



PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADO

**Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial
de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua**

Tesis sometida a 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 para optar por el grado de:

Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Por

Sandro Domínguez Del Aguila

Turrialba, Costa Rica, 2008

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

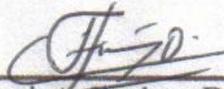
Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

FIRMANTES:



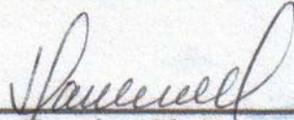
Sergio Velásquez, M.Sc.

Consejero Principal



Francisco Jiménez Dr. Sc.

Miembro del Comité Consejero



Jorge Faustino, Ph. D.

Miembro del Comité Consejero



Glenn Galloway Ph.D.

Decano de la Escuela de Posgrado



Sandro Domínguez Del Aguila, Ing. Agrícola

Candidato

DEDICATORIA

A mi pequeña gran familia

AGRADECIMIENTOS

A Dios por las bendiciones de hoy y siempre.

Al Dr. Francisco Jiménez, por darme la oportunidad, apoyo, orientación durante todo este proceso de formación.

A mi profesor consejero MSc Sergio Velásquez por compartir sus conocimientos, Dr. Jorge Faustino por su amistad, consejos y confianza brindada un placer de haberlo conocido.

A CATIE y a la Embajada Bélgica por brindarme la oportunidad de concluir mis estudios

A FOCUENCAS II-Somoto, comités de cuencas comunales y todos mis amigos esta ciudad por todo el apoyo brindado. En especial a la familia de mi amigo Douglas, por haberme recibido, apoyado y compartido su linda cultura nicaragüense.

A mis compatriotas, la familia Carrera Rengifo en Costa Rica por ser unidos, solidarios y hacer que no me sienta tan lejos de nuestro lindo Perú. Asimismo, a la familia Castillo Bonilla por haberme brindado su confianza y afecto durante este tiempo. Además, al personal de la Escuela de Posgrado y Biblioteca Orton.

A mis inolvidables amigos de FUTBOL HOY, con los cuales siempre fuimos *una sola idea* para disfrutar de este deporte. A mis compañeros y amigos de CATIE, en especial a mi parcerita chila por haber compartido grandes momentos de amistad, solidaridad, felicidad, tristeza, una maravillosa experiencia.

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN	viii
SUMMARY.....	ix
ÍNDICE DE CUADROS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Caracterización del problema	1
1.2 Justificación e importancia	3
1.3 Objetivos.....	6
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	6
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	6
1.4 Preguntas de investigación.....	7
2. MARCO CONCEPTUAL	8
2.1 Cuenca hidrográfica.....	8
2.2 Cuenca hidrológica	8
2.3 Cogestión de cuencas.....	8
2.4 La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión.....	9
2.5 Ordenamiento territorial	9
2.6 Participación ciudadana	10
2.7 Zonificación de cuenca	11
2.8 Zonificación ambiental	11
2.9 Conceptos para la zonificación de la cuenca	12
2.9.1 <i>Uso actual del suelo</i>	12
2.9.2 <i>Capacidad de uso</i>	12
2.9.3 <i>Uso potencial de la tierra</i>	12
2.9.4 <i>Cobertura</i>	13
2.9.5 <i>Las áreas silvestres</i>	13
2.9.6 <i>Las áreas protegidas</i>	13
2.10 Escenario.....	13
2.10.1 <i>Escenario tendencial</i>	13
2.10.2 <i>Escenario óptimo</i>	14

2.10.3	<i>Escenario de consenso</i>	14
2.11	El SIG en la zonificación y manejo de los recursos naturales en cuencas.....	14
2.12	Estudios de zonificación territorial.....	15
2.13	Marco legal de ordenamiento territorial en el país de Nicaragua.....	19
2.14	Experiencias de ordenamiento territorial en Nicaragua.....	19
3.	METODOLOGÍA.....	23
3.1	Ubicación y descripción de la zona de estudio.....	23
3.2	Características socioeconómicas.....	24
3.3	Características biofísicas.....	25
3.4	Potencialidades de la subcuenca del río Aguas Calientes.....	26
3.5	Fases o etapas propuestas realizadas en el estudio.....	26
3.5.1	<i>Preliminar</i>	29
3.5.2	<i>Información</i>	30
3.5.3	<i>Análisis del uso actual del suelo</i>	31
3.4.4.1	Análisis de conflicto de uso.....	32
3.4.4.2	Análisis de vulnerabilidad a los deslizamientos.....	34
3.4.4.3	Análisis de accesibilidad.....	36
3.4.4.4	Zonas de la protección de las aguas.....	38
3.4.4.5	Zonas potenciales de recarga hídrica.....	39
3.4.4.6	Primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica aplicando indicadores prácticos y procesos participativos.....	43
3.5.4	<i>Propuesta de zonificación ambiental</i>	46
3.5.5	<i>Comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación</i>	48
3.4.5.1	Primera etapa de la zonificación.....	50
3.4.5.2	Segunda etapa de la zonificación (propuesta de zonificación ambiental).....	52
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	54
4.1	Resultados y discusión del objetivo específico 1.....	54
4.1.1	<i>Mapas de información socioeconómica</i>	57
4.1.2	<i>Mapas de información biofísica</i>	62
4.2	Resultados y discusión del objetivo específico 2.....	70
4.2.1	<i>Uso actual, capacidad de uso y conflicto de uso</i>	70

4.2.2	<i>Análisis de conflicto por capacidad de uso de la subcuenca</i>	73
4.2.3	<i>Análisis de uso de suelos en las zonas de protección de las aguas</i>	77
4.2.4	<i>Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos</i>	78
4.2.5	<i>Zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca</i>	85
4.2.6	<i>Primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica</i>	90
4.3	Resultado y discusión del objetivo específico 3	98
4.3.1	<i>La comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación</i>	98
4.3.2	<i>Análisis de los mapas de zonificación participativa</i>	99
4.3.3	<i>Análisis de accesibilidad</i>	105
4.3.4	<i>Zonificación ambiental de la subcuenca</i>	108
4.3.5	<i>Comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación</i>	114
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	115
5.1	Conclusiones.....	115
5.2	Recomendaciones	118
6.	BIBLIOGRAFÍA	120
7.	ANEXOS	128
7.1	Anexo 1. Información detallada de las características biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca.....	129
7.2	Anexo 2. Esquema del proceso analítico para determinar el uso potencial de la tierra.....	152
7.3	Anexo 3. Normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial, Decreto N° 78-2002.	153
7.4	Anexo 4. Mapas de ordenamiento comunal adaptado (Geilfus 2000) de las comunidades de la subcuenca del río Aguas Calientes:	156

Domínguez Del Aguila, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua

Palabras claves: sistemas de planificación municipal, manejo adecuado de los recursos naturales, análisis de conflicto, recarga de acuíferos, Somoto, Nicaragua.

RESUMEN

El estudio se realizó en la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes en el departamento de Madriz, Nicaragua. Con el objetivo de elaborar una propuesta de zonificación ambiental para el ordenamiento territorial, integrando factores biofísicos, socioeconómicos, procesos participativos y criterios técnicos-legales; respondiendo a la necesidad de un componente del plan de cogestión para el manejo de la subcuenca. Asimismo, constituye una identificación espacial de oportunidades y limitaciones, además, de una herramienta de vinculación entre los municipios para canalizar sus recursos armonizando actividades de conservación y producción.

La metodología tuvo como fases la recopilación de información, el análisis del uso actual del suelo y finalmente la propuesta de zonificación ambiental, acompañado de talleres de comunicación, educación y zonificación participativa con los comités de cuencas comunales.

Como resultados se obtuvo, la espacialización de la información socioeconómica y biofísica. El análisis de conflicto de uso de las tierras, asimismo, se obtuvo la distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas vulnerables a deslizamientos y finalmente la propuesta de 15 subcategorías de manejo de la subcuenca, resultados que podrían contribuir con el desarrollo sostenible del área de estudio.

Sin embargo, se recomienda consensuar la propuesta de zonificación y otorgarle un respaldo legal mediante una ordenanza municipal para asegurar su implementación.

Domínguez Del Aguila, S. 2008. Environmental zoning for territorial arrangement in the bi-municipal sub-watershed of Aguas Calientes River, Nicaragua

Key words: Municipal planning systems, suitable natural resource management, conflict analysis, groundwater recharge, Somoto, Nicaragua.

SUMMARY

The study was developed in the bi-municipal sub-watershed of Aguas Calientes River, department of Madriz, Nicaragua. The objective was to create an environmental zoning proposal to the territorial arraignment, integrating biophysical and socioeconomic factors by using participative processes and legal-technical criteria; providing an answer to the necessity of a component belonging to the sub-watershed managing co-gestion plan. In addition, the study was a spatial identification of opportunities and limitations, and a tool to link the municipalities to canalize the resources, harmonizing conservation and production activities.

The methodology's phases involved information gathering, current soil use analysis and finally, the zoning proposal, along with communication, education and zoning workshops with local sub-watershed committees.

As a result, a geographical database was generated based on social, economic and biophysical information. The maps also include aspects about land use conflicts, hydrologic recharge zones and historical landslide locations. In addition, fifteen management subclasses were identified which will contribute to the sustainable development of local people from the study area.

Nevertheless, it is advisable to reach a people's consensus about the zoning proposal and to give it legal support through a municipal ordinance in order to assure its implementation.

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Matriz de análisis de conflicto de usos de suelo.</i>	33
<i>Cuadro 2. Escala por cobertura.</i>	35
<i>Cuadro 3. Escala por pendiente</i>	35
<i>Cuadro 4. Escala por precipitación.</i>	36
<i>Cuadro 5. Velocidad y tiempo de vías de comunicación.</i>	37
<i>Cuadro 6. Velocidad y tiempo de cada uso de suelo.</i>	38
<i>Cuadro 7. Valores de Kg y del ciclo vegetativo.</i>	41
<i>Cuadro 8. Valores de kp.</i>	41
<i>Cuadro 9. Valores de kv.</i>	42
<i>Cuadro 10. Valores de ks.</i>	42
<i>Cuadro 11. Códigos de los temas uso de tierras, conflicto y accesibilidad.</i>	51
<i>Cuadro 12. Suma de mapas temáticos para el mapa de la primera etapa.</i>	51
<i>Cuadro 13. Códigos de los temas: zonas natural protegida y márgenes fluviales.</i>	52
<i>Cuadro 14. Temas usados, y códigos de las categorías compuestas</i>	53
<i>Cuadro 15. Información recopilada que describe la subcuenca.</i>	54
<i>Cuadro 16. Conflicto de uso.</i>	72
<i>Cuadro 17. Grados de vulnerabilidad a deslizamientos.</i>	79
<i>Cuadro 18. Clasificación de deslizamientos históricos</i>	81
<i>Cuadro 19. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro Güiliguisca</i>	81
<i>Cuadro 20. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro El Volcán (1).</i>	82
<i>Cuadro 21. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro El Volcán (2)</i>	82
<i>Cuadro 22. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro Malacate (2)</i>	82
<i>Cuadro 23. Datos deducidos y valores de correlación “r”</i>	86
<i>Cuadro 24. Precipitación media mensual (mm).</i>	87
<i>Cuadro 25. Rango de distribución del Balance climático.</i>	88
<i>Cuadro 26. Distribución del rango de la recarga hídrica anual.</i>	89
<i>Cuadro 27. Distribución del rango de recarga hídrica en el mes de mayo.</i>	89
<i>Cuadro 28. Categorías y subcategorías de la propuesta de zonificación ambiental</i>	109
<i>Cuadro 29. Distribución de la población en la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes.</i>	129
<i>Cuadro 30. Número de escuelas y niveles de educación.</i>	132
<i>Cuadro 31. Distribución del servicio de energía eléctrica en la subcuenca.</i>	134
<i>Cuadro 32. Nivel de pobreza en el municipio y en el área rural.</i>	135
<i>Cuadro 33. Sectores altitudinales de la subcuenca</i>	136
<i>Cuadro 34. Distribución de las categorías de capacidad de uso</i>	143
<i>Cuadro 35. Uso actual de suelo en la subcuenca.</i>	144
<i>Cuadro 36. Clases topográficas.</i>	148
<i>Cuadro 37. Distribución de las zonas de deslizamiento históricos.</i>	148
<i>Cuadro 38. Precipitación media mensual de la estación base.</i>	150

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Mapa de localización de la subcuenca del río Aguas Calientes.</i>	23
<i>Figura 2. Fases de la metodología para la propuesta de zonificación ambiental.</i>	28
<i>Figura 3. Esquema metodológico de recolección de información</i>	31
<i>Figura 4. Esquema de pasos de la metodología RAS y conocimiento local-técnico.</i>	40
<i>Figura 5. Sensibilización y capacitación sobre zonas potenciales de recarga hídrica.</i>	45
<i>Figura 6. Aprendizaje del conocimiento local.</i>	45
<i>Figura 7. Integración de mapas temáticos.</i>	47
<i>Figura 8. Capacitación sobre zonificación y ordenamiento territorial en cuencas.</i>	49
<i>Figura 9. Sensibilización de la problemática de sus comunidades.</i>	49
<i>Figura 10. Mapa de distribución de la densidad poblacional.</i>	57
<i>Figura 11. Vías de comunicación</i>	58
<i>Figura 12. Cobertura de infraestructura escolar.</i>	59
<i>Figura 13. Infraestructura de servicio de salud y teléfono público.</i>	60
<i>Figura 14. Distribución del servicio de energía eléctrica.</i>	61
<i>Figura 15. División de la subcuenca por sectores altitudinales</i>	62
<i>Figura 16. Fisiografía y red hídrica principal.</i>	63
<i>Figura 17. Órdenes de suelo.</i>	64
<i>Figura 18. Categorías y subcategorías de capacidad de uso.</i>	65
<i>Figura 19. Uso actual.</i>	66
<i>Figura 20. Área protegida.</i>	67
<i>Figura 21. Distribución de las pendientes y deslizamientos históricos.</i>	68
<i>Figura 22. Distribución de los pluviómetros dentro de la subcuenca.</i>	69
<i>Figura 23. Porcentajes de las categorías de uso actual de suelos</i>	71
<i>Figura 24. Porcentajes de la categoría de la capacidad de uso en la subcuenca.</i>	71
<i>Figura 25. Porcentaje de análisis de conflicto en las zonas de uso forestal</i>	74
<i>Figura 26. Porcentaje de análisis de conflicto en las zonas de uso agrícola.</i>	74
<i>Figura 27. Porcentaje de análisis de conflicto en la zona de uso pecuario.</i>	75
<i>Figura 28. Conflicto de uso.</i>	76
<i>Figura 29. Zonas de protección de las aguas establecidas por normas legales Ley N° 620.</i>	77
<i>Figura 30. Porcentaje de uso actual de suelos en las zonas de protección de las aguas</i>	78
<i>Figura 31. Porcentaje de uso actual de suelos en la zona de vulnerabilidad alta.</i>	80
<i>Figura 32. Porcentaje de uso actual de suelos en la zona de vulnerabilidad muy alta.</i>	80
<i>Figura 33. Deslizamientos potenciales e históricos.</i>	84
<i>Figura 34. Distribución de la precipitación.</i>	92
<i>Figura 35. Distribución de la evapotranspiración real.</i>	93
<i>Figura 36. Distribución del balance climático.</i>	94
<i>Figura 37. Distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica</i>	95
<i>Figura 38. Distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica (mayo).</i>	96
<i>Figura 39. Mapa de capacidad de infiltración.</i>	97
<i>Figura 40. Escenario deseado en la parte alta.</i>	99
<i>Figura 41. Comités de cuencas comunales participantes de la parte alta.</i>	100
<i>Figura 42. Escenario deseado en la parte media.</i>	102
<i>Figura 43. Comités de cuencas comunales participantes de la parte media.</i>	102
<i>Figura 44. Escenario deseado en la parte baja.</i>	103
<i>Figura 45. Comités de cuencas comunales participantes de la parte baja.</i>	103
<i>Figura 46. Socialización de la información en SIG.</i>	104

<i>Figura 47. Niveles de accesibilidad.</i>	107
<i>Figura 48. Propuesta de zonificación de la subcuenca del río Aguas Calientes.</i>	110
<i>Figura 49. Caminos intercomunitarios.</i>	130
<i>Figura 50. Carretera panamericana.</i>	130
<i>Figura 51. Carretera adoquinada.</i>	131
<i>Figura 52. Nuevo centro de salud en la comunidad de Santa Isabel.</i>	133
<i>Figura 53. Levantamiento de información de uso de suelo.</i>	144
<i>Figura 54. Capacitación en lectura de pluviómetro.</i>	149
<i>Figura 55. Distribución anual de la precipitación media mensual.</i>	151
<i>Figura 56. Proceso analítico para determinar el uso potencial de la tierra</i>	152
<i>Figura 57. Mapa de ordenamiento comunal-El Volcán.</i>	156
<i>Figura 58. Problemas y alternativas comunidad-El Volcán.</i>	156
<i>Figura 59. Mapa de ordenamiento comunal-El Porcal.</i>	157
<i>Figura 60. Problemas y alternativas comunidad-El Porcal.</i>	157
<i>Figura 61. Mapa de ordenamiento comunal-Rodeo 2.</i>	158
<i>Figura 62. Problemas y alternativas comunidad-Rodeo 2.</i>	158
<i>Figura 63. Mapa de ordenamiento comunal-Quebrada de agua.</i>	159
<i>Figura 64. Problemas y alternativas comunidad-Quebrada de agua</i>	159
<i>Figura 65. Mapa de ordenamiento comunal-Santa Isabel.</i>	160
<i>Figura 66. Problemas y alternativas comunidad-Santa Isabel.</i>	160
<i>Figura 67. Mapa de ordenamiento comunal-Unile</i>	161
<i>Figura 68. Problemas y alternativas comunidad-Unile</i>	161
<i>Figura 69. Mapa de ordenamiento comunal-Mansico.</i>	162
<i>Figura 70. Problemas y alternativas comunidad-Mansico.</i>	162
<i>Figura 71. Mapa de ordenamiento comunal-Santa Rosa.</i>	163
<i>Figura 72. Problemas y alternativas comunidad- Santa Rosa.</i>	163
<i>Figura 73. Mapa de ordenamiento comunal-Copales</i>	164
<i>Figura 74. Problemas y alternativas comunidad-Copales</i>	164
<i>Figura 75. Mapa de ordenamiento comunal-Aguas Calientes.</i>	165
<i>Figura 76. Problemas y alternativas comunidad- Aguas Calientes.</i>	165

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Caracterización del problema

A nivel mundial, el medio ambiente sigue deteriorándose aceleradamente debido a las diferentes actividades socioeconómicas del ser humano y la explosión demográfica. Continúa la pérdida de biodiversidad, siguen agotándose las poblaciones de peces, la desertificación avanza cobrándose cada vez más tierras fértiles, ya se hacen evidentes los efectos adversos del cambio del clima, los desastres naturales son más frecuentes y más devastadores, los países en desarrollo se han vuelto más vulnerables, en tanto que la contaminación del aire, el agua y los mares sigue privando a millones de seres humanos de una vida digna (Naciones Unidas 2002). Todos estos problemas representan grandes amenazas al desarrollo sostenible por ausencia de un ordenamiento territorial como parte de los procesos de gestión de desarrollo (GTZ 2005).

La implementación de procesos de ordenamiento territorial se lleva a cabo cada vez más a niveles descentralizados, especialmente en municipios. En la actual ola de descentralización que existe en Latinoamérica (y en el mundo), a nivel local se encuentra una situación en la cual las autoridades tienen asignadas muchas y nuevas responsabilidades. Sin embargo, en muchos casos y junto con problemas de política local relacionados con el aprovechamiento de estos nuevos espacios, a las autoridades les falta capacidad técnica, experiencia y más aún organización para asumir dichas responsabilidades (Van 2001).

Una de las unidades de ordenamiento es la cuenca hidrográfica la cual permite desarrollar una visión integral, considerando al agua como principal eje de desarrollo y calidad de vida. Esta unidad territorial base se define integrando factores biofísicos, sociales y económicos, el diagnóstico permite la zonificación y en ellas se esquematizan las unidades de producción, conservación, desarrollo económico, recreación, espacios comunes, etc. La aplicación de SIG tiene mucha importancia por cuanto presenta los diferentes escenarios en modelos actuales y prospectivos (Faustino 2006).

La experiencia de América Central, a través de la elaboración, desarrollo e implementación de programas, planes, proyectos y actividades de manejo de cuencas, pone de manifiesto la existencia de muchas carencias, vacíos, necesidades, pero una de ellas es la carencia de planificación y ordenamiento territorial a nivel nacional y/o municipal que integre la gestión territorial al nivel de cuencas (Jiménez. et ál. 2006).

Nicaragua enfrenta un enorme desafío en el ámbito económico y social: el desarrollo integral y el manejo de los recursos naturales y el ambiente, ya que actualmente existe una explotación no planificada de los recursos naturales. Además el proceso de urbanización, inevitable resultado del desarrollo económico y la transformación de la estructura productiva, ha permitido en el caso de Nicaragua, más el subdesarrollo rural, la conformación de un territorio concentrador de servicios, fuentes de empleo, sistemas productivos modernos, que paulatinamente va perdiendo la capacidad de satisfacer apropiadamente las necesidades de su población (INETER s.f).

Asimismo, el departamento de Madriz, lugar donde se ubica la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes Somoto y San Lucas, no es ajeno a los problemas de socioeconómicos ambientales: crecimiento desequilibrado de los asentamientos humanos, alto deterioro de los recursos naturales, economía en decadencia durante los últimos 33 años, así como el territorio expuesto a amenazas de sequía, deslizamientos, inundaciones y un nivel medio de amenaza sísmica (MAGFOR 2000).

Nicaragua cuenta con una política general para el ordenamiento territorial Decreto N° 90-2001, con el objetivo de implementar una serie de medidas dirigidas a contribuir en la solución de los problemas del territorio e implementar un sistema nacional de planificación territorial. Esta política está estrechamente relacionada con otras políticas de estado que persiguen elevar el nivel de vida de la población y reducir la pobreza extrema, tales como la política de población, la política ambiental, la política de descentralización y la política de reducción de la pobreza.

El Decreto 78-2002 dicta normas, pautas y criterios para el Ordenamiento Territorial, el cual tiene como objetivo dotar a los gobiernos municipales de un instrumento jurídico que norme la elaboración y ejecución de los planes de ordenamiento territorial municipal. Además existe una metodología de ordenamiento territorial perteneciente al Programa Nacional de Ordenamiento Territorial (PRONOT) y hasta la fecha solo existe el anteproyecto de ley general de ordenamiento territorial y desarrollo territorial, pero los decretos mencionados arriba hacen alusión a la cuenca y a la zonificación de ella como estratégica para el manejo del territorio, ya que constituyen espacios comunes para el entendimiento y concertación en función del desarrollo sostenible.

Es por esta razón que este estudio pretende, a través de procesos participativos, hacer un planteamiento de zonificación de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, para proponer el nivel del uso del territorio, los criterios de tratamientos de cada una de ellas así como las actividades aceptadas, prohibidas, limitadas y no limitadas para el ordenamiento territorial de la subcuenca. En las páginas subsiguientes se hará una descripción de la metodología que se pretende desarrollar para alcanzar los objetivos del trabajo.

1.2 Justificación e importancia

Nicaragua ha sido un país con una larga trayectoria agrícola y ganadera fundamentada en las excelentes características de los suelos, abundantes recursos hídricos superficiales y subterráneos para el riego; condiciones climáticas favorables, aunque afectadas en algunas zonas por sequías inter-estacionales y un potencial humano con alta tradición agropecuaria. Pero debido a su pobreza, donde el 75% de estos hogares pobres se encuentran en la zonas rurales, así como por el crecimiento demográfico, el problema ambiental más sobresaliente es la continua conversión de los bosques a otros usos de la tierra, frecuentemente poco sostenibles y la degradación de los suelos por las actividades agrícolas. Se presenta además la reducción en la disponibilidad de agua, como efecto de la alteración del ciclo hidrológico, de la contaminación hídrica y la creciente demanda (MAGFOR 2000, FOCUENCAS II 2004).

Asimismo existe un interés común de los organismos internacionales, organizaciones nacionales, tanto gubernamentales y no gubernamentales de enfrentar los problemas socioeconómicos y ambientales asociados al manejo de cuencas hidrográficas, basándose en el conocimiento de las potencialidades y limitaciones, tanto físico naturales (biofísicas) como socioeconómicas que ofrece las diferentes zonas identificadas de la cuenca para poder establecer un ordenamiento territorial, considerando al factor humano como elemento clave para garantizar el desarrollo sostenible del territorio (MAGFOR 2000, FOCUENCAS II 2004).

Es entonces necesario entender que la ordenación del territorio es un conjunto de planes que se van desarrollando en cascada de los niveles superiores a los inferiores (país, región, municipio) o puede existir una agrupación de ellas, porque la existencia de problemas de índole territorial que aunque se manifiesten explícita o implícitamente, en un territorio municipal pueden tener sus causas y producir efectos en ámbitos externos al municipal, de tal manera que su diagnóstico, zonificación y la propuesta de soluciones requiere que se contemplen y se realicen desde un ámbito superior al municipal como la unión de municipios (INETER s.f).

La subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, insertada en la región de Las Segovia, en el departamento de Madriz, se caracteriza por ser pequeña y con condiciones de trópico seco con serios problemas de degradación, altamente vulnerable a desastres naturales, originados tanto por ser cuencas de montaña, como por eventos climáticos de alcance mundial como son los fenómenos de El Niño y La Niña (Gómez 2003).

El año 2000, a través de un proceso participativo dirigido por las municipalidades de Somoto y San Lucas se elaboró el Plan Rector de Producción y Conservación (PRCP) de la subcuenca Aguas Calientes, además tiene creado el Organismo de Cuencas con la participación de todas las entidades públicas y privadas. El año 2005, con la asesoría de FOCUENCAS II, un equipo de profesionales con el apoyo de los actores locales elaboró el Plan de Cogestión de la subcuenca del río Aguas Calientes que va permitir ordenar y coordinar acciones de los gremios que tienen interés en la subcuenca (Benavides et al. 2005).

Es cierto que en la subcuenca existen los planes mencionados líneas arriba, pero ninguno de dichos planes integra de manera explícita el ordenamiento territorial, ni la zonificación de la subcuenca, ya que solo se menciona como una necesidad o como un componente para el manejo de la cuenca. En tal sentido esta tesis se justifica ante el imperativo de contar con una metodología probada, que pueda determinar de manera participativa la zonificación de la subcuenca bimunicipal para el ordenamiento territorial de esta, como uno de los componentes del Plan de Cogestión.

Teniendo en cuenta el contexto descrito, se considera importante la zonificación de la subcuenca considerando las normativas vigentes y participación de los actores que se desenvuelven dentro de ella, para ordenar las actividades y los procesos de la sociedad en términos integrales y específicos. Donde estas unidades territoriales, además de facilitar la proyección de las políticas de desarrollo y regulaciones sectoriales constituyan una identificación espacial de oportunidades, limitaciones, problemas y aspiraciones que sirven de soporte como un elemento para la formulación de los planes del ordenamiento territorial (IGAC 1997).

La zonificación de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, siendo esta un laboratorio de campo (subcuenca modelo), permitirá validar la metodología propuesta a través de procesos participativos. Considerando las normas legales, sus recursos humanos y presupuesto, en apoyo directo al comité de cuenca, el cual está liderado por los municipios de Somoto y San Lucas (FOCUENCAS II 2004).

De igual manera, los municipios de Somoto y San Lucas dispondrían de una herramienta de vinculación para canalizar los recursos de acuerdo a las potencialidades y demandas de la población, armonizando las actividades de conservación y producción como base del desarrollo sostenible.

Realizar una zonificación de cuencas hidrográficas con procesos participativos es proponer las acciones dirigidas a: orientar la utilización del suelo de acuerdo a su vocación de uso de tal manera que, a la vez que se logre su óptimo aprovechamiento y mayor bienestar de la población; se mantenga la integridad física y productiva del suelo y sus recursos asociados,

reservando una proporción adecuada para los propósitos de conservación, diversidad biológica, estabilidad ecológica y protección de áreas de recarga hídrica (Gómez, García 2006).

Por lo tanto, un plan ordenamiento territorial participativo en la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes basado en la zonificación de áreas, la racionalización del uso y/u ocupación del suelo, la prevención y mitigación de los desastres naturales, y el fortalecimiento de la participación ciudadana en la gestión territorial y la democracia, garantizará una localización segura de las inversiones. De esta manera, el organismo de la subcuenca podrá mejorar su capacidad de cogestión, orientando al desarrollo bajo un modelo de territorio deseado para el futuro, tomando en cuenta los problemas, necesidades, intereses de los actores locales y de la población. Además, contribuye a la política de la estrategia nacional de desarrollo sostenible, a la política general para el ordenamiento territorial de Nicaragua y al fortalecimiento jurídico legal, ya que hasta la fecha carece de una ley de ordenamiento territorial.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

Elaborar una propuesta de zonificación ambiental para el ordenamiento territorial, integrando factores biofísicos, socioeconómicos, criterios técnicos-legales y participativos para la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua.

1.3.2 Objetivos específicos

1. Actualizar y/o espacializar la información biofísica y socioeconómica de la subcuenca
2. Analizar el uso actual del suelo e identificar zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca
3. Desarrollar una propuesta de zonificación ambiental para el ordenamiento territorial basado en criterios de uso sostenible del recurso hídrico y suelo mediante la participación de actores claves

1.4 Preguntas de investigación

1. ¿Existe información que represente al territorio y las relaciones entre los componentes biofísicos, socioeconómicos, legales e institucionales?
2. ¿Qué actividades socioeconómicas generan conflicto de uso de suelo y como se puede solucionar estos?
3. ¿Cuáles son las zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca?
4. ¿Cuáles son los componentes que pueden sustentar la zonificación ambiental para la subcuenca en estudio?
5. ¿Cuál es el arreglo espacial técnico de las actividades en la subcuenca que favorecen el uso sostenible de los recursos naturales?

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Cuenca hidrográfica

Es un territorio y un área geográfica delimitada por una divisoria topográfica (divortium aquarum), que colecciona agua y lo deriva a una fuente común. Esta contiene determinados recursos naturales que otorgan posibilidades a la vida humana y animal. Su hilo conductor es el ciclo hidrológico, la cultura de la población que la ocupa y su relación con la naturaleza. Ese hilo se encuentra constantemente generándose, regenerándose o degradándose, con la intervención de la sociedad, pudiendo así fomentar su preservación o deterioro (Vásquez 2000).

2.2 Cuenca hidrológica

Según el concepto de ciclo hidrológico, toda gota de lluvia que cae al suelo, continua en forma de escurrimiento e infiltración, luego va a lugares de concentración, allí parte se evapora y vuelve al espacio para formar el ciclo. Luego que la gota de lluvia se infiltra, satura el suelo, pasa a percolación profunda y recarga los acuíferos. En este desplazamiento vertical, el agua se puede encontrar con estratos impermeables (rocas duras) que movilizarán las partículas de agua dependiendo de la forma y tipo de rasgos geológicos.

Cuando el relieve y fisiografía externa, tienen una forma y simetría diferente a la configuración geológica interna de la cuenca, se puede decir que existe una cuenca subterránea, que cambia la dirección del flujo subsuperficial para alimentar a otra cuenca hidrográfica. A esta configuración se denomina cuenca hidrológica, la cual adquiere importancia cuando se tenga que realizar el balance hidrológico (World Vision 2004.).

2.3 Cogestión de cuencas

La cogestión de cuenca se conceptúa como la gestión conjunta, compartida y colaboradora, mediante la cual, diferentes actores locales con productores, grupos organizados donantes y cooperantes integran esfuerzos, recursos, experiencias y conocimientos para desarrollar procesos dirigidos a lograr impactos favorables y sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y el ambiente de las cuencas hidrográficas, en el corto mediano y largo plazo (Jiménez. et ál. 2006).

2.4 La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión

Una pregunta frecuente es ¿Por qué usar la cuenca como unidad de planificación, manejo y gestión y no los límites políticos o administrativos ya existentes?. La respuesta es muy simple: la cuenca es un sistema, con todas las implicaciones que ello conlleva. En efecto, la cuenca como unidad hidrológica constituye un ámbito biofísico y socioeconómico lógico para caracterizar, diagnosticar, planificar y evaluar el uso de los recursos naturales, el análisis ambiental y el impacto global de las prácticas de manejo; en tanto que la unidad de producción, puede ser el medio adecuado para implementar el manejo de los recursos; según la vocación de la cuenca y de acuerdo a los sistemas productivos en la dinámica de su entorno ecológico y socioeconómico. La integración de todas las unidades bien manejadas, permitirá lograr el manejo integral de la cuenca, reduciendo su vulnerabilidad a los desastres naturales y su impacto (Jiménez 2006).

2.5 Ordenamiento territorial

Hay varias formas de hablar del ordenamiento territorial son conceptos que van evolucionado así una de ellas dice: la ordenación territorial es definida con la proyección en el espacio de las políticas sociales, culturales, ambientales y económicas de una sociedad. Es decir, es una expresión física del estilo de desarrollo, considerando los recursos naturales existentes y procurando el beneficio de la sociedad en función del uso sustentable de los mismos (Baeriswl 2001).

Según Jiménez. et ál. (2006) el ordenamiento territorial constituye tanto una proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, económicas y culturales, como una gama de instrumentos de planificación y mecanismos de gestión que facilita una apropiada organización del uso de la tierra y regulación de la vida económica. Mediante este proceso, la acción municipal e institucional, concertada con la población y los actores claves, logrará un ordenamiento del espacio geofísico que favorezca la reducción de la vulnerabilidad y el aprovechamiento racional de los recursos de las cuencas (suelos, bosques y árboles, agua, minería, materiales de construcción, turismo, recreación, infraestructura, etc.). Este ordenamiento debe contemplar las necesidades actuales, futuras y el crecimiento poblacional, de acuerdo a la capacidad de carga y recursos estratégicos de la cuenca. La intervención debe ser en la unidad de producción, que es la célula de funcionamiento de la cuenca, y que muchas

unidades de producción bien gestionadas, con una visión integral e integrada, producirán la gestión sostenible de la cuenca.

La legislación nicaragüense define al ordenamiento territorial como el proceso de planificación dirigido a evaluar y orientar el uso de la tierra en el territorio, de acuerdo con sus características, potenciales, limitantes y problemática, tomando en cuenta los recursos naturales y ambientales, las actividades económicas y sociales y la distribución de la población en el marco de una política de conservación y uso sostenible de los sistemas ecológicos (normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial. Nicaragua).

2.6 Participación ciudadana

Los planes y programas de desarrollo elaborados por los gobiernos locales obedecen, en la mayoría de los casos, a decisiones populares. Generalmente, su falencia es la falta de participación ciudadana, lo cual genera que muchas medidas atenten contra la calidad de vida, tradiciones y costumbres.

Cuando se pretende desarrollar un ordenamiento territorial, la falta de participación puede ser mucho más grave, puesto que involucra decisiones en los territorios donde el habitante común desarrolla sus actividades y potencia su futuro con base en los recursos existentes.

Es imprescindible tener en cuenta que, bueno o malo, ya existe un uso del territorio determinado por la comunidad que lo habita. A través de la historia, los espacios naturales han sido ordenados de acuerdo con la calidad y el tipo de recursos: se crearon actividades económicas en los territorios de mejores aptitudes y se abandonaron las áreas marginales y de menor productividad. Los ejemplos son numerosos e incluso suele mencionarse que el deterioro de los recursos naturales está ligado a la pobreza rural, cuando lo que en realidad ocurre es que la sobrevivencia es la que ligada al uso de tierras marginales y de baja productividad, más frágiles y fácilmente erosionables (Baeriswl 2001).

2.7 Zonificación de cuenca

La zonificación es la designación y reserva de acuerdo a un plan establecido, del uso del terreno el cual puede ser destinado a la industria ligera, pesada, residencias, oficinas y otros edificios en lo urbano; a la agricultura, ganadería, minería y otros usos en lo rural y a la protección del medio natural en ambos; su empleo estará respaldado legalmente designando los tipos de construcción y manejo en cada zona (Gómez, García 2006).

En la bibliografía sobre cuencas hidrográficas existe muchas zonificaciones, pero pocas definen lo que es la zonificación ambiental. La Corporación Regional del Alto Magdalena, citada por Gómez y García (2006) define la zonificación como las acciones dirigidas a: “Orientar la utilización del suelo de acuerdo a su vocación de uso de tal manera que a la vez que se logre su óptimo aprovechamiento y mayor bienestar de la población, se mantenga la integridad física y productiva del suelo y sus recursos asociados, reservando una proporción adecuada para los propósitos de conservación, diversidad biológica, estabilidad ecológica y protección de áreas potenciales de recarga hídrica”

2.8 Zonificación ambiental

La zonificación ambiental es el producto de la integración de aspectos ecológicos y socioeconómicos; permitiendo identificar categorías para el manejo del territorio, los cuales se hace énfasis en la protección de los recursos naturales sin desconocer que como recursos deben cumplir una función ya sea ambiental o productiva (Ricaurte 2001).

La zonificación ambiental en cuencas designa y reserva áreas de la cuenca a partir del conocimiento de sus características biofísicas y socioeconómicas, especialmente de las limitaciones y potencialidades que ocurren en su estructura y funcionamiento. Asimismo, evidencia conflictos de uso y encuentra concertadamente los aprovechamientos que ofrecen bienestar y calidad de vida para sus habitantes y conservación de los recursos naturales, para las generaciones futuras, con énfasis en el recurso hídrico. El manejo de los recursos suelo, flora, fauna influye sobre la captación, regulación y descarga de agua en toda la cuenca hidrográfica, exigiendo que se consideren medidas de conservación y protección con el fin de preservar o controlar los ríos o curso de agua superficial y subterránea que afectan las condiciones de vida de los habitantes de la cuenca e incluso a los que de ella dependen cuenca

abajo. Al mismo tiempo, los recursos deben ser preservados para las generaciones futuras, haciendo imprescindible contemplar las necesidades de conservación de los recursos genéticos, incluyendo la biodiversidad y los hábitats propios para su conservación y evolución (Gómez, García 2006).

2.9 Conceptos para la zonificación de la cuenca

2.9.1 Uso actual del suelo

Se dice que el uso de la tierra ocurre cuando se le manipula físicamente. El área sin intervención física tiene cobertura natural y el área intervenida cobertura artificial. En ese sentido, el uso de la tierra indica el significado de la cobertura para el ser humano y lo que sucede en la actualidad en el campo (Richters 1995).

2.9.2 Capacidad de uso

Determinación en términos físicos, del soporte que tiene una unidad de tierra de ser utilizada para determinados usos o coberturas y/o tratamientos. Generalmente se basa en el principio de la máxima intensidad de uso soportable sin cuasar deterioro físico del suelo (Klingeblid, Montgomery 1961)

Indica el nivel máximo de aplicación del recurso suelo, sin que este se deteriore, con una tasa más grande que la tasa de su formación. En este contexto, el deterioro del suelo se refiere sobre todo al arrastre y transporte hacia debajo de la pendiente de partículas de suelo por la acción del agua precipitada, es decir erosión hídrica (Ritchers 1995).

2.9.3 Uso potencial de la tierra

Uso virtualmente posible con base en la capacidad biofísica de uso, y las circunstancias socioeconómicas que rodean a una unidad de tierra. Indica el nivel hasta el cual se puede realizar un uso según la supuesta capacidad del suelo, bajo las circunstancias locales y actuales. Bajo este contexto. El uso potencial es menos intensivo o de igual intensidad que el uso a capacidad, pero nunca más intensivo (Ritchers 1995).

2.9.4 Cobertura

Según Ritchers (1995), por cobertura se entiende lo que se ve, y es lo que cubre el suelo. y el uso es el significado de la cobertura para el ser humano. Asimismo, se habla de cobertura cuando se hace un clasificación de las diferentes forma naturales (no de origen antrópico) de ocupación del territorio, como por ejemplo áreas bajo cobertura vegetal (bosques, sabanas entre otras), bajo cuerpos de agua (ríos, lagos, lagunas) y otras (Lücke 1998).

2.9.5 Las áreas silvestres

Territorios de tierra y agua apenas tocados por el hombre moderno o que han sido abandonados y han vuelto a su estado natural (Miller 1980).

2.9.6 Las áreas protegidas

Son áreas a las que se les ha asignado alguna categoría de manejo (Por ejemplo: Parque Nacional, Reserva Biológica, Zona Protectora, Reserva Forestal, Refugio de Vida Silvestre, entre otras) y que cuentan con algún tipo de status legal de protección. Dichas áreas pueden o no tener algún manejo en la práctica, pero sí cuentan con una categoría de manejo asignada y con la acción legal formal requerida para ser consideradas como áreas protegidas (Lücke 1998).

2.10 Escenario

Es un conjunto de circunstancias que describen una situación futura de manera que permita a la zonificación de la cuenca pasar de la situación actual a la situación futura. Es en la fase de evaluación donde se realizan la generación de escenarios y su respectivo análisis, comprensión en la fase de formulación del plan. La generación de escenarios prospectivos son tres y deben respetar cuatro condiciones básicas: pertinencia, coherencia, verosimilitud y transparencia Faustino (2006).

2.10.1 Escenario tendencial

Describe el futuro más probable si no se interviene sobre el sistema. Se basa la prospectiva demográfica y la evolución tendencial de las inversiones productivas y en infraestructuras y equipamientos (Faustino 2006).

2.10.2 Escenario óptimo

Se refiere al futuro más deseable del modelo de zonificación territorial futuro. Se asume que no existen restricciones de medios, recursos y voluntad. Es posible obtener todos los objetivos del plan. Gestión sostenible de los recursos naturales, alta calidad de vida de la población (Faustino 2006)..

