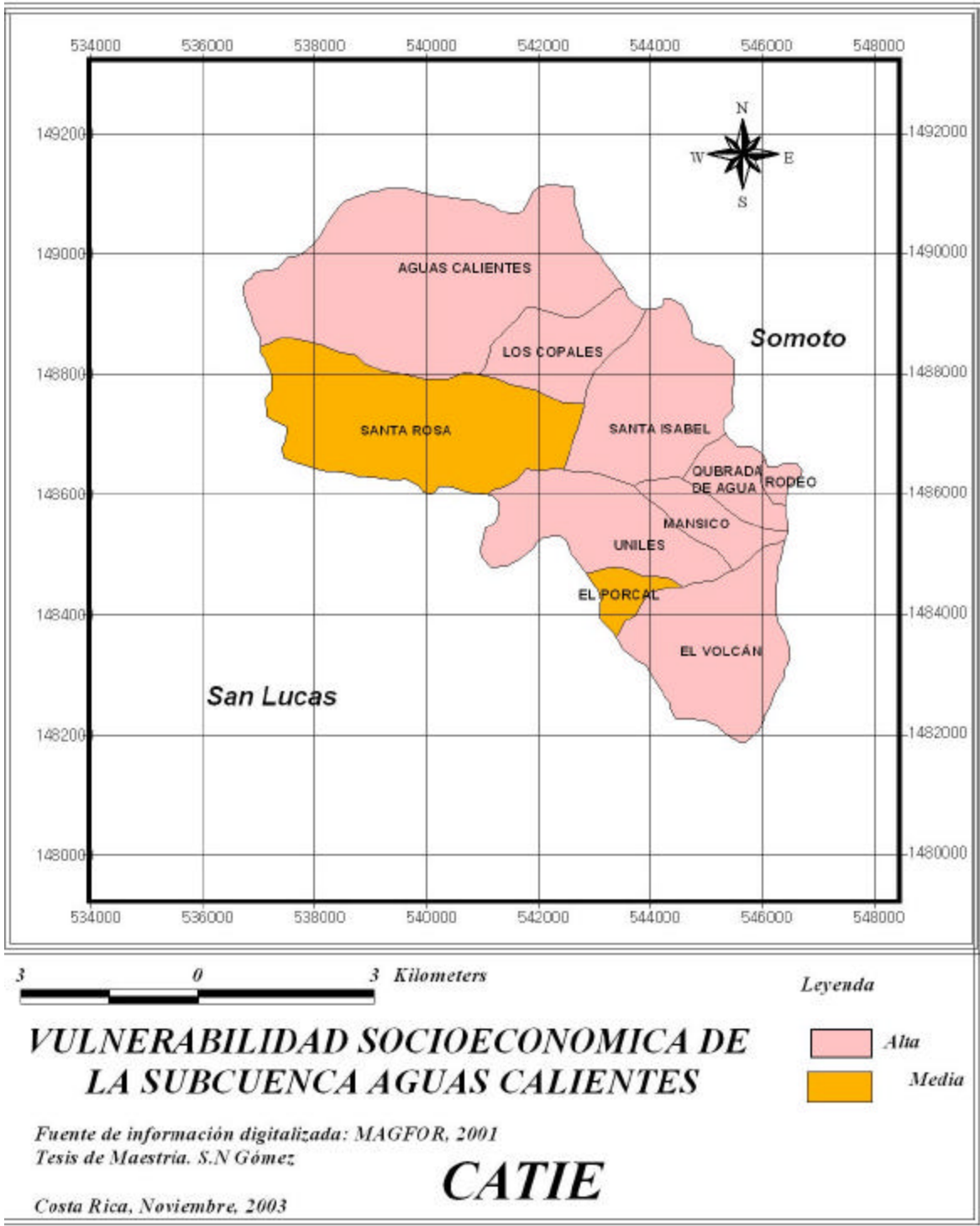


Figura 17. Mapa de vulnerabilidad biofísica de la Subcuenca Aguas Calientes

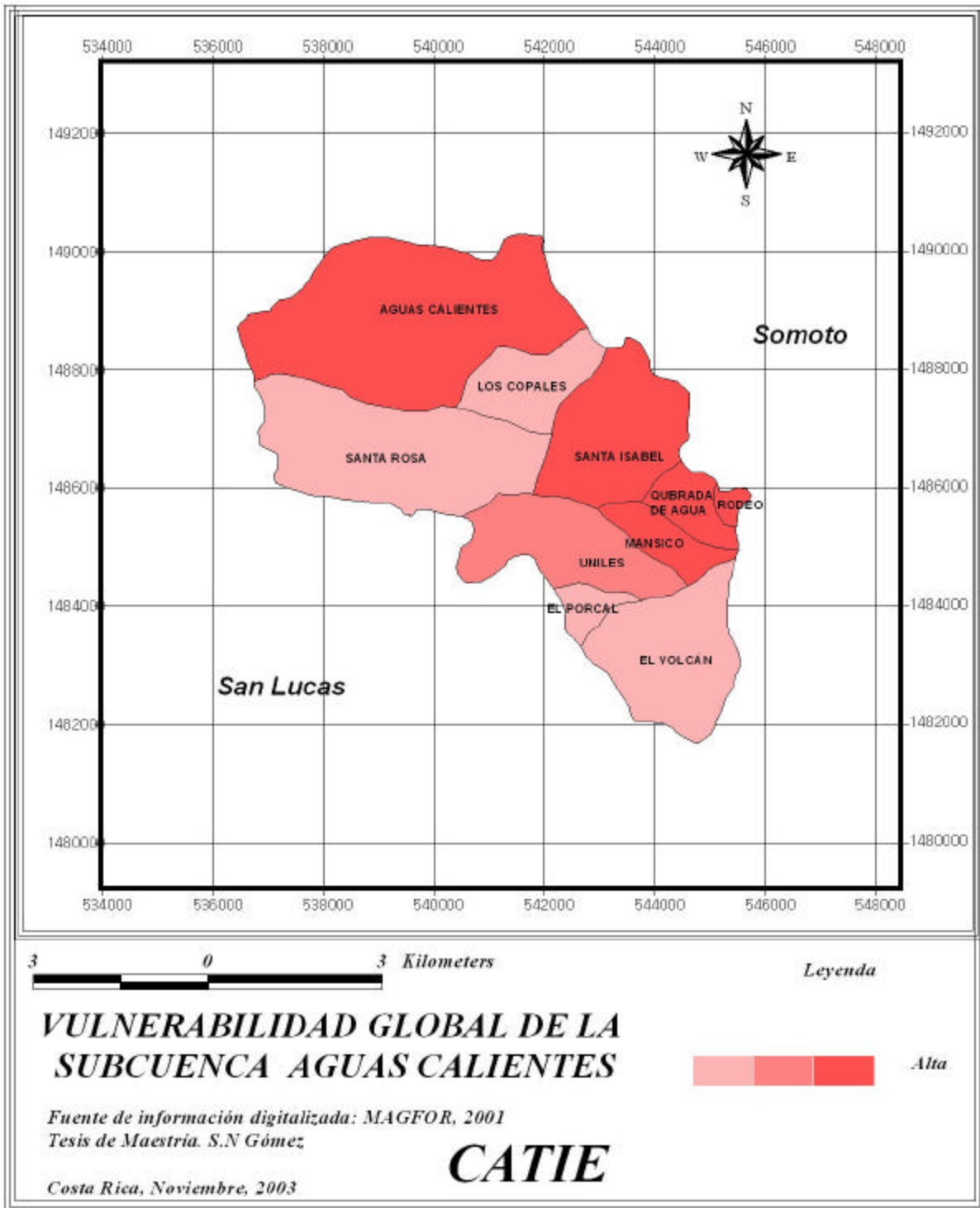


Figura 18. Mapa de vulnerabilidad global de la Subcuenca Aguas Calientes

#### 4.5 Estrategias y acciones para reducir la vulnerabilidad a la sequía en la subcuenca

El análisis realizado en conjunto con las municipalidades e instituciones involucradas en la zona, dio como resultado un menú de alternativas y estrategias que contribuyen a la reducción de la vulnerabilidad principalmente a los efectos causados por la sequía.

En el siguiente gráfico se muestra la cantidad de instituciones presentes en la zona.

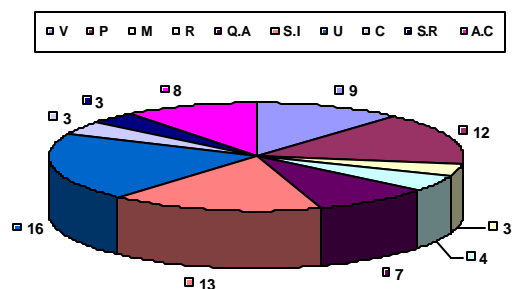


Figura 17. Presencia institucional en las comunidades de la subcuenca Aguas Calientes

Los planes y proyectos de las instituciones y organizaciones presentes en la subcuenca Aguas Calientes están basados en educación, salud, asistencia técnica y capacitación agropecuaria y en menor escala financiamiento y créditos.