2.10.3 Escenario de consenso

Se refiere al futuro más viable, dadas las circunstancias que concurren en el sistema. Se trata del escenario con más posibilidades de ser adoptado como imagen objetivo del plan a un cierto horizonte temporal, y como etapa intermedia en una progresión hacia el óptimo (Faustino 2006).

2.11 El SIG en la zonificación y manejo de los recursos naturales en cuencas

Los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas cada vez más utilizadas en los procesos de planificación económica, territorial y ambiental. La zonificación de cuencas es una de las primeras etapas del ordenamiento y del planeamiento ambiental. Hoy es casi imposible imaginar un plano de gestión ambiental, de adecuación de las técnicas agrícolas o de monitoreo ambiental, en cualquier escala, sin la utilización de la zonificación. La cual representa la posibilidad de direccionar el proceso de ocupación territorial, respetando las potencialidades y las restricciones de los recursos ambientales (FAO 1996).

Faustino (2006) menciona que el uso de SIG facilita el ordenamiento y su representatividad en mapas y representaciones gráficas de lo que plantean los actores y lo que técnicamente o normativamente corresponde, para integrarlos en un solo modelo. El manejo e integración de varios mapas o manejo de variables es más efectivo con la aplicación de un SIG computarizado, los escenarios se podrán representar fácilmente.

2.12 Estudios de zonificación territorial

Zonificación de la cuenca hidrográfica del río Savegre, Costa Rica, 2003

Este trabajo se realizó como un instrumento de planificación para asegurar la conservación y aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca, bajo un criterio participativo y decisorio entre la sociedad civil y las instituciones del estado.

La metodología se concretó con la participación interinstitucional, a través de una comisión de ordenamiento territorial que definió los pasos a seguir. Se realizó el diagnóstico en el área socioeconómica y de biodiversidad, lo integraron en tres grandes mapas: fragilidad económica; divergencias en el uso de la tierra y riesgo integrado, dando mapas de zonas de prioridad en conservación y zonas de mayor presión antrópica.

Posteriormente se reclasificó el mapa de calidad de uso de la tierra en un mapa, que sirvió como base para establecer la zonificación de uso de la tierra, base para el proceso de planificación. Se elaboró la zonificación de la cuenca y delineación de estrategias para alcanzar la imagen objetivo del proceso de OT, a partir de políticas, planes y proyectos.

Zonificación agroecológica en la comunidad Pajchanti, Bolivia

Este trabajo se realizó en la comunidad Pajchanti, donde el propósito de zonificar la tierra, tuvo fines de planificación del uso de recursos rurales, separando áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo.

La metodología empleada fue la zonificación ecológica económica (ZAE) la cual maneja de manera integrada bastante información útil al conocimiento del recurso tierra, pero ajustando muchas veces a condiciones de la zona en estudio. El análisis de esta metodología, dio luces a la posibilidad de integrarla en un proceso mayor de análisis biofísico que apunte a una aplicación avanzada como es la evaluación del riesgo de degradación de tierras y/o del manejo del suelo.

Como resultados se señalan que fue muy importante el trabajo de campo que permitió una evaluación de manera real, capacitar a los pobladores en obras de conservación de suelos, así

como el inventario de los recursos naturales, la zonificación y describir las prácticas de manejo de los suelos (Sanabria 2001).

✚ *Zonificación ecológica económica en la provincia de Tocache, Perú*

Este trabajo se realizó en esta provincia que como muchas otras, afronta en la actualidad graves problemas sociales, económicos y ambientales, que comprometen el futuro de la población vinculada a este territorio. La ocupación desordenada y el uso no sostenible, conjuntamente con los problemas sociales vinculados al cultivo ilícito de la coca y al terrorismo, y la aplicación de políticas inadecuadas y alejadas de la realidad para el desarrollo de la Amazonía.

Para planificar adecuadamente el futuro de la provincia se realizó, la identificación de sus potencialidades y limitaciones, qué alternativas hay de uso sostenible y dónde se pueden desarrollar las diversas actividades productivas. Sin esta información no es posible planificar el desarrollo.

Usando como metodología la zonificación ecológica económica, donde se incluye recursos de intereses económicos y relativos a la presencia del hombre y sus actividades, esenciales para determinar tanto las necesidades de conservación, como el uso potencial de los recursos. En concordancia con los resultados obtenidos en el proceso de ZEE, se propone como estrategia la actuación en tres grandes ejes: el primero, relacionado con la conservación de la diversidad biológica y protección de ecosistemas clave: el segundo con el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales sobre la base de proyectos productivos y, el tercero, con el proceso de recuperación de ecosistemas degradados, prevención y mitigación de problemas ambientales (IIAP).

✚ *Sistema de Información sobre el recurso tierra para la planificación (SIRTPLAN)*

El SIRTPLAN tiene como objetivo recolectar información, crear una base de datos, realizar un tipo de procesamiento y análisis para hacer una evaluación de tierra, y generar escenarios o planes de manejo del área seleccionada. Además se consta de una metodología que permita la interacción entre los usuarios, es decir socializar la información proveída por el SIRTPLAN.

Se realizaron experiencias pilotos en tres países: Bolivia, Chile y Brasil. Se encontraron los siguientes problemas como conclusión: la forma en que presentar la información generado en los SIRTPLAN, la aplicación de herramientas para lograr una participación activa de los participantes en eventos participativos, el rol del facilitador es también importante para poder facilitar los talleres; el nivel de los análisis presentados debe ser compatible con el nivel de los participantes y como establecer una interacción continua entre usuario y SIRTPLAN y el rol de los técnicos en mantener y desarrollar el sistema, específicamente cuando el objetivo es de otorgar este sistema a una institución local. Por otro lado lo positivo fue el alto ánimo tanto por parte de los grupos de interés involucrados como por parte de las instituciones contrapartes (Van 2000).

La municipalidad de Valle de los Ángeles, Honduras

El Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales, (PNDN), elaboró y validó un conjunto de planes e instrumentos cartográficos orientados a reducir la vulnerabilidad a desastres naturales que culminó con la elaboración de un plan de ordenamiento territorial para el municipio. El proceso consto de: recopilación y/o producción de información básica, especificaciones del usos propuestos; formulación del plan de ordenamiento territorial.

Los productos generados en este proceso incluyeron mapas municipales de amenazas y vulnerabilidad por deslizamientos e inundaciones, planes de prevención y mitigación, mapas de uso actual de la tierra y una propuesta general de zonificación urbana para la parte de cabecera municipal. Este proceso es un punto de partida del ordenamiento territorial del municipio que teniendo en cuenta que la complejidad del proceso requiere de mayor institucionalidad y validación con la comunidad.

La municipalidad distrital de Morropón-Piura-Perú

Bajo el interés del municipio de Morropón por un proceso de ordenamiento territorial que permitiera mejorar las condiciones de uso y ocupación de su territorio, como parte de las estrategias y acciones orientadas a promover el crecimiento económico, la justicia social y la sostenibilidad ambiental.

Su objetivo fue fortalecer su capacidad de gestión basado en el plan de ordenamiento territorial participativo, la metodología tuvo las siguientes fases: inicial, diagnóstico, planificación prospectiva, instrumentación y ejecución.

En el proceso incluyó el análisis de riesgo, que cruza todo las fases del proceso, de manera que permita, en las fases de instrumentación y ejecución, incorporar en las normas de OT algunas propuestas que permitan adoptar medidas de prevención y mitigación, tomando en cuenta que la gestión de riesgo asociado a peligros naturales es un concepto que debe incorporarse en los procesos de planificación y vincularlo a los procesos de desarrollo cabe rescatar otra herramienta importante como parte de la metodología a utilizar en la formulación del plan de ordenamiento territorial de Morropón, es la comunicación y educación ambiental, la cual facilita el proceso, lo haga más eficiente y permita que la población conozca la importancia y uso del plan de ordenamiento territorial como instrumento de gestión en el proceso de desarrollo sostenible del distrito.

Zonificación en la microcuenca del río la Soledad, Honduras

Según Pinedo (2007), la microcuenca se ubica en el ámbito territorial del municipio de Valle de Ángeles, y así como otras cuencas posee problemas sociales, económicos y ambientales. Salir de esta situación significa realizar un esfuerzo de gran aliento para planificar el futuro concertadamente con todos los actores sociales. Ello conlleva a usar y ocupar adecuadamente el territorio de la microcuenca.

En tal sentido el presente estudio propuso categorías de zonificación territorial basadas en variables biofísicas, socioeconómicas, institucionales y legales, identificando problemas, conflictos de uso y áreas de manejo especial.

Como conclusión considera que la zonificación debe ser un proceso, que debe ser actualizada en relación a nuevos conocimientos de la realidad ambiental y nuevas condiciones tecnológicas, y que la participación de actores promueve la resolución de conflictos.

Paralelamente se inició el 2007, un plan de ordenamiento territorial participativo en las microcuencas Sesesmiles y Marroquín pertenecientes a la subcuenca del río Copán en

Honduras, donde se ubicarán y zonificarán principalmente las zonas críticas, de amenazas y vulnerabilidad de forma técnico legal y social.

2.13 Marco legal de ordenamiento territorial en el país de Nicaragua

En Nicaragua el ordenamiento territorial es una política de estado establecido mediante el decreto N° 90-2001, aprobado el 18 septiembre 2001, considerando el acelerado deterioro de los recursos naturales, el desarrollo del territorio implementando en el las políticas y acciones definidas por la estrategia nacional de desarrollo sostenible, asimismo mediante el decreto No. 78-2002, se establecieron las normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial, bajo los siguientes considerándolos: I) Que la Ley 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, ordena que el Poder Ejecutivo debe dictar las normas, pautas y criterios para el Ordenamiento Territorial, las cuales deben ser laboradas y ejecutadas por los Gobiernos Municipales respectivos. II) Que el Ordenamiento Territorial es un instrumento para la gestión ambiental en búsqueda del desarrollo sostenible del país, ya que con ello se pretende alcanzar la máxima armonía posible en las interrelaciones de la sociedad con su medio ambiente. III) Que el uso inadecuado del territorio degrada los recursos naturales y aumenta las condiciones de vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante los fenómenos naturales. IV) Que la ocupación del territorio nacional presenta serios desequilibrios en la distribución geográfica de la población y de las actividades económicas y productivas. V) Que es necesario dotar a las municipalidades del instrumento técnico-jurídico que les permita elaborar y ejecutar de manera correcta los Planes de Ordenamiento Territorial Municipal en el marco del Sistema de Planificación Municipal.

2.14 Experiencias de ordenamiento territorial en Nicaragua

Estudio de ordenamiento territorial del departamento de Madriz

Este estudio se realizó en el departamento de Madriz está localizado en la región norte central de Nicaragua. Este departamento ha tenido una participación discreta en la economía nacional por estar localizado en la zona más seca del país, conformado a la fecha por nueve municipios: Somoto, San Juan del Río Coco, Palacagüina, Telpaneca, San Lucas, Totogalpa, Yalagüina, Las Sabanas y San José de Cusmapa. La propuesta de ordenamiento territorial del departamento de Madriz utilizó la metodología del Programa de Nacional de Ordenamiento

Territorial de la República de Nicaragua (PRONOT), teniendo como resultados de la zonificación del departamento en tres áreas. Cada una de ellas con sus funciones propuestas, para concluir con una cartera de perfiles de proyectos del departamento de Madriz (INETER).

✚ *Lineamientos estratégicos para el ordenamiento territorial*

Estos lineamientos estratégicos conllevan un enfoque territorial más específico que permite la formulación de programas y proyectos coherentes con las líneas generales del desarrollo nacional, en función del mejor y más adecuado uso del potencial natural, como base para alcanzar el crecimiento económico que permita satisfacer las principales necesidades de la población.

Los lineamientos se resumen en cinco grandes grupos: utilización adecuada de los recursos naturales, ordenar el funcionamiento del sistema nacional de asentamientos, descentralización socioeconómica del territorio nacional y diversificación económica en función de la especialización territorial, teniéndose como resultado una propuesta de zonificación del territorio nacional, con base en los elementos físico-naturales, económicos y sociales, con los cuales se pretende dar respuesta a los problemas del territorio, para alcanzar el desarrollo sostenible, que permita mejorar las condiciones de vida de la población, donde la actividad agrícola seguirá siendo fundamental (INETER).

✚ *Estudio de ordenamiento territorial de los departamentos de Matagalpa y Jinotega*

El estudio contiene la propuesta de ordenamiento del territorio para los departamentos de Matagalpa y Jinotega, que constituye un territorio prioritario de atención por su nivel de afectación ambiental y social con relación a otras áreas del país.

La propuesta se ha desarrollado bajo los conceptos de una planificación dinámica y participativa en cada una de las etapas de su formulación técnica, mediante actividades que incluyeron reconocimiento de campo, entrevistas con autoridades municipales y pobladores, visitas a instituciones y proyectos locales, proceso de consultas departamentales que contaron con la representación de alcaldes y técnicos de gobiernos locales, delegaciones de gobierno y organismos no gubernamentales.

Como producto se tuvo una zonificación territorial que subdivide el territorio en zonas con funciones específicas, donde se desarrollan o se desarrollarán las actividades productivas, los asentamientos humanos, los proyectos estratégicos y locales que permitan el desarrollo territorial en forma equilibrada. Identificando subzonas aptas para el desarrollo productivo, de recuperación, protección y conservación, las subzonas con restricciones por amenazas naturales, así como la jerarquización de los centros poblados para garantizar la óptima distribución de los servicios.

Finalmente se estructuró una cartera de proyectos que identifica las acciones necesarias para iniciar la aplicación del plan de ordenamiento. Su aplicación forma parte de los Lineamientos estratégicos de ordenamiento territorial e identifica el marco del fortalecimiento a las municipalidades (INETER).

División Comarcal, Municipio de San Juan del Sur

El proceso de descentralización del estado se ha visto reflejado en el fortalecimiento del municipio, esto conlleva a la implementación de políticas de desarrollo rural a fin de ir combatiendo la pobreza extrema en que se encuentra la población asentada en dichos territorios.

Con la finalidad de brindar una mayor y mejor atención a dicha población la primera medida es el proceso de ordenamiento administrativo de los territorios municipales, lo que conlleva a la subdivisión a lo interno del municipio, de tal forma que en algunos municipios se tienen diferentes subdivisiones como microregiones, zonas pobladas y comarcas.

Como parte de la metodología de los límites comarcales se tomaron como elementos de referencia aspectos físico-geográficos, hidrográficos, estructura vial y en algunos casos los límites de propiedad. Esto permitió valorar convenientemente las unidades del paisaje que aparecen en el territorio, identificándose los elementos sobresalientes y conocidos por la población.

Se tuvo como resultado la subdivisión del territorio y el análisis de sus relaciones de funcionalidad, considerando y respetando la voluntad de los líderes del lugar a fin de mantener la armonía y la probabilidad que en el futuro puedan lograr el estatus de comarca (INETER).

3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación y descripción de la zona de estudio

La subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes se localiza en Nicaragua en el departamento de Madriz, entre las coordenadas 13°24'10" y 13°29'28" Latitud Norte y 86° 34'12" y 86° 39'39" Longitud Oeste. Comprende las comunidades: Aguas Calientes, Quebrada de Agua, Mansico, Los Copales, Santa Rosa, Rodeo No. 2, Santa Isabel, y Uniles del municipio de Somoto y las comunidades de El Volcán y El Porcal del municipio de San Lucas. La subcuenca Aguas Calientes limita al Norte con un sector del río Coco, parte del municipio de Somoto; al sur con el resto del 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. Tiene un área de 47.3 km² (4,736 ha), el 84% corresponde a las comunidades del municipio de Somoto, y el 15 % a las comunidades del municipio de San Lucas (Figura 1).

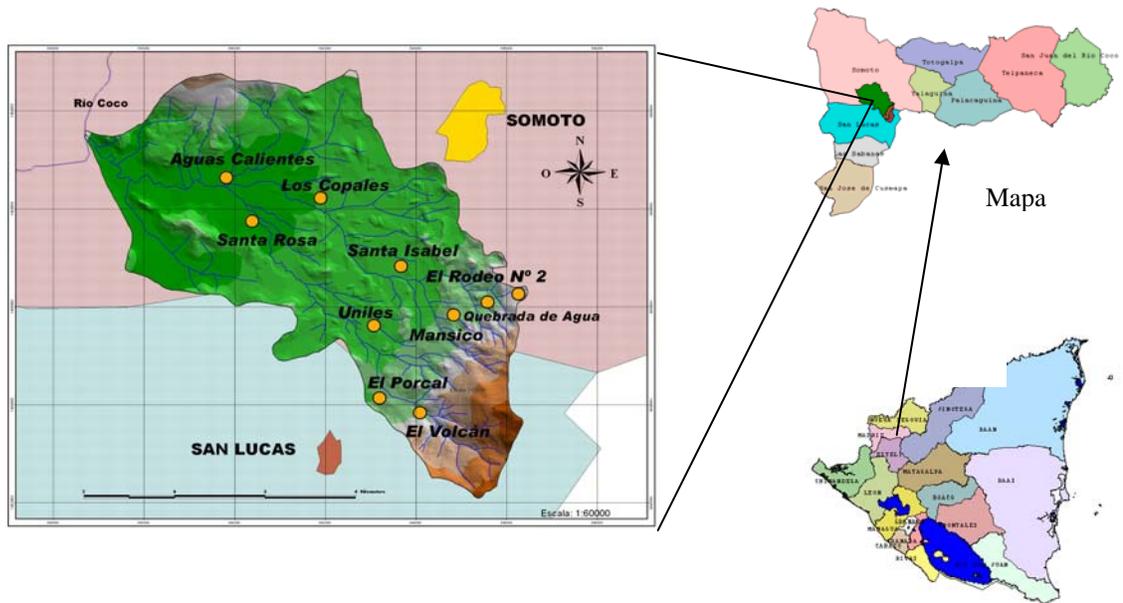


Figura 1. Mapa de localización de la subcuenca del río Aguas Calientes.

3.2 Características socioeconómicas

La subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes cuenta con un tramo de la carretera Panamericana en la parte baja la cual permite el traslado de los habitantes de esta zona hacia la ciudad de Somoto y la frontera de Honduras. Posee también con una carretera adoquinada en la parte media que intercomunica las alcaldías de Somoto y San Lucas así como a las diferentes comunidades de la parte alta y media de la subcuenca, y los caminos de todo tiempo intercomunican las otras comunidades.

La organización esta formada por los comités de cuencas bimunicipal a nivel institucional y a nivel de las comunidades en comité de cuencas comunales los cuales están estrechamente comprometidos con el desarrollo de los habitantes de la subcuenca.

Las actividades productivas dominantes en la subcuenca son los granos básicos (maíz, frijol sorgo) para autoconsumo y algunos ingresos por ventas de sus cosechas. También se presentan el cultivo de henequén, café, muy poca ganadería y trabajos artesanales. La tenencia de las tierras indica que el 81% de habitantes que son dueños de sus terrenos y el resto del porcentaje esta formado por productores que alquilan y los que no poseen tierras.

En cuanto a los servicios sociales la subcuenca cuenta con un solo centro de salud ubicado en la comunidad de Santa Isabel. Además, de 12 infraestructuras de educación que brindan entre nivel pre-escolar, primario y solo una nivel de secundaria, lo que implica que muchos vayan a estudiar a la ciudad de San Lucas y Somoto. Los servicios de teléfonos públicos funcionan con energía solar y el servicio de energía eléctrica cubre al 47% de la población. En cuanto al servicio de agua potable solamente las comunidades de Aguas Calientes y Santa Rosa de la parte baja de la subcuenca poseen este servicio por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL), por lo que estas comunidades ya no hacen mucho uso de de las aguas de los pozos comunales a diferencia de las otras comunidades que si usan y siguen perforando nuevos pozos.

Aproximadamente la subcuenca tiene una densidad poblacional de 140 hab/km² la cual es mayor que la densidad de los dos municipios (74 y 87 hab/km² en Somoto y San Lucas, respectivamente) lo cual indica que se encuentra la mayor parte de la población de los

municipios e implica una mayor presión sobre los recursos naturales y el ambiente. Asimismo se encuentra presente la amenaza de contaminación por el uso de agroquímicos en las actividades agropecuarias por la mayoría de los productores de la parte alta de la subcuenca.

El porcentaje de pobreza en el área rural es de 69.3%, el cual indica que dos de cada tres pobladores están en condición de pobreza extrema. También es un indicador de que estos pobladores no puedan desarrollar actividades agrícolas sostenibles sino principalmente para satisfacer las necesidades básicas alimenticias y para generar algunos ingresos de la venta de sus cosechas.

Las faltas de oportunidades de empleo, falta de mercados justos, financiamiento y la presencia de la época de sequía, lo cual hacen que muchas tierras queden abandonadas o sean utilizadas parte de ellas, teniendo como efecto las tierras en subuso, principalmente en las partes medias y bajas de la subcuenca.

Todos estos factores motivan la migración en busca de mejores ingresos económicos y optan por viajar a Honduras, El Salvador y otros países centroamericanos, motivo por el cual FNUP (2001) denomina al municipio de Somoto municipio de emigrantes. Información más detallada de las características socioeconómicas en el Anexo 1

3.3 Características biofísicas

La subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes presenta áreas de planicie, relieves accidentados, laderas escapadas y la mayor altitud se encuentra en la zona del cerro El Volcán con 1730 msnm. El sistema de drenaje de la subcuenca esta formado por cursos de aguas intermitentes de poco caudal llegando a la red hídrica principal del río Aguas Calientes.

Las órdenes de suelos que se encuentran en la subcuenca son los Molisoles las cuales dominan el área de la misma y los Inceptisoles que se ubican principalmente en la parte alta.

El clima se caracteriza por la baja humedad relativa y precipitaciones durante los meses de mayo a octubre con la presencia de un periodo canicular.

Presenta suelos de potencial agrícola, pecuario y forestal los cuales representan un 40%, 10% y 50% del área de la subcuenca respectivamente. El uso actual de los suelos son dominadas por pasturas con un 36% del área de la subcuenca seguido de bosque con 29% y cultivos tradicionales que representan el 24% del área en estudio, y el resto de las áreas muestran otras actividades agrícolas.

Existen cuatro zonas históricas de deslizamientos ocurridos con el huracán Mitch las cuales se distribuyen en los cerros Malacate, Guilisguisca y El Volcán. Asimismo, en la parte alta de la subcuenca se ubica La zona protegida de Tepexomothl-La Patasta el cual representa el 14% del área de la misma Información más detallada de las características biofísicas en el Anexo 1.

3.4 Potencialidades de la subcuenca del río Aguas Calientes

Las potencialidades que existen en la subcuenca son: la estructura organizativa en comité de cuenca a nivel comunal e institucional, las diferentes instituciones que tienen sus acciones de trabajo dentro del área de estudio. La existencia del área protegida ubicada en la parte alta de la subcuenca el cual restringe el uso de los recursos naturales y promueve el ecoturismo. Las áreas en subuso las cuales permiten el desarrollo de actividades agropecuarias o de servicios ambientales. Asimismo, la información existente y disponible de la subcuenca es una potencialidad importante para poder tomar decisiones.

3.5 Fases o etapas propuestas realizadas en el estudio

En el presente estudio se presenta una propuesta de zonificación basada en directivas del PRONOT (Programa nacional de ordenamiento territorial) y la política nacional de Nicaragua para el ordenamiento ambiental de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes. Para la integración de la información recopilada y generada de la subcuenca en estudio se utilizó el SIG como herramienta del proceso, en específico el programa ArcView.

Para que la propuesta de zonificación tenga muchas posibilidades de éxito desde el punto de vista social así como de sostenibilidad, el proceso se realizó con la herramienta de la comunicación y de forma participativa, transparente y articulado en todas sus etapas. Integrando de esta manera el amplio conocimiento tradicional, ancestral, sus actividades

económicas y la interrelación con el ambiente, los cuales sirvieron para el análisis de resultados y elaboración de la propuesta de zonificación.

En síntesis el presente estudio está conformado por una serie de etapas, que en la Figura 2 se observan en forma simplificada, donde cada etapa contempla técnicas y acciones estratégicas de campo.

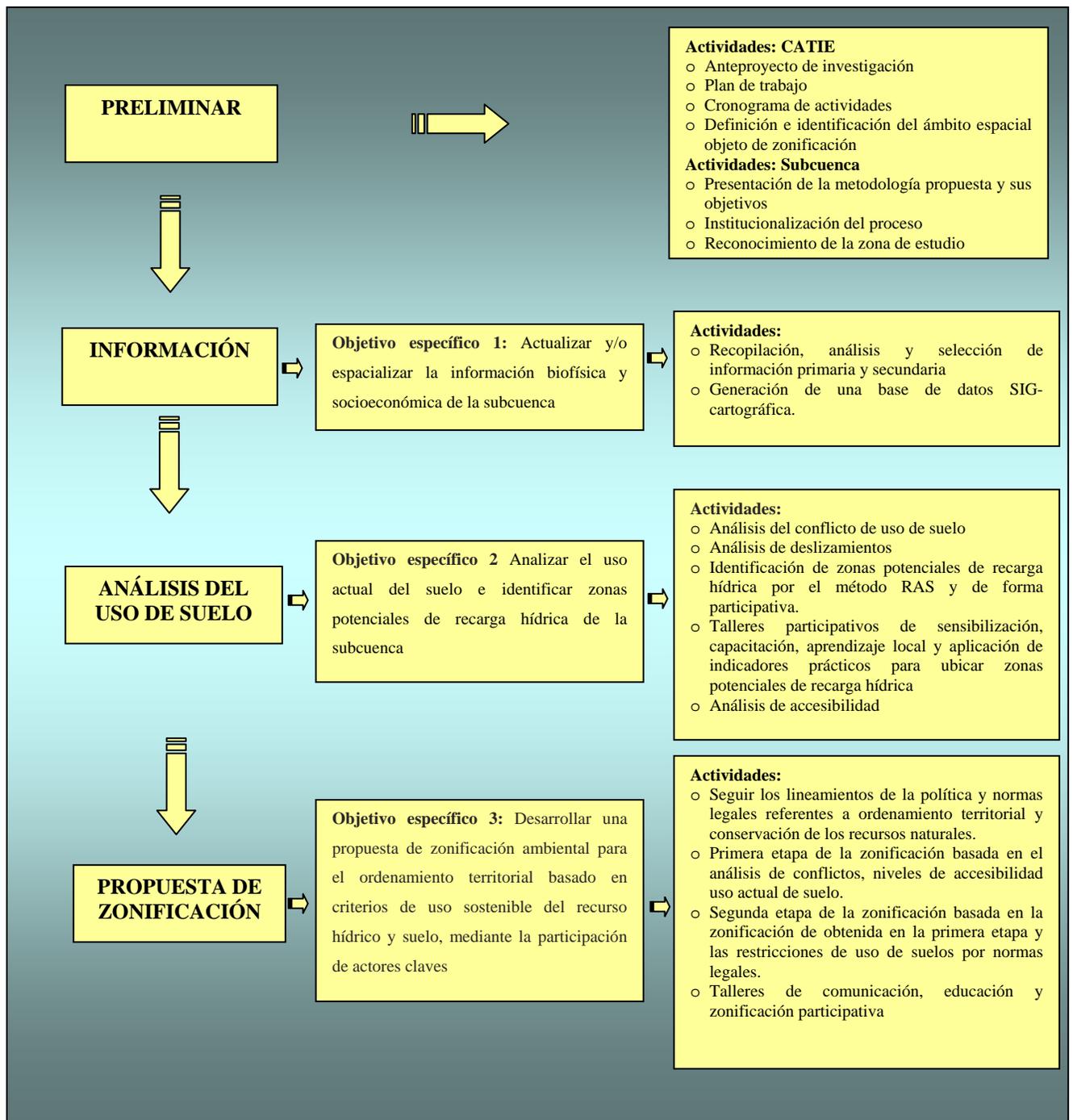


Figura 2. Fases de la metodología para la propuesta de zonificación ambiental.

3.5.1 Preliminar

El objetivo fundamental es la organización y raciocinio de las fases y procesos que conforman la metodología para la propuesta de la zonificación.

En esta fase se organiza al grupo humano y técnico deslindando responsabilidades y porcentaje de intervención, así como estimación de costos por actividad (Faustino 2006).

Hubo dos etapas: la primera etapa donde se elaboró el anteproyecto de tesis y la segunda etapa que se desarrolló en la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, propiamente dicha.

Las acciones o estrategias realizadas en el trabajo durante cada etapa fueron:

CATIE

- Definición de la subcuenca hidrográfica de estudio
- Formulación del anteproyecto
- Elaboración de la metodología de trabajo
- Elaboración del cronograma de actividades y subactividades
- Propuesta de un presupuesto para el desarrollo del trabajo de zonificación
- Conocimiento del marco legal en materia de ordenamiento territorial

Subcuenca

- Reconocimiento territorial de la subcuenca con la ayuda de un mapa y en coordinación con el comité de cuencas.
- Presentación del trabajo de zonificación a realizarse, así como los objetivos y metodología propuesta a las diferentes instituciones del comité de cuenca.
- Conocimiento de las capacidades y medios disponibles de las instituciones
- Identificación de instituciones que posean información relevante
- Definición de roles y responsabilidades de cada actor.

3.5.2 *Información*

Esta etapa comprendió la recopilación, selección análisis, actualización si lo requiere de la información existente (plan de desarrollo municipal de los municipios de Somoto y San Lucas, plan de cogestión, información de los comités de cuencas comunales, trabajos de investigación de diferentes instituciones locales y nacionales, inventario de mapas gráficos y mapas temáticos en formato ArcView) de tal manera que la información seleccionada representara al territorio en sus variables biofísicas, socioeconómicas, legales e institucionales.

Las actividades consideradas para el cumplimiento del objetivo específico fueron (Figura 3):

✚ Recopilación análisis y selección de información secundaria: (estudios realizados diagnósticos, estudios de ordenamiento, plan de cogestión, plan rector, planes de desarrollo municipales, normas legales, etc), inventario de mapas gráficos y mapas temáticos.

✚ Recopilación de información primaria: para tal efecto, se realizaron entrevistas mediante la técnica de la bola de nieve a actores claves para la ubicación y actualización de las zonas de deslizamientos históricos, asimismo se realizaron dos talleres participativos; para los 10 comités de cuencas comunales de la subcuenca. El primer taller trato sobre zonas de potenciales de recarga hídrica y el segundo sobre zonificación y ordenamiento territorial.

✚ Con toda la información (primaria y secundaria) analizada y seleccionada se generó una base de datos en Excel y cartográfica en formato ArcView, estandarizada, para poder hacer uso de ellas en el análisis del uso de suelo con la herramienta del SIG.

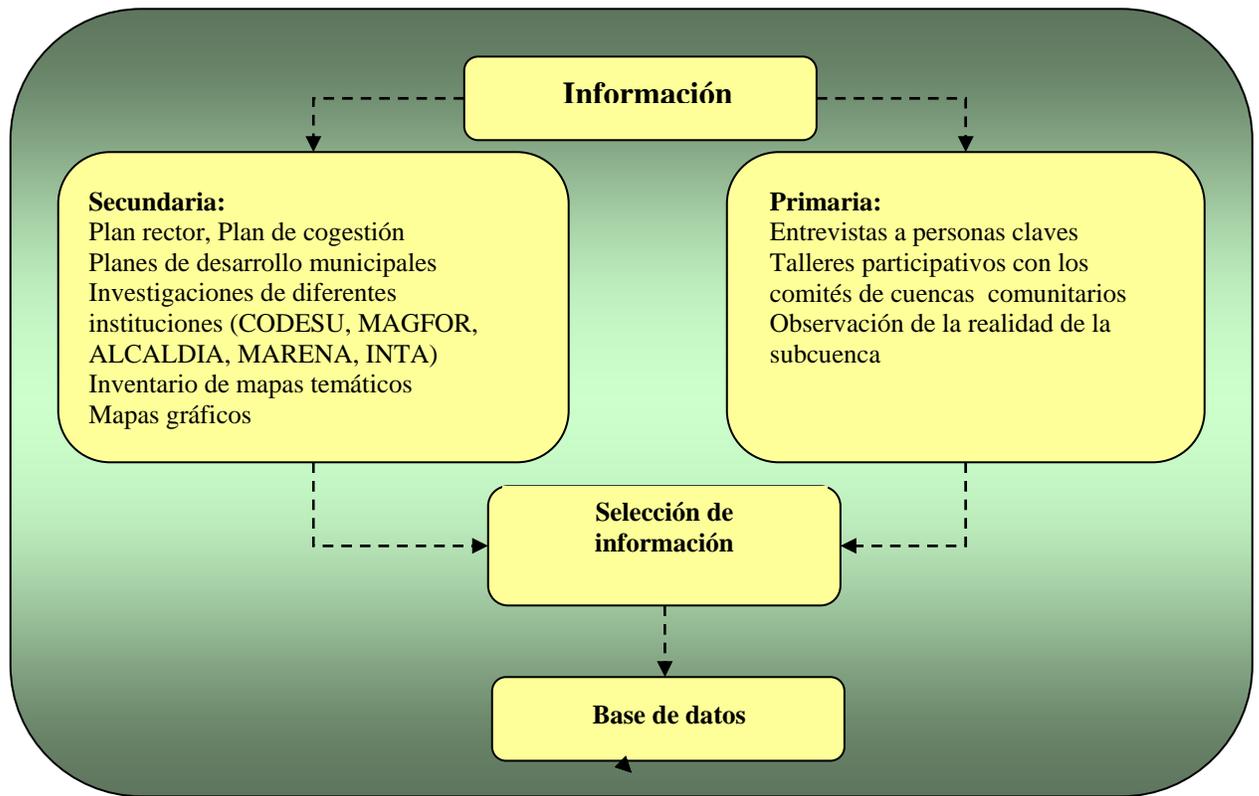


Figura 3. Esquema metodológico de recolección de información

3.5.3 *Análisis del uso actual del suelo*

El manejo racional de cuencas hidrográficas requiere la determinación de la capacidad de uso de los suelos, y el establecimiento de una clasificación de las tierras según su capacidad de uso (Goujon et al, 1968). La evaluación del uso del territorio se basa en la comparación del uso actual y la capacidad de uso de la tierra, empleando el concepto de intensidad de uso.

El contraste entre el uso actual y la capacidad de uso ha sido denominado divergencia (ICE 1999), conflicto (Maldonado y Rodríguez 1997), confrontación (MAGFOR 2000) o adecuación del uso de la tierra a su capacidad. En la mayor parte de las metodologías de ordenación territorial basada en la capacidad de uso se obtiene finalmente un mapa de evaluación del suelo y estado actual del territorio (Lücke 1999).

Asimismo, el conocimiento de las diferentes zonas vulnerables a deslizamientos es una herramienta muy útil para la toma de decisiones, especialmente en las primeras etapas de planeación de un proyecto. El mapa de vulnerabilidad es un mapa en el cual se zonifica las unidades de terreno que muestran una actividad de deslizamientos similar o de igual potencial de inestabilidad, la cual es obtenida de un análisis multivariable entre los factores que pueden producir un deslizamiento y el mapa de inventario de deslizamientos.

En ese sentido en esta fase dinámica se aprovechó al máximo la mayor cantidad de mapas temáticos (ArcView) existentes, y la información que se obtuvo con las consultas a personas claves y en los talleres participativos, asimismo se acondicionó el mapa de uso actual a una unidad de mapeo mínimo a escala de trabajo 1/25000 para los objetivos propuestos debido que los demás mapas temáticos empleados se encuentran a una escala de 1/50000 y disminuir errores en el análisis del uso de los suelos.

3.4.4.1 Análisis de conflicto de uso

Este análisis es la resultante entre la confrontación de la capacidad de uso de las tierras y el uso actual del suelo, descritos y reclasificados anteriormente, con el apoyo de SIG, programa ArcView, donde se realizó la suma de mapas y se obtuvo la matriz de cruce de atributos que fue exportada a Excel para ser analizada (Cuadro 1) bajo los siguientes criterios:

Categoría adecuada

Se asigna cuando en la confrontación existe un estado de equilibrio entre el uso actual de los suelos y la capacidad de uso de la tierra, es decir que se satisfacen los requerimientos entre la conservación y el desarrollo, y corresponde con la alternativa de mayor productividad en relación con el medio social local. Cabe mencionar que para el caso de bosque ribereño siempre se consideró como categoría adecuada.

Categoría sub utilizada

Esta categoría de confrontación se asigna cuando la tierra no está siendo aprovechada eficientemente, de acuerdo a su potencial productivo. El uso actual corresponde a una alternativa de menor productividad que la de la capacidad de uso.

✚ Categoría sobre utilizada

Se fija esta designación cuando la tierra está siendo utilizada con alternativas productivas que no son adecuadas, de acuerdo a su potencial de uso, y presentan un alto riesgo para la degradación de los suelos y de los recursos naturales.

✚ Categoría de miscelánea

Está formada por aquellos usos que no aplican para las categorías anteriores y comprenden: caminos, carreteras, viviendas, roca expuesta y lagunas o cuerpos de agua.

Cuadro 1. Matriz de análisis de conflicto de usos de suelo.

Categoría uso actual	Bosque de conservación 100	Bosque de producción 200	Bosque de producción y/o café con sombra 300
Bosque ribereño (10)	Adecuada-110	Adecuada-210	Adecuada-310
Bosque (20)	Adecuada-120	Adecuada-220	Sub utilizada-320
Café con sombra (30)	Sobre utilizada-130	Sobre utilizada-230	Adecuada-330
Cultivo perenne (40)	Sobre utilizada-140	Sobre utilizada-240	Sobre utilizada-340
Cultivo tradicional (50)	Sobre utilizada-150	Sobre utilizada-250	Sobre utilizada-350
Cultivo tecnificado (60)	Sobre utilizada-160	Sobre utilizada-260	Sobre utilizada-360
Huertos caseros (70)	Sobre utilizada-170	Sobre utilizada-270	Sobre utilizada-370
Pastos (80)	Sobre utilizada-180	Sobre utilizada-280	Sobre utilizada-380
No aplica (90)	Miscelánea-190	Miscelánea-290	Miscelánea-390

Categoría uso actual	Cultivos anuales c/manejo agroforestal 400	Cultivos anuales c/manejo agrosilvopastoril 500	Pastoreo extensivo c/manejo silvopastoril 600
Bosque ribereño (10)	Adecuada-410	Adecuada-510	Adecuada-610
Bosque (20)	Sub utilizada-420	Sub utilizada-520	Sub utilizada-620
Café con sombra (30)	Adecuada-430	Sub utilizada-530	Sub utilizada-630
Cultivo perenne (40)	Adecuada-440	Adecuada-540	Sub utilizada-640
Cultivo tradicional (50)	Adecuada-450	Adecuada-550	Sub utilizada-650
Cultivo tecnificado (60)	Adecuada-4460	Adecuada-560	Sub utilizada-660
Huertos caseros (70)	Adecuada-470	Adecuada-570	Sub utilizada-670
Pastos (80)	Sub utilizada-480	Sub utilizada-580	Adecuada-680
Miscelánea (90)	No aplica-490	No aplica-590	No aplica-690

3.4.4.2 Análisis de vulnerabilidad a los deslizamientos

La subcuenca en estudio por sus características fisiográficas, principalmente por las Lomerías de Somoto y Serranías del Regadío –Las Sabanas, las cuales se caracterizan por su topografía variante de fuertemente ondulada a escarpada con pendientes que varían desde 15 a 50% y más de 75% y con elevaciones hasta 1730 msnm. (Figura 16). Hacen que la subcuenca presente zonas muy vulnerables a los deslizamientos.

Según Jiménez (2007), los deslizamientos son el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre pendiente abajo, debido a un aumento de peso, pérdida de la consistencia de los materiales o algún otro factor que genere un desequilibrio en la ladera. Aunque a veces ocurren conjuntamente con otros fenómenos naturales como es el caso de la subcuenca en estudio. Donde ocurrieron deslizamientos el dentro de la subcuenca durante el huracán Mitch en el año 1998.

En tal sentido, para el siguiente análisis se integró la información del estudio realizado por COSUDE, sobre deslizamientos históricos provocados por el huracán Mitch. Dicha información secundaria validada y actualizada por medio de entrevistas a personas claves fueron digitalizados y confrontados con el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos.

Las zonas vulnerables a deslizamientos se analizaron mediante un sistema teórico con el uso de mapas cartográficos de factores que se considera que pueden afectar la ocurrencia de deslizamientos. En ese sentido, se realizó el análisis mediante los valores de vulnerabilidad a deslizamiento tipo Lickert (valores 1, 2, 3, 4, 5). Para ello se realizó una escala de valores de vulnerabilidad para los mapas cartográficos de uso actual de suelo, pendiente y precipitación:

✚ *Escala de vulnerabilidad a deslizamiento por tipo cobertura del suelo*

Para el uso actual del suelo, se reclasificaron los tipos de cobertura del suelo, en cinco coberturas con vulnerabilidad similar a deslizamientos. El valor 1 (vulnerabilidad muy bajo) se asignó a los bosques, los cuales son representan las zonas menos intervenidas de la subcuenca, y se encuentran principalmente en su parte alta. El valor 2 (vulnerabilidad bajo) se asignó a las pasturas (ubicadas en la parte alta de la subcuenca), el valor 3 (medio) se asignó a coberturas vegetales, correspondientes a cultivos tradicionales, cultivos tecnificados y

perennes, ubicados en la parte media y baja de la subcuenca, el valor 4 se asignó a los usos de huertos familiares y el valor 5 se asignó a la roca expuesta y/o suelos desnudos de la subcuenca (Cuadro 2).

Cuadro 2. Escala por cobertura.

Cobertura de suelo	Valor
Bosque	1
Pastos	2
Cultivos tradicionales, tecnificados y perennes	3
Huertos caseros	4
Roca expuesta y suelos desnudos	5

✚ Escala de vulnerabilidad a deslizamiento por tipo de pendiente

A partir del modelo de elevación digital se obtuvo el mapa de pendientes por porcentaje, las cuales fueron reclasificadas en cinco categorías basadas en el riesgo a deslizamiento (valores 1-5), de la siguiente manera (Cuadro 3):

Cuadro 3. Escala por pendiente

Rango de pendiente %	Valor
< 3	1
3-8	2
8-15	3
15-30	4
> 30	5

✚ Escala de vulnerabilidad a deslizamiento por precipitación

Utilizando las 14 estaciones con información de precipitación descritas anteriormente, se obtuvo el mapa de isoyetas de la subcuenca, el cual fue reclasificado en rangos de precipitación, (con valores de 1 a 5), desde muy bajo a muy alto (Cuadro 4).

Los rangos de los promedios de precipitación de la cuenca de estudio oscilan de 334 a 646 mm (valor 1), 646 a 957 mm (valor 2), 957 a 1268 mm (valor 3), de 1268 a 1580 mm (valor 4), y mayores a 1580 mm (valor 5).

Cuadro 4. Escala por precipitación.

Precipitación (mm)	Valor
334-646	1
646-957	2
957-1268	3
1268-1580	4
> 1580	5

Obtenidos los mapas de riesgos de deslizamientos por cobertura, pendiente y precipitación se procedió a efectuar un cruce entre ellos. Esto vía el calculador de mapas del programa ArcView. En dicho cruce se utilizaron ponderadores para cada riesgo: 25% para la cobertura, 45% para la pendiente y 30% en la precipitación. La fórmula utilizada fue la siguiente:

$$\text{Vulnerabilidad a deslizamiento} = \text{Factor Pendiente} * 0.45 + \text{Factor Cobertura} * 0.25 + \text{Factor Precipitación} * 0.30$$

Este cruce originó el mapa de deslizamientos potenciales de la subcuenca del río Aguas Calientes, el cual se reclasificó a una escala de cinco categorías:

- Vulnerabilidad de deslizamiento-Muy Bajo
- Vulnerabilidad de deslizamiento-Bajo
- Vulnerabilidad de deslizamiento-Medio (moderado)
- Vulnerabilidad de deslizamiento-Alto
- Vulnerabilidad de deslizamiento-Muy Alto

3.4.4.3 Análisis de accesibilidad

Según FAO (2003), es necesario tener en cuenta que la posibilidad para un tipo de uso de tierras no depende exclusivamente de las aptitudes biofísicas de un lugar, sino también de las capacidades que la población tenga para emprender actividades silvoagropecuarias, una de esas características socioeconómicas es la accesibilidad del lugar.

Según CIAT (2001), la accesibilidad es una herramienta del planificador, dado que la accesibilidad se considera un indicador de potencial económico de gran importancia y una presión innegable sobre los sistemas ecológicos.

Entonces, para calcular la facilidad de acceso en la subcuenca se usó el ArcView con la extensión Accessibility Analyst, utilizando para su elaboración el límite de la subcuenca, las vías de comunicación (carreteras y caminos de todo tiempo) y el tema de pendientes de la subcuenca y como objetivos hacia los cuales medir la accesibilidad el tema de caseríos de la subcuenca.

Se asignaron tiempos para cada tema, los cuales representan el costo o tiempo requerido en atravesar cada celda de estudio de acuerdo a las categorías de cada uno de los temas. El tamaño de grid utilizado en el análisis fue de 10x10 metros.

Para lograr calcular el tiempo en atravesar cada grid de dimensión “D” se utiliza la siguiente formula:

$$tiempo = D * \frac{1}{\left(velocidad(km / h) * \frac{1000}{3600} \right)}$$

Las carreteras contaron con sus respectivos valores de velocidad y tiempo, con respecto a sus códigos (Cuadro 5).

Cuadro 5. Velocidad y tiempo de vías de comunicación.

Vías comunicación	Código	Velocidad km/h	Tiempo s
Carretera panamericana	48	75	0.48
Carretera adoquinada	72	50	0.72
Camino de todo tiempo	120	30	1.20

De igual manera fueron asignados los valores de velocidad y tiempo, para los códigos de uso de suelo. (Cuadro 6).

Cuadro 6. Velocidad y tiempo de cada uso de suelo.

Uso	Código	Velocidad Km/h	Tiempo s
Bosque	800	4.50	8
Café con sombra	900	4.00	9
Cultivo perenne	1200	3.00	12
Cultivo tradicional	1800	2.00	18
Cultivo tecnificado	2400	1.50	24
Agroforestal	1200	3.00	12
Pastos	600	6.00	6
Roca expuesta	900	4.00	9
Laguna	1800	2.00	18

Para la capa de pendientes, se consideró un factor de uno (1) en las pendientes planas (0-8%), dos (2) para las pendientes ligeramente onduladas (8-15%), y tres (3) para pendientes mayores a 15%. Estos factores multiplican el tiempo requerido para atravesar un pixel en función del valor de la pendiente.

Finalmente con las anteriores clasificaciones y asignaciones de nuevos valores, en conjunto con los mapas anteriormente descritos se obtuvo el mapa de accesibilidad, teniendo como resultado tres categorías de accesibilidad:

- 0-10 min. Accesibilidad alta
- 10-40 min. Accesibilidad media
- Más de 40 min. Accesibilidad baja

3.4.4.4 Zonas de la protección de las aguas

Con el mapa de la red hídrica principal de la subcuenca y el apoyo del SIG se estableció un buffer de 200m a partir de las riberas de los ríos, basados en el marco legal: Ley General de Aguas N° 620, donde: Título VII: De la protección de las aguas; Capítulo I: Disposiciones Generales; Artículo 96 menciona:

“Es de interés social asegurar la calidad de los cuerpos de aguas nacionales, a través de la promoción y ejecución de las medidas y acciones necesarias para su debida y permanente protección y conservación. Se prohíbe la tala o corte de árboles o plantas de cualquier especie, que se encuentren dentro de un área de doscientos metros a partir de las riberas de los ríos y costas de lagos y lagunas a fin de proteger el recurso hídrico existente, sin perjuicio de lo establecido en el Arto. 57 de la Ley No. 559, "Ley especial de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales", del 21 de noviembre del 2005”

3.4.4.5 Zonas potenciales de recarga hídrica

Basado en el marco legal, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales (Ley N° 217), Título III: De los Recursos Naturales, Capítulo II: De las Aguas, Sección I: Normas Comunes, Arto. 78 menciona que: para autorizar el uso del agua, las instituciones con mandato deberán de tomar en cuenta la siguiente disposición:

“Considerar la interrelación equilibrada con los demás recursos y el funcionamiento del ciclo hidrológico, con especial protección de los suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y de las áreas potenciales de recarga de los acuíferos”

En tal sentido la identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH) para su protección o manejo en la subcuenca en estudio, tiene por finalidad conservar y/o recuperar el agua de los acuíferos y/o manantiales, siendo estas ZPRH importantes para hacer frente al reto de la escasez de agua.

Para este objetivo se empleó el método científico RAS cuya estimación se basa en el balance climático multiplicado por un coeficiente de infiltración, la operación de mapas se realizó con apoyo del SIG cuyos pasos se indican en la Figura 4.

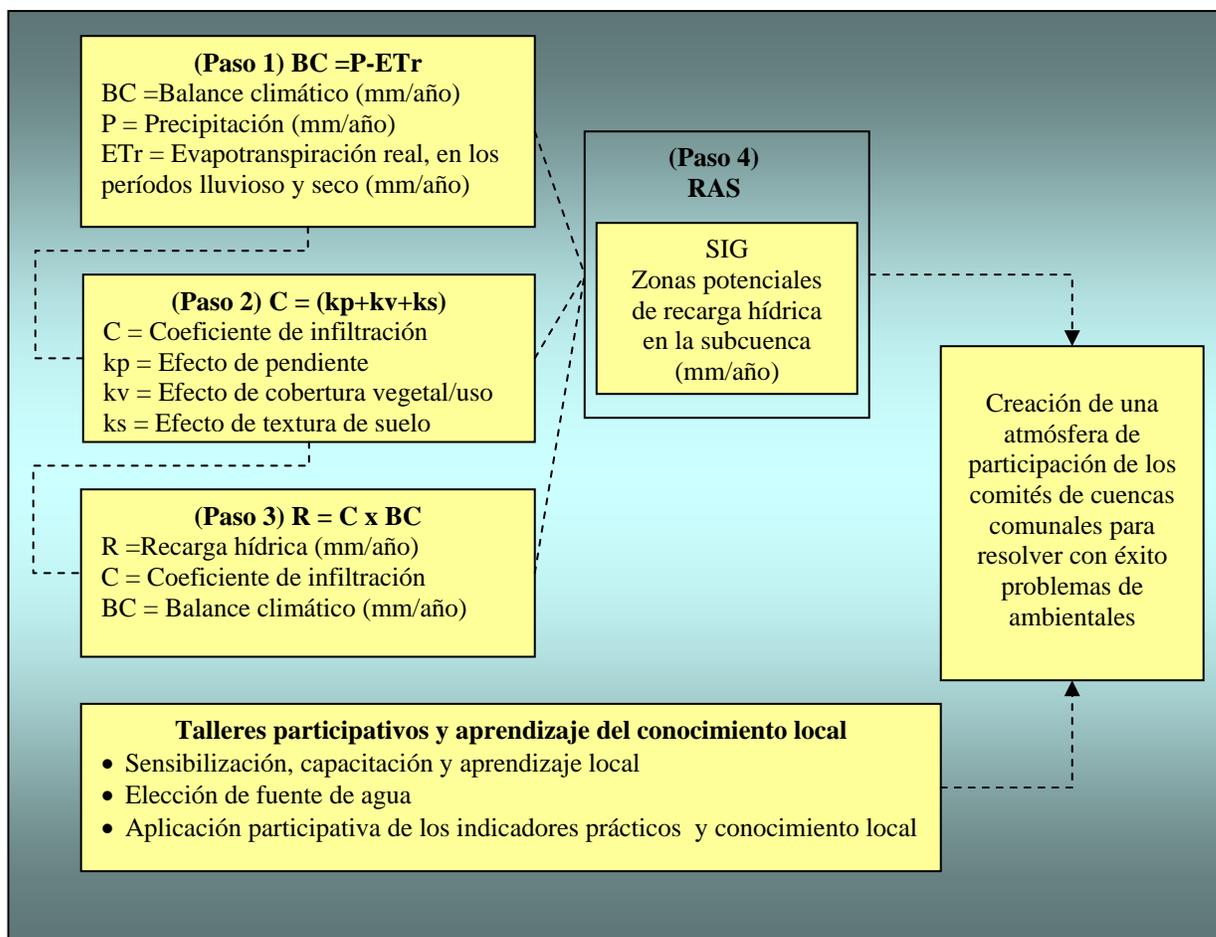


Figura 4. Esquema de pasos de la metodología RAS y conocimiento local-técnico.

✚ Método RAS

Con la información de las precipitaciones totales de las 14 estaciones seleccionadas (Cuadro 24) se elaboró el mapa de distribución de las precipitaciones dentro de la subcuenca (mm/año).

Se elaboró un mapa de distribución de la evapotranspiración real (ETr) con el apoyo del SIG y el método Spline, para ello se utilizó el mapa de evapotranspiración referencia (ETo) obtenida de la base de datos del programa FAOclim y el mapa de coeficiente global de desarrollo (Kg), valores obtenidos de tablas en Aparicio (1997), Cajina (2006) y FAO (1980), los cuales fueron asignados a cada tipo de cobertura vegetal del suelo.

Se tuvo en consideración la ETr en el período lluvioso y la ETr en el período seco, característica de la subcuenca Aguas Calientes. En el período de lluvias la ETr se basa en los

valores de Kg y en su ciclo vegetativo, en el período seco la ETr se basa en los días restantes del año y se le otorga un valor Kg disminuido en un 50% a cada tipo de cobertura para simular que sigue existiendo una pérdida de agua por la cobertura existente. El Cuadro 7 nos muestra los valores de Kg y ciclo vegetativo para cada cobertura en los períodos de lluvioso y seco.

Cuadro 7. Valores de Kg y del ciclo vegetativo.

Cobertura	Período			
	Lluvioso		Seco	
	Kg	Ciclo vegetativo	Kg	Ciclo vegetativo
Agroforestal	0.65	242	0.325	123
Bosque	0.60	180	0.300	185
Bosque ribereño	0.43	180	0.215	185
Café con sombra	0.78	180	0.390	185
Cultivo perenne	0.60	180	0.300	185
Cultivo tecnificado	0.60	140	0.300	225
Cultivo tradicional	0.65	120	0.325	245
Pastos	0.70	180	0.350	185

Fuente: Cajina (2006), Aparicio (1997), y FAO (1980)

Luego se elaboró un mapa con seis rangos de pendientes en porcentaje y para cada zona se le asigna un valor de coeficiente de la escorrentía superficial (kp). El Cuadro 8 muestra los valores de kp para rango de pendiente.

Cuadro 8. Valores de kp.

Rango Pendientes %	Kp
0-4	0.40
4-15	0.15
15-30	0.10
30-50	0.07
50-70	0.05
Más de 70	0.01

Fuente: Junker (2005)

Con el mapa de uso suelo reclasificado y asignando un valor de coeficiente de uso de suelo (kv), se elaboró el mapa para ese facto. El Cuadro 9 muestra los valores de kv para cada uso de suelo.

Cuadro 9. Valores de kv.

Categoría uso actual	kv
Bosque ribereño	0.20
Bosque	0.20
Café con sombra	0.19
Cultivo perenne	0.18
Cultivo tradicional	0.10
Cultivo tecnificado	0.10
Agroforestal	0.14
Pastos	0.10

Fuente: Junker (2005).

Con base en el mapa de orden de suelos, a las texturas que presentan y sus características y composición descritas anteriormente, a cada orden de suelo se le asignó un coeficiente de textura de suelo (ks). El Cuadro 10 muestra los valores de ks para cada orden de suelo.

Cuadro 10. Valores de ks.

Orden de suelos	Descripción y/o composición	ks
Inceptisoles	Suelos de texturas medias bien drenadas compuesta por franco arenoso	0.35
Molisoles	Suelos rojizos de pradera Compuestas por franco y franco arcilloso	0.30

Fuente: adaptado de Junker (2005)

Luego se superpusieron los mapas para el cálculo de la recarga acuífera:

✓ Cálculo de la recarga acuífera

○ $R = BC \times C$

Donde:

○ R: Recarga acuífera (mm/año)

○ BC: Balance Climático (mm/año)

○ C: Coeficiente de infiltración (adimensional)

○ $C = k_p + k_s + k_v$

✓ Balance climático

○ $BC = P - ETr$

Donde:

- P: precipitación (mm/año)
- ETr: Evapotranspiración real (mm/año)

3.4.4.6 Primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica aplicando indicadores prácticos y procesos participativos

La racionalidad campesina no es estática, ella evoluciona en el transcurso del tiempo, le surgen nuevas ideas y prioridades, acumula más experiencia y está bajo la influencia de nuevas fuentes de información así como de nuevas tecnologías, pero el proceso de innovación de las comunidades es la interfaz entre el saber tradicional y el moderno, además de la circulación de la nueva información (Prins 2005).

Jiménez (2006) describe dentro de los elementos fundamentales para el manejo y la gestión de cuencas la capacitación por medio de actitudes y valores favorables a la conservación ambiental, el manejo de los recursos naturales, producción sostenida, capacidad de gestión y organización local.

Faustino (2006) menciona que no existe una pauta exclusiva para esta identificación de zonas o áreas potenciales de recarga, todo dependerá de los ecosistemas en el cual se realice el trabajo, pero de manera general se pueden considerar los siguientes indicadores prácticos:

- Configuración topográfica del terreno (plano o cóncavo)
- Vegetación permanente (especies de raíces pivotantes y profundas en ramificación, follaje verde en épocas de sequía)
- Uso de la tierra con prácticas que favorecen la infiltración del agua en el suelo (prueba práctica de infiltración)
- Situación geológica (permeabilidad de los estratos, depósitos de agua subterránea),
- Distribución de las precipitaciones,
- Condiciones del suelo (textura franca, alta porosidad, alta infiltración y permeables)
- Otros factores climáticos (temperatura, evaporación)

Bajo este contexto como un primer acercamiento para la identificación de posibles zonas potenciales de recarga hídrica de forma participativa a una escala in situ, se desarrolló la siguiente metodología:

✚ *Sensibilización, capacitación y aprendizaje local*

Se realizó un taller participativo por comunidad (10 comunidades) con los actores claves y comités de cuencas comunales, para sensibilizar, realizar difusión de aspectos conceptuales así como aprender y comprender el conocimiento local y lógica en cuanto al manejo y gestión comunal del recurso hídrico. Los temas que se trataron fueron: el ciclo hidrológico y su relación con las zonas potenciales de recarga, indicadores prácticos que favorecen o restan capacidad de infiltración de agua en el suelo (Figuras 5 y 6).

✚ *Elección de fuentes de agua*

Los comités comunales cuencas eligieron una fuente de agua (pozo) de importancia para su comunidad basado en la disponibilidad de agua y/o la concurrencia por el uso del agua de pozo, tanto por personas de su comunidad como de otras comunidades.

✚ *Aplicación de conocimientos locales-indicadores prácticos*

Con la elección del pozo como punto de partida se aplicó el conocimiento local y algunos indicadores prácticos (configuración del terreno, uso actual del suelo y tipo de suelo) los cuales fueron analizados de forma cualitativa. No se realizó ninguna evaluación de campo y/o de laboratorio para determinar la capacidad de infiltración en función de los indicadores elegidos. Se realizó así el primer acercamiento a las posibles zonas potenciales de recarga hídrica “in situ” como resultado del razonamiento y análisis del paisaje.



Figura 5. Sensibilización y capacitación sobre zonas potenciales de recarga hídrica.



Figura 6. Aprendizaje del conocimiento local.

3.5.4 Propuesta de zonificación ambiental

El Ordenamiento Ambiental Territorial, con enfoque de cuencas hidrográficas, se basa en conocimientos potencialidades y limitaciones tanto físicas como naturales (biofísicas) como socioeconómicas. Para revertir los procesos de degradación de los recursos naturales y la problemática socioambiental identificada (MAGFOR 2000).

La dimensión ambiental es parte intrínseca del Ordenamiento Territorial y su manejo adecuado y protección garantizan un desarrollo económico sostenido y con equidad social (Decreto N° 78-2002). La planificación del espacio urbano debe basarse en la zonificación de uso y ocupación del suelo urbano establecida en los artículos siguientes (Decreto N° 78-2002).

El ordenamiento ambiental del territorio tendrá como objetivo principal alcanzar la máxima armonía posible en las interrelaciones de la sociedad con su medio ambiente, tomando en cuenta. Características topográficas, geomorfológicas y meteorológicas de las diferentes regiones ambientales del país. Las vocaciones de cada región en función de sus recursos naturales, la conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de las fuentes de agua. La distribución y pautas culturales de la población y los desequilibrios ecológicos existentes por causas humanas o naturales (Ley General Del Medio Ambiente y De Los Recursos Naturales Nicaragua, N° 217):

Para desarrollar el objetivo se siguieron los lineamientos de la política general para el ordenamiento territorial (Decreto No. 90-2001) así como las normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial que establece el Decreto No. 78-2002.

La elaboración de la propuesta de zonificación con la herramienta del SIG se basó en dos etapas: primera etapa de la zonificación formada por el análisis del mapa de uso actual, mapa de conflicto y mapa de accesibilidad (Figura 7) así como las zonas propuestas en toda el área de la subcuenca y la segunda etapa la cual es la propuesta de zonificación propiamente dicha, conformada por la primera etapa de la zonificación y la integración de las zonas que restringen el uso de los suelos por las normas legales, y amenazas naturales (Figura 7).

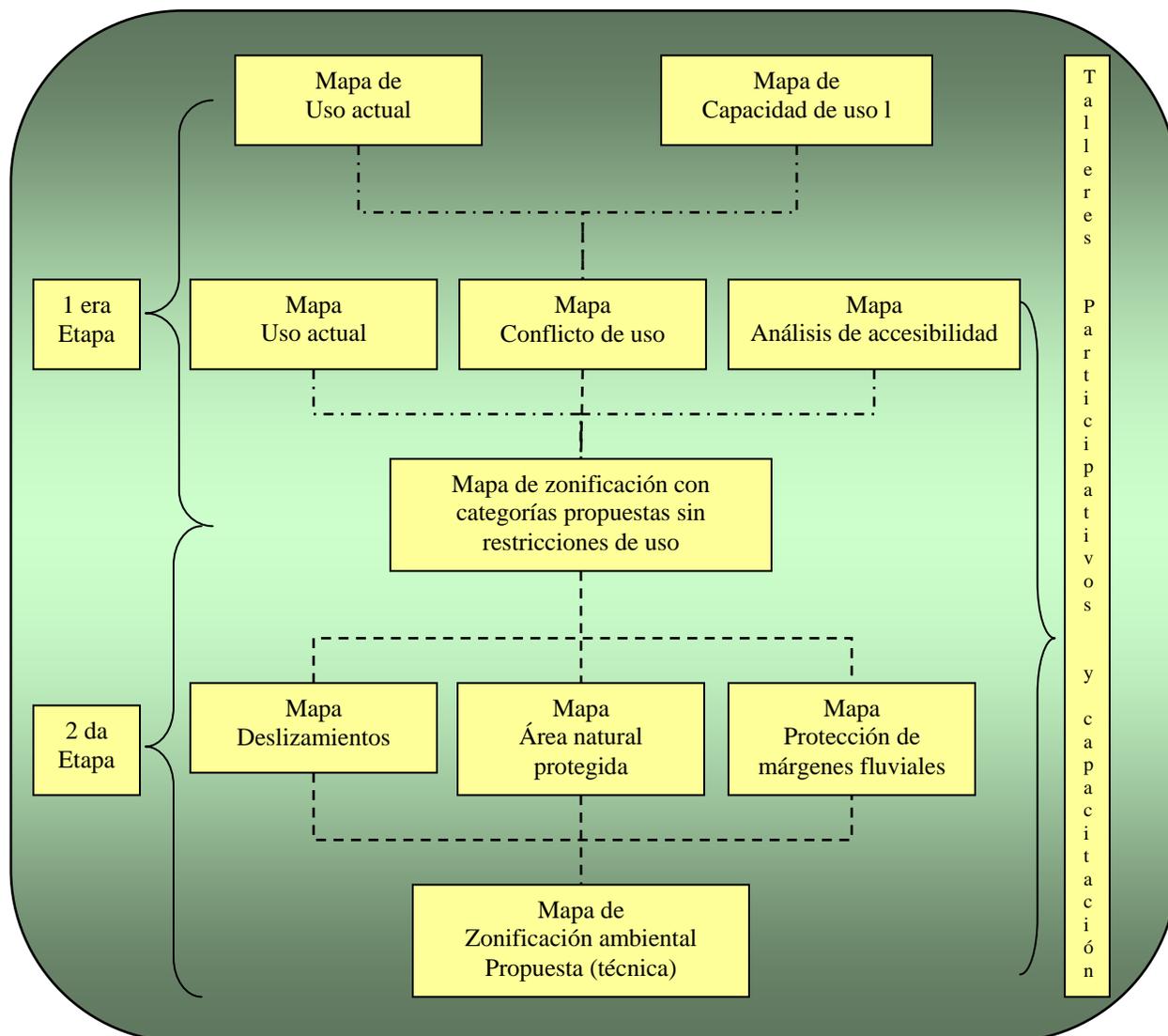


Figura 7. Integración de mapas temáticos.

Por otro lado, los procesos de zonificación (primer orden, segundo orden.....) se podrían definir de acuerdo a lo adaptado de los procesos analíticos para determinar el uso potencial de la tierra del análisis de Komives et al. (1985.)¹ (Anexo 2).

Zonificación de primer nivel. Es la zonificación natural basada en la capacidad de uso de los suelos, para la identificación de los usos probables. Con la integración de las restricciones de los usos para la protección y la conservación del ambiente (zonas protegidas, protección de las aguas bosque ribereños, etc).

¹ Faustino, J. 2008. Niveles de los procesos de la zonificación Turrialba, CR, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, comunicación personal

Zonificación de segundo nivel. Es la zonificación donde se identifica la problemática (sobreuso, adecuado y subuso).

Zonificación de tercer nivel. La cual es el resultado de la integración de otros factores (legales, sociales, económicos, administrativos) otorgándonos el uso potencial de suelos de la subcuenca.

3.5.5 Comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación

Según GTZ (2006) la comunicación y educación es una herramienta de apoyo para procesos de ordenamiento territorial, de tal manera que crea una atmósfera cooperativa entre involucrados y los motiva a resolver juntos el problema ambiental, los sensibiliza sobre el problema y genera condiciones para la participación, propicia el dialogo entre involucrados, facilitando condiciones para el cambio de conducta.

En tal sentido se agrupó a los comités de cuencas comunales por sectores altitudinales, parte baja, media y alta de la subcuenca, y mediante un taller participativo por sectores (baja, media y alta) se capacitó a los comités de cuencas comunales sobre conceptos, beneficios del proceso de zonificación ambiental y ordenamiento territorial (Figura 8). Asimismo se sensibilizó a los comités de cuencas interiorizando sus problemáticas socioambientales de sus comunidades (Figura 9), mediante talleres participativos con la metodología de mapa de ordenamiento comunal adaptado al tipo de investigación (Gielfus 2002), finalmente se construyeron escenarios deseados de la zonificación ambiental de la subcuenca.



Figura 8. Capacitación sobre zonificación y ordenamiento territorial en cuencas.



Figura 9. Sensibilización de la problemática de sus comunidades.

3.4.5.1 Primera etapa de la zonificación

Según PRONOT, las categorías de ordenamiento son una serie de zonas identificadas con criterios diversos y que se definen como base a la capacidad de acogida del territorio, cada una de las cuales se adopta como base para definir los niveles de uso del territorio y la forma en que pueden desarrollarse las actividades humanas para que se garantice la conservación y explotación sostenida de los recursos que contiene. En ese sentido para la elaboración de la zonificación ambiental no solo basta hacer uso de la capacidad de uso del suelo sino también variables socioeconómicas.

Para el presente estudio se utilizó criterios generales ambientales y de recursos naturales mencionados en la sección segunda del Decreto N° 78-2002 (Anexo 3) y el análisis de la suma de los siguientes mapas temáticos:

✚ **Mapa de uso actual de suelo.** - Indica el significado de la cobertura para el ser humano y lo que sucede en la actualidad en el campo (Richters 1995).

✚ **Mapa de conflicto de uso.** - Muestra la forma que esta siendo utilizado el territorio a fin de poder determinar el nivel de intervención de los recursos naturales, y poder orientar proyectos que tiendan a mantener un equilibrio entre la naturaleza y la sociedad (MAGFOR 2000).

✚ **Mapa de niveles de accesibilidad.** - El cual representa cual es las posibilidades desarrollo económico y social así como las limitaciones del uso del recurso natural (CIAT 2001).

Asimismo Maldonado y Rodríguez (1997) mencionan, que la capacidad de uso de las tierras no debe ser el único criterio para la zonificación. Se deben tener en consideración aspectos económicos, sociales y ambientales, como la conservación de ecosistemas, la fijación de gases, la protección de los recursos hídricos y la belleza escénica, bajo los cuales una tierra en subuso puede generar mayores beneficios que los meramente agropecuarios.

Para poder sumar los mapas temáticos a cada categoría de le asignó un código numérico. La suma de estos mapas dio origen a una tabla de atributos que muestran las combinaciones compuestas existentes (Cuadro 11 y 12).

Cuadro 11. Códigos de los temas uso de tierras, conflicto y accesibilidad.

Mapa temático	Categorías	Códigos
Uso de la tierra	Bosque ribereño	1
	Bosque	2
	Café con sombra	3
	Cultivo perenne	4
	Cultivo tradicional	5
	Cultivo tecnificado	6
	Huertos caseros	7
	Pastos	8
	Miscelánea	9
Conflicto	Sub utilizado	100
	Adecuado	200
	Sobre utilizado	300
Accesibilidad	Mayor accesibilidad	1000
	Accesibilidad media	2000
	Accesibilidad baja	3000

Cuadro 12. Suma de mapas temáticos para el mapa de la primera etapa.

Uso	Conflicto	Acceso	Suma
Huertos caseros	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1107
Huertos caseros	Adecuado	Mayor accesibilidad	1207
Huertos caseros	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1307
Huertos caseros	Sub utilizado	Accesibilidad media	2107
Huertos caseros	Adecuado	Accesibilidad media	2207
Huertos caseros	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2307
Huertos caseros	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3307
Bosque	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1102
Bosque	Adecuado	Mayor accesibilidad	1202
Bosque	Sub utilizado	Accesibilidad media	2102
Bosque	Adecuado	Accesibilidad media	2202
Bosque	Sub utilizado	Accesibilidad baja	3102
Bosque	Adecuado	Accesibilidad baja	3202
Bosque ribereño	Adecuado	Mayor accesibilidad	1201
Bosque ribereño	Adecuado	Accesibilidad media	2201
Café con sombra	Adecuado	Mayor accesibilidad	1203
Café con sombra	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1303
Café con sombra	Adecuado	Accesibilidad media	2203
Café con sombra	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2303
Café con sombra	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3303
Cultivo perenne	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1104
Cultivo perenne	Adecuado	Mayor accesibilidad	1204
Cultivo perenne	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1304
Cultivo perenne	Sub utilizado	Accesibilidad media	2104
Cultivo perenne	Adecuado	Accesibilidad media	2204
Cultivo perenne	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2304
Cultivo tecnificado	Adecuado	Mayor accesibilidad	1206

Cultivo tradicional	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1105
Cultivo tradicional	Adecuado	Mayor accesibilidad	1205
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1305
Cultivo tradicional	Sub utilizado	Accesibilidad media	2105
Cultivo tradicional	Adecuado	Accesibilidad media	2205
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2305
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3305
Pastos	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1108
Pastos	Adecuado	Mayor accesibilidad	1208
Pastos	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1308
Pastos	Sub utilizado	Accesibilidad media	2108
Pastos	Adecuado	Accesibilidad media	2208
Pastos	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2308
Pastos	Sub utilizado	Accesibilidad baja	3108
Pastos	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3308

3.4.5.2 Segunda etapa de la zonificación (propuesta de zonificación ambiental)

Para la elaboración de la propuesta de zonificación se utilizó el mapa de la primera etapa y se superpuso los mapas de restricciones de uso de suelos por normas legales (zona natural protegida Serranías Tepesomoto La Patast, zonas de protección de las aguas) y zonas de deslizamientos históricos. En ese sentido se asignó un código a cada categoría de restricción con la finalidad de realizar el proceso de integración con la zonificación de la primera etapa (Cuadro 13).

La superposición de los mapas por restricciones legales, implicó el recorte del análisis de la suma de mapas. Quedando fuera del análisis los usos de suelos de café con sombra y cultivo tecnificado al encontrarse dentro de la zona protegida y zona de protección de las aguas respectivamente. El cuadro 14 muestra el análisis realizado, por ejemplo un bosque con uso adecuado y de mayor accesibilidad tendrá como suma de códigos el valor 1202, y como nueva categoría Desarrollo del potencial de aprovechamiento forestal sostenible al cual se le asignó el código C2.

Cuadro 13. Códigos de los temas: zonas natural protegida y márgenes fluviales.

Tema	Categorías	Códigos
Zona natural protegida	Área núcleo	2000
	Área de amortiguamiento	1000
Márgenes fluviales	Desarrollo y conservación del bosque ribereño	10

Cuadro 14. Temas usados, y códigos de las categorías compuestas

Uso	Conflicto	Acceso	Suma	Código
Huertos caseros	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1107	A3
Huertos caseros	Adecuado	Mayor accesibilidad	1207	B2
Huertos caseros	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1307	A2
Huertos caseros	Sub utilizado	Accesibilidad media	2107	A3
Huertos caseros	Adecuado	Accesibilidad media	2207	B2
Huertos caseros	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2307	A2
Huertos caseros	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3307	D1
Bosque	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1102	C2
Bosque	Adecuado	Mayor accesibilidad	1202	C2
Bosque	Sub utilizado	Accesibilidad media	2102	C2
Bosque	Adecuado	Accesibilidad media	2202	C2
Bosque	Sub utilizado	Accesibilidad baja	3102	C3
Bosque	Adecuado	Accesibilidad baja	3202	C3
Bosque ribereño	Adecuado	Mayor accesibilidad	1201	C1
Bosque ribereño	Adecuado	Accesibilidad media	2201	C1
Cultivo perenne	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1104	A4
Cultivo perenne	Adecuado	Mayor accesibilidad	1204	B1
Cultivo perenne	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1304	A1
Cultivo perenne	Sub utilizado	Accesibilidad media	2104	A4
Cultivo perenne	Adecuado	Accesibilidad media	2204	B1
Cultivo perenne	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2304	A1
Cultivo tradicional	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1105	A3
Cultivo tradicional	Adecuado	Mayor accesibilidad	1205	B4
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1305	A2
Cultivo tradicional	Sub utilizado	Accesibilidad media	2105	A3
Cultivo tradicional	Adecuado	Accesibilidad media	2205	B4
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2305	A2
Cultivo tradicional	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3305	D1
Pastos	Sub utilizado	Mayor accesibilidad	1108	A5
Pastos	Adecuado	Mayor accesibilidad	1208	B3
Pastos	Sobre utilizado	Mayor accesibilidad	1308	A5
Pastos	Sub utilizado	Accesibilidad media	2108	A5
Pastos	Adecuado	Accesibilidad media	2208	B3
Pastos	Sobre utilizado	Accesibilidad media	2308	A5
Pastos	Sub utilizado	Accesibilidad baja	3108	D1
Pastos	Sobre utilizado	Accesibilidad baja	3308	D1

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados y discusión del objetivo específico 1

Actualizar y/o espacializar la información socioeconómica y biofísica de la subcuenca

La recopilación de información es el punto de partida sobre el cual se sustentan las demás etapas del proceso de la zonificación. El área de estudio es una subcuenca modelo o “laboratorio de campo” por lo que, parte de la información se encontró en diferentes investigaciones realizadas en la subcuenca por instituciones públicas y privadas. El éxito de la recopilación de la información fue la presencia de las instituciones en la ciudad de Somoto las cuales forman parte del comité de cuencas bimunicipal así como las organizaciones sociales como los comité de cuencas comunales. En general, toda la información recopilada fue utilizada para la descripción de la subcuenca y la creación de nuevos mapas temáticos compuestos para el análisis (Cuadro 15).

Cuadro 15. Información recopilada que describe la subcuenca.

	Tema	Fuente	Actualizado	Método	Base de datos
Información Socioeconómica	Distribución y composición De la población	Adaptado de Benegas (2006)	No	-----	Formato digital Word
	Migración	FNUAP (2001), Cajina (2006)	No	-----	Formato digital Word
	Nivel de pobreza	FNUAP (2001)	No	-----	Formato digital Word
	Educación	Benavides et ál (2005), Cajina (2006)	No	-----	Formato digital Word
	Salud	Cajina (2006)	Si	Entrevista a persona clave del CCC de Santa Isabel	Formato digital Word
	Comunicación	Benavides et ál (2005)	No	-----	Formato digital Word
	Servicios de electricidad	Comité de cuencas comunales (CCC)	Si	Entrevista a personas claves de	Formato digital Word

				los CCC de las 10 comunidades	
	Organización institucional	Cajina (2006)	No	-----	Formato digital Word
	Sistemas productivos	Benegas (2006) y Gómez (2003)	No	-----	Formato digital Word
	Tenencia de tierras	Benavides et ál (2005), Cajina (2006)	No	-----	Formato digital Word

	Tema	Fuente	Actualizado	Método	Base de datos
Información Biofísica	Fisiografía, relieve y red hídrica	Umaña (2000) y MAGFOR (2000)	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Sectores altitudinales de la subcuenca	PRPC (2001), comité de cuencas	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Topografía y pendiente	MAGFOR (2000)	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Suelos (orden de suelos)	MAGFOR (2000)	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Clima Pluviometría	MAGFOR (2000) y comité de cuencas	Si	-----	Descriptivo y mapa temático
	Capacidad de Uso	MAGFOR (2000),	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Área protegida	MARENA (Plan de manejo)	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:50000)
	Uso actual	Jones y Sergio (2006)	No	-----	Descriptivo y mapa temático (1:25000)
	Deslizamientos históricos	COSUDE (2000)	Si	Entrevista a personas claves de los CCC El Volcán y Porcal	Descriptivo y mapa temático (1:50000)

La información socioeconómica proveniente básicamente de procesos participativos describen muy bien las condiciones de los productores que habitan la subcuenca. Por otro lado, la información biofísica cartográfica proviene de un análisis de escala 1:50000, y el mapa temático de uso actual de suelos con un nivel de detalle 1:5000. Ante esta variedad de escala, un funcionario del INETER mencionó que “la debilidad del país es no poseer

información cartográfica actuales y de escalas grandes, pero aun así los estudios de ordenamiento se realizan con la información existente y disponible”. Según Faustino (2007) existe un relación inversamente proporcional entre el tamaño del área de estudio y la escala de detalle; entre más pequeña sea la unidad de análisis, mayor ha de ser la escala de detalle y viceversa. El análisis a nivel municipal debe considerar detalles a 1:10000 o menos. Una escala de trabajo 1:25000 permite aproximaciones muy importantes, pero nunca a nivel de finca cuyos problemas existentes deben interiorizarse al momento de la interpretación de los estudios (MINAE, 2003). De ahí que si se desea intervenir a este último nivel, es imprescindible el acompañamiento técnico para lograr desagregar la escala y puntualizar en las heterogeneidades que componen el espacio geográfico. En ese sentido, se utilizó una escala combinada de trabajo de 1:25000 de tal manera que permita disminuir errores de interpretación y comprender el comportamiento espacial de las diferentes de las variables analizadas.

La información pluviométrica proviene de las nueve estaciones ubicadas dentro de la subcuenca. El registro de lluvias del 2007 se encontraba incompleto en la base de datos del comité de cuencas, por lo que la estimación de datos faltantes se realizó con el apoyo de estaciones que se ubicaron fuera de la subcuenca, mediante el método de correlación simple (Cuadro 23). La actualización de información socioeconómica y biofísica se llevó a cabo mediante entrevistas con personas claves de los comités de cuencas comunales y/o de las comunidades.

A continuación se muestran los mapas de actualización de la información socioeconómica y biofísica de la subcuenca (información detallada en el Anexo 1).

4.1.1 Mapas de información socioeconómica

Distribución de la población y densidad poblacional. La densidad poblacional promedio de la subcuenca bimunicipal es de 140 hab/km² la cual es mayor que la de los municipios Somoto y San Lucas a las cuales pertenece con 74 y 87 hab/km² respectivamente. Asimismo se muestra las densidades poblacionales de las 10 comunidades (Figura 10)

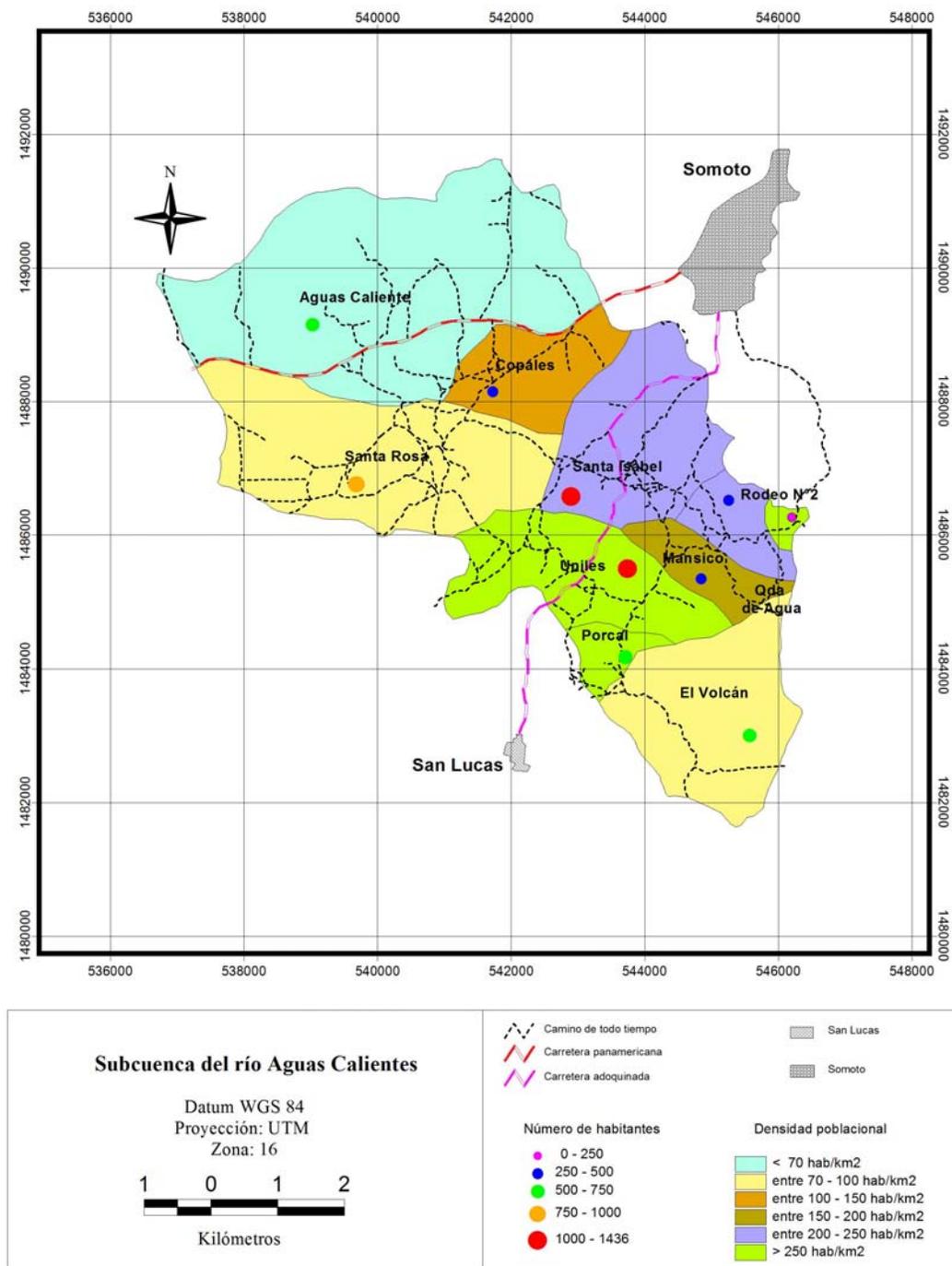


Figura 10. Mapa de distribución de la densidad poblacional.
Fuente: Elaboración propia

Comunicación. Se presentan tres vías de comunicación importantes las cuales constan de un tramo de la Panamericana que pasa por la parte baja de la subcuenca, la carretera adoquinada que cruza la parte media y los caminos de todo tiempo que comunican a las comunidades (Figura 11).