Se considera que existe muy buena cobertura institucional; sin embargo los resultados presentados anteriormente respecto a capacitación, implementación de tecnologías y organización ponen en evidencia que las instituciones están realizando actividades de forma aislada e individual, por lo que no hay un enfoque en el manejo integrado de la subcuenca. Las actividades que estas instituciones desarrollan no están contribuyendo significativamente a la reducción de los niveles de vulnerabilidad ante los impactos de la sequía y en correspondencia a la reducción de los riesgos potenciales. Muy importante es la existencia del Plan Rector de Producción y Conservación para la subcuenca (PRPC) el cual contiene líneas y acciones para el desarrollo de la misma, sin embargo las municipalidades e instituciones presentes en este análisis consideran que es necesario la articulación de estrategias institucionales para apoyar la ejecución de este plan rector, ya que la desarticulación y falta de coordinación interinstitucional en el desarrollo de actividades que deben realizarse de manera conjunta, no contribuye a reducir los niveles de vulnerabilidad que presentan las comunidades y la subcuenca en general.

Otro aspecto importante del consenso de las instituciones es la sensibilización y concientización de la población que debe basarse en mecanismos de extensión por medio de la educación formal y no formal que incluye estrategias que involucren la población escolar y la población adulta sobre la

ocurrencia de los desastres y el papel que juegan los recursos suelo, agua y bosques en la sostenibilidad, así como la importancia de la organización comunitaria como elementos de respuesta ante eventuales desastres. Además las organizaciones que ejecutan proyectos sociales deben tener un vínculo directo de planificación y ejecución con las organizaciones encargadas de proyectos, cuyo fin es la conservación de los recursos naturales y manejo sostenible de la subcuenca.

Las acciones propuestas por las municipalidades e instituciones para reducir el nivel de vulnerabilidad en la subcuenca se agruparon en:

### **Institucionales**

- ☞ Fortalecer la capacidad institucional tanto municipal como local.
- ☞ Promover y hacer realidad la coordinación interinstitucional, desde la planificación hasta la ejecución de actividades.
- ☞ Fortalecer la organización y participación de la comunidad en todos los niveles de tomas de decisión.

### **Operativas**

- ☞ Promover e incentivar programas de ordenamiento local del uso de la tierra, basado en el potencial productivo y en las condiciones y necesidades socioeconómicas de las comunidades.
- ☞ Fomentar un ordenamiento de los sistemas de producción a fin de optimizar los niveles productivos.
- ☞ Planificación del uso de agua y estrategias de siembra que permitan el desarrollo de los cultivos.
- ☞ Promover proyectos que desarrollen la capacidad empresarial para comercializar sus productos y obtener márgenes de ingresos que les permitan mejorar el nivel de vida
- ☞ Motivar la implementación de un plan de mitigación y contingencia con participación social.

### **Ecológicas o ambientales**

- ☞ Dirigir los proyectos con una visión de manejo integral de cuencas.
- ☞ Dirigir programas de fortalecimiento a la gestión ambiental municipal.
- ☞ Propiciar la ejecución de proyectos de manejo forestal y recuperación de áreas deforestadas
- ☞ Fomentar el manejo forestal sostenible dentro del área protegida de El Volcán.
- ☞ Motivar e incentivar la implementación y adopción de tecnologías productivas que favorezcan la conservación de los recursos suelos, agua y bosque.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- ☞ El análisis de acumulados y distribución de precipitaciones, secuencias secas y lluviosas, balance hídrico de los cultivos tradicionales de la subcuenca, presencia de agua subterránea y caudales mínimos en período de estiaje reflejan como resultado la presencia de una **sequía meteorológica** caracterizada por una deficiencia y mala distribución de la precipitación pluvial, lo que ha provocado una insuficiencia de recursos hídricos en gran parte de la subcuenca, debido a que no hay recarga de agua (**sequía hidrológica**), además de una escasez de la misma en el suelo que provoca insatisfacción hídrica de los cultivos (**sequía agrícola**).
- ☞ Las fechas de siembra influyen en la reducción del rendimiento de los cultivos, debido a la coincidencia de la floración y llenado de granos con el período canicular.
- ☞ De forma general la subcuenca presenta un nivel de vulnerabilidad alta, ejerciendo mayor peso en la misma los factores biofísicos. Esta situación se interpreta por la marcada afectación negativa del comportamiento de las precipitaciones y el mal uso y manejo que se está dando a los recursos suelo agua y bosque.
- ☞ Todas las comunidades presentan niveles de criticidad de alto a muy alto a excepción de la comunidad de Copales que presenta un nivel medio.
- ☞ Los indicadores densidad poblacional, ingresos económicos, desempleo y falta de estructuras (para almacenar o conservar agua, granos y semillas) son los indicadores más relevantes en el incremento de la vulnerabilidad socioeconómica en la subcuenca, no así los indicadores educación, presencia institucional y tenencia de la tierra que no ejercen ningún efecto en el incremento de la misma.
- ☞ El consenso de las municipalidades e instituciones que participaron en el análisis refiere que para lograr la implementación e impacto de proyectos encaminados a reducir los niveles de vulnerabilidad en la subcuenca, es importante como base la articulación y coordinación de todas las organizaciones presentes en la misma, así como la organización, sensibilización y motivación de los habitantes de las comunidades.