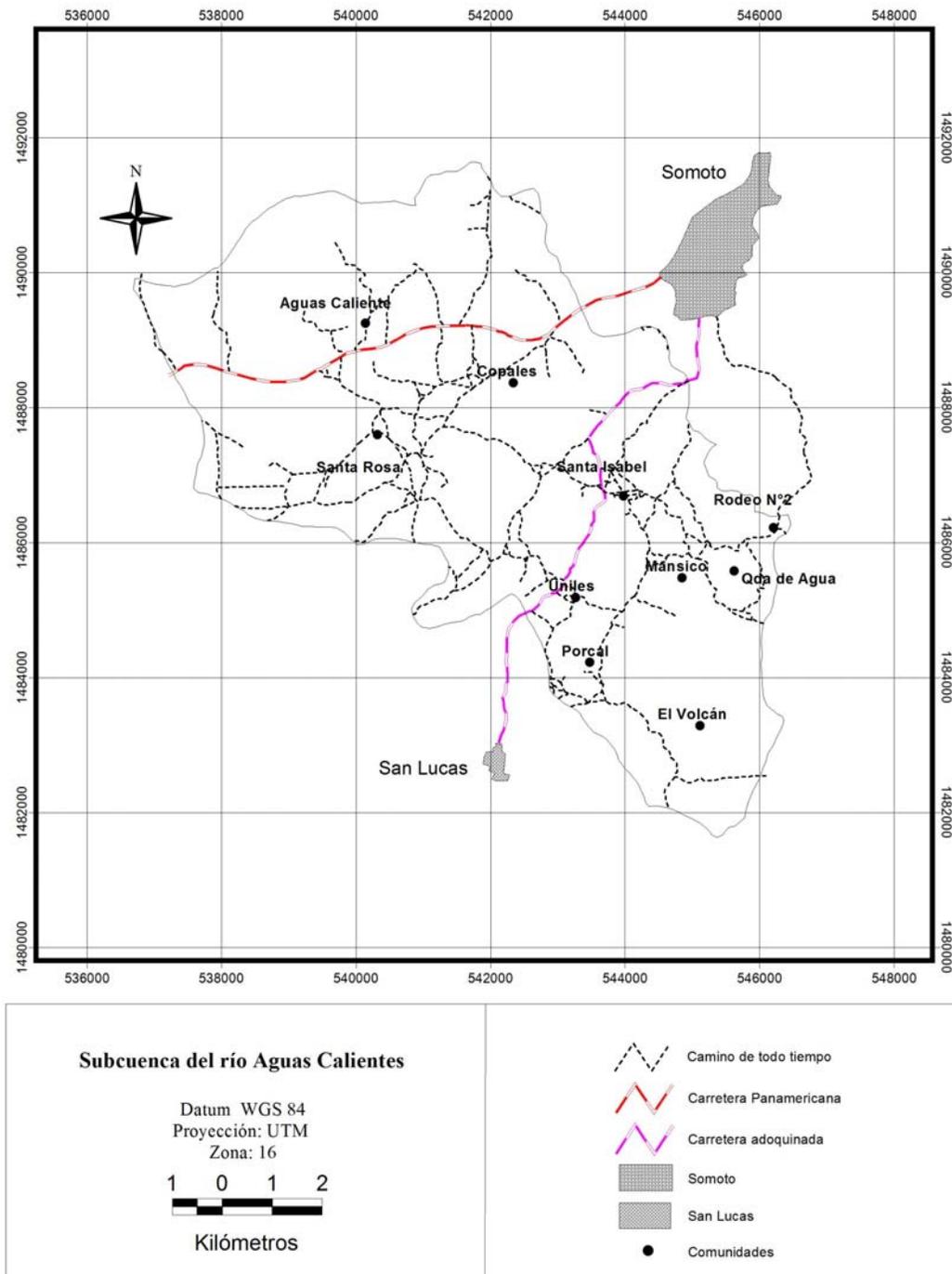


Figura 11. Vías de comunicación
Fuente: Elaboración propia

Educativa. La subcuenca presenta 12 infraestructuras educativas las cuales brindan niveles pre-escolar y primario y solamente la comunidad Santa Isabel brinda educación secundaria (Figura 12).

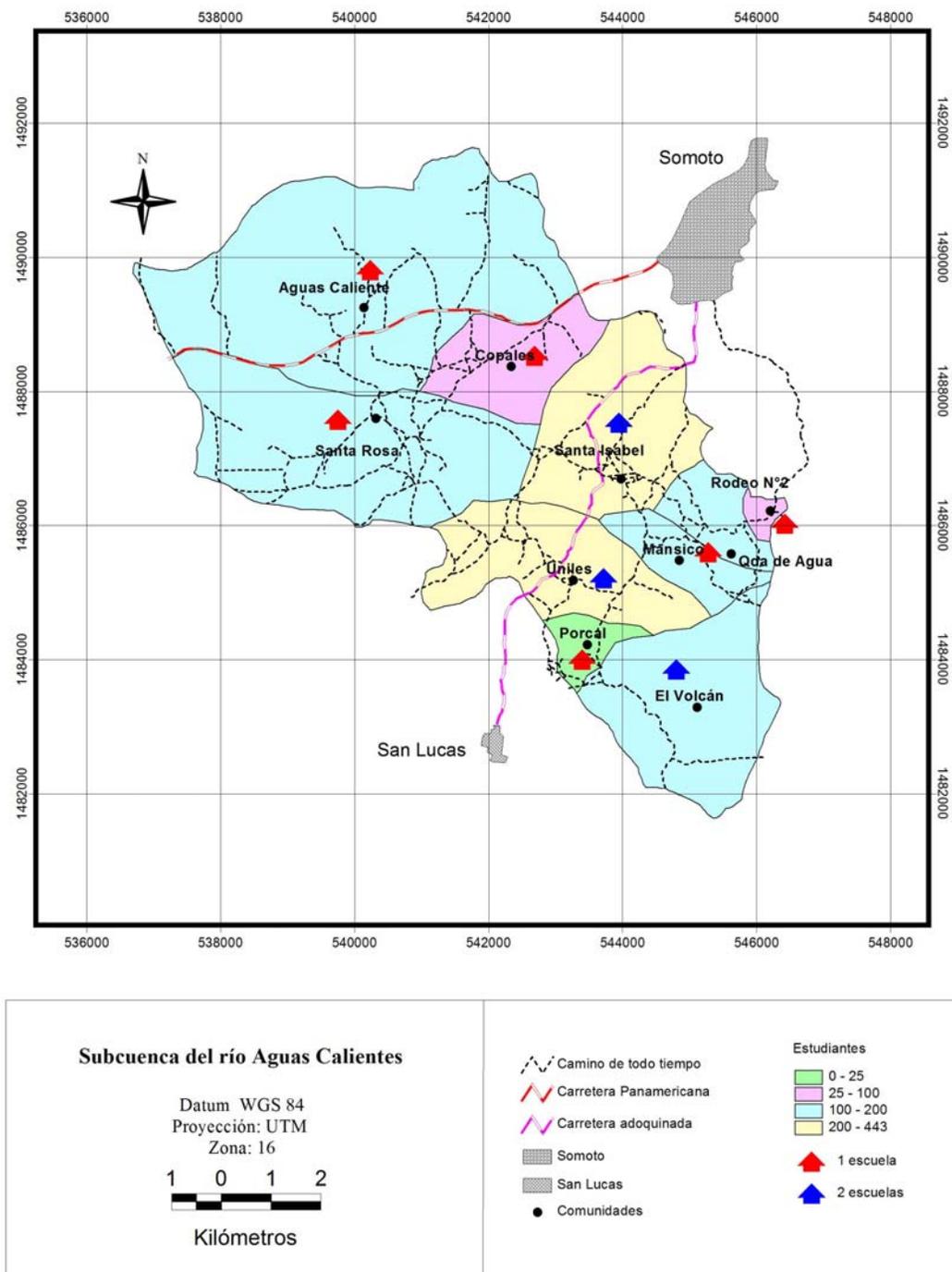


Figura 12. Cobertura de infraestructura escolar.
Fuente: Elaboración propia

Servicio de salud y teléfono público. La subcuenca presenta un centro de salud. Sin embargo muchos pobladores asisten a las cabeceras municipales donde también existe centro de salud y por la presencia de un servicio de hospital en Somoto. Asimismo, en la subcuenca se presentan dos servicios de teléfono público con energía solar (Figura 13).

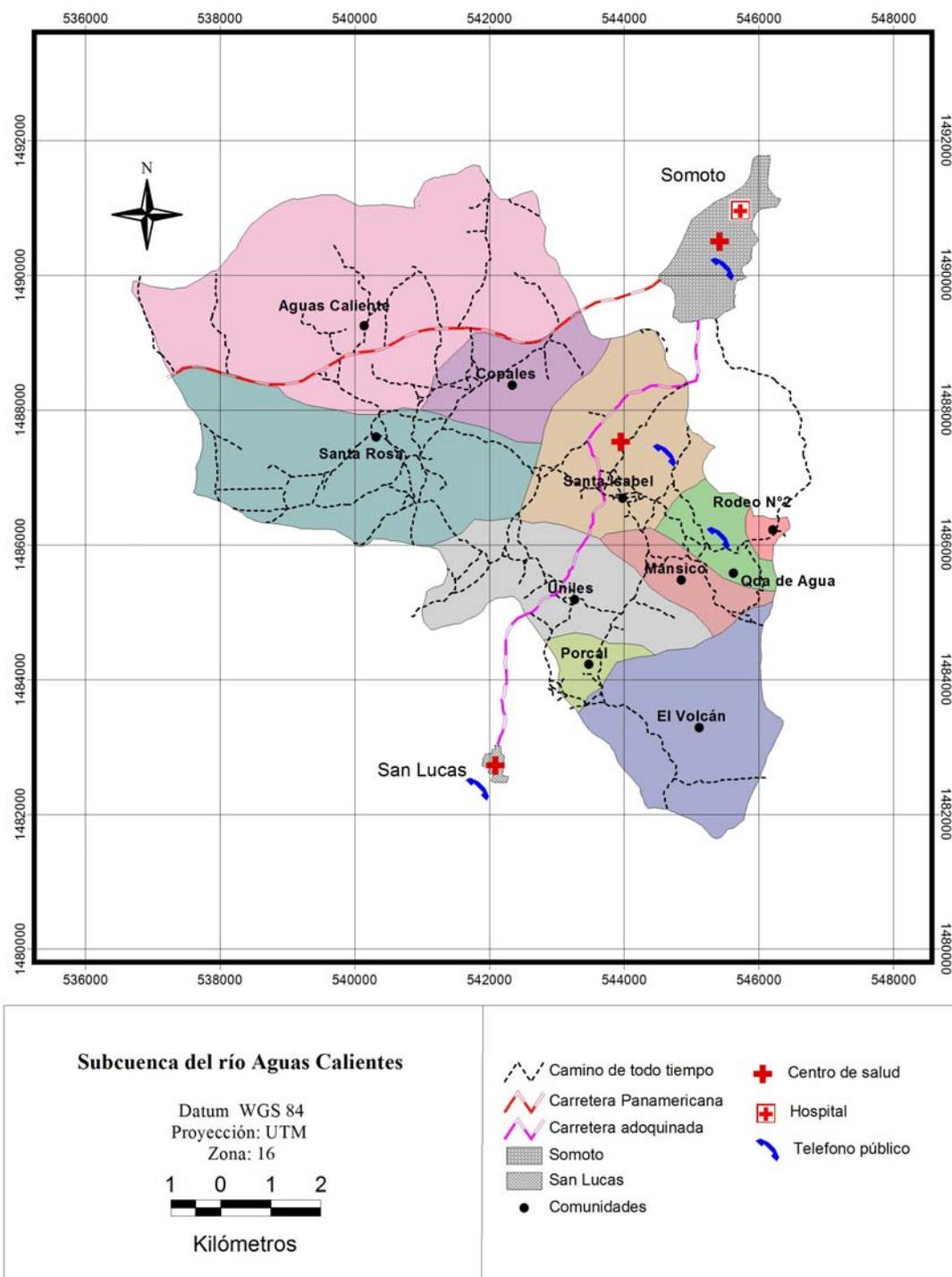


Figura 13. Infraestructura de servicio de salud y teléfono público.
Fuente: Elaboración propia

Cobertura del servicio de energía eléctrica. En general el 46% de la población que habita la subcuenca se encuentra servida de energía eléctrica. La comunidad no atendida es Mansico y las más atendidas son Santa Rosa, Rodeo N° 2 y Quebrada de agua (Figura 14).

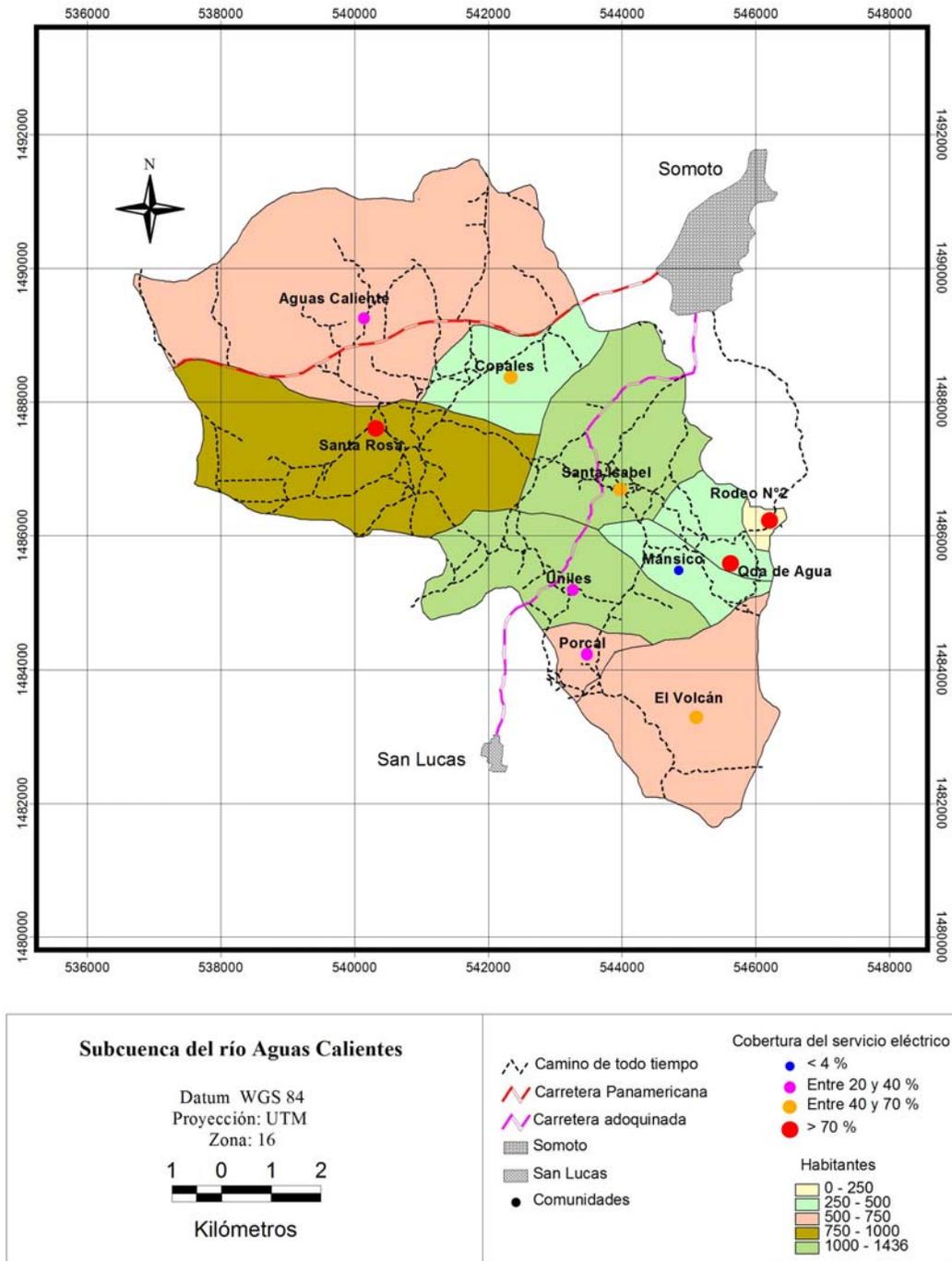


Figura 14. Distribución del servicio de energía eléctrica.
Fuente: Elaboración propia

4.1.2 Mapas de información biofísica

Sectores altitudinales de la subcuenca. La división de los sectores toma en cuenta las altitudes de la subcuenca (Figura 15).

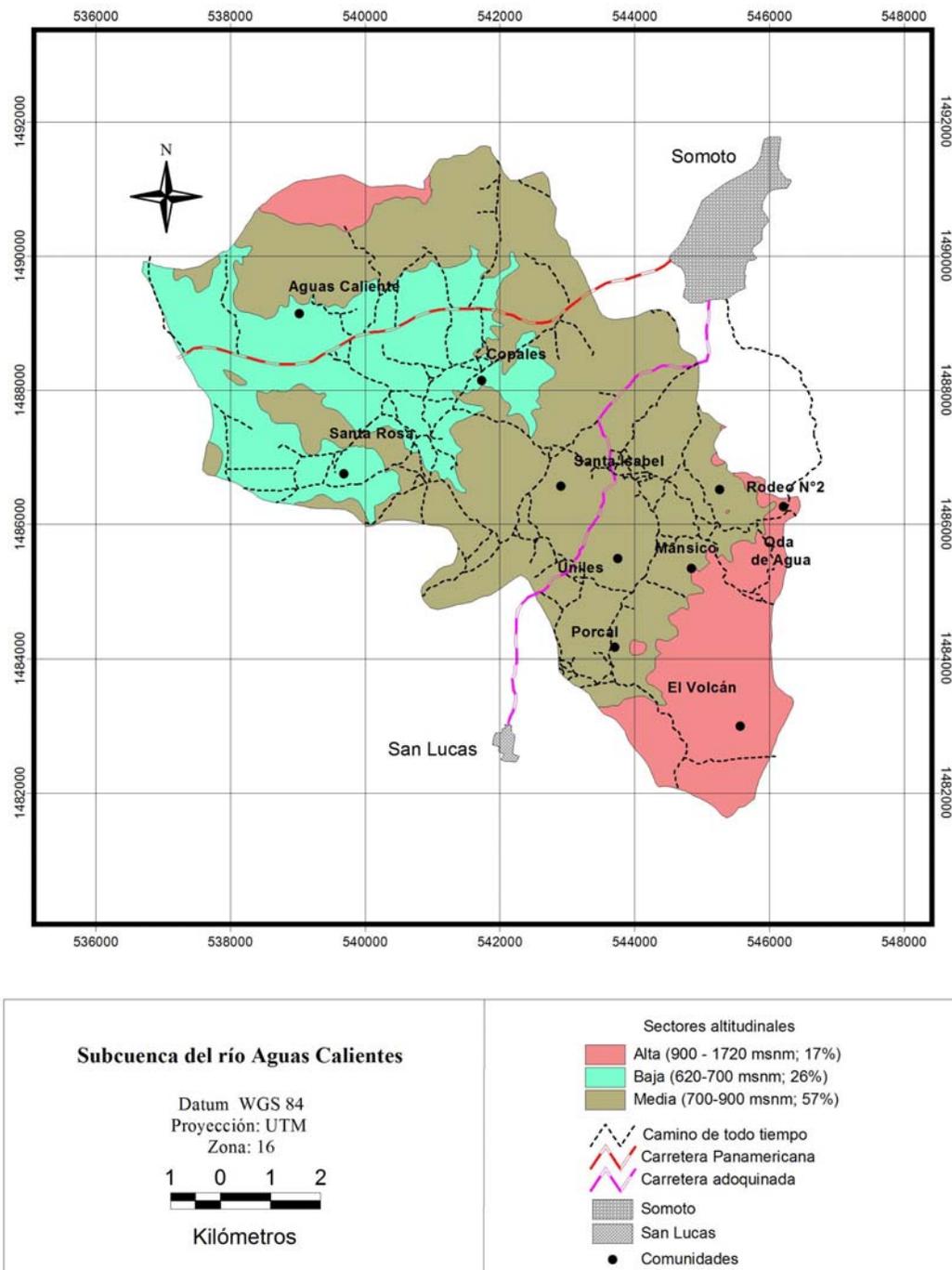


Figura 15. División de la subcuenca por sectores altitudinales
Fuente: Reelaborado de MAGFOR (2000)

Fisiografía-red y hídrica. Formada por la depresión montañosa de Somoto (lomeríos encadenados y aislados altos y de mediana altura). Planicie de Somoto (zonas con topografía plana a suavemente ondulada). Serranía el Regadío de las Sabanas (relieve accidentado con pendientes de 15 a 30% y más de 75%) y la red hídrica formada por cursos de aguas intermitentes (Figura 16)

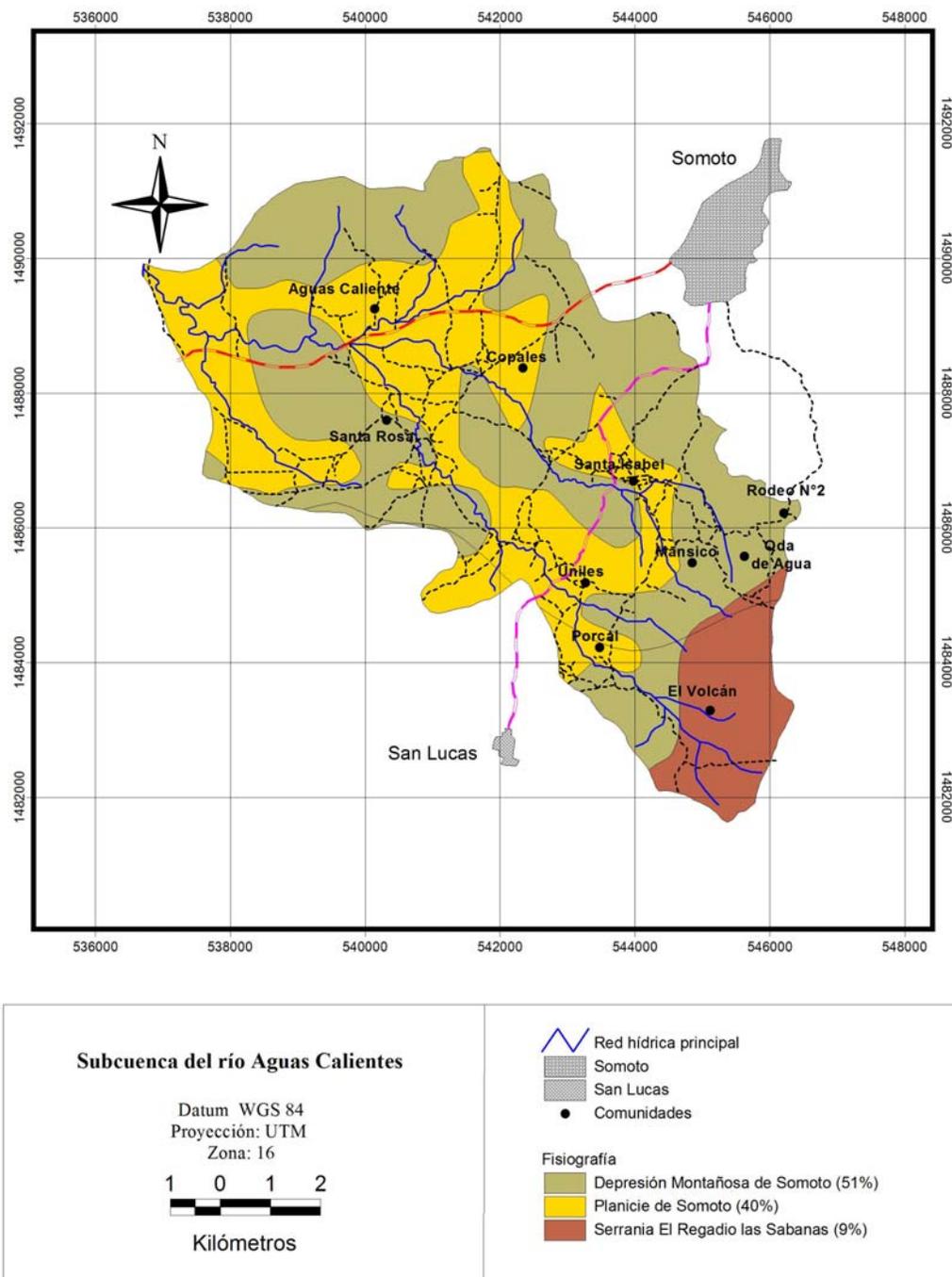


Figura 16. Fisiografía y red hídrica principal.

Fuente: Reelaborado de MAGFOR (2000)

Suelos. La subcuenca presenta suelos del orden Inceptisoles conformados por texturas medias franco arenosas bien drenadas, y Molisoles compuestas por suelos francos, franco arcillo desarrolladas de suelos volcánicos (Figura 17)

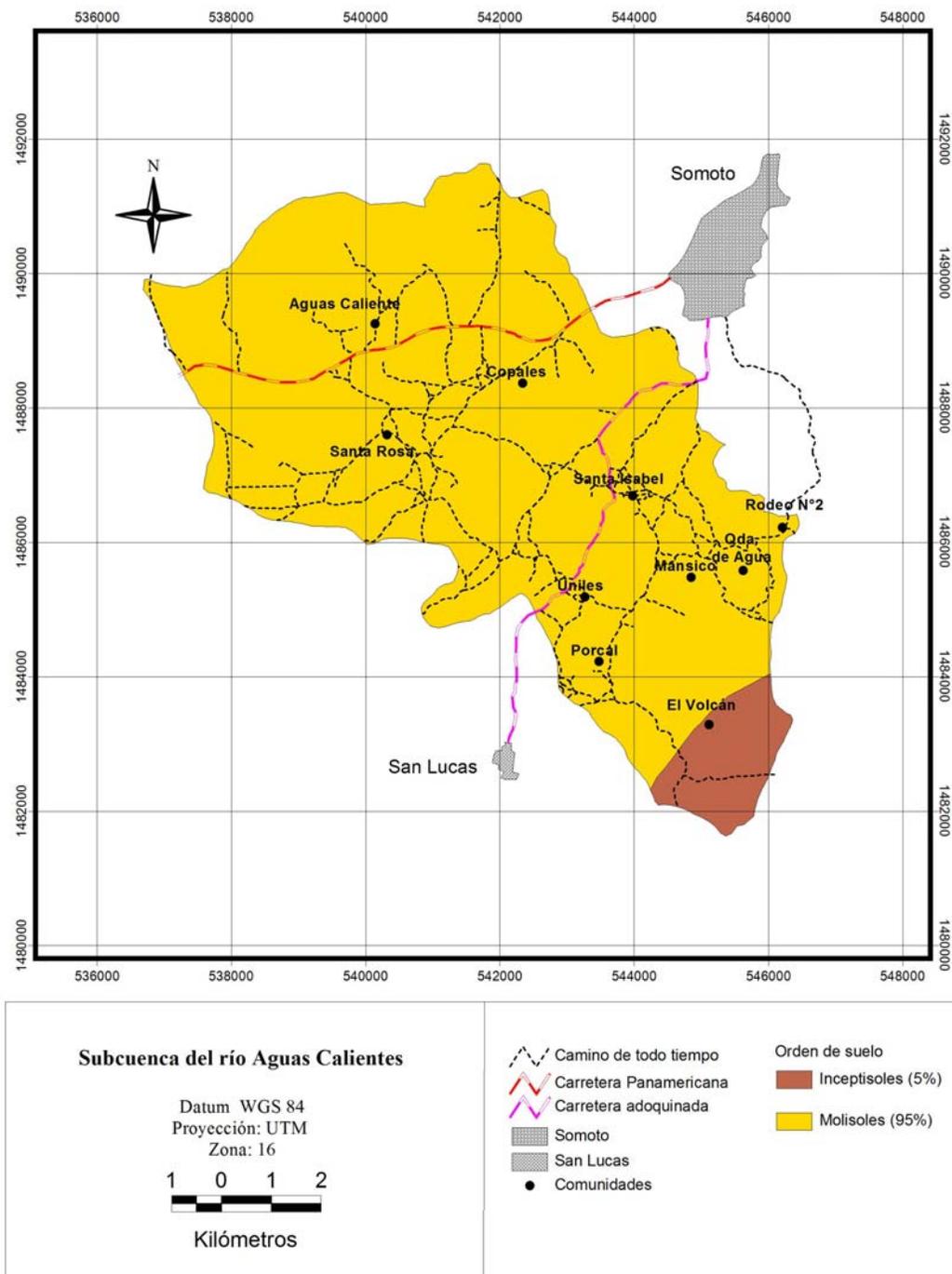


Figura 17. Órdenes de suelo.
Fuente: Reelaborado de MAGFOR (2000)

Capacidad de uso de la tierra. Según el mapa de capacidad de uso analizado por el MAGFOR (2000), en la subcuenca muestra tres categorías (agrícola, pecuario y forestal) y siete subcategorías de capacidad uso las cuales son: (Figura 18).

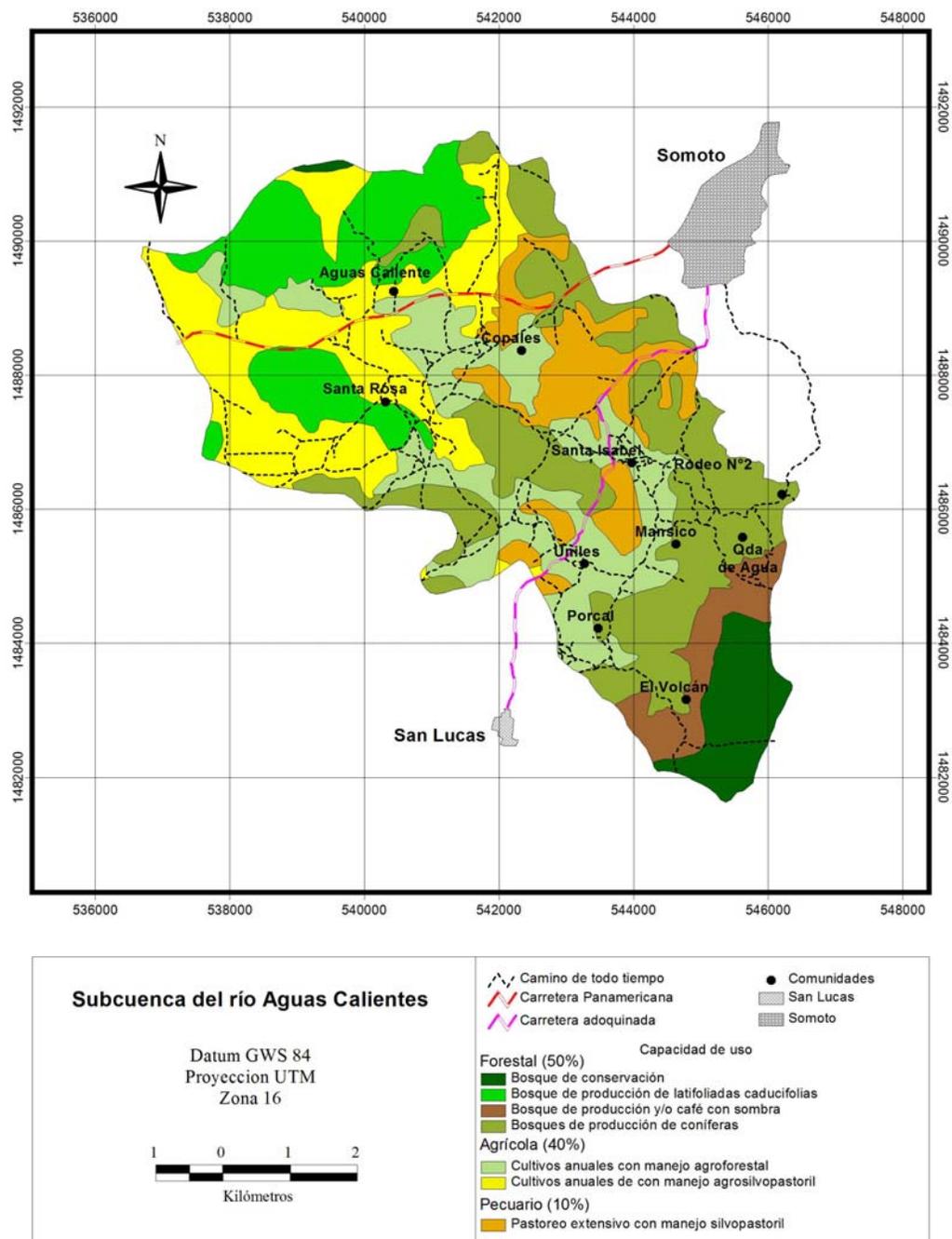


Figura 18. Categorías y subcategorías de capacidad de uso

Fuente: Reelaborado de MAGFOR (2000)

Uso actual del suelo. La subcuenca presenta nueve categorías de uso actual del suelo donde las pasturas dominan el área de la subcuenca con un 36% del área de la misma. Seguido de bosque con un 29% y cultivos tradicionales con 24%. El resto de usos de suelo pertenecen a actividades agrícolas (Figura 19)

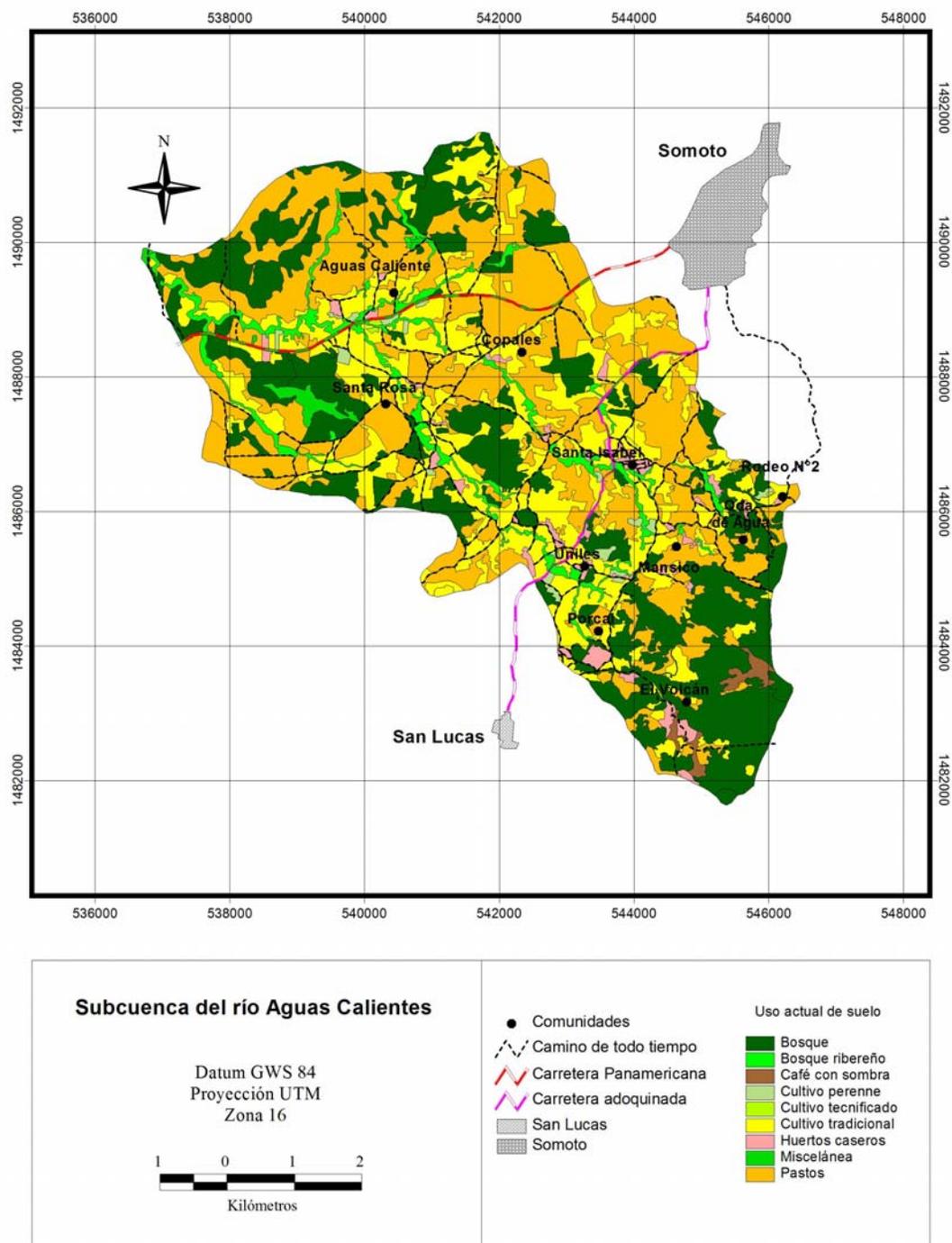


Figura 19. Uso actual.
Fuente: Reelaborado de Jones y Velásquez (2006)

Área protegida. Se ubica en la parte alta de la subcuenca y esta formada por áreas escarpadas con patrones de paisajes fragmentados e intervenidos con usos inadecuado por actividades agropecuarias, y representa el 14% del área de la subcuenca (Figura 20).

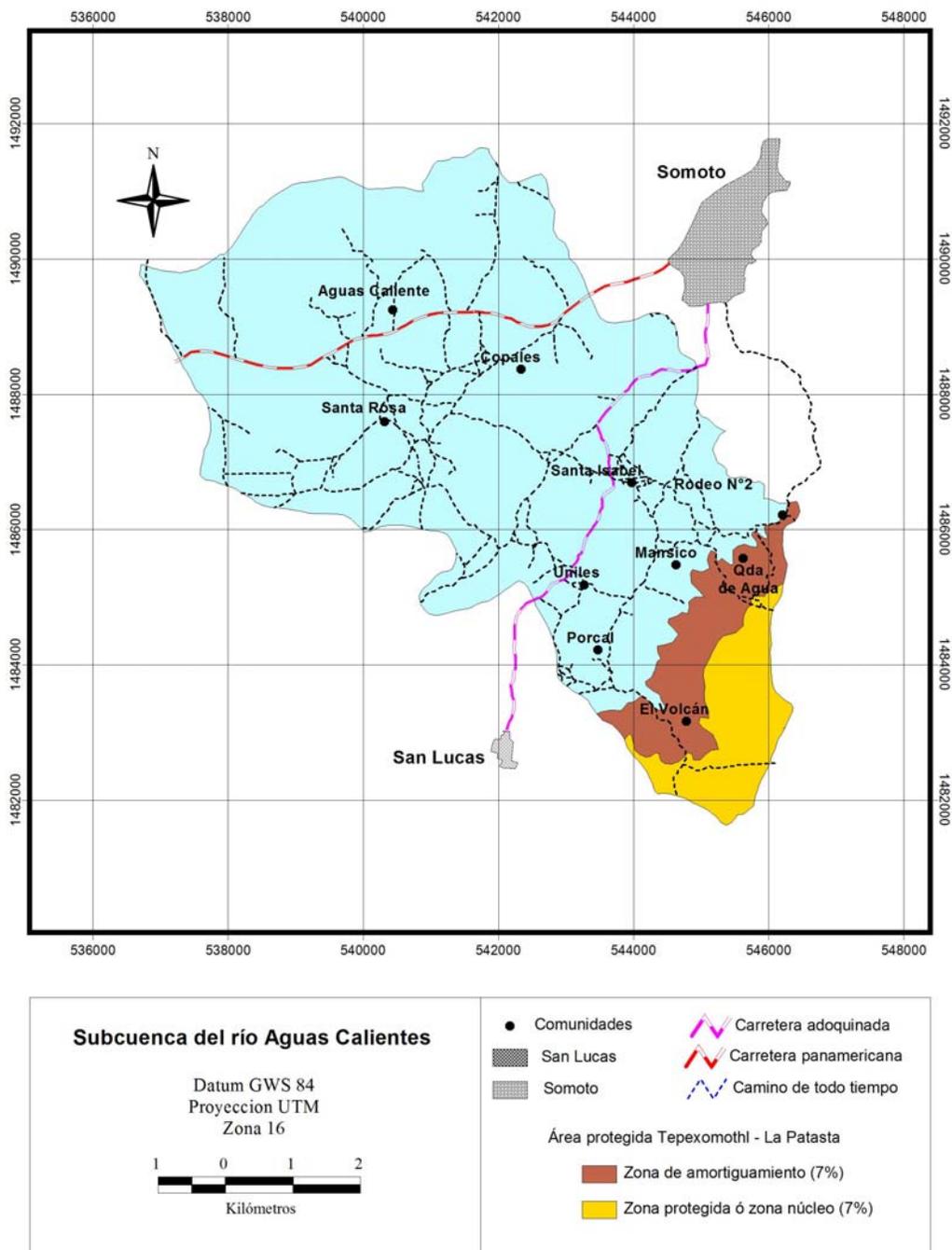


Figura 20. Área protegida.
Fuente: Reelaborado de MARENA (2007)

Distribución de las pendientes y deslizamientos históricos. La subcuenca presenta un 53% de su área con pendientes entre 0 a 15% y pendientes mayores de 15% representan el 47% del área de la subcuenca. Los deslizamientos históricos provocados por el huracán Mitch se ubican dentro de la subcuenca ubicándose en los cerros El Volcán, Malacate y Guiliguiska (Figura 21).

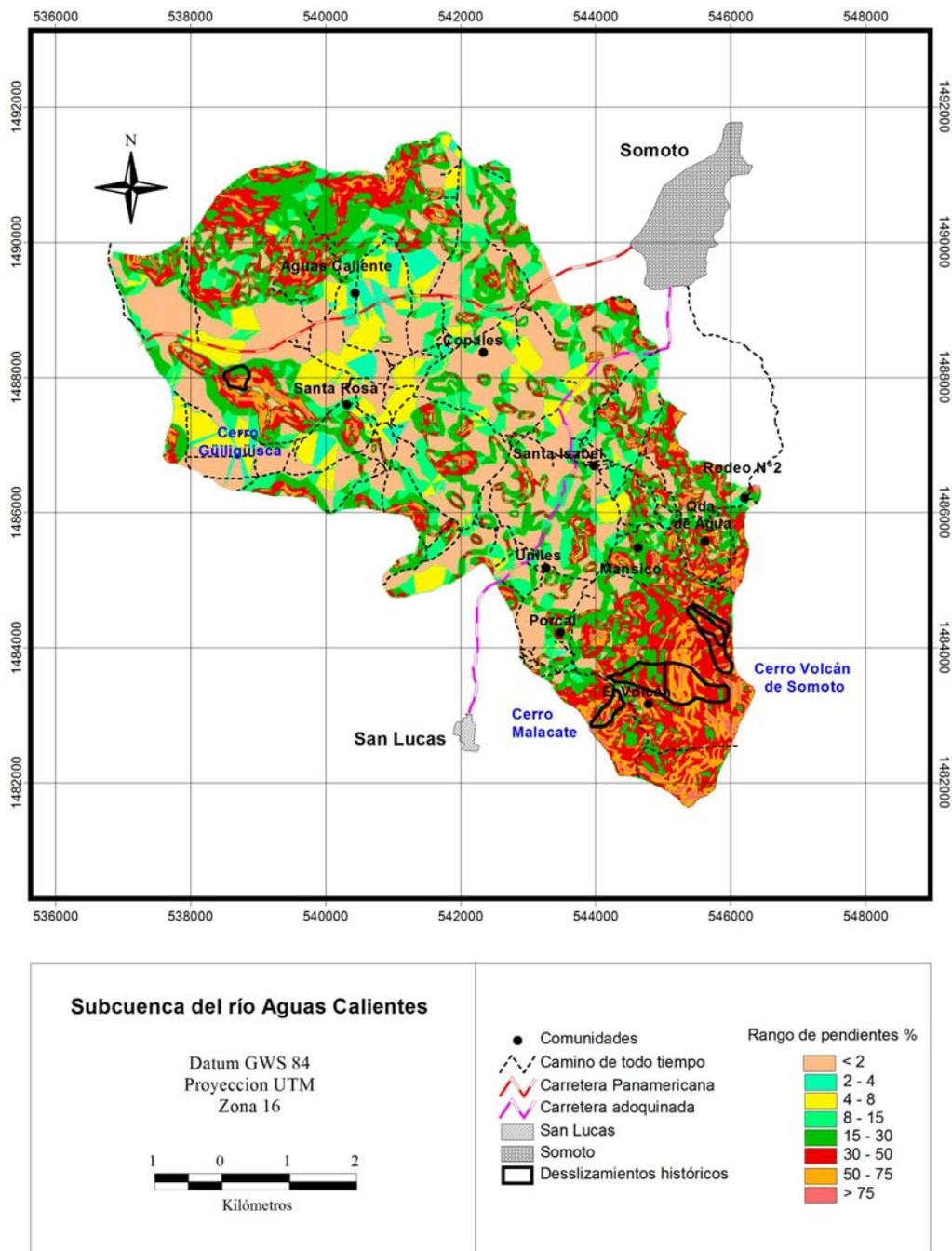
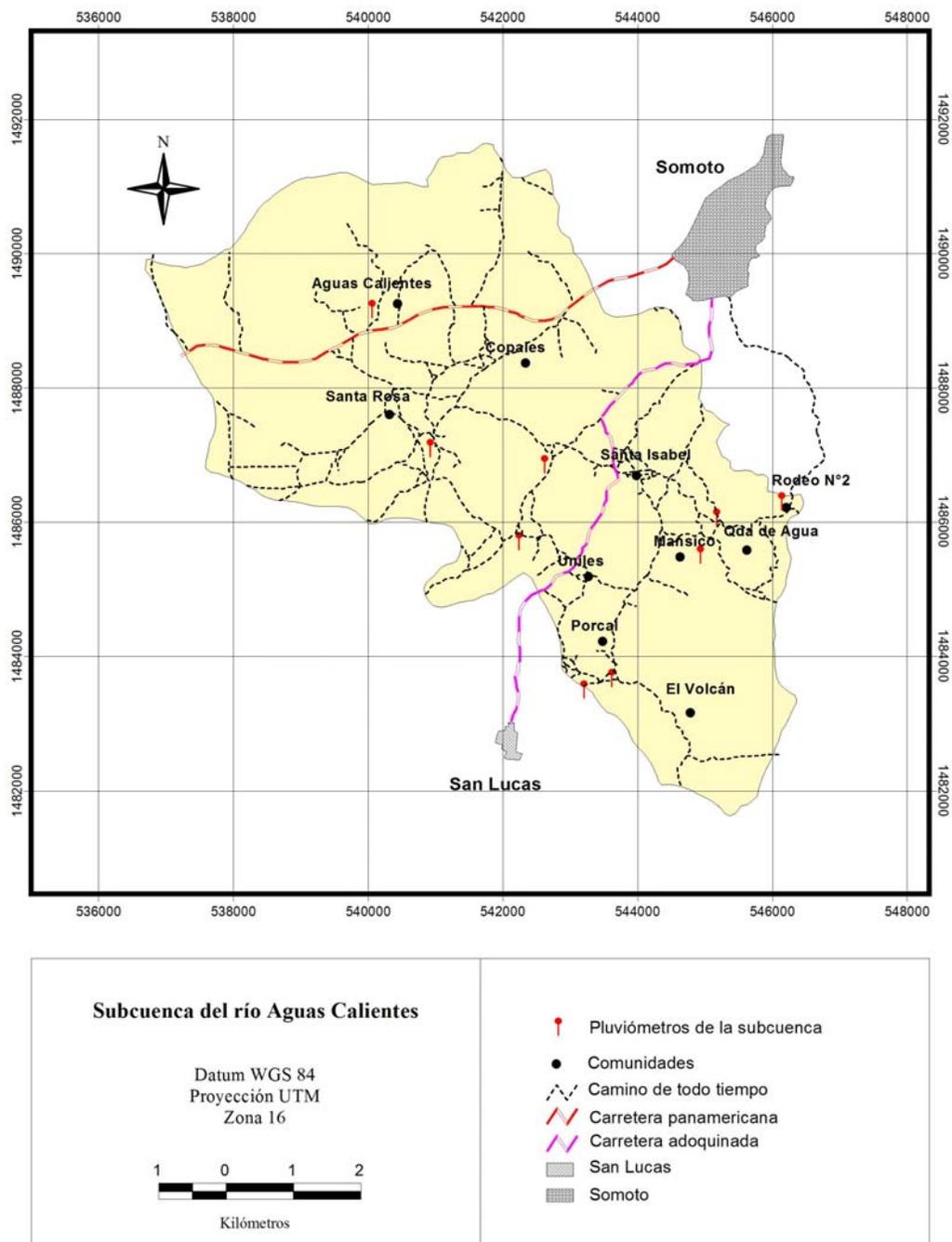


Figura 21. Distribución de las pendientes y deslizamientos históricos.
Fuente: Reelaborado de PREVAC (2000), y Comités de cuencas comunales

Estaciones pluviométricas. Debido a la importancia de tener información sobre la cantidad de precipitación dentro de la subcuenca, se instalaron pluviómetros en las diferentes comunidades, asimismo capacitaron a personas para que lleven los registros (Figura 22).



*Figura 22. Distribución de los pluviómetros dentro de la subcuenca.
Fuente: Elaboración propia*

4.2 Resultados y discusión del objetivo específico 2

Analizar el uso actual del suelo e identificar zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

Se realizó el análisis de conflicto para la subcuenca y para cada categoría de capacidad de uso de los suelos (agrícola, pecuario y forestal). Identificándose tres posibles categorías (adecuada, sobre utilizada y subutilizada).

Asimismo, se analizó el grado de vulnerabilidad a deslizamientos por factores del uso del suelo, pendiente y precipitación, el cual fue comparado con los deslizamientos históricos ocurridos con el huracán Mitch. Por otro lado, se estimó las laminas de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica dentro de la subcuenca con el uso del método RAS.

4.2.1 Uso actual, capacidad de uso y conflicto de uso

El uso de suelo más extendido es el pasto con 36% del área de la subcuenca. Los bosques, bosque ribereño y café con sombra representan el 34%. Las actividades agrícolas principalmente maíz, frijol, henequén, frutales, sorgo y hortalizas representan el 27% del área y el 3% de la subcuenca corresponde a usos misceláneos (Figura 23). Por lo que se puede decir que en la subcuenca dominan las actividades agrícolas y pecuarias. Las categorías de capacidad de uso de la subcuenca indican que el 50% del área de la misma es de uso forestal, 39% es de uso agrícola y 10% del área es de uso pecuario (Figura 24)

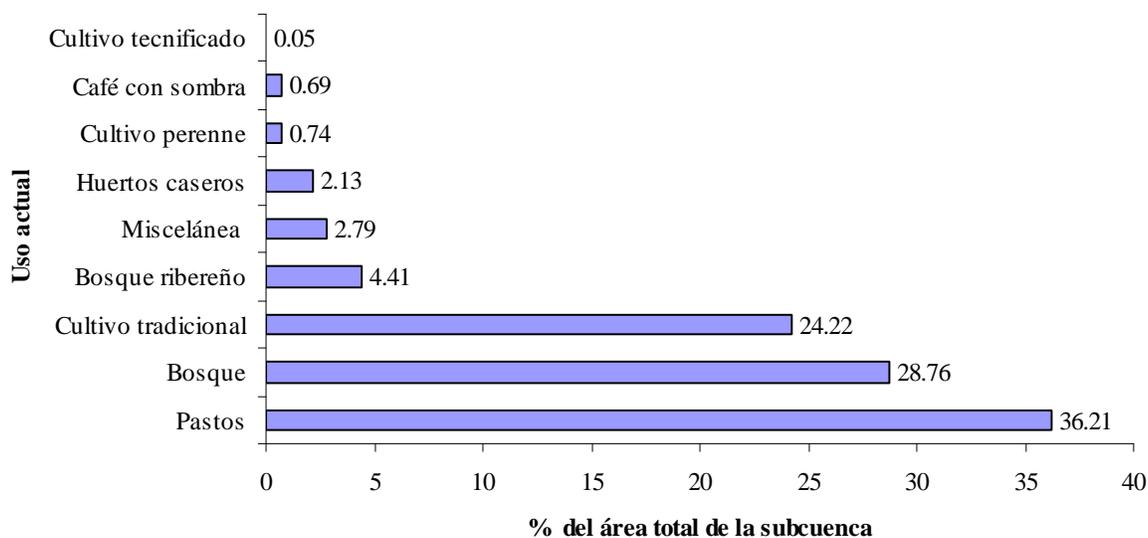


Figura 23. Porcentajes de las categorías de uso actual de suelos

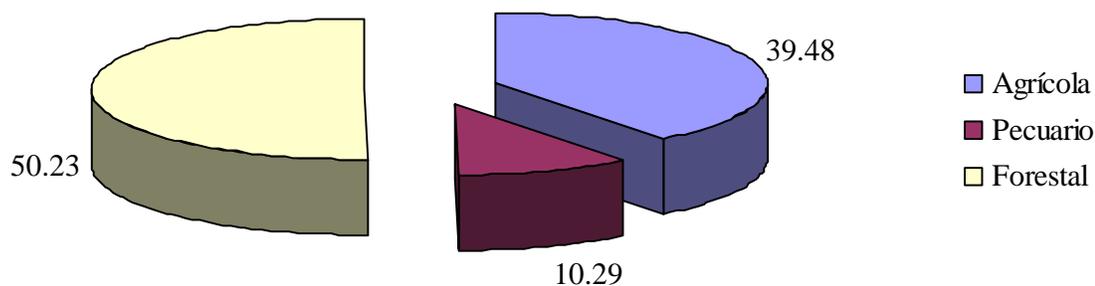


Figura 24. Porcentajes de la categoría de la capacidad de uso en la subcuenca.

Como resultado del análisis de conflicto de la tierra en la subcuenca mediante la confrontación de la capacidad de uso de las tierras y el uso actual de suelos se presenta el siguiente nivel de intervención en sus recursos naturales (Cuadro 16 y Figura 28):

✚ **Categoría adecuada:** presenta la mayor extensión territorial con una superficie de 21.49 km², equivalente al 45.06% del territorio del total de la subcuenca. Esto significa que esta área del territorio está siendo utilizado adecuadamente en relación con la capacidad de uso.

✚ **Categoría sobre utilizada:** presenta una superficie de 12.41 km², equivalente al 25.99% del área en estudio. Esto significa que estas áreas están siendo inadecuadamente utilizadas con respecto a la capacidad de uso.

✚ *Categoría subutilizada*: presenta una extensión territorial de 12.49 km², equivalente al 26.16% de la subcuenca.

✚ *Categoría misceláneas*: corresponde a los que no aplican para el presente análisis, presentan una extensión territorial 1.33 km², equivalente al 2.79% del total de la subcuenca.

Sin embargo, MAGFOR (2001) citado por Gómez (2003), menciona que la subcuenca se encuentra sobre utilizada en un 35% del área total, el 38% del área se encuentra subutilizada y al uso adecuado corresponde un 21.3% del área de la subcuenca. Estas diferencias pueden deberse a que el mapa temático de uso actual del suelo utilizado en el presente estudio se realizó con base a una imagen satelital tomada en el año 2006 y analizadas en el presente estudio a una escala 1:25000; en cambio MAGFOR (2001) en su análisis utilizó una escala 1:50000 y muy probablemente una información cartográfica anterior que mostraba un menor nivel de detalle de usos de suelo para la zona de estudio.

Además, en los últimos años en la subcuenca se han desarrollado proyectos y acciones de capacitación sobre el buen uso de los recursos naturales lo que muy probablemente a impactado en los productores de la parte alta de la subcuenca. Asimismo, en la parte alta y parte de la media se localiza la categoría de área protegida (28% del total del área es de uso forestal), el cual de alguna manera regula el uso de los recursos naturales.

Cuadro 16. Conflicto de uso.

Categorías de conflicto de uso	Área Km ²	% Área
Adecuada	21.51	45.06
Sobre utilizada	12.41	25.99
Subutilizado	12.49	26.16
Miscelánea	1.33	2.79
Total	47.74	100.00

4.2.2 Análisis de conflicto por capacidad de uso de la subcuenca

La clasificación de la subcuenca por la capacidad de uso (Figura 18) indica que el 50% del área total posee uso forestal y que los usos actuales de suelo que se encontraron en esta categoría son: bosque ribereño, bosque, café con sombra, cultivo tradicional, cultivos perennes, huertos caseros, pastos y miscelánea. Por lo tanto, cuando se aplicó el análisis de conflicto resultó que el 42% del área de uso forestal se encuentra adecuadamente utilizada, 5% en subuso, el 53% se encuentra en sobreuso (Figura 28).

Según los resultados (Figura 25), los suelos de capacidad de uso forestal, que se distribuyen en los tres sectores altitudinales de la subcuenca, se encuentran intervenidos principalmente por actividades agrícolas los que ocasionan el sobreuso de los suelos (53%), ocasionando impactos negativos ambientales y socioeconómicos (deforestación, erosión, pérdida de suelos, baja productividad y el avance de la frontera agrícola) al implicar procesos degradativos irreversibles.

Esta intervención de las zonas de capacidad de uso forestal por actividades agrícolas se debe a la necesidad de satisfacer sus necesidades alimenticias básicas, el deseo de tener sus áreas agrícolas en las cercanías de sus viviendas, y por que sus ingresos económicos dependen de la venta de sus cosechas, fueron algunas razones mencionadas por los pobladores de la parte alta de la subcuenca. Asimismo, la explotación de los recursos forestales para leña son algunos motivos que hacen difícil que sea aplicado de manera estricta la capacidad de uso de las tierras.

Sin embargo no basta delimitar los usos posibles (cultivos anuales, perennes, pastos, sistemas agroforestales, bosque) en cada unidad por algún tipo de clasificación, por que el ingenio humano puede adaptarse a una gran variedad de circunstancias, aún cuando estas se refieren a los recursos naturales, con toda su variedad y a veces extremidad de condiciones. Lo que indica que con prudencia el hombre puede manejar y aprovechar unidades vulnerables (Richters 1995). Por otro lado la pérdida de la cobertura por el cambio de uso en estas zonas de características escarpadas origina problemas de erosión y degradación de las tierras. Asimismo los cambios de uso de las tierra pueden llegar a afectar los procesos climáticos como el patrón de las lluvias (Pérez et al. 2002).

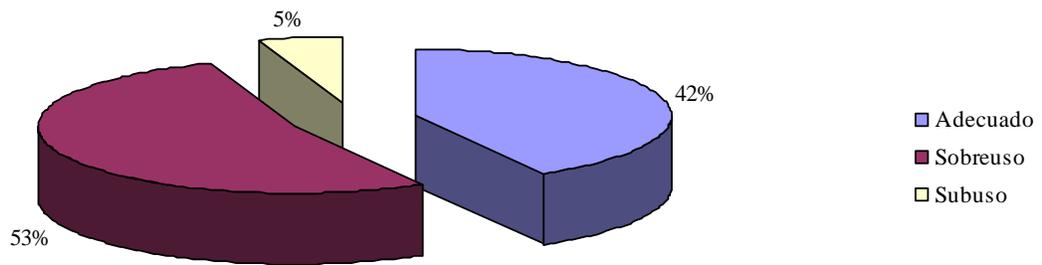


Figura 25. Porcentaje de análisis de conflicto en las zonas de uso forestal

El 40% aproximadamente del total de la subcuenca es de uso agrícola con recomendaciones de manejo agroforestal y agrosilvopastoril. Como resultado del análisis de conflicto de uso el 52% esta en uso adecuado y el 48% se encuentra en subuso (Figura 26). En tal sentido estas áreas de uso agrícola en general se encuentran adecuadamente usadas. El uso adecuado de suelo dominante es el cultivo tradicional, seguido del bosque ribereño, huertos caseros, cultivos perennes y cultivo tecnificado.

Las áreas en subuso están ocupadas por pastos y bosques los cuales son favorables desde el punto de vista de la cobertura de los suelos y servicios ambientales. Asimismo, estas áreas son un potencial para el desarrollo de las actividades agrícolas. Cabe mencionar lo dicho por una participante en los talleres, que la existencia de pastos en estas zonas es por que la mayoría de los dueños de esas tierras, han dejado sin cultivar por dedicarse a otras actividades diferentes a las agropecuarias.

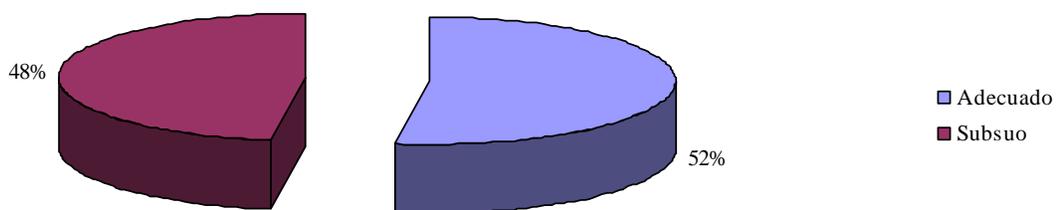


Figura 26. Porcentaje de análisis de conflicto en las zonas de uso agrícola.

Las áreas de uso pecuario representan el 10% de la subcuenca. El análisis de conflicto indica que el 52% de ésta área está en subuso (bosque, cultivos perennes, cultivos tradicionales y huertos caseros), y el 48% en uso adecuado (pastos y bosque ribereño) (Figura 27). Estas áreas de uso pecuario están dominadas por actividades agrícolas, asimismo Cajina (2006) menciona, que la actividad pecuaria es muy baja en la subcuenca.

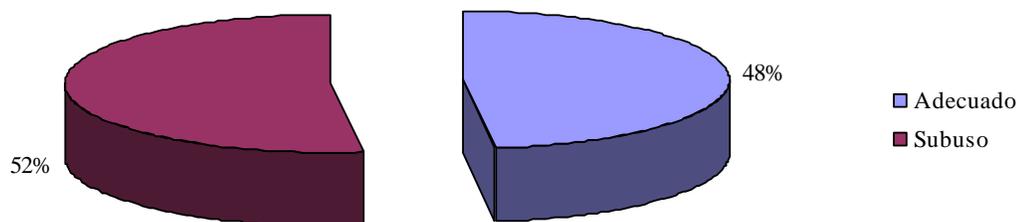


Figura 27. Porcentaje de análisis de conflicto en la zona de uso pecuario.

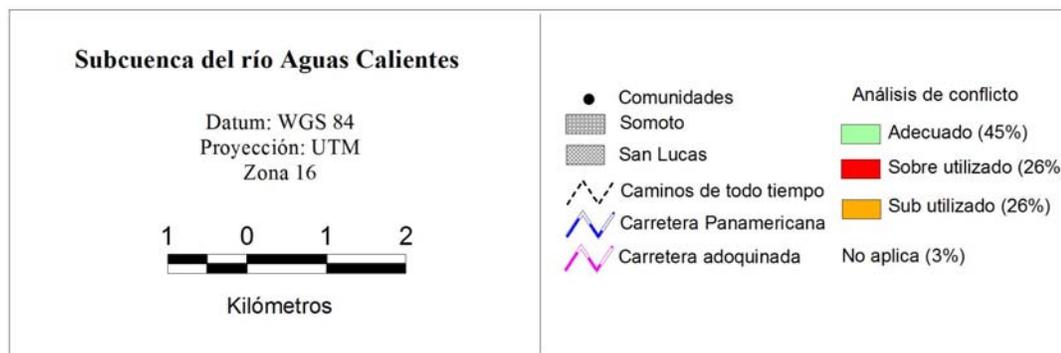
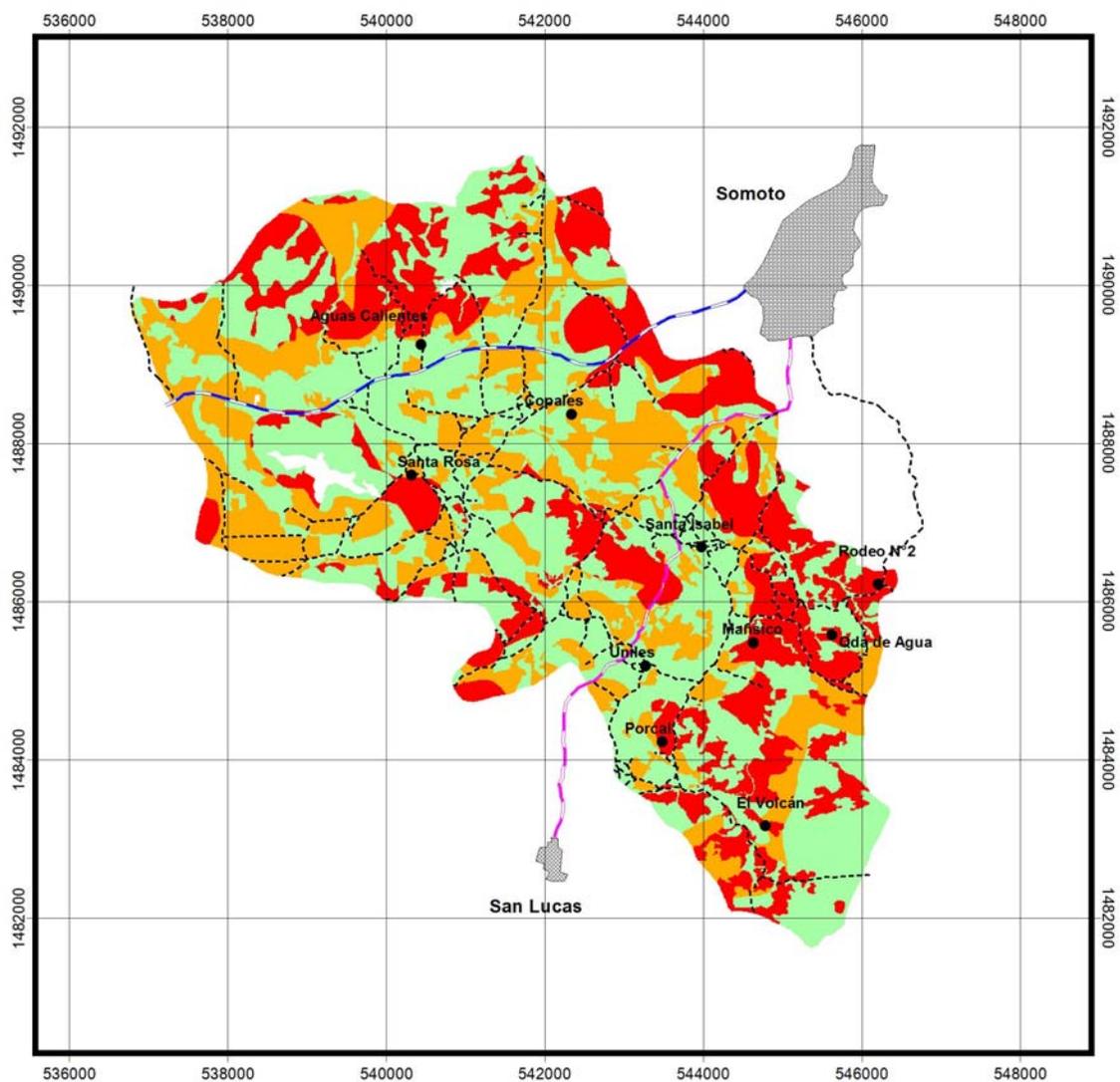


Figura 28. Conflicto de uso.
Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Análisis de uso de suelos en las zonas de protección de las aguas

También se denominan zonas de desarrollo y conservación del bosque ribereño, están basadas en el marco legal que establece la Ley General de Aguas N° 620, que establece una prohibición de tala de árboles en una zona de 200 m a partir de las riberas de los ríos y costas de lagos y lagunas, a fin de proteger el recurso hídrico existente (Figura 29).

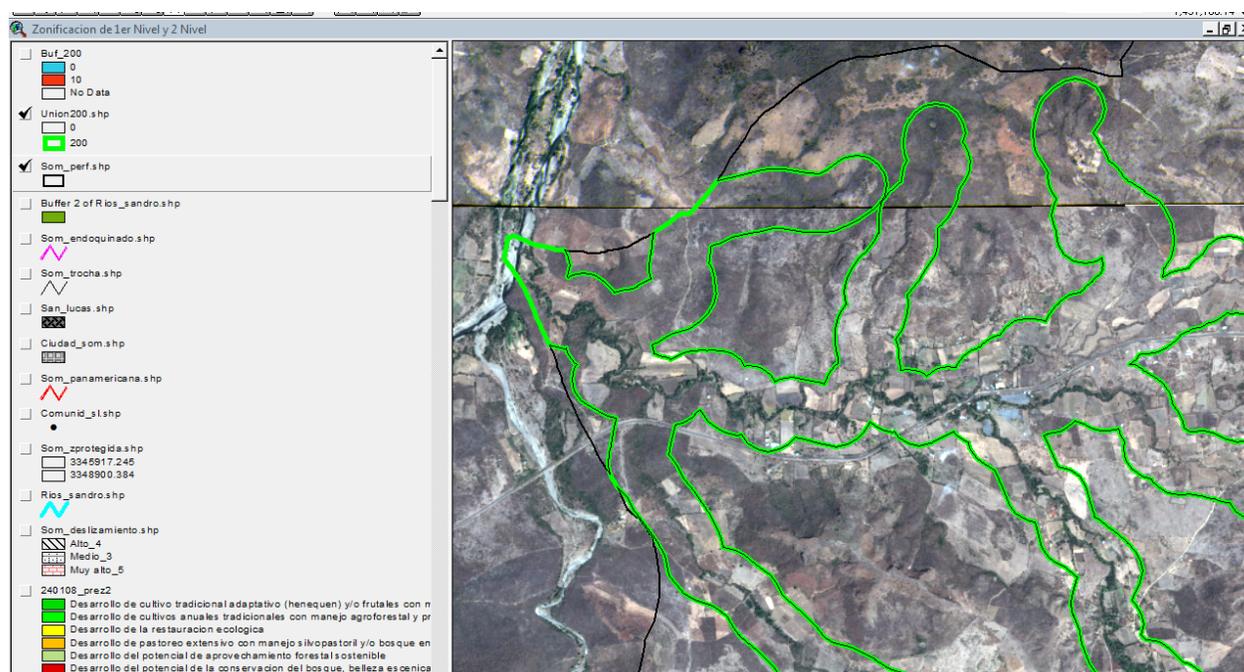


Figura 29. Zonas de protección de las aguas establecidas por normas legales Ley N° 620.

Esta zona tiene una área aproximada de 18.52 km², y representa el 38.79% de la superficie total de la subcuenca. El 35.15% del área de la zona de protección de las aguas está destinado al bosque, 0.62% al café con sombra, 33.57% a la actividad agrícola, 28.11% destinado a pastos y 2.55% a miscelánea, por lo tanto en promedio el 65% de esta zona no está de acuerdo con el uso establecido por norma legal (Figura 30).

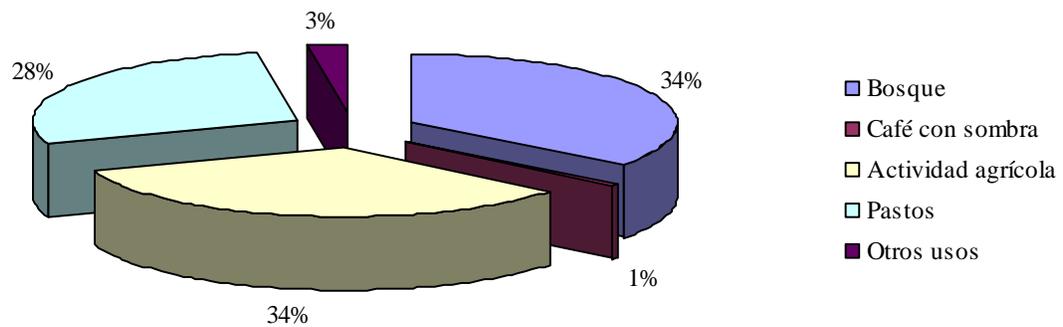


Figura 30. Porcentaje de uso actual de suelos en las zonas de protección de las aguas

En ese sentido, estas áreas poseen una alta vulnerabilidad frente a las actividades agropecuarias y un elevado riesgo de contaminación por agroquímicos usados especialmente por los productores de la parte alta de la subcuenca que pueden ingresar a la red hídrica de la subcuenca y contaminar las aguas subterráneas. Debido a que la red hídrica de la subcuenca está conformada por corrientes intermitentes (Umaña 2000) y este tipo de corrientes se caracterizan por ser efímeras, debido a que transportan agua inmediatamente después de una tormenta, y alimentan a los almacenamientos de agua subterránea (Aparicio 1997). Asimismo, esta fragmentación del paisaje y/o de los corredores fluviales aumenta de forma considerablemente el porcentaje de aguas de lluvias que llega a los cauces, aumentando la velocidad de las escorrentías causando inestabilidad de los cauces y disminuyendo la infiltración de las aguas y la recarga de los acuíferos así como pérdida fauna ribereña (González 1999).

4.2.4 Análisis de vulnerabilidad a deslizamientos

Para la preparación de los mapas de vulnerabilidad de deslizamientos no existe un procedimiento estandarizado y existe mucha libertad en la determinación de los pasos a seguir. Para el presente análisis en función con la información recopilada y existente se tomo en cuenta dos factores de vulnerabilidad (uso de suelos y de pendiente) y un factor de disparo (precipitación).

Cabe mencionar que existen varios sistemas teóricos de evaluación de vulnerabilidad a deslizamientos. Que utilizan otros factores (características geológicas, geomorfológicos y geotecnias, nivel freático, entre otras), que contribuyan en lo posible la ocurrencia de los

deslizamientos. Sin embargo para este análisis se utilizó el modelo ya descrito, teniendo en cuenta el inventario de los deslizamientos ya ocurridos en el pasado con el huracán Mitch.

El mapa (Figura 33) muestra la distribución de los resultados del análisis de vulnerabilidad a deslizamientos los cuales indican que la subcuenca está dominada por la categoría medio el cual representa el 29% del área, seguida de las categorías bajo y muy bajo con un 27 y 20% del área respectivamente. La categoría de vulnerabilidad alta representa el 14% y la categoría muy alta el 10% del área de la subcuenca (Cuadro 17).

Cuadro 17. Grados de vulnerabilidad a deslizamientos.

Nº	Grado de vulnerabilidad	Área en la subcuenca Has	% Área
1	Muy bajo	950.09	20.39
2	Bajo	1245.15	26.72
3	Medio	1376.25	29.53
4	Alto	631.91	13.56
5	Muy alto	456.56	9.80
Total		4659.96	100.00

Según MAGFOR (2000), Los deslizamientos es una amenaza natural causada por el empinamiento (aumento de la pendiente) y por el agua. Es por eso que los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en áreas donde la topografía es escarpada. Las áreas sometidas a erosión activa son muy vulnerables a deslizamientos, también donde las corrientes de agua están haciendo incisión permanente o la deforestación por acción humana transcurre en forma creciente. En tal sentido se realizó el análisis de las categorías alto y muy alto debido que estas se distribuyen principalmente en la parte alta de la subcuenca y en pendientes 15 a 30% y mayores de 30% (uso forestal) la cual engloba las clases topográficas fuertemente ondulada, quebrada, fuertemente quebrada y precipicio.

Analizando las zonas con grado de vulnerabilidad alto se encontró que éstas se encuentran ocupadas por huertos caseros, bosque, café con sombra, cultivo perenne, cultivo tradicional, pastos y roca expuesta. Donde el 40% del área total de la categoría grado de vulnerabilidad alta posee cobertura boscosa, el 27% posee cultivos, 32% posee pastos y el 1% del área representa a roca expuesta. Por lo tanto, el 59% del área total de la categoría vulnerabilidad alta (Figura 31) se encuentran bajo la explotación de actividades agropecuarias las cuales

favorecen a los deslizamientos de las tierras debido que el cambio de la cobertura forestal a terrenos de cultivo o de pastos usualmente origina un aumento de la humedad de los suelos (DeGraff, 1979).

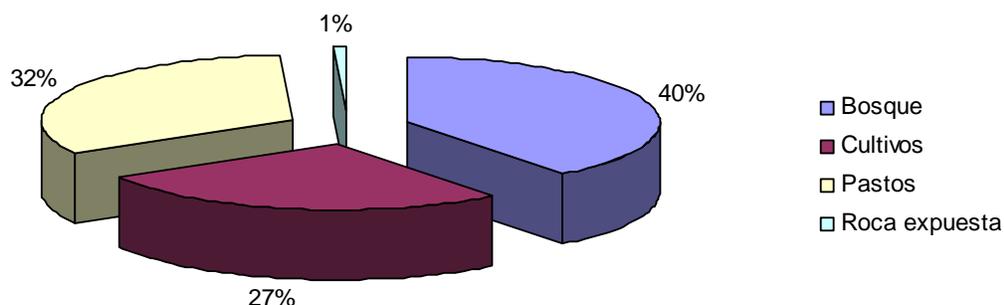


Figura 31. Porcentaje de uso actual de suelos en la zona de vulnerabilidad alta.

Los usos de suelos huertos caseros, bosques, café con sombra, cultivo perenne, cultivo tradicional, pastos y roca, son las diferentes actividades que se encontraron en las zonas con grado de vulnerabilidad a deslizamiento muy alto. La cobertura boscosa representa un 53% del total del área de ésta categoría, los cultivos representa el 23% del área, los pastos cubren el 20% y la roca expuesta representa el 4% de ésta categoría. En ese sentido, las zonas con un grado de vulnerabilidad muy alto poseen aproximadamente 43% de actividad agropecuaria las cuales con un inadecuado manejo, favorece a la vulnerabilidad de deslizamiento en estas áreas y otorgan vulnerabilidad ecológica (Figura 32).

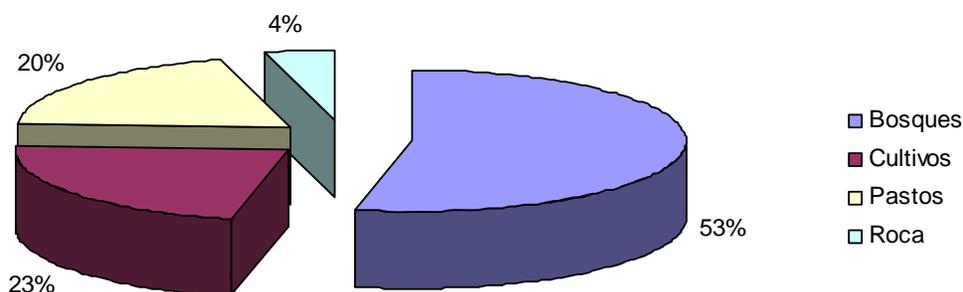


Figura 32. Porcentaje de uso actual de suelos en la zona de vulnerabilidad muy alta.

Por otro lado la información recopilada de los sitios donde efectivamente se dieron los deslizamientos durante el huracán Mitch fue confrontada con el mapa de zonas vulnerables a deslizamientos resultando clasificados de la siguiente manera (Cuadro 18 y Figura 33):

Cuadro 18. Clasificación de deslizamientos históricos

Nº	Ubicación del deslizamiento	Área en la subcuenca Has	% Área	Grado de vulnerabilidad
1	Cerro El Volcán	60.74	1.27	Alto y Muy alto
2	Cerro El Volcán	28.34	0.59	Muy alto
3	Cerro Malacate	11.14	0.23	Alto
4	Cerro Guiliguiska	9.30	0.19	Medio

Estos deslizamientos ocurridos en el pasado se distribuyen principalmente en tres cerros que se encuentran dentro de la subcuenca (Figura 33). En el cerro Guiliguiska (4) a una altitud de 815 msnm se ubicó un deslizamiento con categoría de vulnerabilidad de media, una extensión aproximada de 9 ha, el rango de pendiente dominante es de 15 a 30%, seguida del rango 50 a 75%. El uso de suelo que se encontró fue bosque el cual representa el 94% del área del deslizamiento y el 6 % del área es roca expuesta (Cuadro 19).

Cuadro 19. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro Güiliguiska (4)

Nº	Uso de suelos	Área en el deslizamiento Has	% Área
1	Bosque	8.70	93.53
2	Roca expuesta	0.60	6.47
Total		9.30	100

El Cerro El Volcán, presentó dos deslizamientos, el primero posee una altitud aproximada de 1490 msnm, éste deslizamiento se encuentra dentro de las categorías alto y muy alto. Con 61 has aproximadamente y rangos de pendientes dominantes de 30 - 50% y 50 - 75%. Se encontró uso de suelos de bosque que representan el 67% del área de éste deslizamiento; café con sombra 9%, cultivos tradicionales 17% y pastos 6% (Cuadro 20).

Cuadro 20. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro El Volcán (1).

N°	Uso de suelos	Área en el deslizamiento	
		Has	% Área
1	Bosque	40.85	67.26
2	Café con sombra	5.74	9.45
3	Cultivos tradicionales	10.37	17.07
4	Pastos	3.78	6.22
Total		60.74	100

El segundo deslizamiento se ubicó a una altitud de 1540 msnm con pendientes que dominan el área de 30-50% y 50-75%, y dentro de las categorías de muy alto. El uso de suelos desarrollados en ésta zona es de bosques con 74% del área, café con sombra con 13% y cultivos tradicionales con 13% del área (Cuadro 21).

Cuadro 21. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro El Volcán (2)

N°	Uso de suelos	Área en el deslizamiento	
		Has	% Área
1	Bosque	20.91	73.78
2	Café con sombra	3.70	13.06
3	Cultivos tradicionales	3.73	13.16
Total		28.34	100

El deslizamiento ubicado en el Cerro Malacate a una altitud de 1124 msnm, se encontró dentro de la categoría riesgo alto. El 53% del área de deslizamiento se encontró cubierto de bosque, 15% de cultivos tradicionales y 32% de pastos (Cuadro 22).

Cuadro 22. Usos de suelos en el deslizamiento histórico del cerro Malacate (3)

N°	Uso de suelos	Área en el deslizamiento	
		Has	% Área
1	Bosque	5.89	52.84
2	Pastos	3.54	31.77
3	Cultivos tradicionales	1.71	15.39
Total		11.14	100

En general, las zonas de los deslizamientos históricos se encuentran dominados por el uso de suelos de bosques, sin embargo, la existencia de actividades agropecuarias promueve procesos de inestabilidad en suelos que en cierta medida son naturalmente vulnerables. Considerando el factor topografía, los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia en terrenos con pendientes pronunciadas y desprovistas de vegetación Jiménez (2006).