## 5.2 Recomendaciones

- ☞ Debido a que la zona es de riesgo e incertidumbre por la disminución relativa de los rendimientos de los cultivos es importante la presencia de proyectos de asistencia social, y proyectos agropecuarios que propongan alternativas tecnológicas que minimicen el riesgo de pérdidas por sequía.
- ☞ En la subcuenca deben dirigirse proyectos con una visión de manejo integral de cuencas.
- ☞ Se debe motivar e incentivar la implementación y adopción de tecnologías productivas que favorezcan la conservación de los recursos suelos, agua y bosque.
- ☞ Las organizaciones que realizan proyectos sociales deben tener un vínculo directo de planificación y ejecución con las organizaciones encargadas de proyectos cuyo fin es la conservación de los recursos naturales y manejo sostenible de la subcuenca.
- ☞ Se debe promover la diversificación de cultivos alternativos de alimentación y comercialización que se adapten a las condiciones ambientales de la zona.
- ☞ Difusión de variedades de cultivos de ciclo corto.
- ☞ Promover proyectos de producción de patios que ayuden a garantizar la seguridad alimentaria y mejorar la economía doméstica.
- ☞ Fortalecer y promover la pequeña industria artesanal.
- ☞ Deben realizarse estudios más exhaustivos acerca del uso, manejo y sistemas de abastecimiento del agua en la subcuenca.

## 6. LITERATURA CONSULTADA

Alforja (Programa Regional Coordinado De Educación Popular). 1999. Propuesta de la sociedad civil centroamericana para la reconstrucción y transformación de América Central luego del HURACÁN MITCH 56 p.

Buch, M. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanzas, Río Polochic, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p.

Barona, E ; Leclerc, G. 1999. Manual: Introducción ArcView GIS 3.1. Centro Internacional de Agricultura tropical CIAT. 87 P.

Cáceres, K. 2001. Metodologías para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: Aplicación a la Microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 225 p.

CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 1998. Estado del ambiente y los recursos naturales en Centroamérica 1998. comp. J Rodríguez. San José, CR, CCAD. 179 p.

Espinoza, A. 1992. Estudio agroclimático de bs sistemas de cultivo maíz, frijol y sorgo en las zonas secas de Estelí, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.136p.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1980. Efectos del agua sobre el rendimiento de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje 33. 356 p.

Gutiérrez, M. 1999. Vulnerabilidad ecológica y social. In Vargas, J., Borel R., Durán, L. 1999 Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. Estocolmo, S E. p. 1 - 23.

González, N. 2001. Áreas críticas y vulnerabilidad a desastres naturales en la subcuenca Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p.

González. 2002. Reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos meteorológicos extraordinarios. (en línea). Consultado el 14 noviembre 2002. Disponible <http://www.proteccióncivil.net/PDF/riesgos-naturales 3.pdf>.



INIFOM – FNUAP (Apoyo a los Sistemas de Información Local - Fondo de Población de las Naciones Unidas). 2001. Diagnóstico sociodemográfico del municipio de Somoto. 71 p.

INETER (Instituto nicaragüense de estudios territoriales). 2001. Amenazas naturales de Nicaragua. Amenazas de sequía meteorológica. 1ª ed. Managua, Nicaragua. 310 p.

\_\_\_\_\_. 2000. Servicios meteorológicos. Informaciones meteorológicas de estaciones de los municipios Somoto y San Lucas del departamento de Madriz. Managua, NI. 1 diskette HD. 3<sup>1/2</sup>.