Mas aún durante el huracán Mitch los deslizamientos y otros desprendimientos de suelo se produjeron aun en zonas con espesa cobertura vegetal por el debilitamiento del suelo en pendientes mayores a causas de las intensas lluvias, ocasionando perdidas severas en la infraestructura productiva como bosques cafetales etc. (PREVAC 2000).

Además, con base en el análisis de los deslizamientos históricos y los grados de vulnerabilidad a deslizamientos en la subcuenca, no todos los lugares de categoría media, alta y muy alta, son las que sufrirían deslizamientos ante un evento de un fenómeno natural, pero se pueden tomar en consideración las actividades realizadas en dichas zonas.

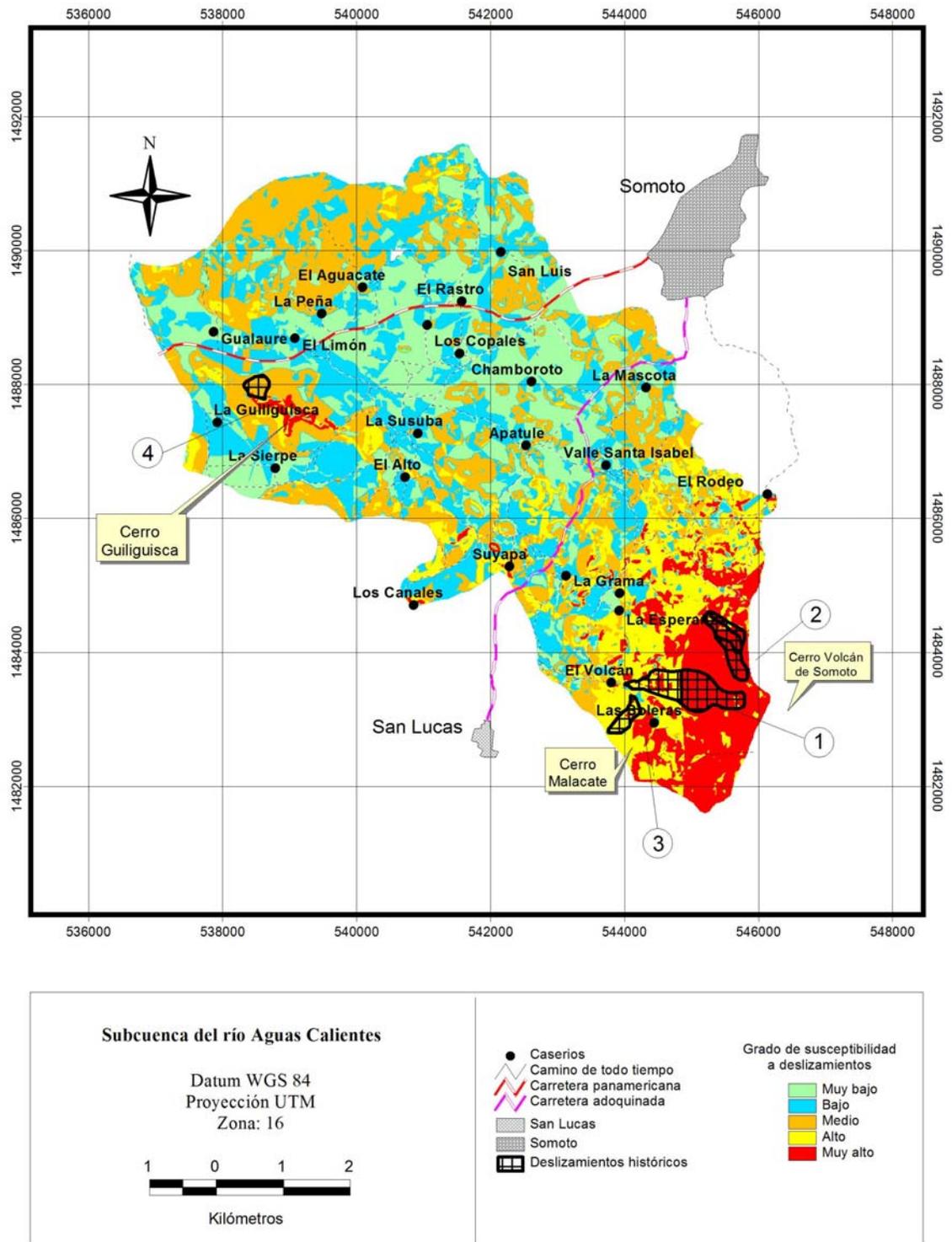


Figura 33. Deslizamientos potenciales e históricos.
Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

Mediante el uso del método RAS descrito anteriormente se realizó la estimación de las zonas potenciales de recarga hídrica, analizando las siguientes distribuciones espaciales dentro de la subcuenca: precipitación y evapotranspiración real, balance climático y recarga hídrica.

Obteniéndose los siguientes resultados:

✚ Distribución de la precipitación y evapotranspiración real

Desde el punto de vista de la ingeniería hidrológica, la precipitación es la fuente primaria de agua de la superficie terrestre, y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua (Aparicio 1997). Asimismo el conocimiento de la evapotranspiración o uso consuntivo es un factor determinante en el diseño de sistemas de riego, incluyendo las obras de almacenamiento, conducción, distribución, drenaje así como balances hídricos (Aparicio 1997).

La distribución de la precipitación (Figura 34), fue resultado de la información de 14 estaciones seleccionadas para el análisis (Cuadro 24). Se debe tener en cuenta que un sistema de red de medición de la precipitación así como la densidad requerida en cualquier región depende del tamaño del área, el intervalo de tiempo sobre el cual la precipitación debe ser medida, el tipo de precipitación y los objetivos para que vayan a servir los datos (Rainbird s.f.).

Dentro de las subcuenca existen estaciones pluviométricas ubicadas en las comunidades donde una persona encargada se encuentra capacitada para realizar los registros de la precipitación. Sin embargo por diferentes motivos los registros se encuentran incompletos. Para este estudio se trabajó con el registro incompleto de las precipitaciones del año 2007, motivo por el cual se utilizó el método de correlación simple para completar los datos faltantes, los cuales se utilizó en el análisis de la recarga hídrica a escala temporal anual y del mes de mayo (Cuadro 23).

Para la elaboración de las isoyetas se utilizó el método de Spline, el cual se basa en la interpolación a partir del supuesto de que la superficie se puede describir por medio de una función matemática y un set de puntos de muestreo (Oliver 1990). Las isoyetas se consideran

el método más exacto, aunque requiere determinar un criterio específico para trazar el plano de las isolíneas. De esta manera, si la precipitación es de tipo orográfico, las isoyetas tendrían que seguir una configuración parecida a las curvas de nivel. Asimismo, cuanto mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la aproximación con la cual se trace el plano de isoyetas (Villón 2004). Por otro lado, existen otros métodos más complejos como el método geoestadístico Kriging Universal, que utiliza una correlación entre precipitación y altitud y requiere un conocimiento de estadística (Goovaerts 2000, citado por Izquierdo 2006).

Cuadro 23. Datos deducidos y valores de correlación “r”

Meses	Estación Base (x)	Comunidades (y)								
		Volcán	Porcal	Mansico	Qda Agua	Rodeo 2	Unile	Sta Isabel	Sta Rosa	Aguas Calientes
Ene	6.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Feb	4.3	0.0	0.0	3.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Mar	21.4	0.0	0.0	15.0	0.0	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0
Abr	30.6	73.9	111.5	98.8	153.0	116.0	102.5	0.0	126.8	42.6
May	123.1	132.0	33.5	249.8	144.0	178.0	127.0	96.0	75.5	141.0
Jun	115.2	58.7	71.0	141.0	103.5	182.5	127.2	88.5	64.8	68.7
Jul	72.6	74.1	43.4*	98.5	62.0	97.5	61.0	65.5	55.5	41.0
Ago	118.5	114.7	58.6*	148.0	68.1	139.0	154.0	96.6	97.5	72.0
Sep	198.9	170.7	85.2*	187.0	180.3	252.5	182.0	89.2	145.2	56.1
Oct	196.0	299.2	84.2*	238.1*	173.1*	261.3*	198.4*	123.5*	135.3*	103.2*
Nov	34.4	30.8*	30.8*	57.1*	45.5*	52.5*	43.6*	21.7*	37.0*	26.8*
Dic	4.6	0.0*	21.0*	23.8*	22.0*	14.1*	15.1*	3.0*	19.0*	12.7*
$y=mx+b$										
M		1.1	0.3	1.1	0.8	1.3	1.0	0.6	0.6	0.5
B		-8.1	19.4	18.6	18.4	8.1	10.6	0.1	16.2	10.5
r ²		0.8	0.1	0.7	0.6	0.9	0.8	0.8	0.5	0.5
R		0.9	0.4	0.9	0.7	0.9	0.9	0.9	0.7	0.7

(*) *Datos deducidos*

Cuadro 24. Precipitación media mensual (mm).

N°	Estaciones	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1	Aguas Calientes	0.0	0.0	0.0	42.6	141.0	68.7	41.0	72.0	56.1	103.2	26.8	12.7	564
2	Santa Rosa	0.0	0.0	0.0	126.8	75.5	64.8	55.5	97.5	145.2	135.3	37.0	19.0	757
3	Unile	0.0	0.0	4.0	102.5	127.0	127.2	61.0	154.0	182.0	198.4	43.6	15.1	1015
4	Porcal	0.0	0.0	0.0	111.5	33.5	71.0	43.4	58.6	85.2	84.2	30.8	21.0	539
5	Volcán	0.0	0.0	0.0	73.9	132.0	58.7	74.1	114.7	170.7	299.2	30.8	0.0	954
6	Mansico	0.0	3.0	15.0	98.8	249.8	141.0	98.5	148.0	187.0	238.1	57.1	23.8	1260
7	Quebrada de Agua	0.0	0.0	0.0	153.0	144.0	103.5	62.0	68.1	180.3	173.1	45.5	22.0	952
8	Rodeo 2	0.0	0.0	0.0	116.0	178.0	182.5	97.5	139.0	252.5	261.3	52.5	14.1	1293
9	Santa Isabel	0.0	0.0	0.0	0.0	96.0	88.5	65.5	96.6	89.2	123.5	21.7	3.0	584
10	San Lucas	3.1	1.7	16.3	27.6	131.4	97.7	72.7	106.7	167.1	207.4	31.1	2.0	865
11	Condega	14.0	11.6	18.5	24.6	116.8	128.0	75.4	107.3	169.4	202.5	46.8	10.1	925
12	Somoto	3.0	2.7	23.7	30.9	118.8	97.8	69.2	118.0	164.2	183.8	30.0	4.4	847
13	Espino	4.5	1.4	27.1	39.4	125.4	137.4	73.3	142.0	295.1	190.4	29.6	1.9	1067
14	Macuelizo	7.0	1.0	12.0	23.0	134.0	145.0	87.0	90.0	175.0	199.0	47.0	12.0	932

Fuente: Información pluviométrica del comité de cuencas.

El análisis de precipitación utilizando el método de Spline encontró que los valores de precipitación de la subcuenca varían desde 334 a 1891 mm/año, desde la parte baja hacia la parte alta de la subcuenca. En este sentido, localmente se estima que el valor máximo de precipitación ocurre en la parte alta que corresponde a los remanentes de bosques y a su vez, a la zona de recarga de la subcuenca².

También es importante tener en cuenta la densidad y distribución de los pluviómetros en el área de estudio debido a que influyen en el mapa de isoyetas y en el cálculo de la distribución de la recarga hídrica, por lo que hay que tener cierta precaución en el uso de esta información para posteriores estudios. En general, la densidad óptima de los pluviómetros así como su ubicación pueden ser determinadas sólo después del muestreo adecuado de la variabilidad espacial y temporal de precipitación dentro de un área de estudio (Rainbird s.f.).

En el cálculo de la evapotranspiración real se tuvo en consideración los valores de evapotranspiración de referencia tomadas de la base de datos del programa FAOCLIM, así

² Benavides, D.2008. Distribución de la precipitación en la subcuenca del río aguas Calientes. Turrialba, CR. Coordinador de El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua en Somoto. Comunicación personal.

como los valores empíricos de un Kg (coeficiente global de desarrollo de un cultivo) y el efecto de la cobertura en la subcuenca. Los valores encontrados de la evapotranspiración real interpolados por el método Spline varían desde 510 a 960 mm/año (Figura 35).

✚ Distribución del balance climático

El cálculo del balance climático es la diferencia de la precipitación y la evapotranspiración real de la subcuenca. Conocer la disponibilidad de agua “balance climático” es de gran utilidad para poder programar actividades de desarrollo durante los periodos lluviosos y secos. La Figura 36 muestra como se distribuyen las zonas del balance climático, variando de 0 a 1149 mm/año desde la parte baja hacia la parte alta. El valor de cero, aparentemente significa que no existe o existe un déficit de disponibilidad de agua en aquellas zonas, lo cual no ocurre en dichas zonas cuando la escala temporal de análisis es mensual, semanal o diaria y en épocas lluviosas. Se encontró que las mayores zonas de disponibilidad de aguas se encuentran en la parte alta de la subcuenca, esto básicamente por las precipitaciones estimadas que se calcularon. El Cuadro 25 muestra la distribución del balance climático (agua disponible) dentro de la subcuenca.

Cuadro 25. Rango de distribución del Balance climático.

BC (mm/año)	Área en la subcuenca Has	% Área
0	2436.47	52.27
0-200	925.83	19.86
200-400	467.36	10.03
400-600	284.97	6.11
600-800	218.08	4.68
800-1149	328.34	7.04
Total	4661.05	100.00

✚ Distribución de la recarga hídrica

La necesidad de poder estimar la recarga de los acuíferos en los proyectos de evaluación de las aguas subterráneas, ha originado estudios que tienden a establecer dicha recarga basados en la distribución de las precipitaciones y en función de las capacidades de infiltración de los suelos mediante sus coeficientes de infiltración (Schosinsky y Losilla 2000).

La distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica es similar a la distribución de las zonas del balance climático debido que las zonas potenciales de recarga no es más que una fracción del agua disponible que se infiltra en el suelo, para ello se usaron coeficientes empíricos de infiltración usados por Junker (2005).

La subcuenca muestra zonas con diferentes láminas de agua de recarga que varían desde 0 a 892 mm/año desde la parte baja hacia la parte alta de la subcuenca (Figura 37). El valor de cero significa que supuestamente no existe lámina de agua que se infiltra para la recarga, sin embargo en una escala de tiempo menor (mensual, semanal o diario) y en época de lluvias tendríamos zonas con recarga donde supuestamente no existe en un análisis anual (Figura 38). Así por ejemplo, en el análisis temporal anual se obtuvo aproximadamente que en el 52% del área de la subcuenca no existe recarga hídrica, sin embargo en el análisis mensual (mayo) se calculó que solamente un 23% del área de la misma no posee recarga hídrica (Cuadro 26 y 27).

Cuadro 26. Distribución del rango de la recarga hídrica anual.

Recarga (mm/año)	Área en la subcuenca Has	% Área
0	2434.29	52.28
0-100	751.27	16.14
100-200	504.17	10.83
200-300	312.85	6.72
300-400	222.37	4.78
400-500	184.97	3.97
500-600	155.40	3.34
600-700	87.68	1.88
700-892	3.08	0.07
Total	4656.08	100.00

Cuadro 27. Distribución del rango de recarga hídrica en el mes de mayo.

Recarga- mayo (mm/mes)	Área en la subcuenca Has	% Área
0	1054.45	22.64
0-100	2406.84	51.68
100-200	714.34	15.34
200-300	278.59	5.98
300-400	136.60	2.93
400-547.41	66.11	1.42
Total	4656.93	100.00

La mayor parte de las zonas potenciales de recarga se ubica principalmente en la parte alta de la subcuenca con una lámina de agua calculada de 300 a 892 mm/año y básicamente dentro de la zona protegida. La reclasificación de los coeficientes de infiltración (bajo, media y alta) indica esta zona esta dominada por una categoría de capacidad de infiltración media (Figura 39). En ese sentido el uso adecuado de los suelos donde se ubican la mayor parte de las zonas potenciales de recarga (zona protegida de vocación forestal), es importante para la conservación del ciclo de la recarga hídrica. Un análisis de uso actual de los suelos en la zona protegida encontró que el 66% del área protegida posee cobertura boscosa y el 34% actividades agropecuarias.

La recarga de los acuíferos se podría incrementar a disminuir como resultado de los cambios de uso de suelo, la literatura hidrológica indica que el bosque mantiene y favorece los procesos de infiltración, percolación y flujo subsuperficial en las cuencas hidrográficas, pero no pueden modificar la porosidad de la roca madre ni su capacidad para formar acuíferos (Calder 2003).

4.2.6 Primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica

Esta primera aproximación a las zonas potenciales de recarga hídrica de los pozos seleccionados, tuvo como resultado a la ubicación de áreas pequeñas comparadas con el área de la subcuenca. Cabe mencionar que se consideró el análisis de observación de los indicadores in situ y no se realizaron evaluaciones de campo y/o laboratorio.

El ejercicio de ubicación de zonas potenciales de recarga hídrica demostró que no todos los participantes de los talleres conformados por los comités de cuencas comunales y algunos pobladores conocen el territorio en su totalidad y que para dicho ejercicio se apoyaron en la experiencia propia, los conocimientos ancestrales y/o locales adquiridos de una tercera persona (durante los procesos constructivos de los pozos comunales), y conocimientos adquiridos como consecuencia de su adaptación a la escasez de agua en la subcuenca.

En tal sentido en esta experiencia, las zonas potenciales de recarga seleccionada participativamente están limitadas a una escala local y por el análisis cualitativo no se puede hacer una comparación con el método científico RAS, debido a que no se realizaron ningún

tipo de evaluación de campo y/o laboratorio para determinar su capacidad de infiltración. Sin embargo, Calder (1999) señala que el conocimiento empleado para la toma de decisiones concernientes al ordenamiento territorial de recursos hídricos está basado en sabiduría popular más que en conocimiento científico establecido.

Asimismo, esta metodología participativa fue importante porque despertó el interés y la curiosidad de los participantes en querer ubicar las zonas que abastecen de agua al pozo seleccionado, creándose así una conciencia de la importancia que tiene el adecuado manejo de los recursos naturales en el abastecimiento del agua subterránea.

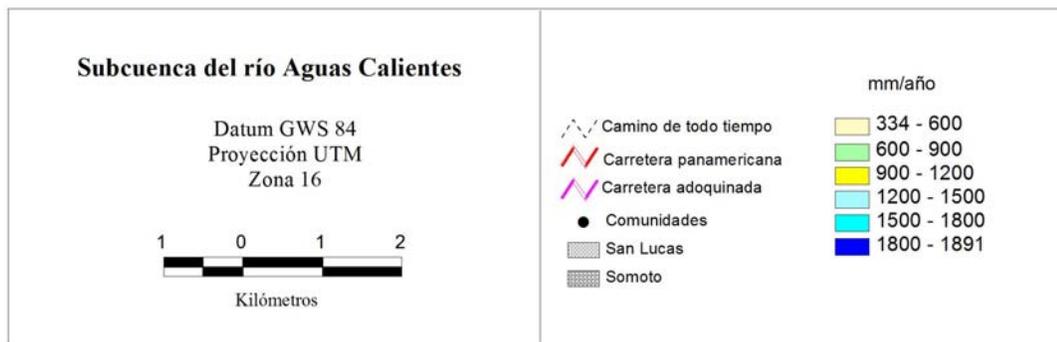
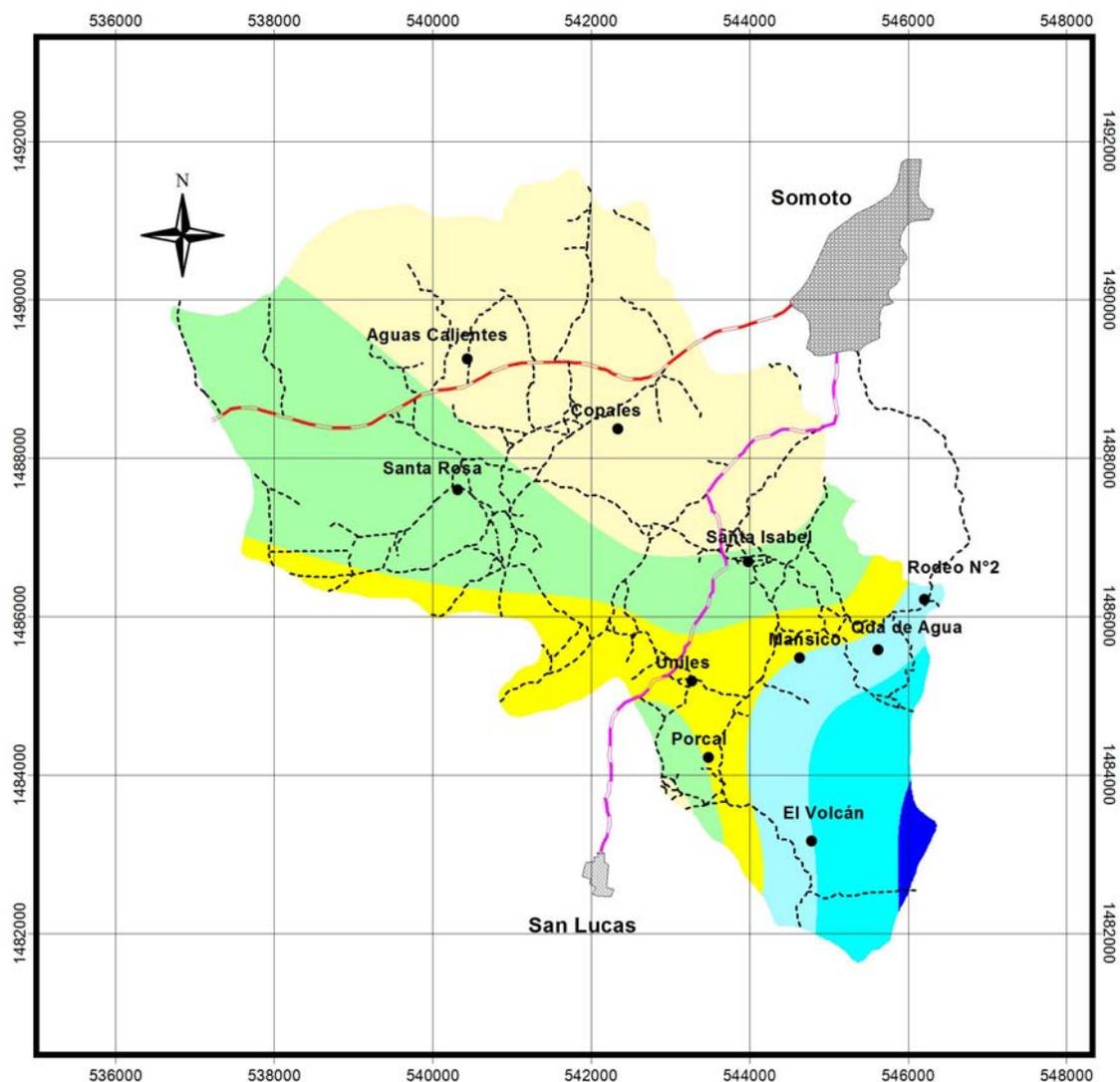


Figura 34. Distribución de la precipitación.
Fuente: Elaboración propia

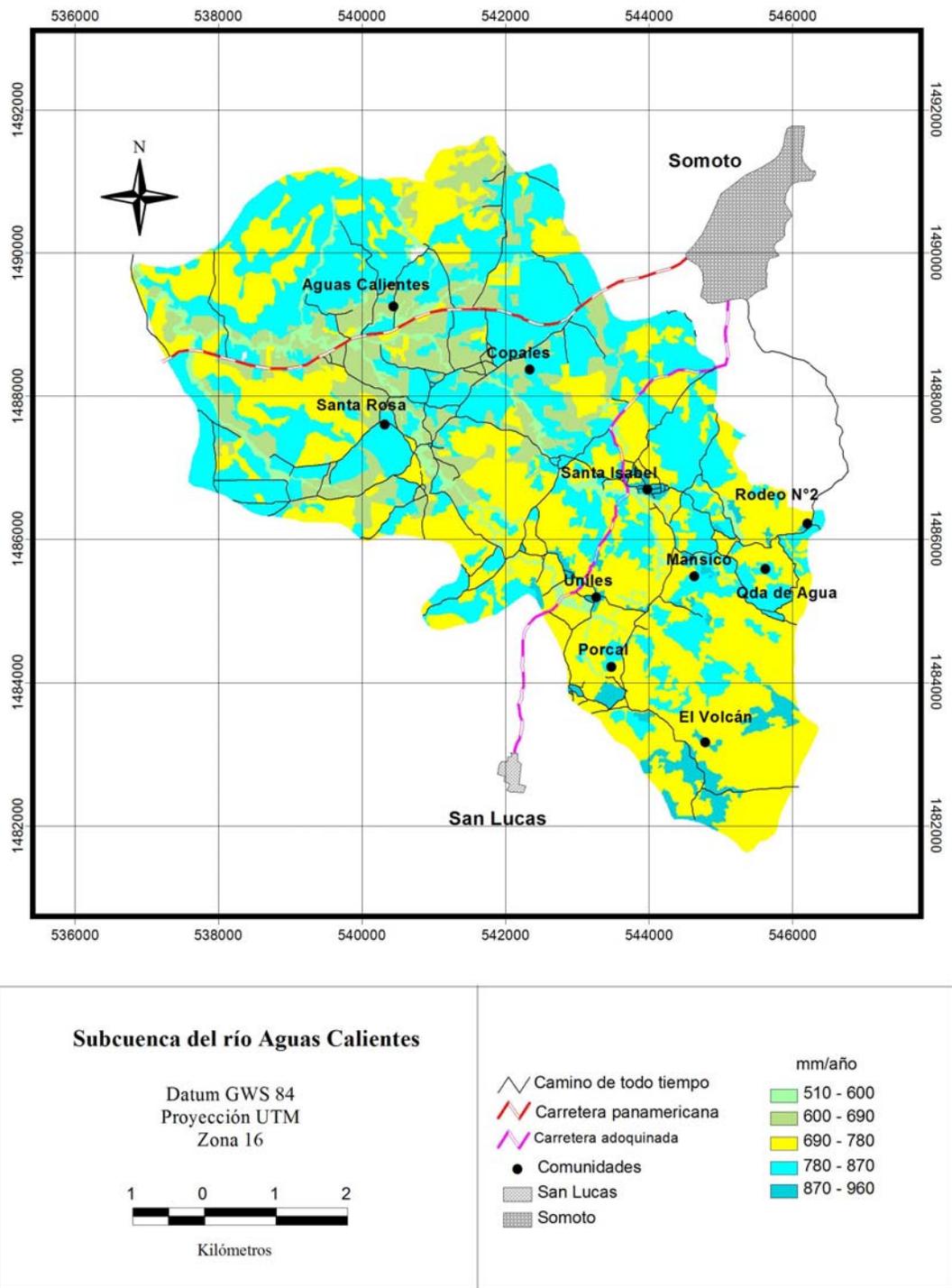


Figura 35. Distribución de la evapotranspiración real.
Fuente: Elaboración propia

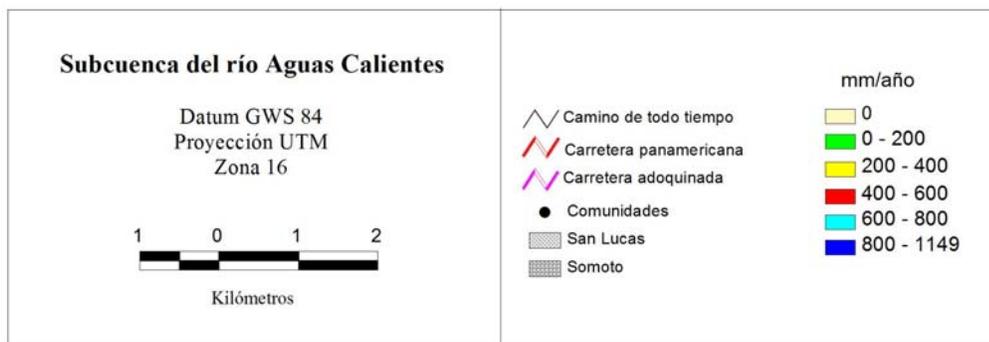
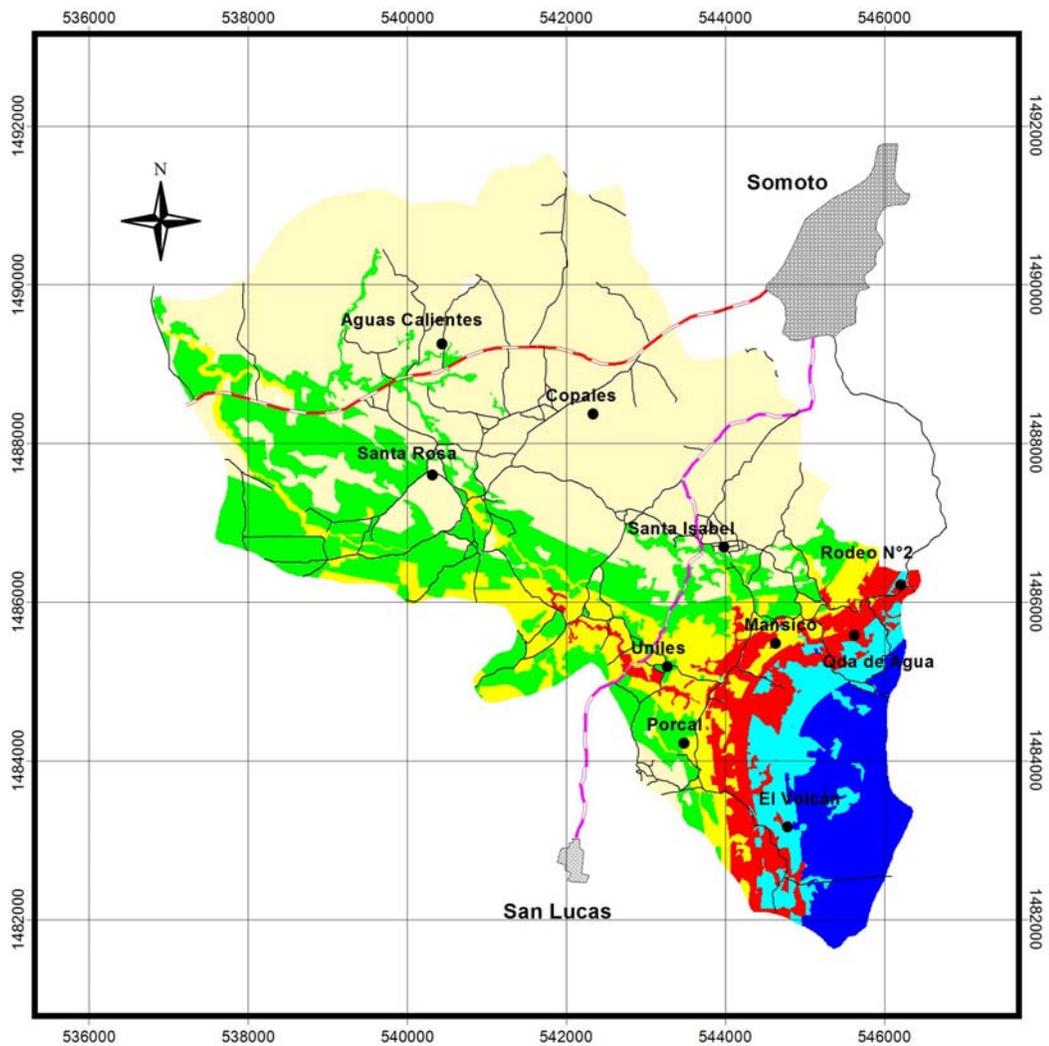


Figura 36. Distribución del balance climático.
Fuente: Elaboración propia

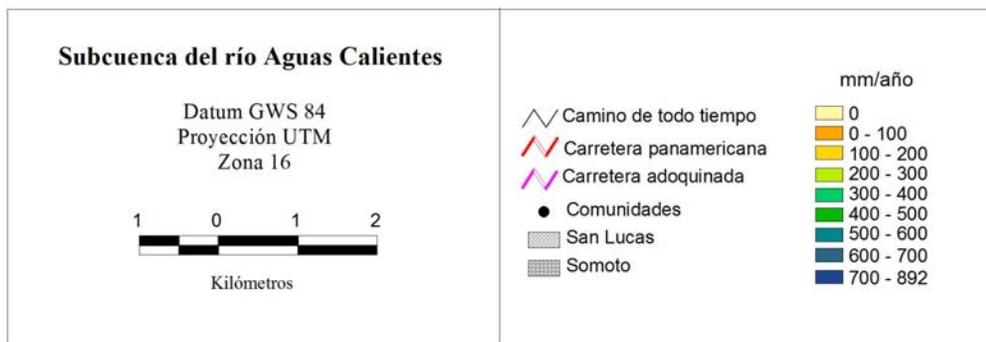
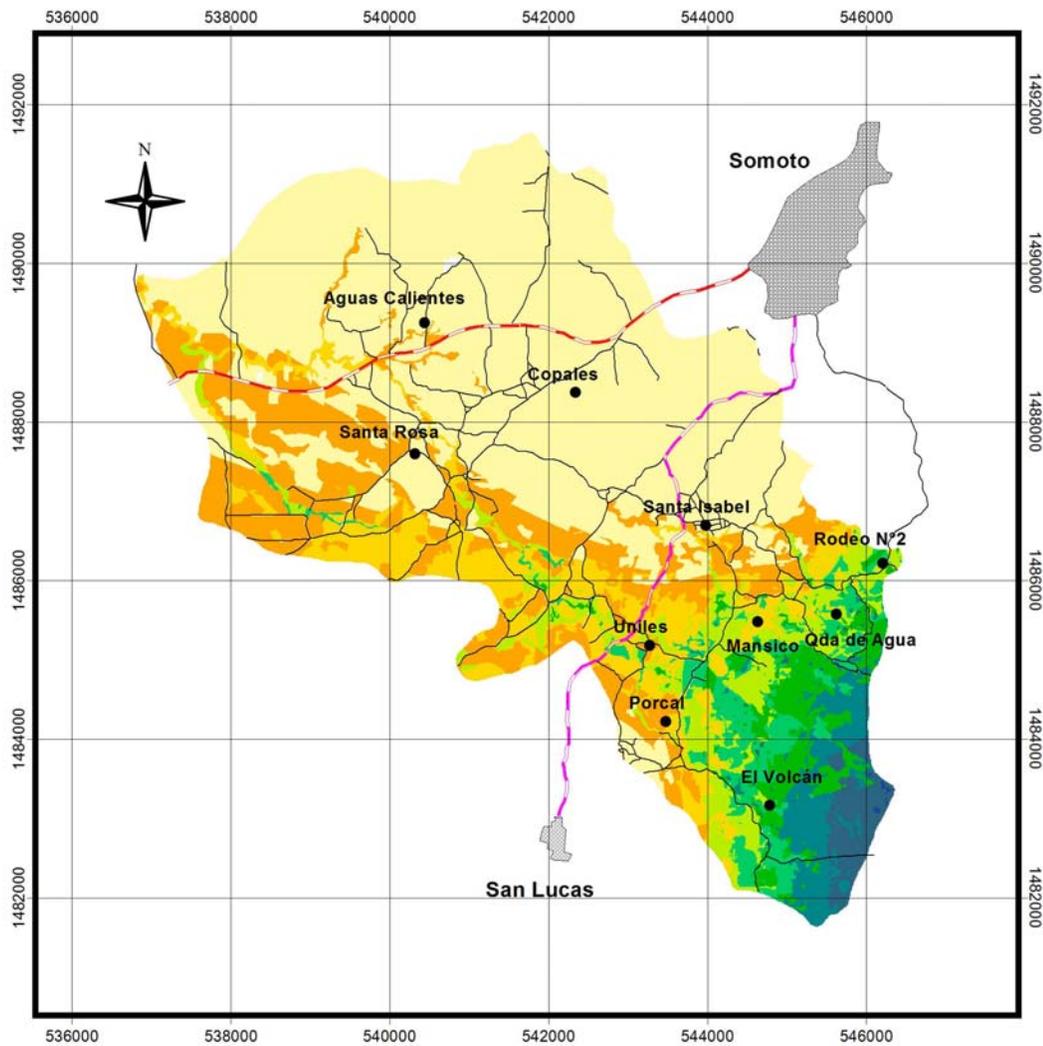


Figura 37. Distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica
Fuente: Elaboración propia

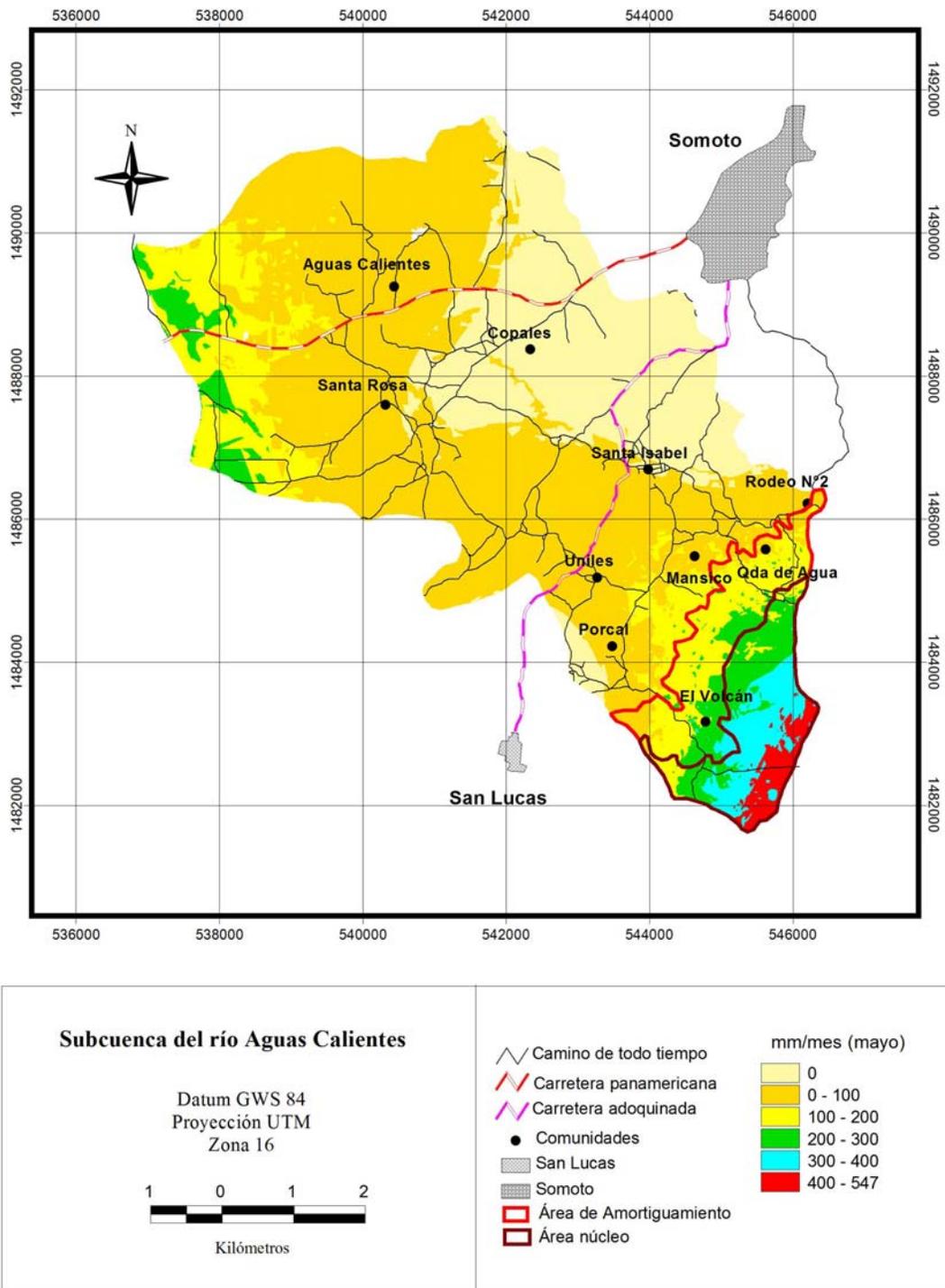


Figura 38. Distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica (mayo).
Fuente: Elaboración propia

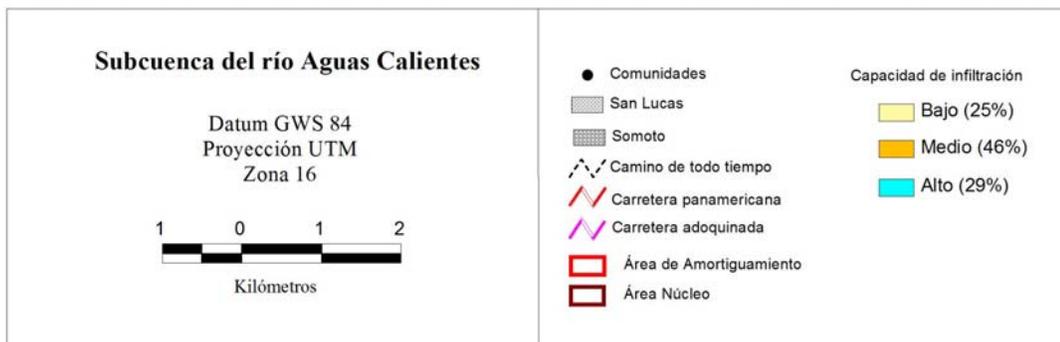
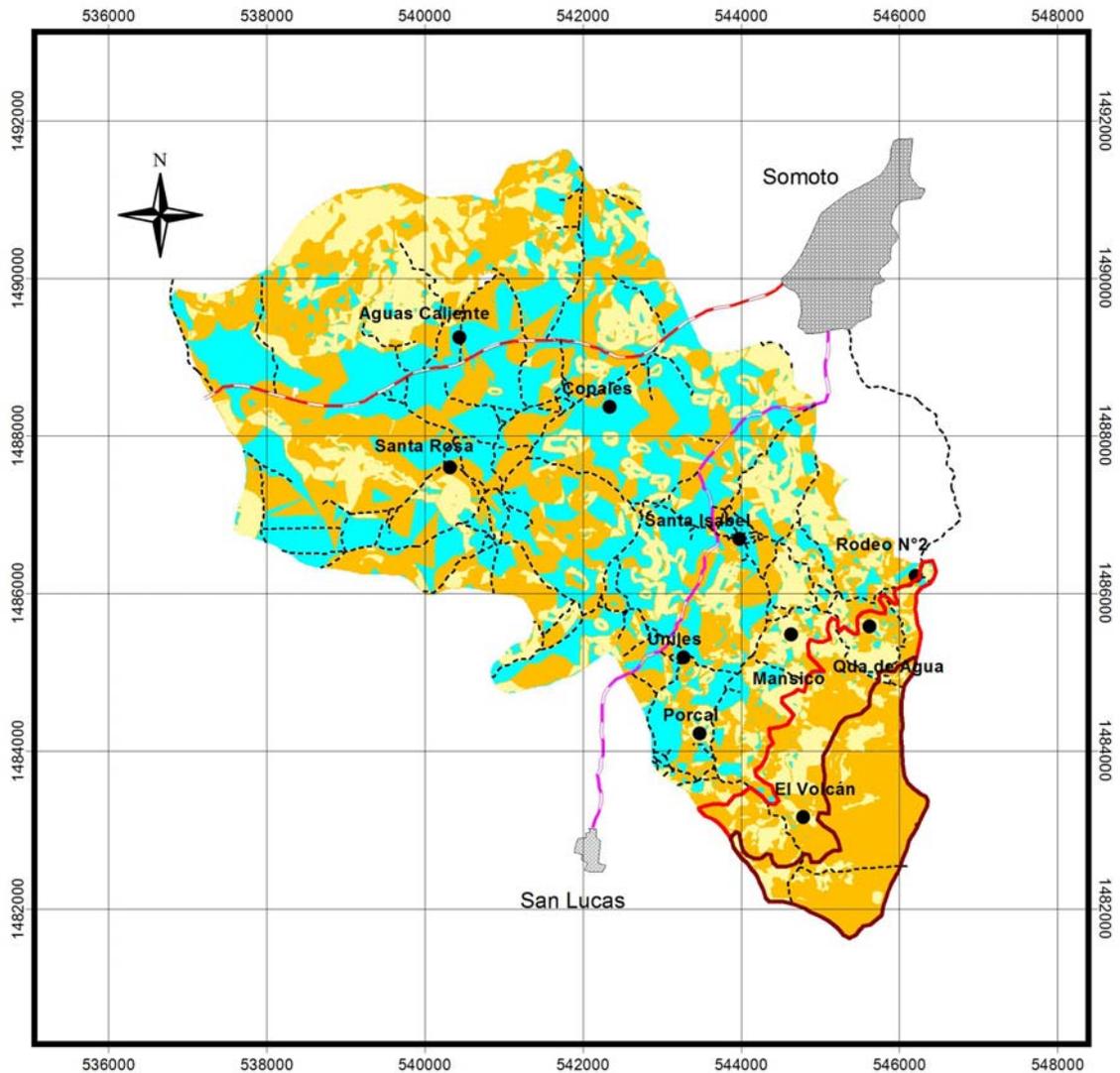


Figura 39. Mapa de capacidad de infiltración.
Fuente: Elaboración propia

4.3 Resultado y discusión del objetivo específico 3

Desarrollar una propuesta de zonificación ambiental para el ordenamiento territorial basado en criterios de uso sostenible del recurso hídrico y suelo mediante la participación de actores claves

Para el desarrollo de la propuesta de zonificación de la subcuenca, se realizó talleres de comunicación, educación y zonificación participativa con los comités de cuencas comunales la cual fue importante para percibir el conocimiento, sentir y deseo de cambio en la parte baja media y alta de la subcuenca. Asimismo, se presenta el resultado de los niveles de accesibilidad el cual se consideró en el análisis de la propuesta de zonificación que determina las limitaciones del uso del recurso natural. Finalmente se presenta el resultado de la propuesta de zonificación propiamente dicha.