\_\_\_\_\_. 1990. Hoja cartográfica Somoto 2856-II. Managua, NI. Esc. 1: 50 000. Color.

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología agropecuaria), 2000. Diagnóstico agro socioeconómico de región norte Las Segovias. Dirección de planificación. Estelí, NI, INTA. 210 p.

Jiménez, F. 2002. Apuntes de clase del Curso Manejo de Desastres Naturales. Turrialba, Costa Rica CATIE. 283 p.

Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. *In Ciudades en Riesgo*. Comp. MA, Fernández. Perú, La Red. p. 21-59.

\_\_\_\_\_. 2002. Comunidades urbanas, vulnerabilidad a desastres y opciones de prevención y mitigación: Una propuesta de investigación para Centroamérica. (en línea). Consultado el 05 de marzo del 2002. Disponible en <http://www.org/public/libros/1994/ver/html/3cap2.htm>.

La RED (Red de estudios sociales en prevención de desastres en América Latina). 1994. Desastre y sociedad. Tragedia cambio y desarrollo. Revista semestral de la red de estudios sociales para la prevención de desastres de América latina. No. 2, año 2. Perú, La Red. 12 p.

Maraux, F; Rapidel, B. 1990. La simulación del balance hídrico. Aplicación para la determinación de fechas de siembra. Proyecto regional de agrometeorología. Costa Rica, CATIE- CIRAD- ORSTOM. 48 p.

Maskrey, A. 1993. Vulnerabilidad y mitigación de desastres. In. Los desastres no son naturales. Colombia, CO, La Red. p.111-134.

Moaisa, A; Romano, L. 1994. Caracterización de los desastres en El Salvador: Tipología y vulnerabilidad socioeconómica. CEPRODE. San Salvador, El Salvador. 51 p.

Martínez, W; Laínez, C. 1998. Estudio de investigación de fuentes potenciales para el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Somoto, departamento de Madriz. Alcaldía Municipal de Somoto. Informe de estudio. 136 p.

MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal), 2000. Estrategias para el manejo de sequía. Informe de pérdidas por sequía en la época de primera del año 1999. Dirección de Estadísticas. Managua, NI, MAGFOR .32 p.

\_\_\_\_\_. 2001. Base de datos estadística y cartográfica de las Segovias. Managua, NI. Esc. 1: 50 000. 1 disco compacto, 8 mm.

\_\_\_\_\_. 2001. Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas de la Región de Las Segovias. Dirección general de estudios territoriales. Managua, NI. 200 p.

Morales, J. 2001. Plan Rector de Producción y Conservación de la subcuenca Coco- Somoto. Alcaldía Municipal de Somoto. Informe del estudio. 36 p.

ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1987. Simulación por computadora de una sequía en la microrregión SIG- PUNO. Lima, Perú. Documento de Trabajo.

PRISMA (1998). Cambio climático global y revegetación nacional: Retos y Oportunidades. Boletín No. 27. San Salvador, El Salvador.

PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2000. El desarrollo humano en Nicaragua 2000. Equidad para superar la vulnerabilidad. 1ª. Ed. Managua 196 p.

Rapidel, B ; Rodríguez, J. 1990. Zonificación agrometeorológica de las lluvias en Nicaragua. Proyecto Regional de Agrometeorología. Costa Rica, CATIE- CIRAD-ORSTOM. 24 p.

Turcios, M. 2001. Vulnerabilidad a desastres naturales en la Cuenca Jones Guatemala en función de variables biofísicas, socioeconómicas e institucionales. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 103 p.

Uribe, A. 1999. Gestión ambiental y reducción de la vulnerabilidad ante amenazas naturales. In Franklin, H., Cuervo, J., Girot, P. Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. Estocolmo, S E. p. 25 -57.

Umaña, E. 2000. Caracterización biofísica de la subcuenca Coco - Somoto. Documento informe final del estudio. Alcaldía municipal de Somoto. 69 p.

Valiente, M. 2001. Evaluación de la vulnerabilidad a sequía en el nordeste de Brasil mediante indicadores socioclimáticos. Universidad de Barcelona. (en línea). Consultado el 5 de julio del 2003. Disponible en <http://medioambiente>. Geoscopio.com/medioambiente/temas/sequía/términos. Ph.D.

USAID, 1999. Manejo de cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de Mitch: Una cuestión de escala. Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. estocolmo, S E. p. 89 -101.

Velásquez, S. 2002. Sistema de Información Geográfica Aplicados al Manejo de Recursos Naturales. Ejercicios tutoriales ArcView 3.1. Turrialba, CR, CATIE.

Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. In Maskrey, A. Los desastres no son naturales. Ed. Bogotá, CO, La Red. p. 9-50.

\_\_\_\_\_. 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Quito, EC, ITDG / La Red. 153 p.

## 7. ANEXOS

### 7.1 Guía ejemplo para entrevista

#### Sobre aspectos socioeconómicos

- ☞ ☞ Sabe leer y escribir?
- ☞ ☞ Está organizado?
- ☞ ☞ Instituciones que apoyan a la comunidad
- ☞ ☞ No. de proyectos realizándose en la comunidad
- ☞ ☞ Ingreso por familia
- ☞ ☞ No. de actividades productivas de las que depende
- ☞ ☞ Personas desempleadas
- ☞ ☞ Posee título de propiedad?
- ☞ ☞ Tiene acceso a créditos o financiamientos?
- ☞ ☞ Realiza prácticas de conservación de suelos y agua?
- ☞ ☞ Tiene estructuras de almacenamiento de granos o semilla?
- ☞ ☞ Dispone de semilla para reemplazar pérdida?
- ☞ ☞ Dispone de pozos para agua consumo?
- ☞ ☞ Ha recibido capacitación en aspectos de sequía o temas afines?

## 7.2 Cuadros

Cuadro 1  
**ESTACIÓN DE SOMOTO**  
**BALANCE HÍDRICO PENTADARIO**  
**DE UN CULTIVO DE MAÍZ 90**  
**SIMULACIÓN DE 1963 A 2002**  
**AÑO 1963**

**ETP DECADARIAS ESTACION DE SOMOTO**

	ENER	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUNI	JULI	AGOS	SETI	OCTU	NOVI	DICI*
1*	43	50	57	61	56	43	44	46	45	43	41	42*
2*	44	51	59	59	55	44	46	48	44	44	41	42*
3*	50	49	63	54	50	45	49	49	44	45	42	44*

\*\*\*\*\*

**\*COEFICIENTES DE CULTIV. PENTADARIO MAIZ 90 DIAS**

	ENER	FEBR	MARZ	ABR	MAY	JUNI	JULI	AGOS	SETI	OCTU	NOVI	DICI*
*.40	.45	.50	.55	.65	.75	.85	1.00	1.05	1.10	1.15	1.15	
*1.15	1.15	1.05	.95	.85	.70							

\*\*\*\*\*

**RESERVA MAXIMA UTILIZABLE : 100.mm LLUVIA MINIMA PARA SEMBRAR: 0.mm**  
**\*UMBRAL DE ESCURRIMIENTO : 0 mm DOSIS DE RIEGO EN LA SIEMBRA: 0 mm**  
**\*COEF. DE ESCURRIMIENTO : 0 mm DOSIS EN CURSO DE CULTIVO : 0 mm**

\*\*\*\*\*

PERIODOS : P HR K ETM ETR RES ESCU DR SATIS DEFI RESC

\*\*\*\*\*

MAYO 4 E P.	9.8	1.00	.40	11.0	10.8	.0	.0	.0	.98	.2	.0
MAYO 5 E P.	2.2	.20	.45	11.3	2.2	.0	.0	.0	.20	9.1	.0
MAYO 6 E P.	28.7	.70	.50	15.0	14.5	14.2	.0	.0	.97	.5	1.0
JUNI 1 E P.	4.9	.67	.55	11.8	11.8	7.3	.0	.0	1.00	.0	.0
JUNI 2 E P.	16.5	.53	.65	14.0	13.5	10.3	.0	.0	.97	.5	.5
JUNI 3 E P.	34.2	1.00	.75	16.5	16.3	28.2	.0	.0	.99	.2	1.0
JUNI 4 E P.	17.9	1.00	.85	18.7	18.1	27.9	.0	.0	.97	.6	.5
JUNI 5 E P.	23.7	1.00	1.00	22.5	21.4	30.2	.0	.0	.95	1.1	.5
JUNI 6 E P.	9.0	.76	1.05	23.6	21.3	17.9	.0	.0	.90	2.3	.0
JULI 1 E P.	10.5	.55	1.10	24.2	19.0	9.4	.0	.0	.78	5.2	.0
JULI 2 E P.	3.2	.24	1.15	25.3	11.4	1.2	.0	.0	.45	13.9	.0
JULI 3 E P.	7.2	.00	1.15	26.5	2.3	6.1	.0	.0	.09	24.1	.0
JULI 4 E P.	9.8	.00	1.15	26.5	2.3	13.6	.0	.0	.09	24.1	.0
JULI 5 E P.	30.5	.85	1.15	28.2	26.2	17.9	.0	.0	.93	2.0	1.0
JULI 6 E P.	.0	.35	1.05	30.9	14.2	3.7	.0	.0	.46	16.7	.0
AGOS 1 E P.	.0	.07	.95	21.8	3.7	.0	.0	.0	.17	18.2	.0
AGOS 2 E P.	.0	.00	.85	19.6	.0	.0	.0	.0	.00	19.6	.0
AGOS 3 E P.	34.2	.36	.70	16.8	13.3	20.9	.0	.0	.79	3.5	1.0

=====

\*\*\*\*INDICE DE SATISFACCION ETR/ETM \*\*\*\*

40 DÍAS 20 DÍAS 20 DÍAS 10 DÍAS

\*GERM YCREC\*\*\*FLOR\*\*\*LLENADO DE GRANO MADU\*\*\*CICLO\*\*ETR CULTIVO\*\*

\* .88 .56 .41 .40 .61 222.4mm

\*\*\*\*\*

Cuadro 2

**EJEMPLO DE RESULTADO DEL BALANCE HIDRICO ESTACIÓN :SOMOTO****Ciclo I ( CUARTA PENTADA MAYO)****PLUVIOMETRÍA SIEMBRA : 0 MM****CULTIVO :MAÍZ 90 RU :100 MM PASO 5 DIAS PERÍODO INICIO: I**

	ETR/ETM   ETR/ETM   ETR/ETM   ETR/ETM			
DÍAS	40	60	80	90
FASE Germ y crec.	Flora.	LLen. Gr	Maduración	
AÑO				
1963	.88	.56	.41	.40
1964	.85	.92	.87	.84
1965	.86	.93	.74	.65
1966	.99	.95	.85	.96
1967	.53	.89	.71	.49
1968	.98	.94	.73	.78
1969	.99	.91	.72	.95
1970	.99	.83	.87	.95
1971	.94	.29	.51	.77
1972	.99	.83	.39	.30
1973	.79	.73	.71	.80
1974	.97	.72	.48	.25
1975	.86	.83	.74	.85
1976	.86	.89	.30	.65
1977	.99	.94	.89	.92
1978	.97	.71	.74	.57
1979	.73	.89	.53	.41
1980	.86	.67	.85	.97
1981	.73	.90	.51	.39
1982	.99	.75	.49	.49
1983	.73	.87	.49	.72
1984	.76	.87	.82	.87
1985	.53	.56	.92	.90
1986	.77	.88	.59	.50
1991	.00	.00	.00	.00
1992	.98	.95	.68	.43
1993	.99	.92	.54	.92
1994	.98	.66	.19	.44
1995	.63	.54	.49	.97
1996	.94	.42	.44	.93
1998	.00	.47	.80	.11
1999	.00	.69	.59	.05
2001	.96	.49	.18	.08
2002	.97	.89	.69	.38
PRO	.79	.74	.60	.61

Cuadro 3.

## ANALISIS COMPARATIVO INTERANUAL DE LAS LLUVIAS

Clasificación ordenada				
Época Primera			Época Postrera	
Año	Lluvia(mm)		Año	Lluvia(mm)
1991	0		1991	71.2
1998	140.0		1972	155.2
1963	242.3		1986	165.2
1967	254.7		1978	215.8
1996	280.2		1976	222.1
1971	284.5		1992	227.5
1973	311.3		1982	233.1
1984	331.1		1985	281.9
1978	334.4		1983	283.7
1976	340.4		1965	298.1
1994	343.2		1994	303.3
1979	347.4		1967	339.2
1985	360.2		1963	243.1
1995	374.0		1971	355.6
1965	377.0		1970	366.0
1983	383.5		1964	375.5
1986	399.2		1984	401.1
1975	406.0		1977	405.7
1972	465.2		1996	410.9
1964	473.1		1993	415.4
1982	491.8		1995	436.9
1970	526.7		1966	452.2
1974	559.4		1974	474.3
1981	611.4		1975	478.9
1968	617.8		1968	514.3
1993	629.8		1979	543.1
1969	645.8		1973	543.2
1992	710.1		1981	549.0
1980	715.7		1980	559.2
1977	767.2		1998	561.5
1966	793.3		1969	701.6
<b>Mínimo</b>	<b>8años/10</b>	<b>5años /10</b>	<b>2años/10</b>	<b>Máximo</b>
0.0	295.2	383.5	625.0	793
<b>Mínimo</b>	<b>8años/10</b>	<b>5años /10</b>	<b>2años/10</b>	<b>Máximo</b>
71.2	229.7	375.5	531.6	701.6

Cuadro 4  
**ESTACIÓN DE SOMOTO**  
**PERÍODO ESTUDIADO 15/07 AL 15/08**  
**CANÍCULA**  
**25 AÑOS**

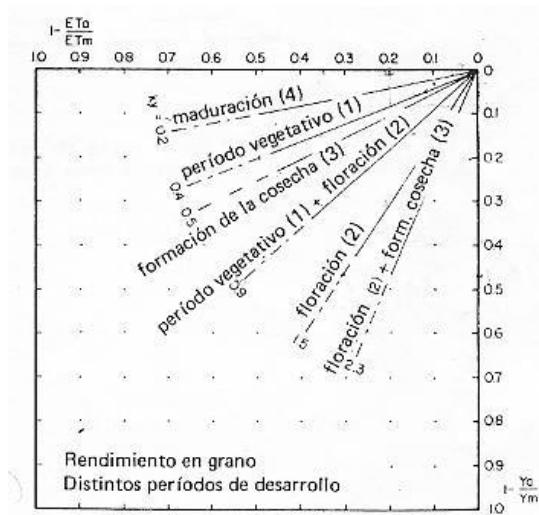
\*\*\*\*\*

NUMERO DE DIAS SUCESIVOS SIN LLUVIAS OBSERVADAS

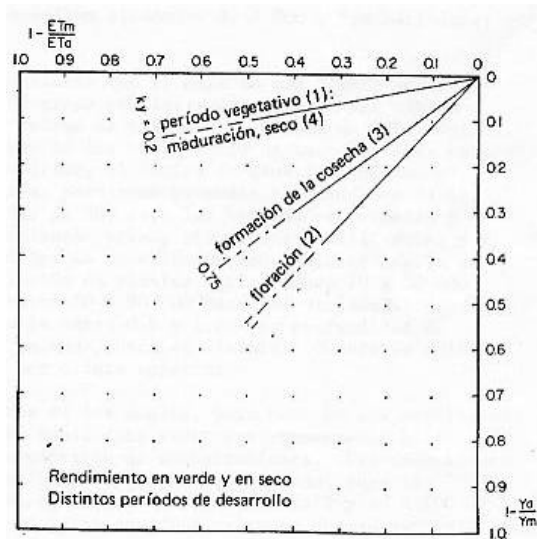
\*\*\*\*\*

* Años	5D	10D	15D	20D	25D	30D	35D	40D	45D	>45D	total
* 1963 *	3.*	0.*	0.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1964 *	5.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1965 *	6.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1966 *	8.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1967 *	4.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	30
* 1968 *	3.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	25
* 1969 *	5.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	25
* 1970 *	6.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	30
* 1971 *	5.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1972 *	3.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	25
* 1973 *	9.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	45
* 1974 *	5.*	0.*	0.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	45
* 1975 *	7.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1976 *	1.*	1.*	0.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1977 *	7.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	45
* 1978 *	4.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	30
* 1979 *	4.*	2.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1980 *	5.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	25
* 1981 *	4.*	2.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1982 *	7.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1983 *	7.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1984 *	4.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	30
* 1985 *	6.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	40
* 1986 *	5.*	1.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.	35
* 1991 *	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	0.*	1.*	0.*	0.*	0.	35
PERIODO *	4.9*	.7*	.0*	.1*	.0*	.0*	.0*	.0*	.0*	0.	





**Figura 1. Valores de coeficientes de rendimiento  
En el cultivo de maíz en diferentes períodos de desarrollo**



**Figura 2. Valores de coeficientes de rendimiento  
en el cultivo frijol en diferentes períodos de desarrollo**



**Afectación de los cultivos por sequía  
en la Subcuenca Aguas Calientes**



**Caudales mínimos en la parte alta  
de la subcuenca Aguas Calientes**



**Caudales mínimos en la parte alta  
de la subcuenca Aguas Calientes**



**Caudales mínimos en la parte media  
de la subcuenca Aguas Calientes**



**Caudales mínimos en la parte baja  
de la subcuenca Aguas Calientes**

## SUBCUENCA AGUAS CALIENTES