4.3.1 La comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación

La comunicación y educación que se realizó para las 10 comunidades agrupadas por sectores altitudinales que forman parte de la subcuenca tuvo los siguientes objetivos:

- ✚ Iniciar la creación de una atmósfera de participación, cooperación y negociación de los comités de cuencas comunales para resolver con éxito conflictos sociales, agua, suelo y ambiente.
- ✚ La interiorización de la problemática socioambiental y el planteamiento de alternativas de solución por parte de las comunidades.
- ✚ La construcción de escenarios de zonificación por sectores (baja, media y alta de la subcuenca) con los cambios más deseables bajo un horizonte temporal de 15 años realizado por los mismos miembros de las comunidades.



Figura 41. Comités de cuencas comunales participantes de la parte alta.

✚ Parte media de la subcuenca (comunidades Santa Isabel, Mansico y Uniles)

El mapa participativo de la parte media con el título “así queremos ver toda la parte media”, muestra que los participantes son conscientes que deben reforestarse las márgenes del río Copales (Santa Isabel) para propiciar todos los beneficios socioambientales, recarga de acuíferos, retención de sedimentos y calidad de agua entre otros. Asimismo, zonas de bosques energéticos ante la necesidad de uso de leña, sistemas agroforestales; granos básicos, henequén con árboles, frutales y animales domésticos (Figuras 42 y 43).

✚ Parte baja de la subcuenca (comunidades Copales, Santa Rosa y Aguas Calientes)

El mapa muestra un escenario ideal donde observamos, aboneras, viveros, montañas reforestadas, laderas con prácticas de conservación de suelos con cultivos de maíz, yuca y pitahaya, además árboles frutales, pastos en mayor cantidad, animales criados en corrales y el río Aguas Calientes con abundancia de agua y peces (Figuras 44 y 45).

Reflexionando sobre los resultados obtenidos se puede decir que los mapas participativos (al menos en este ejercicio) tienen un nivel de alcance y que no se podrían comparar al mismo nivel de detalle con el mapa realizado a nivel técnico con la ayuda del SIG, debido que la representación de cambios a futuro encierra una idea de deseo de manera muy general.

No significa que no se puedan realizar de manera activa y con mayor detalle los escenarios deseados para la zonificación, esta experiencia mostró que sería necesario un proceso de capacitación específico de los participantes claves, por ejemplo capacitación en cartografía.

Sin embargo, los mapas muestran que existe un conocimiento ya adquirido debido a las diferentes actividades de fortalecimiento de capacidades en el uso de los recursos naturales con manejo sostenible. Además, estos mapas indican los cultivos que desean tener o los que ya existen y desean conservar, principalmente debido a la adaptación a las condiciones de la zona y al bienestar socioeconómico que brindan.

Con base en la información obtenida de los talleres participativos, el comité de cuenca comunal de la parte alta se encuentra más fortalecido en conocimiento de los problemas de su territorio, tanto a nivel de comunidad como de la subcuenca. Por tal motivo se recomienda que se promueva la participación de más personas claves en las partes media y baja de la subcuenca que puedan aportar información en función del conocimiento de sus comunidades y/o territorio, así como la participación de personas que resultaran afectadas por los cambios propuestos.

Importante en este ejercicio fue el inicio del proceso de participación activa y la creación de una atmósfera de cooperación basada en los beneficios de la zonificación y ordenamiento territorial de la subcuenca, así como la comunicación a todo a nivel institucional y comunal la existencia de la información en SIG (Figura 46). Pero, para el éxito de la participación activa debería existir un proceso de empoderamiento de las diferentes instituciones que conforman el comité de cuencas. Asimismo debería existir un grupo técnico en los talleres participativos los cuales orienten hasta donde pueden ser aceptadas las expectativas de los cambios mas deseados por parte de los participantes claves.

Finalmente en el Anexo 4 se presentan los resultados de los problemas y alternativas que los participantes conocen, sienten y desean a nivel de sus comunidades los cuales fue importante interiorizar en la propuesta de zonificación.



Figura 42. Escenario deseado en la parte media.



Figura 43. Comités de cuencas comunales participantes de la parte media.



Figura 44. Escenario deseado en la parte baja.



Figura 45. Comités de cuencas comunales participantes de la parte baja.



Figura 46. Socialización de la información en SIG.

4.3.3 *Análisis de accesibilidad*

La accesibilidad puede definirse como la capacidad de interactuar o de hacer contacto con sitios en que hay oportunidades económicas o sociales y/o hacer uso de los recursos naturales (Deichmann, 1997). El transporte es un factor decisivo para una economía porque afecta no sólo el movimiento de personas, bienes y servicios, sino el desarrollo como tal (CIAT 2001).

La Figura 47 muestra tres zonas como resultado del análisis de accesibilidad de la subcuenca, las cuales son:

✚ Zona de mayor accesibilidad (0-10 min). Esta zona de mayor accesibilidad se ubica a lo largo de la Carretera Panamericana como a lo largo de la carretera adoquinada que cruza la subcuenca y que comunica las ciudades de Somoto y San Lucas. Asimismo, dominada por la mayoría de los caseríos que conforman las comunidades. El área total de esta zona es 26.87 km² y representa aproximadamente el 56% de la subcuenca. El 21.95% del área de la misma se encuentra destinada al bosque, 35.31% a la actividad agrícola, 39.25% dedicada a pastos y 3.49% a viviendas.

✚ Zona de accesibilidad media (10-40 min). Esta zona representa el 39% del área de la subcuenca con 18.43 km², y se encuentra distribuida en la parte lata y media de la subcuenca. El 44.78% del área de esta zona está destinada al bosque, el 19.12% a la actividad agrícola, 34.23% a pastos y 1.87% viviendas.

✚ Zona de accesibilidad baja (más de 40 min). La zona presenta 2.33 km² equivalente al 5% del área de la subcuenca, y se ubican exclusivamente en la parte alta de la subcuenca. El uso de suelo encontrado es bosque con un 71.24% de esta zona, 6.95 % destinada a café con sombra, 4.74% dedicada a la agricultura, y 17.07% destinados a pastos.

En general, el análisis demuestra que en las zonas de mayor accesibilidad se ubican la mayor parte de la infraestructura o capital físico, el establecimiento de los pobladores, así como el desarrollo de las actividades agropecuarias, los cuales van disminuyendo a medida que en la subcuenca el nivel de accesibilidad se vuelve difícil. Asimismo, el 68% del área la zona protegida se encuentra dominada por la categoría accesibilidad media, el 26% del área

por la categoría baja accesibilidad y 6% del área de la misma posee mayor accesibilidad. En tal sentido la accesibilidad tiene dimensiones sociales, económicas y ambientales y puede ser vista, tanto como una presión en la existencia recursos naturales como un factor clave en el proceso de desarrollo, satisfaciendo necesidades en la interacción compleja de la agricultura de subsistencia y necesidades socioeconómicas de cualquier población (Nelson 2000).

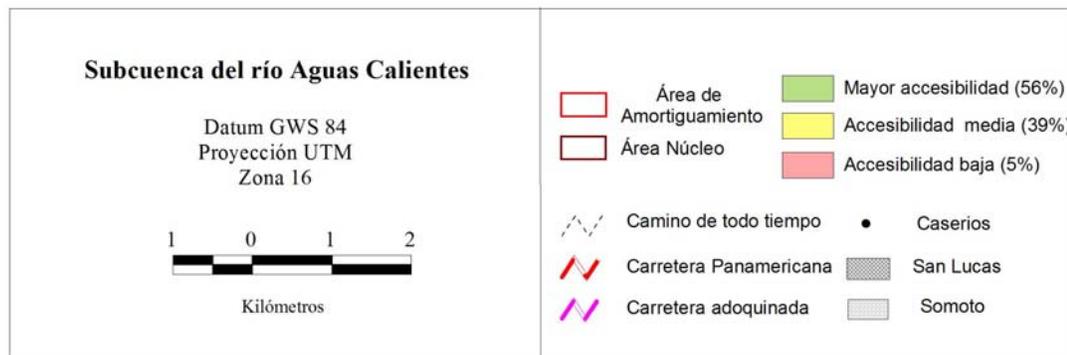
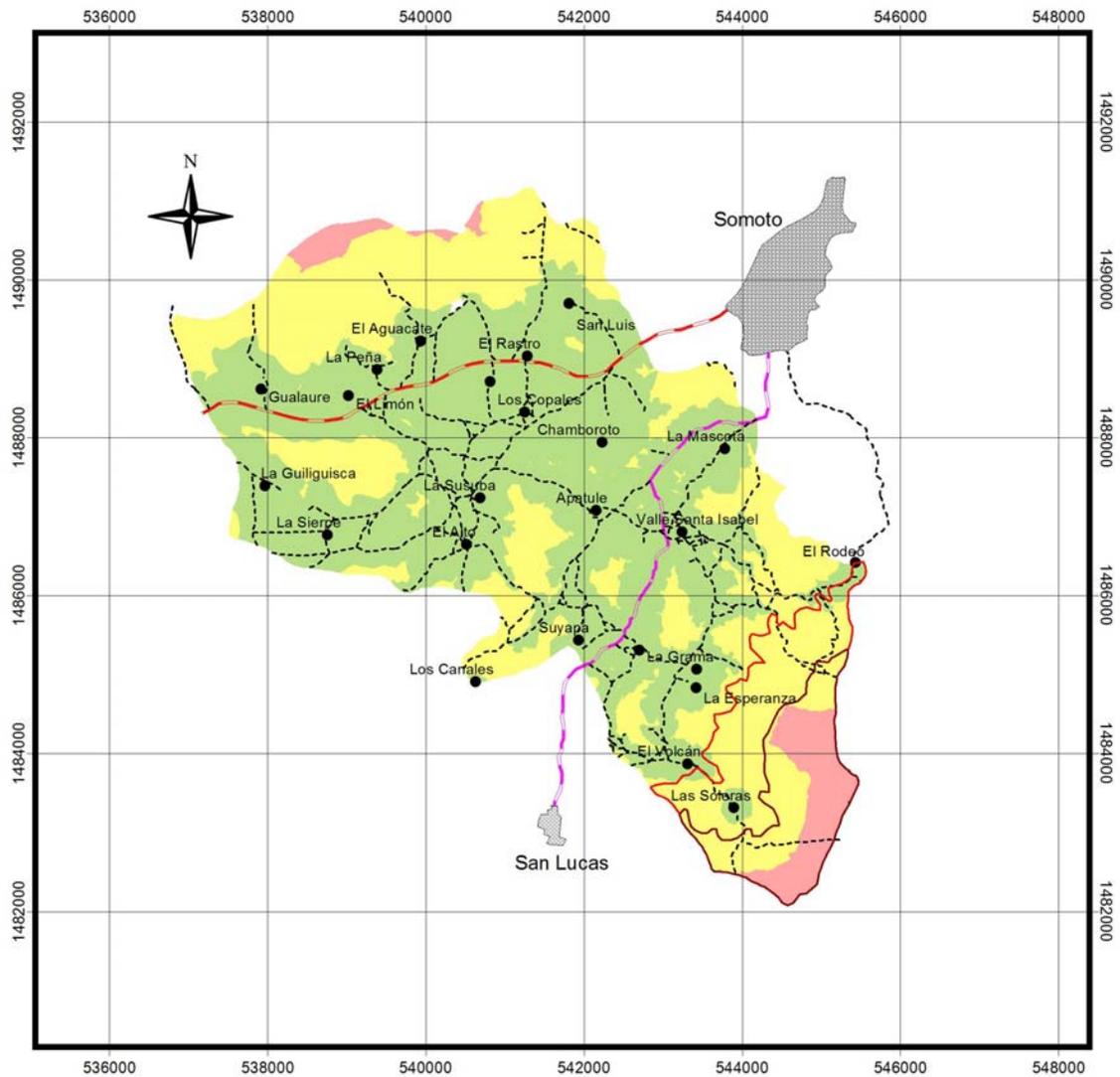


Figura 47. Niveles de accesibilidad.
Fuente: Elaboración propia

4.3.4 Zonificación ambiental de la subcuenca

El análisis realizado de forma propia propone 15 categorías de zonificación que podrían contribuir con el desarrollo sostenible de la subcuenca, las cuales se muestran en el Cuadro 28 y la Figura 48.

Esta propuesta de zonificación es básicamente cualitativa, en la cual se abordaron problemas y posibilidades de solución con una visión integral del manejo de la cuenca, con base a la recuperación y conservación del ambiente, de sus servicios ecosistémicos, las principales actividades agropecuarias, la información de los mapas de zonificación participativos y normas legales que restringen el uso de los suelos.

En ese sentido, la propuesta de zonificación ambiental, es una propuesta técnica basada en lo biofísico, técnico, legal y socioeconómico. Sin embargo está sujeta a consenso, sugerencias y observaciones por parte de las instituciones que conforman el comité de cuencas bimunicipal del río Aguas Calientes así como de otros actores locales y externos.

Todo el proceso para lograr la propuesta de zonificación generó información que debería ser socializada, de tal forma que se conozca de su existencia y pueda ser consultada para posteriores investigaciones o algunos proyectos de interés.

Cuadro 28. Categorías y subcategorías de la propuesta de zonificación ambiental

PROPUESTA DE ZONIFICACIÓN AMBIENTAL	SUPERFICIE	
	Ha	%
A. Zonas potenciales para el desarrollo agrícola y pecuario	1235.88	25.89
Desarrollo de cultivo tradicional		
A1 adaptativo (henequén) y/o frutales con manejo agroforestal	0.44	0.01
Desarrollo de cultivos anuales tradicionales		
A2 con manejo agroforestal y prácticas de conservación de suelos	176.79	3.70
Desarrollo potencial de cultivos anuales		
A3 con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético	140.71	2.95
Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén)		
A4 con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético	3.20	0.07
Desarrollo de pastoreo extensivo		
A5 con manejo silvopastoril y/o bosque energético	914.74	19.16
B. Zonas adecuadas para desarrollo agropecuario	505.36	10.58
Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén) y/o		
B1 frutales	13.15	0.28
Desarrollo potencial de cultivos anuales con manejo agroforestal		
B2 diversificado	21.44	0.45
B3 Desarrollo potencial de ganadería en núcleos tradicionales	185.26	3.88
B4 Desarrollo potencial de cultivos anuales en núcleos tradicionales	285.51	5.98
C. Zonas para el desarrollo forestal y agroforestal	2528.07	52.95
C1 Desarrollo y conservación del bosque ribereño	1862.01	39.00
C2 Desarrollo del potencial de aprovechamiento forestal sostenible	647.17	13.55
Desarrollo del potencial de la conservación del bosque		
C3 belleza escénica, investigación ecológica y conservación de cuencas	18.89	0.40
D. Zonas de restauración ecológica	62.80	1.32
D1 Desarrollo de la restauración ecológica	62.80	1.32
E. Zonas protegidas	267.97	5.61
E1 Zona natural protegida	267.97	5.61
F. Zona de amenazas naturales	109.52	2.29
F1 Deslizamientos históricos	109.52	2.29
G. Miscelánea	64.85	1.36
G1 No aplica	64.85	1.36
Total	4774.45	100.00

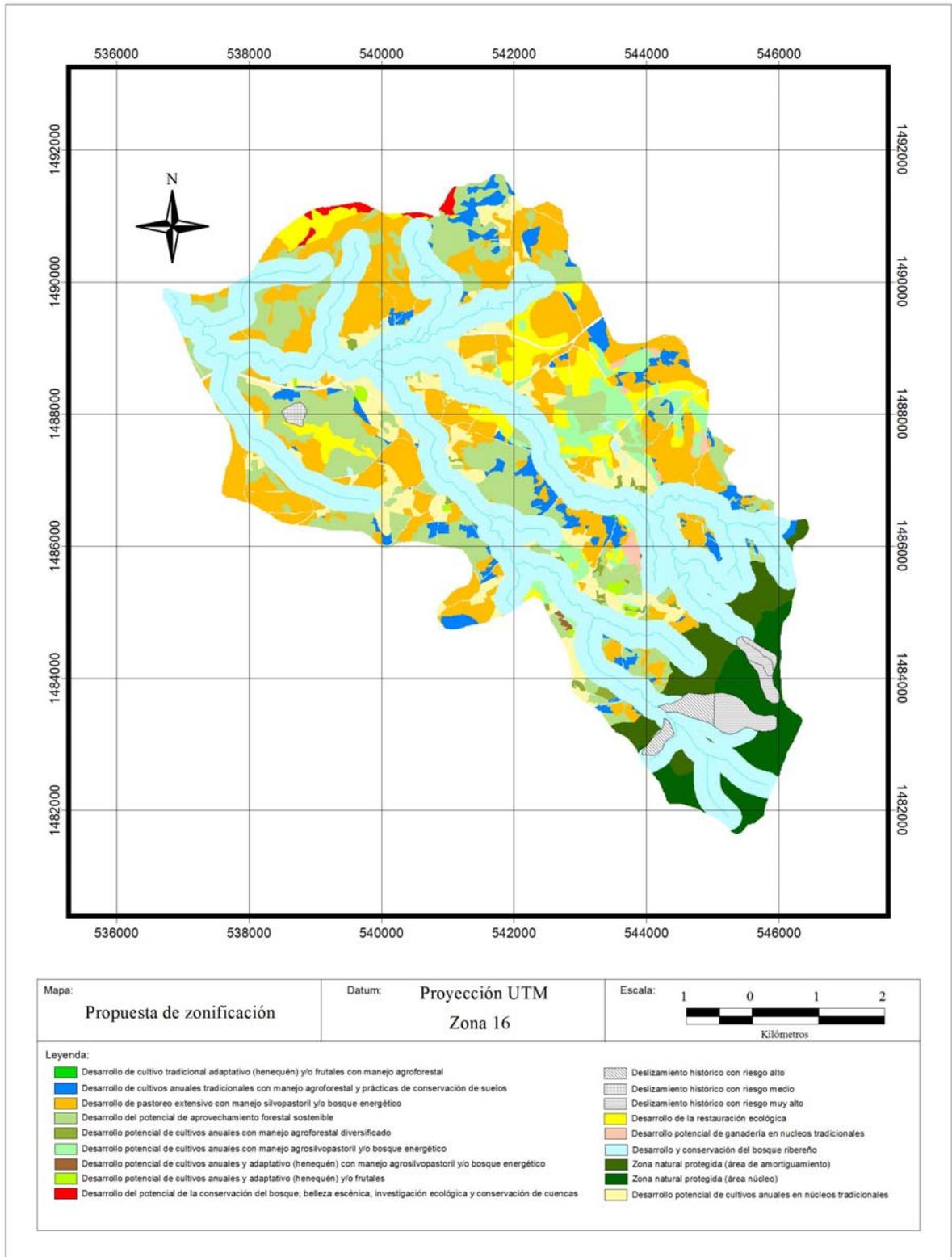


Figura 48. Propuesta de zonificación de la subcuenca del río Aguas Calientes.

✚ Descripción, resultados y discusión de la propuesta de zonificación ambiental de la subcuenca del río Aguas Calientes

A) Zonas potenciales para el desarrollo agrícola y pecuario

A1. Desarrollo de cultivo tradicional adaptativo (henequén) y/o frutales con manejo agroforestal

Esta categoría está compuesta por zonas ocupadas actualmente por cultivos perennes (henequén y frutales) en sobreuso y con categorías de accesibilidad mayor y accesibilidad media. Siendo el henequén el cultivo de adaptación como respuesta a la amenaza de la sequía y de mucha importancia económica para la región; se recomienda que sean manejados con sistemas agroforestales.

A2. Desarrollo de cultivos anuales tradicionales con manejo agroforestal y prácticas de conservación de suelos

Categoría compuesta por cultivos tradicionales, huertos caseros (maíz, frijol y algunos frutales) con sobreuso. En ese sentido, debido que es social y económicamente poco factible un cambio de uso de suelo, se plantea que a estas tierras se les dé un manejo agroforestal con prácticas de conservación de suelos.

A3. Desarrollo potencial de cultivos anuales con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético

Zona compuesta por cultivos tradicionales y huertos caseros (maíz, frijol y algunos frutales), en subuso y con categorías de mayor accesibilidad y accesibilidad media; en tal sentido son suelos en los que se recomienda el cambio a cultivos anuales con manejo agrosilvopastoril y plantaciones de bosques energéticos.

A4. Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén) con manejo agrosilvopastoril y/o bosque energético

Esta categoría está compuesta por cultivos perennes (henequén y frutales) en su mayoría henequén, en subuso y con categorías de accesibilidad mayor y accesibilidad media. Con base

a los criterios mencionados, en estas zonas se pueden desarrollar potencialmente cultivos anuales y perennes con manejo agrosilvopastoril y plantaciones de bosques energéticos.

A5. Desarrollo de pastoreo extensivo con manejo silvopastoril y/o bosque energético

Esta categoría está compuesta por pastos en condiciones de subuso y sobreuso, con categorías de accesibilidad media y mayor accesibilidad. Con base en los criterios mencionados, estas zonas se pueden desarrollar potencialmente con manejo silvopastoril y prácticas de conservación de suelos.

B) Zonas adecuadas para el desarrollo agropecuario

B1. Desarrollo potencial de cultivos anuales y adaptativo (henequén) y/o frutales

Zona compuesta por cultivos perennes (henequén y frutales) en su mayoría henequén como un cultivo importante por su adaptación a la amenaza a la sequía. Se ubican en zonas que no causan conflictos de uso del suelo. En consecuencia son tierras con potencial para los cultivos anuales y perennes.

B2. Desarrollo potencial de cultivos anuales con manejo agroforestal diversificado

Esta categoría se encuentra compuesta por sistemas agroforestales a escala de huertos familiares (maíz, frijol y algunos frutales) que se encuentran en uso adecuado y con categorías de accesibilidad media y mayor accesibilidad. Bajo estas características son zonas potenciales para un manejo de sistemas agroforestales diversificados.

B3. Desarrollo potencial de ganadería en núcleos tradicionales

Se encuentra compuesta por zonas de pastos que se encuentran en uso adecuado y con categorías de accesibilidad media y mayor accesibilidad, por lo tanto se considera zonas potenciales para el desarrollo de la ganadería en núcleos tradicionales.

B4. Desarrollo potencial de cultivos anuales en núcleos tradicionales

Esta categoría se encuentra compuesta por zonas de cultivos tradicionales que se encuentran en uso adecuado y con categorías de accesibilidad media y mayor accesibilidad, por lo tanto se considera zonas potenciales para cultivos anuales en núcleos tradicionales.

C) Zonas para el desarrollo forestal y agroforestal

C1. Desarrollo y conservación del bosque ribereño y zonas de protección de las aguas

Esta categoría se encuentra compuesta por zonas de bosque ribereño en uso adecuado y por las áreas que establece La ley de Aguas Nacionales N° 620 que prohíbe de tala de árboles en una zona de 200 m a partir de las riberas de los ríos, costas de lagos y lagunas, a fin de proteger el recurso hídrico y los servicios ambientales que éstas brindan.

C2. Desarrollo del potencial de aprovechamiento forestal sostenible

Categoría formada por zonas de bosque en uso adecuado y subuso, dentro de categorías de accesibilidad media y mayor accesibilidad. En tal sentido y debido que la subcuenca presenta una vocación eminentemente forestal permite su aprovechamiento forestal sostenible.

C3. Desarrollo del potencial de la conservación del bosque, belleza escénica, investigación ecológica y conservación de cuencas

Esta categoría está compuesta de zonas de bosque con uso adecuado y de subuso con una categoría de accesibilidad baja debido a su topografía escarpada, siendo zonas apropiadas para la conservación del recurso boscoso y la biodiversidad, fomento del ecoturismo y desarrollo sostenible.

D. Zonas de restauración ecológica

D.1. Desarrollo de la restauración ecológica

Zonas compuesta por tierras que han sido sobre explotadas y necesitan pasar por un proceso de restauración para convertirlas nuevamente a tierras productivas, mediante cambio de uso de suelos o manejos amigables con el ambiente.

E. Zonas de protección

E1. Zona natural protegida Serranías Tepesomoto La Patasta

Esta zona es área de interés mediante la Ley N° 42-91 (Declaración de Áreas Protegidas en varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País), donde tiene su accionar el

Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua (MARENA) según Ley N° 217, y que establece que las actividades que se desarrollen en áreas protegidas, obligatoriamente se realizarán conforme a planes de manejo supervisados por el MARENA, los que se adecuarán a las categorías que para cada área se determinen.

F. Zona de amenazas naturales

F1. Deslizamientos históricos

Son zonas de amenazas naturales históricas por efecto del huracán Mitch. Se encuentran ubicadas en el cerro El Volcán, cerro Malacate y cerro Guiliguiska, las cuales según el análisis realizado presentan áreas vulnerables a deslizamientos de categorías alto y muy alto; alto, y medio respectivamente.

Finalmente se determinaron las categorías y subcategorías de la zonificación de segundo orden, basadas en los criterios analizados en la zonificación de primer orden, restricciones por amenazas naturales y normas legales.

4.3.5 Comunicación, educación y zonificación participativa como parte del proceso de la zonificación

La comunicación y educación que se realizó para las 10 comunidades agrupadas por sectores (parte baja, media y alta) de la subcuenca tuvo los siguientes objetivos:

✚ La creación de una atmósfera de participación, cooperación y negociación de los comités de cuencas comunales para resolver con éxito conflictos sociales, agua, suelo y ambiente.

✚ La interiorización de la problemática socioambiental y el planteamiento de alternativas de solución por parte de las comunidades.

✚ La construcción de escenarios de zonificación por sectores bajo, medio y alto de la subcuenca con los cambios más deseables con un horizonte temporal de 15 años realizado por los mismos miembros de las comunidades.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

Referente a la recopilación de la información

1. El inventario de información cartográfica es importante para rediseñar las metodologías existentes sobre la integración de mapas para el logro de los objetivos.
2. La existencia de un comité de cuencas institucional, como la población local organizada en los comités de cuencas comunales facilitan la recopilación de información tanto primaria como secundaria.

Referente a la evaluación del recurso suelo de la subcuenca

1. El análisis de conflicto de la subcuenca, basado en la capacidad de uso de las tierras, permitió conocer de forma cualitativa y cuantitativa las zonas que deben ser atendidas rápidamente, debido a que ocasionan impactos negativos ambientales y socioeconómicos.
2. El análisis de conflicto permitió la identificaron áreas potenciales para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias, aprovechamiento forestal y/o de conservación.
3. Según los resultados, la subcuenca se encuentra adecuadamente ocupada (45% del área de la subcuenca), sin embargo, los suelos de uso forestal presentan altos grados de degradación por actividades agropecuarias (cultivos tradicionales, cultivos perennes, huertos caseros, pastos y café) que ocupan el 53% del área de suelos de uso forestal.
4. Debido a la fragmentación de las zonas del bosque ribereño (65% del área total de la misma) por las actividades agropecuarias, la subcuenca se encuentra vulnerable a la contaminación de las fuentes de agua y pérdida de los servicios ambientales que estos brindan.

Referente a la evaluación de las zonas de deslizamiento

1. Aunque a través del análisis de factores de vulnerabilidad, se pudo establecer la distribución de áreas vulnerables a deslizamientos en la subcuenca, se llegó a la conclusión de que no es posible predecir donde y cuando podrían ocurrir estos deslizamientos. Asimismo, tampoco es posible predecir que una zona de vulnerabilidad alta se deslice primero que una zona de vulnerabilidad media.

Referente a la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

1. El método RAS no posee una buena aplicación cuando considera un balance climático anual, por que en algunas ocasiones no muestran áreas potenciales de recarga hídrica natural donde si se muestran en un análisis de balance climático mensual.
2. Las zonas potenciales de mayor lámina de recarga hídrica se distribuyen principalmente en la parte alta de la subcuenca básicamente dentro del perímetro área protegida, por lo que el manejo y uso adecuado de los suelos en esta zona son importantes para garantizar la recarga hídrica natural, debido a que cambios en el uso del suelo podrían disminuir la capacidad de infiltración y como consecuencia los niveles freáticos de los acuíferos.
3. La aplicación de los indicadores prácticos de forma participativa para la ubicación de zonas potenciales de recarga hídrica tienen una escala de espacialización local y sin la evaluación de campo y/o de laboratorio de su capacidad de infiltración no se pueden comparar con el método científico RAS. Sin embargo, dicho ejercicio para esta experiencia despertó conciencia de la importancia que tiene el adecuado manejo de los recursos naturales en la recarga hídrica subterránea.

Referente a la propuesta de zonificación ambiental

1. Las diferentes actividades socioeconómicas en las zonas de uso forestal de la subcuenca, representan la principal dificultad para aplicar de manera estricta la capacidad de uso de la tierra. Por lo tanto es necesario integrar los aspectos socioeconómicos y ambientales en el modelo de zonificación.
2. La aplicación de modelos sencillos y prácticos (análisis multicriterio) orientados en el desarrollo de los objetivos facilitan la interpretación y análisis de la realidad; mientras que el uso de modelos con muchas variables requiere de una mayor experiencia y conocimiento del planificador. Para la presente zonificación se utilizó un modelo con base en el uso actual del suelo, análisis de conflicto de uso y niveles de accesibilidad, orientada a la conservación y explotación sostenible de los recursos naturales en la subcuenca.
3. La propuesta de zonificación propone 15 subcategorías de carácter técnico que podrían contribuir con el desarrollo sostenible de la subcuenca de zonificación que deberán ser socializada para la búsqueda de un consenso, por parte de los actores involucrados.
4. Los diferentes procesos realizados para la zonificación contribuyeron a la generación de una base de datos y nueva información temática compuesta los cuales deben estar a disposición de otros actores.
5. Los mapas de zonificación participativa permitieron interiorizar a los asistentes y planificador la problemática de las comunidades y/o de la subcuenca. Asimismo, permitió analizar el escenario deseado por los líderes de los comités de cuencas comunales, el cual es importante debido a que la viabilidad de un plan de ordenamiento y de su sostenibilidad depende también del apoyo de las organizaciones sociales involucradas.

5.2 Recomendaciones

Referente a la evaluación del recurso suelo de la subcuenca

1. Desarrollar una estrategia de negociaciones para el cambio de uso actual del suelo y/o el desarrollo uso de prácticas amigables con el medio ambiente teniendo en cuenta beneficios sociales y económicos para aumentar las posibilidades de adopción y sostenibilidad en el uso actual de los suelos.

Referente a la evaluación de las zonas de deslizamiento

1. Sensibilizar a los productores sobre los impactos negativos que ocasionan sus actividades agropecuarias en las zonas vulnerables a deslizamientos así como en las zonas de deslizamientos históricos, e implementar el buen uso de los suelos y cultivos a través de manejos agroforestales y silvopastoriles en combinación de obras de conservación de suelos para lograr la reducción del sobreuso del suelo especialmente donde se presentaron las coladas.

Referente a la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca

1. Realizar, en la parte alta de la subcuenca especialmente dentro de la zona protegida cambios de uso de suelos y/o alternativas tecnológicas que favorezcan a la infiltración, así como utilizar las áreas en subuso para propiciar los servicios ambientales e implementar estímulos a los productores que realizan buenas prácticas en el manejo de los recursos naturales.
2. Analizar la posibilidad de la ubicación de nuevos pluviómetros después de un monitoreo de la distribución de las lluvias con el objetivo de tener una densidad óptima, un mejor muestreo de las precipitaciones y de la distribución de las zonas potenciales de recarga hídrica.

Referente a la propuesta de zonificación ambiental

1. Incluir el conocimiento y la capacidad de los productores para desarrollar y aplicar alternativas conservacionistas sin dejar de lado la asistencia técnica ni los intercambios de experiencias demostrativas de productor a productor.
2. Realizar el uso de técnicas para maximizar beneficios y minimizar costos para la análisis de alternativas para el uso de las tierras económicamente viables, socialmente aceptables así como tecnológicamente implementables.
3. Difundir la existencia de la información cartográfica digital a las diferentes instituciones que conforman el comité de cuencas, así como a los comités de cuencas comunales y población interesada para su consulta y otras investigaciones.
4. Continuar con la sensibilización e institucionalidad del proceso de zonificación en los actores involucrados antes de la etapa de concertación de la propuesta de zonificación para la elaboración del plan de ordenamiento territorial.
5. Usar la zonificación consensuada como una herramienta de planificación y que sea propuesto a los municipios por el comité de cuencas bimunicipal. Asimismo, otorgarle un respaldo legal mediante una ordenanza municipal para asegurar su implementación.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Aparicio Mijares, FJ. 1997. Fundamentos de hidrología de superficie. 6 ed. México. Limusa. 303p.
- Baeriswl R, F. 2001. Introducción al ordenamiento territorial rural en Chile. Santiago, CL. IICA. 85p.
- Benavidez Lopéz, DN 2007. Escalonamiento de los procesos y experiencias de cogestión de cuencas en la subcuenca del río Aguas Calientes a la subcuenca del río Inalí y la subcuenca del río Musunce, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 210p.
- Benavides, D; López Nolasco, N; Laguna, R. 2005. Plan de cogestión de la subcuenca del Río Aguas Calientes, en los municipios de Somoto y san Lucas, Madriz. Somoto. Madriz. NI. 114p.
- Castellón Pineda, NU. 2004. Análisis socioambiental del uso y manejo del agua en la subcuenca Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 159p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2002. Plan de Ordenamiento Territorial del municipio de Valle de Ángeles, Honduras. 59 pág.
- Castellón Pineda, UN. 2004. Gestión de microcuencas como estrategia de planificación del desarrollo municipal. Somoto, Nicaragua. (en línea). Consultado 14 nov. 2006. Disponible en:
<http://www.grupochorlavi.org/concursosesoamerica/doc/Microcuencas.pdf>
- Calder, IR. 1999. Land-Water Linkages in Rural Watersheds Electronic Workshop. (en línea). Consultado 20 mar. 2008. Disponible en:
http://www.cluwrr.ncl.ac.uk/related_documents/camp/calder.pdf

- Calder, IR. 2003. Forests and Integrated Water Resources Management, DFID Forestry Research on Forest and Water Interactions. (en línea). Consultado 20 mar. 2008. Disponible en: [http://www.rinya.maff.go.jp/faw2002/07%20I.%20Calder%20\(UK-DFID\).pdf](http://www.rinya.maff.go.jp/faw2002/07%20I.%20Calder%20(UK-DFID).pdf).
- DeGraff, J.V. 1979. Chapter 10 - Landslide Hazard Assessment. en línea). Consultado 21 mar. 2008. Disponible en:<http://www.oas.org/dsd/publications/Unit/oea66e/ch10.htm#e.%20human%20initiated%20effects>.
- FAO (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 1993. Ordenamiento Territorial. (en línea). Consultado 22 nov. 2006. Disponible: <http://www.fao.org/regional/LAmerica/proyecto/139jpn/ordenam.htm>.
- FAO (Organización de las naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT). 2003. Evaluación de tierras con metodología de FAO. (en línea). Consultado 20 feb. 2007. Disponible:http://www.rlc.fao.org/proyecto/139jpn/document/2ordenam_talleres/tevt/tfaoevt/doctall/apunteev.pdf
- Faustino, J. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, CATIE.113p.
- Faustino, J. 2006. Documento base. Manejo de cuencas II. Curso de postgrado. Turrialba, CR. 213p.
- FNUAP; Inifom; Alcaldía de Somoto. 2001. Diagnostico Sociodemográfico del municipio de Somoto. Primera edición. Managua, Nicaragua. 69p.
- Focuencias II (Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local Para el Manejo de Cuencas y la Prevención de Desastres Naturales). 2004. Innovación, aprendizaje y comunicación para la cogestión adaptativa de cuencas. Propuesta para la segunda fase Presentada a la Agencia Sueca para el Desarrollo Internacional (ASDI). Turrialba, CR. 85p.

- Gómez Sánchez, CE; García Giraldo, JA. 2006. Guía técnico científica para la ordenación y manejo de cuencas hidrográficas en Colombia: Caja de herramientas para la zonificación ambiental en cuencas hidrográficas. Bogotá D.C, CO. 39p.
- Gómez Rivera, S.N. 2003. Análisis de Vulnerabilidad con énfasis en sequía en las Subcuenca del río Aguas Calientes, Somoto, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 91p.
- González Del Tánago, M. 1999. Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua. (en línea). Consultado 20 may. 2008. Disponible: http://www-en.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zaraponengtanago.pdf
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 2005. Ordenamiento territorial: Concepto y Metodología para promover la gestión del territorio en el Perú. Lima, PE. 69p.
- Herman, R; Kandel, S; Gómez I, Cuellar, N; Rodríguez, E. 2003. Gestión territorial rural: enfoque, experiencias y lecciones de Centroamérica. PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación Sobre Desarrollo y Medio Ambiente). Tegucigalpa, HN. 56p.
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad).1999. Plan de manejo integral de la cuenca del Río Reventazon. San José. CR. 138p.
- IDEAN (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales).2006. Zonificación ambiental en el ordenamiento de cuencas hidrográficas. Bogotá, CO. 39p.
- IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi). 1997. Bases conceptuales y guía metodología para la formulación para la formulación del plan de ordenamiento territorial departamental. 1. ed. Santafé de Bogotá D.C, CO. Linotipia Bolívar. 350p.

- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). s.f. Metodología de ordenamiento territorial del Programa Nacional de Ordenamiento Territorial de la República de Nicaragua. NI. 66p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), 2000. Diagnóstico agro socioeconómico de región norte Las Segovias. Dirección de planificación. Estela, NI. 210p.
- Izquierdo,T; Márquez A. 2007. Estudio comparativo de diferentes métodos de interpolación para la realización de mapas de precipitación en la isla de La Gomera (Islas Canarias): Evaluación de la incorporación de la altura. (en línea). Consultado el 14 de mar. 2008. Disponible en <http://www.sociedadgeologica.es/archivos/geogacetas/Geo42/Art33.pdf>
- Jiménez, F. 2006. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo, y gestión de los recursos naturales. Material de referencia en curso de maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas I. CATIE: Turrialba, CR. 16p.
- _____. 2006. Gestión del Riesgo a Desastres. Curso de postgrado. Turrialba. CR. 16p.
- _____; Faustino, J; Campos,JJ. 2006. Bases conceptuales de la cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Material de referencia en curso de maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas I. CATIE: Turrialba, CR. 16 p Turrialba, CR. 20p.
- Junker, M. 2005. Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea. FORGAES. SV.40p.
- Loría Berríos, AL. 2004. Procesos organizativos, regulación y tecnologías para el manejo y conservación del recurso hídrico y mitigación de la sequía, subcuenca del Río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 164p.

- Lücke Sánchez, O. 1998. Base Conceptual y Metodología para los Escenarios de Ordenamiento Territorial. (en línea). Consultado 14 nov. 2006. Disponible en: http://www.mideplan.go.cr/sinades/Proyecto_SINADES/sostenibilidad/armonizacion/index-2.html#BASE%20CONCEPTUAL%20Y%20METODOLÓGICA%20
- Maldonado, T; Rodríguez C. 1997. Estudio, análisis y cartografía de la capacidad de uso de la tierra en las clases forestales. San José. CR. 34p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales de Nicaragua) 2007. Mapas temáticos de Área protegida. Managua, NI. 1 disco compacto 8 mm.
- Miller. K. 1980. Planificación de Parques Nacionales para el Ecodesarrollo en Latinoamérica. Fundación para la Ecología y la Protección del Medio Ambiente. Madrid, ES. 500p.
- MINAE (Ministerio del Ambiente y Energía República de Costa Rica). 2003. Plan de Ordenamiento Territorial de la Cuenca Hidrográfica del Río Savegre. San Jose. CR. 66p.
- Morales, J. 2001. Plan rector de producción y conservación de la subcuenca Coco- Somoto. Informe del estudio., Alcaldía Municipal, Somoto, Nicaragua. 36p.
- MAGFOR (Ministerio agropecuario y forestal). 2000. Manejo Integrado de cuencas Hidrográficas en la Región de las Segovia. Managua, NI. 199p.
- Naciones Unidas. 2002. Informe de la Cumbre Mundial Sobre El Desarrollo Sostenible. (en línea) Consultado 14 nov. 2006. Disponible en http://books.google.co.cr/books?vid=ISBN9213042310&id=0uhAufWPNBYC&pg=PP1&lpg=PA1&ots=nGIS3HMFUt&dq=la%20cumbre%20del%20mundo%202002&sig=DIDKFVc3mEmc3fu_BS_JKQolpL8.

- Nelson, A. 2000. Accessibility, Transport and travel time information. (en línea). Consultado 2 mar. 2008. Disponible en http://gisweb.ciat.cgiar.org/cross_scale/download/2.5web.pdf
- Oliver, M.A. 1990. Kriging a method of interpolations for geographical information systems. Int. J. Geographical Information Systems. (en línea). Consultado 10 mar. 2008. Disponible en http://www.icomvis.una.ac.cr/telesig/pdf/funciones_sig.pdf.
- PREVAC. (Programa de Prevención y Preparación ante Desastres en América Central) 2000. Evaluación indicativa de peligros derivados de Fenómenos de inestabilidad y torrenciales Municipio de somoto Departamento de Madriz, Nicaragua. Managua.NI. 16p.
- Pérez, S; Barzev, R; Aburto, E; Rojas, L. 2002. Pagos por servicios ambientales: conceptos, principios y su realización a nivel municipal. Managua. (en línea). Consultado 11 mar. 2008. Disponible en http://www.pasolac.org.ni/files/publicacion/1192478779_MANUALPSA2daedic2002.pdf
- Prins, C. 2005. Procesos de innovación rural en América Central: reflexiones y aprendizajes. Turrialba. CR. 2005. 244p.
- PRPC (Plan Rector de Producción y Conservación de la subcuenca del Río Aguas Calientes). 2000. Somoto. NI. 112p.
- PMDN (Proyecto de Mitigación de Desastres Naturales). 2002. Ordenamiento Territorial para el municipio de Valle De Ángeles. Honduras. 59p.
- Proceso de formulación del plan de ordenamiento territorial del distrito de Morropón-región Piura. 2003. Piura, PE. 3p.

- PRONAT (Programa nacional de ordenamiento territorial de la República de Nicaragua).
s.f. Metodología de ordenamiento territorial. NI. 66p.
- Ricaurte, LF. 2001. Zonificación ambiental del río Putumayo. In Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial en la Amazonia Colombiana. Libro de memorias. Bogota, CO. p. 45 57
- Rainbird, AF. s.f. Precipitation-Basic principles of network design (en línea). Consultado 7 dic. 2007. Disponible en:
http://www.cig.ensmp.fr/~iahs/redbooks/a067/iahs_067_0019.pdf
- Rafaelli, S. 2003. Paisaje erosivo en cuencas de montaña: modelación con extrapolación espacial ascendente. (en línea). Consultado 17 mar. 2008. Disponible en:
http://www.efn.uncor.edu/archivos/doctorado_cs_ing/rafaelli/Tesis_SR_principal.pdf.
- Richters, EJ. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San jose, CR. 439p. (Colección Investigación y Desarrollo).
- Ruiz, J. 2001. Propuesta de ordenamiento territorial de la microcuenca de Tomatirenda, (en línea). Consultado 16 nov. 2006. Disponible en:
<http://www.umss.edu.bo/epubs/earts/downloads/75.pdf>
- Sanabria, JC. 2001. Zonificación agroecológica de Pajchanti : Metodología adecuada para el análisis biofísico del manejo del recurso suelo. (en línea). Consultado 18 ene. 2007. Disponible en: <http://www.umss.edu.bo/epubs/earts/downloads/64.pdf>
- Schosinsky y Losilla. 2000. Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. Revista Geológica de América Central 23: 43-55p.

- Umaña, E. 2000. Caracterización biofísica de la subcuenca Coco - Somoto. Documento informe final del estudio. Alcaldía municipal de Somoto. 69 p.
- Van Leeuwen, A.C.J. 2001. Ordenamiento Territorial: Un Proceso Participativo, Sostenible y de Democratización. (en línea). Consultado 11 nov. 2006. Disponible en: <http://www.fao.org/Regional/LAmerica/opinion/anterior/2001/vanleew.htm>
- Vásquez Villanueva, A. 2000. Manejo de cuencas Altoandinas. Perú. Escuela Superior de Administración de Aguas. 516p.
- Villón, M. 2004. Hidrología. Instituto tecnológico de Costa Rica. Cartago, CR. 386 p.
- World vision. 2004. Manual de Manejo de Cuencas. Modulo I. El Salvador. Material de referencia en curso de maestría en Manejo de Cuencas Hidrográficas II. CATIE: Turrialba, CR. 13p.

7. ANEXOS

7.1 Anexo 1. Información detallada de las características biofísicas y socioeconómicas de la subcuenca

Características socioeconómicas.

Distribución de la población y densidad poblacional.

La subcuenca del río Aguas Calientes conformada por 10 comunidades cuenta con un total de 6,694 personas, la cual se distribuye en 1469 familias. Dadas las características físicas del territorio y el desarrollo socioeconómico la distribución de la población es de 30% en la parte baja, 45% en la parte media y 25% en la parte alta de la subcuenca. En cuanto a la concentración de la población la menor densidad se registra en la comunidad Aguas Calientes con 52 hab/km² y la más alta la comunidad del Rodeo N° 2 con 722 hab/km². En el Cuadro 29 y en la Figura 10 se presenta la distribución y densidad de la población.

Cuadro 29. Distribución de la población en la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes.

Comunidad	Área Km ²	Densidad hab./km ²	Total de habitantes	Total de Familias	Total de viviendas	% de habitantes	% de Familias
Los Copales	2.98	137.17	409.00	77.00	67.00	6.11	5.24
Santa Isabel	5.97	240.41	1436.00	334.00	243.00	21.45	22.74
Santa Rosa	9.53	91.50	872.00	186.00	132.00	13.03	12.66
Mansito	1.61	180.35	290.00	82.00	75.00	4.33	5.58
Quebrada de Agua	1.53	242.53	370.00	76.00	72.00	5.53	5.17
Aguas Calientes	13.90	51.80	720.00	178.00	175.00	10.76	12.12
Rodeo N°2	0.33	721.96	238.00	48.00	48.00	3.56	3.27
Uniles	5.00	254.92	1275.00	262.00	262.00	19.05	17.84
El Volcán	6.04	94.10	568.00	114.00	86.00	8.49	7.76
El Porcal	0.85	606.70	516.00	112.00	85.00	7.71	7.62

Fuente: Adaptado de Benegas 2006.

Comunicación

A lo interno de la subcuenca existen caminos intercomunitarios de todo tiempo (Figura 49), los que son utilizados por los pobladores para trasladarse a otras comunidades. Los caminos han sido rehabilitados por las mismas comunidades con el apoyo de programas y otras instituciones.

La cercanía de las comunidades de la parte baja con la carretera panamericana (Figura 50) permite a la población de esta zona poder trasladarse a la ciudad de Somoto en su mayoría caminando, una pequeña cantidad de habitantes usan bestias o bicicletas, y existen una cantidad reducida de pobladores que se trasladan en vehículos o motocicletas propias. Existe una carretera de adoquín (Figura 51) que facilita el traslado a pobladores de la parte media y alta de la subcuenca, en ella transitan buses ínter-rurales Somoto - San Lucas todo el año. La Figura 11 muestra las diferentes vías y su distribución en la subcuenca (Benavides et ál. 2005).

En las comunidades no existe servicios de correos postal pero al menos en dos comunidades hay servicio de teléfono público (Figura 13) y en algunas comunidades se recibe la señal para comunicación celular.



Figura 49. Caminos intercomunitarios.



Figura 50. Carretera panamericana.



Figura 51. Carretera adoquinada.

Educación

En cada una de las diez comunidades existe al menos una escuela que brinda servicios educativos en los niveles de educación pre-escolar y primaria, con excepción de las comunidades de Mancico y Quebrada de agua, que comparte la escuela primaria. Para la continuidad en los estudios de secundaria, algunos lo hacen en un centro de educación que se encuentra en la comunidad de Santa Isabel, hasta el nivel de noveno grado. Otros estudiantes asisten a escuelas ubicadas en las cabeceras de los municipios de Somoto y San Lucas (Cajina 2006).

La distribución del número total de estudiantes es variado, donde una comunidad posee menos de 25 estudiantes, dos comunidades entre 25-100, cinco comunidades entre 100-200 y dos comunidades mas de 200 estudiantes. En el Cuadro 30 y Figura 12 se muestran la distribución del número de escuelas, niveles de educación y números de estudiantes totales por comunidad.

Cuadro 30. Número de escuelas y niveles de educación.

Comunidad	Nº de escuelas	Nivel pre escolar	Nº de estud pre-escolar	Nivel primaria	Nº de estud primaria	Nivel Secundaria	Nº de estud secundaria	Total de estudiantes
El Volcán	2	2	29	2	138	0	0	167
El Porcal	1	0	0	1	24	0	0	24
Mansico y Quebrada de agua	1	1	25	1	123	0	0	148
Rodeo N°2	1	1	16	1	67	0	0	83
Uniles	2	2	40	2	256	0	0	296
Santa Isabel	2	1	36	1	266	1	141	443
Los Copales	1	1	15	1	39	0	0	54
Santa Rosa	1	1	24	1	161	0	0	185
Aguas Calientes	1	1	19	1	133	0	0	152
Total	12	10	204	11	1207	1	141	1552

Fuente: Benavides et ál. 2005

Salud

Dentro de la subcuenca solo existe una infraestructura de salud (centro de salud) la cual se encuentra en la comunidad de Santa Isabel inaugurada en julio del 2007, la cual hasta ya se encuentra prestando servicios con un doctor y dos enfermeras. Las Figura 52 muestra el nuevo centro de salud y la Figura 13 como se distribuye en la subcuenca este servicio.

Asimismo en cada una de las comunidades de la subcuenca se encuentra al menos un comedor infantil con directivas comunitarias, en algunos casos funcionan como preescolares y facilitan junto con la red de los promotores de salud, la realización de las campañas de inmunización y control de crecimiento a niños. Como parte de la actividad comunitaria se ha organizado una red de casas de consejería y brigadistas de salud, con el apoyo del Ministerio de Salud y algunas ONG. Los servicios médicos que gestiona la población los reciben en las cabeceras municipales de Somoto y San Lucas (Cajina 2006).



Figura 52. Nuevo centro de salud en la comunidad de Santa Isabel.

Cobertura del servicio de energía eléctrica y agua potable

Según los Comités de cuencas comunales el servicio de energía eléctrica refleja, que el 47% de la población que habita en la subcuenca está servida. Sin embargo la cobertura del servicio a nivel de comunidades es variada, haciendo una clasificación: las comunidades, Quebrada de Agua, Santa Rosa y Rodeo N° 2, registran más del 70% de cobertura, Santa Isabel, El Volcán y Los Copales se registran entre 40% y 70%, Aguas Calientes, Uniles y el Porcal se registran entre 20% y 40% y solo la comunidad de Mansico se registra con 4% de población servida de energía, ese pequeño porcentaje son pobladores que aprovecharon su ubicación y la instalación de servicio eléctrico de una comunidad colindante, en si la comunidad de mansito no tiene servicio de energía eléctrica. El Cuadro 31 y la Figura 14 muestran la distribución y el porcentaje de la población servida en la subcuenca.

La presencia de aguas superficiales y subterráneas escasas principalmente en la estación seca (noviembre-abril) hacen que los pobladores de las diferentes comunidades hagan uso de las aguas subterráneas mediante pozos escavados a maquina y de forma manual. La mayoría de estos pozos se ubica en los cauces de los cursos de aguas. Asimismo, la mayor parte de los pozos se encuentran en la parte media y baja de la subcuenca. El 5% de los pozos se ubican en las comunidades del Porcal y Volcán y el 95% se encuentran en las ocho comunidades restantes de la subcuenca. Sin embargo se observo que las comunidades de Aguas Calientes y

Los Copales cuentan con servicio de agua potable por la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado Sanitario (ENACAL).

Cuadro 31. Distribución del servicio de energía eléctrica en la subcuenca.

Comunidad	Total de habitantes	Número hab/vivienda	Número Conexiones	Población	
				Servida	%
Quebrada de Agua	370.00	5.14	62.00	318.61	86.11
Santa Rosa	872.00	6.61	105.00	693.64	79.55
Rodeo N° 2	238.00	4.96	35.00	173.54	72.92
Santa Isabel	1436.00	5.91	120.00	709.14	49.38
El Volcán	568.00	6.60	41.00	270.79	47.67
Los Copales	409.00	6.10	27.00	164.82	40.30
Aguas Calientes	720.00	4.11	63.00	259.20	36.00
Uniles	1275.00	4.87	82.00	399.05	31.30
El Porcal	516.00	6.07	20.00	121.41	23.53
Mansito	290.00	3.87	3.00	11.60	4.00
Total	6694.00	5.42	558.00	3121.79	46.64

Fuente: Comité de cuencas comunales

Organización institucional

En la subcuenca, existe presencia representada por cuatro niveles de instituciones y organizaciones presentes en la subcuenca (Cajina (2006):

- 1.- Nivel Nacional representado por Instituciones Estatales
- 2.- Nivel Municipal representado por los Gobiernos Locales de los Municipios de Somoto y San Lucas.
- 3.- Nivel de Cuenca representado por el Comité de Cuenca.
- 4.- Nivel comunitario representado por los Comité Comunales de Cuenca y organizaciones comunitarias que gestionan por intereses comunes comunitarios como los Comité de aguas.

Migración

En el municipio de Somoto según las características de emigración obtenidas en el análisis de 20 municipios se tuvo una tasa de emigración del 16.0% y una tasa de inmigración de 11.3%, la cual condujo a un saldo migratorio negativo de -4.7%, indicando que el municipio de Somoto es expulsor de población, municipio de emigrantes (FNUAP 2001).

Algunos emigran hacia el interior del municipio a la cabecera municipal, principalmente mujeres a realizar labores domésticas. En los meses de noviembre y diciembre en su mayoría hombres emigran al interior del país a realizar labores agrícolas en las fincas de café; otros durante toda la época seca lo hacen a realizar diferentes labores. También unos emigran al exterior a países centroamericanos (Cajina 2006).

Nivel de pobreza

Según FNUAP (2001), en general el 34.5% de los pobladores se encontraban en situación de pobreza y en situación de pobreza extrema un 30.5% en el municipio de Somoto. En el área rural se encuentran en situación de pobreza el 69.3% de sus pobladores. Ello indica que dos de cada tres habitantes del área rural están en condición de pobreza extrema (Cuadro 32).

Cuadro 32. Nivel de pobreza en el municipio y en el área rural.

Nivel de pobreza	%
Nivel municipal	
Pobres extremos en el municipio	30.5
Pobres en el municipio	34.5
No pobres en el municipio	35.0
Área rural	
Pobres en el área rural	69.3
No pobres en el área rural	30.7

Fuente: FNUAP 2001.

Sistemas productivos

Según Benegas (2006), las principales actividades productivas que se realizan en la subcuenca son la producción de granos básicos (maíz, frijol, sorgo) para autoconsumo, henequén, hortalizas con riego, café, muy poca ganadería, fabricación de adobes, tejas y artesanía.

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 citado por Gómez 2003).

Tenencia de tierras

En la subcuenca existen grandes, medianos, pequeños propietarios de terreno y familias que no poseen tierras para realizar actividades productivas. El 54% de los productores posee tierra propia (tierra heredada y comprada, legalizada). El 27% posee tierras en proceso de legalización. El 16%, de los agricultores poseen pequeñas parcelas y además son arrendatarios (alquilan áreas mayores de 1 Mz). El 3% no posee tierras en absoluto (Lorio 2003).

Generalmente los mejores terrenos de la subcuenca son ocupados por los grandes propietarios que los utilizan en la producción bovina estacionaria y extensiva; así como labores de arriendo a pequeños productores que prestan servicios de aparcería a cambio de la utilización de tierras para el cultivo de granos básicos (Benavides et ál. 2005). Asimismo, en la montaña Tepe-Somoto que forma parte del área protegida se encuentra la comunidad El Volcán. La tierra en esta zona pertenece a pequeños productores, grandes y medianos productores de café, organizados en cooperativas.

Características biofísicas

Sectores de la subcuenca en función de rangos de altitud

La subcuenca del río Aguas Calientes está dividida en tres sectores tomando en consideración las altitudes de la misma. La parte baja se ubica en el rango de 620-700 msnm con un 26% de área de la subcuenca, la parte media entre el rango de 700-900 msnm con un 57% del área y la parte alta entre el rango de 900-1720 msnm con un 17% del área de la subcuenca (PRPC 2001). La clasificación de los sectores se muestra en el Cuadro 33 y la distribución espacial en la Figura 15.

Cuadro 33. Sectores altitudinales de la subcuenca

Sectores	Rango de altitud (m.s.n.m)
Bajo	620 - 700
Medio	700 - 900
Alto	900 - 1720

Fisiografía, relieve y red hídrica principal

La subcuenca presenta la Serranía del Regadío-Las Sabanas el cual representa el 9% del área de la subcuenca, con algunas planicies ubicadas en la depresión montañosa de Somoto el cual representa el 51% del área y planicies de Somoto el cual representa el 40% del área.

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 hídrica principal 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 2000). La Figura 16 muestra la fisiografía y red hídrica principal.

Suelos

De acuerdo a los estudios edafológicos realizados en la región central y norte de Nicaragua por el programa de Catastro y Recursos Naturales y la misma que se encuentra en la escala de 1/50000, se identificaron los siguientes órdenes de suelos dentro de la subcuenca (Figura 17):

✓ **Molisoles**

Forman parte del 95% del área total de la subcuenca (parte baja, parte media y en un gran parte de la alta) estos suelos son llamados también suelos rojizos de pradera, y poseen un desarrollo juvenil (A-B-C) a inmaduri (A-Bt-C) con la presencia de un epipedón mólico que corresponde a un horizonte superficial A de color oscuro, alto en saturación de bases (>50%) (MAGFOR 2000).

Los subgrupos de suelos más generalizados en la zona de estudio son:

- Haplustolls: son los ustolls de régimen ústico, que presentan un epipedón mólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte B cámbico. La secuencia textural del A y el B es generalmente franca, son desarrolladas a partir de rocas volcánicas y se

localizan en superficies fuertemente erosionadas. Presentan una secuencia de horizontes del tipo A-B-C.

- Argiustolls: son los udolls de régimen ústico, que presentan un epipedón mólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte argílico (Bt) de acumulación de arcilla iluvial. La secuencia textural es generalmente franca en el A y franco arcillosa en el Bt. Son desarrollados de rocas básicas y se localizan en superficies erosionadas por la acción humana. Presentan una secuencia de horizontes genéticos del tipo A-Bt-C.
- Hapludolls: son los udolls de régimen údico, que presentan un epipedón mólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte cámbico pardo rojizo. La secuencia textural es generalmente franca en el A y franco arcillosa en el B. Se han desarrollado a partir de rocas básicas. Presentan una secuencia de horizontes del tipo A-B-C.

✓ **Inceptisoles**

Forman parte del 5% del área total de la subcuenca (parte más alta zona conocida como El Volcán), son suelos que presentan un grado de evolución incipiente, con un perfil de tipo A-B-C. Se caracterizan por presentar un epipedón mólico (horizonte A) que descansa sobre un horizonte B cámbico.

Los grandes grupos más generalizados dentro de este orden son:

- Eutropepts: son los tropepts de regiones tropicales, desarrollados de rocas básicas, y presentan un régimen de humedad údico. Se distribuyen en relieve accidentado y en las zonas climáticas 5Fx y 4Fx. Son suelos de texturas medias, bien drenados y poco a moderadamente profundos. Por las condiciones climáticas son apropiados para el cultivo del café. En la clasificación de Baldwin fueron llamados gray brown podzolic.
- Ustropepts: son los tropepts de regímenes de humedad ústicos, desarrollados de rocas básicas o intermedias. Se caracterizan por presentar un perfil de tipo A-B-C, con la presencia de un epipedón ócrico (horizonte A) delgado sobre un horizonte B cámbico

parcialmente meteorizado. Presentan texturas medias, bien drenados y son generalmente superficiales (< 40 cm) y pedregosos.

- Dystropepts: son los tropepts desarrollados a partir de rocas graníticas o ácidas. Presentan texturas franco arenosas, de fertilidad aparente media (grupos de perfil 3), bien drenados y de fertilidad media a baja. Estos presentan un perfil de tipo A-B-C, con la presencia de un epipedón ócrico sobre un B cámbico. Fueron clasificados como regosoles por Baldwin, Kellog y Torp en 1,939.

Capacidad de uso de la tierra

El mapa de capacidad de uso analizado por MAGFOR (2000) se definió con diferentes criterios, y se derivan del mapa agroecológico que fue elaborado por el Ing. Eduardo Marín, de acuerdo a la metodología elaborada por el mismo en 1999 para mapas escala 1:50000.

Las Figura 18 muestra las categorías de capacidad de uso (agrícola, pecuario y forestal) ubicadas en la subcuenca las cuales se definieron de acuerdo a las características físico-químicas de los suelos y condiciones climáticas (MAGFOR 2000).

Uso agrícola

Tierras que por sus condiciones edafoclimáticas favorecidas y mínimas limitaciones físicas, ofrecen un amplio rango de alternativas de producción, con prácticas de manejo y conservación para la sostenibilidad de las características físico químicas de las mismas. Representa el 40% del área de la subcuenca en estudio y tenemos las siguientes categorías y clases (Cuadro 34):

✓ Uso agrícola limitado

Representa el 19% del área y agrupa suelos de diferentes clases climáticas que varían desde templado a caliente, pero que tienen en común limitaciones de piedras superficiales lo cual limita su uso a cultivos semiperennes como: musáceas y perennes como: cítricos, frutales, pastos y bosques, propios de las condiciones edafoclimáticas. También pueden ser sometidos a un manejo agroforestal en asocio de cultivos anuales propios de las condiciones edafoclimáticas con cultivos semi-perennes, perennes y/o bosques de producción.

Dentro de esta categoría se encuentra una subcategoría de capacidad de uso, de acuerdo a las condiciones climáticas en la que se encuentra los suelos, las cuales son las siguientes:

○ **Cultivos anuales de clima fresco a cálido con manejo agroforestal**

Esta clase representa el 19% del área de la subcuenca, y debido a las restricciones de pedregosidad en la superficie, estos suelos deben utilizarse con cultivos con cero labranzas y manejo agroforestal: en asocio de maíz, frijol, arroz, hortalizas, con plátanos, cítricos, frutales, cacao, y bosques de producción, y/o café con sombra o al sol. Con manejo silvopastoril se debe usar pastos mejorados asociados con árboles frutales (cacao, cítricos) o maderables.

Dentro de esta clase se pueden distinguir dos fases que representan periodos caniculares y son:

At3p: fase climática templada con canícula acentuada. Por estas limitaciones requieren de un manejo agroforestal (cultivos anuales asociados con frutales o bosques, propios de condiciones de trópico seco) y corresponde al 1% del área de la subcuenca.

At4p: fase climática templada con canícula severa. Por estas limitaciones requieren de un manejo agroforestal (cultivos anuales asociados con frutales o bosques, propios de trópico seco) y corresponde al 18% del área de la subcuenca.

✓ **Uso agrícola restringido**

Estos suelos representan el 20.72% del área de la subcuenca en estudio, los suelos de esta categoría poseen pendientes menores del 15%, son profundos a moderadamente profundos, de texturas franco arenosas, francas, franco arcillosas y arcillosas; bien drenados; de alta fertilidad aparente (CIC > de 40); leve a moderadamente erosionados. Presenta en común fuertes limitaciones de pedregosidad en la superficie y en el perfil, que restringen su uso a manejo bajo sistemas agrosilvopastoriles.

Dentro de esta categoría se encuentra una subcategoría de capacidad de uso, de acuerdo a las condiciones climáticas en la que se encuentra el suelo, las cuales son las siguientes:

○ **Cultivos anuales de clima templado con manejo agrosilvopastoril**

Debido a la fuerte restricción por la alta pedregosidad en la superficie y el perfil, además del período canicular definido, los suelos deben utilizarse con cultivos con cero labranza y manejo agrosilvopastoril, en asocio de maíz, fríjol, con plátanos, cítricos frutales y bosques de producción y/o manejo silvopastoril de pastos mejorados asociados con árboles maderables, estos suelos representan el 21% de la subcuenca y en esta clase se identificaron algunas fases de suelos por las siguientes variaciones por tipo de canícula:

AP3: fase climática, con canícula acentuada. Por estas limitaciones los suelos deben utilizarse con cultivos con cero labranza y manejo agrosilvopastoril, en asocio de maíz precoz, sorgo precoz, fríjol común, fríjol mungo o alacín, gandul con bosques de producción y/o manejo silvopastoril de pastos mejorados asociados con árboles maderables y posee una superficie de 1.5 has que representan el 0.03% de la subcuenca.

AP4: fase climática, con canícula severa. Por estas limitaciones los suelos deben utilizarse con cultivos con cero labranza y manejo agrosilvopastoril, sorgo precoz, fríjol común, fríjol mungo o alacín, gandul con bosques de producción y/o manejo silvopastoril de pastos mejorados asociados con árboles maderables y representa el 20.69% de la subcuenca.

Uso pecuario

Esta categoría agrupa todos los suelos de relieve plano con pendientes menores del 8%, drenaje moderadamente bueno. Representa el 10% del área de la subcuenca en estudio y tenemos las siguientes categorías y subcategorías (Cuadro 34):

○ **Pastoreo extensivo con manejo silvopastoril**

Debido a la fuerte restricción por pendiente y la alta pedregosidad en la superficie y el perfil, estos suelos son adecuados para el desarrollo de una ganadería de doble propósito con pastoreo extensivo y manejo silvopastoril y representa el 10% de la subcuenca en estudio. En esta clase se identificaron algunas fases de suelos por la siguiente variación:

SP3P: fase climática, con canícula acentuada. Por esta limitación climática se recomienda una ganadería de engorde con pastoreo extensivo y manejo silvopastoril y/o bosque energético y representa el 4% de la subcuenca.

SP4P: fase climática, con canícula severa. Por esta limitación climática se recomienda una ganadería de engorde con pastoreo extensivo y manejo silvopastoril y/o bosque energético y representa el 6% de la subcuenca.

Uso forestal

Este agrupa todos los suelos que presentan una topografía quebrada a escarpada con pendientes superiores al 30%, están distribuidos por toda el área de la región, por lo tanto adquieren una amplia diversidad en cuanto a las características edáficas y climáticas y corresponde al 50% del área total de la subcuenca. Se identificaron las siguientes categorías dentro de la subcuenca (Cuadro 34):

- **Bosque de producción y/o café con sombra**

Estos suelos representan el 4% del área total de la subcuenca, y agrupan suelos que con pendientes de 15 a 50%; se caracterizan por ser profundos a moderadamente profundos, bien drenados, moderada a fuertemente erosionados, texturas franco arenosas, francas, franco arcillosas y arcillosas; con algunas unidades que contienen piedras en la superficie, clima fresco con temperaturas medias mensuales inferiores a los 22 °C, y precipitaciones bien distribuidas durante el período lluvioso, sin la presencia de períodos caniculares. Estas características edafoclimáticas, hacen que estos suelos sean aptos para bosque de producción, tanto latifoliados como de coníferas, lo mismo que para café bajo sombra.

- **Bosque de producción de coníferas**

Esta clase comprende suelos que ocupan altitudes superiores a los 700 msnm, de relieve quebrado a escarpado con pendientes de 30 a 50%, generalmente son superficiales, de texturas franco arenosas, francas y franco arcillosas; fuertemente erosionados, con presencia de piedras en la superficie y el perfil, con una temperatura media anual inferior a los 22 °C, y representan el 25% del área total de la subcuenca.

- **Bosques de producción de latifoliadas caducifolias**

Comprende suelos ubicados en terrenos con altitudes menores de los 500 msnm, relieve quebrado a escarpado, con pendientes de 30 a 50%, profundos a poco profundos, bien drenados, moderada a fuertemente erosionados, con piedras en la superficie y el perfil, con

una temperatura media anual superior a los 22°C, y representan el 15% de la subcuenca en estudio.

○ **Bosque de conservación**

Esta clase agrupa suelos que presentan una topografía muy escarpada con pendientes de 50 a 75%; son profundos a poco profundos, moderada a fuertemente erosionados; las texturas son franco arenosas, francas y franco arcillosas, con algunas unidades que poseen gravas y piedras en la superficie y el perfil, la temperatura media anual es mayor de 22°C; son apropiados para la conservación de la vida silvestre y de las cuencas hidrográficas y representan el 6% de la subcuenca en estudio.

Cuadro 34. Distribución de las categorías de capacidad de uso

Categorías de Capacidad de uso	Área en la subcuenca Km ²	% Área
AGRÍCOLA	18.85	39.48
Cultivos anuales de clima fresco a calido con manejo agroforestal	8.96	18.76
Cultivos anuales de clima templado con manejo agrosilvopastoril	9.89	20.72
PECUARIO	4.91	10.29
Pastoreo extensivo con manejo silvopastoril	4.91	10.29
FORESTAL	23.98	50.23
Bosque de conservación	2.75	5.76
Bosque de producción de coníferas	12.16	25.47
Bosque de producción de latifoliadas caducifolias	6.94	14.53
Bosque de producción y/o café con sombra	2.13	4.47
Total	47.75	100.00

Fuente: MAGFOR 2000.

Uso actual

La información cartográfica digital del uso actual de suelo es de 1:5000 el cual se obtuvo del trabajo “Mapeo detallado de la Cuenca del río Aguas Calientes Somoto, Nicaragua: 2006” elaborado por Jones y Velásquez (2006). El levantamiento de información y resultados se elaboraron utilizando una imagen satelital de resolución de 1m, de fecha 6 de marzo del 2006. (Figura 53).

Donde las pasturas resultaron el uso de suelo dominantes con 36% del total de la subcuenca, seguido de bosque con un 29% y cultivos tradicionales con un 24% (Cuadro 35). Además, si consideramos el porcentaje restante, estas se refieren al uso de otras actividades agrícolas, por lo tanto se puede concluir que esta subcuenca esta dominada por actividades agropecuaria debido a las diferentes actividades socioeconómicas (Cuadro 35).

Esta información secundaria sobre uso actual del suelo, para el presente estudio se uniformizó la información digital cartográfica a una unidad mínima de mapeo con escala 1:25000, con el propósito de disminuir el error al integrarlos con otros mapas de escala 1:50000. Asimismo se reclasificaron los usos de suelos en categorías generales que permitan lograr el adecuado análisis de conflictos de uso (Cuadro 35 y Figura 19).

Cuadro 35. Uso actual de suelo en la subcuenca.

Uso Actual	Área en la subcuenca Ha	% área
Pastos	1729.11	36.21
Bosque	1373.48	28.76
Cultivo tradicional	1156.8	24.22
Bosque ribereño	210.51	4.41
Miscelánea	133.18	2.79
Huertos caseros	101.67	2.13
Cultivo perenne	35.23	0.74
Café con sombra	33.13	0.69
Cultivo tecnificado	2.42	0.05
Total	4775.53	100



Figura 53. Levantamiento de información de uso de suelo.

A continuación se describe cada una de las categorías de uso actual que se encuentran en la subcuenca de estudio.

Pastos

Las pasturas constituyen la categoría de cambio uso de suelo de bosque a pasturas destinadas a la explotación tradicional de ganado bovino. Asimismo, por ser el uso de suelo dominante representa la categoría con el mayor impacto ambiental en la subcuenca.

Bosque

La categoría bosque está formada por las áreas de bosque primario, secundario denso y secundario no denso, el manejo de estos bosques será posible bajo lineamientos de planes de manejo forestal sostenible.

Cultivo tradicional

Se refiere a los cultivos anuales principalmente frijón, maíz y sorgo, importantes en la dieta familiar y rubros característicos de la agricultura de subsistencia. Asimismo, ésta categoría incluye áreas agrícolas en descanso popularmente conocidas como tierras en barbecho.

Bosque ribereño

Es el bosque que se encuentra a lo largo de las corrientes de agua natural siendo estas básicamente estacionarias (ríos y quebradas).

Misceláneas

Comprende carreteras, camino de todo tiempo, cuerpos de agua, asentamientos humanos y roca expuesta que no aplican para las categorías anteriores.

Huertos caseros

Los huertos caseros representan el sistema de cultivos asociados generalmente localizados alrededor de las viviendas en el área rural. Los cultivos característicos son el maíz, los frijoles hortalizas, árboles frutales, musáceas, además de plantas medicinales.

✚ Cultivo perenne

Cultivo perenne incluye plantaciones de aguacate y cultivo de henequén, siendo éste último de importancia socioeconómica debido a que es una planta adaptada a las condiciones del clima seco que caracteriza la subcuenca.

✚ Café con sombra

Considera al cultivo de café bajo la sombra natural del bosque latifoliado localizado en la parte alta de la subcuenca, principalmente a partir de los 960 msnm.

✚ Cultivo tecnificado

Básicamente, se refiere al cultivo de las hortalizas: repollo, tomate, chiltomate y maíz de riego. Estos cultivos se desarrollan principalmente en la parte baja de la subcuenca y se caracteriza por el uso del riego por goteo y la fertirrigación.

Áreas protegidas

Las Serranías de Tepexomothl-La Patasta fueron declaradas Área Natural Protegida de interés Nacional mediante Decreto N° 42-91 “Declaración de Áreas Protegidas en varios Cerros Macizos Montañosos, Volcanes y Lagunas del País”.

El Área Protegida Tepexomothl La Patasta dispone de áreas escarpadas, macizos montañosos y predominio de suelos desde superficiales, muy superficiales, y poco profundos, con patrones del paisaje dominados por fragmentos de vegetación muy intervenida entre los que destacan: reductos de bosques de nebliselva medianamente conservados, fragmentos de vegetación mixta de roble y pino con pocas manifestaciones de buen manejo, áreas de pinares bajo manejo y áreas de pinares muy intervenidos, un uso intensivo de la fauna con valor cinegético, uso inadecuado de los suelos en la agricultura tradicional y una clara disponibilidad de agua únicamente en las partes altas.

El Plan de manejo reserva natural Tepesomoto La Patasta, contempla siete zonas de manejo dentro de la zona núcleo: zona administrativa, zona de uso público, zona forestal de pino, zona de conservación, zona de restauración, zona de protección de suelos y zona agroforestal sostenible. En la zona de amortiguamiento se describen las subzonas: subzona agrosilvopastoril San Lucas subzona agroforestal extensiva de bosque seco, subzona de

manejo forestal de roble, subzona de conservación de pino, subzona agroforestal extensiva de transición y subzona de protección de suelo.

En la subcuenca en estudio el área protegida se ubica en la parte alta con una superficie de 7 km² correspondiente al 14% del área de la subcuenca. Donde la zona núcleo y la zona de amortiguamiento ocupan cada una el 50% del área protegida que corresponde a la subcuenca. Existiendo un manejo especial y restricción de los recursos naturales renovables, basados en normas legales acorde al reglamento vigente de áreas protegida, la regulación del uso de recursos naturales para la comercialización, autorizando solamente el uso de leña para consumo domestico de los pobladores ubicados dentro del área protegida. En la Figura 20 se muestra la distribución de las zonas núcleo y la zona de amortiguamiento del área protegida en la subcuenca.

Esta área protegida es de importancia para la subcuenca por que de alguna manera restringe el uso de los recursos naturales por las comunidades, El Volcán y partes de Quebrada de Agua, Rodeo 2, y parte alta de Santa Isabel, que se ubican dentro de ésta área. Asimismo contribuye en el mejoramiento de la belleza escénica, recursos forestales, biodiversidad, captura de agua de lluvias, protección de los suelos por ser condiciones escarpadas, y actualmente por el desarrollo del ecoturismo promovido por el Instituto Nicaragüense de Turismo (INTUR) llamado “La Ruta del Café” contribuirá con el desarrollo económico local.

Topografía y pendiente

Dentro de la subcuenca se pueden establecer diferentes unidades topográficas en función del terreno y la pendiente de los suelos, por lo tanto se puede encontrar dentro de la subcuenca: topografía plana el cual ocupa el 27%, ligeramente plana el 4%, suavemente ondulada 10%, fuertemente ondulada el 21%, quebrada 17%, fuertemente quebrada el 6% y precipicio el 2% de la superficie total. El Cuadro 36 muestra la clase topográfica en función del rango de pendiente en porcentaje y la Figura 21 muestra la distribución espacial del rango de pendiente.

Cuadro 36. Clases topográficas.

Clases de topografía	Rango de Pendiente (%)	Área en la subcuenca km ²	% Área
Plana	< 2	12.75	26.72
Ligeramente plana	2 - 4	1.71	3.59
Suavemente ondulada	4 - 8	4.81	10.09
Ondulada	8 - 15	5.98	12.53
Fuertemente ondulada	15 - 30	10.25	21.49
Quebrada	30 - 50	8.37	17.55
Fuertemente quebrada	50 - 75	3.21	6.72
Precipicio	> 75	0.63	1.32
Total		47.71	100.00

Fuente: Adaptado de MAGFOR 2000

Zonas de deslizamientos históricos

La información corresponde a la “Evaluación indicativa de peligros derivados de fenómenos de estabilidad y torrencialidades para el municipio de Somoto”, realizado por el Programa prevención de desastres naturales en América central (PREVAC) y la Agencia suiza para el desarrollo y la cooperación (COSUDE).

El estudio menciona la existencia de un gran deslizamiento subactivo en el cerro Volcán de Somoto, jurisdicción del municipio de San Lucas y narra que durante el Huracán Mitch, se produjeron coladas importantes de detritos que no alcanzaron ni la base del cerro, pero que pueden servir como advertencia sobre eventuales coladas, PREVAC-COSUDE (2000).

Cuadro 37. Distribución de las zonas de deslizamiento históricos.

Ubicación del deslizamiento	Área en la subcuenca Has	% Área
Cerro El Volcán	60.74	1.27
Cerro El Volcán	28.34	0.59
Cerro Malacate	11.14	0.23
Cerro Guiliguisca	9.30	0.19

Con ésta información secundaria, se realizó las consultas a personas claves de las comunidades, El Volcán y Santa Rosa, para confirmar y actualizar zonas de deslizamientos históricos (Figura 21), recordando claramente lo provocado por el huracán Mitch en la subcuenca.(Cuadro 37). Ubicándose cuatro zonas de deslizamientos históricos (dos en el cerro

El Volcán, uno en el cerro Malacate y uno en el cerro Guiliguisca). Los cuales con la ayuda del SIG fueron analizados en función a la pendiente, cobertura de suelo y la precipitación para clasificarlos dentro de sus niveles potenciales de deslizamiento que existe en la subcuenca.

Clima

El clima en el departamento de Madriz donde se ubica la subcuenca se caracteriza por presentar valores bajo de precipitación y humedad relativa, temperaturas cálidas y altos índices de evaporación, lo cual evidencia una falta de agua que es producida por las lluvias irregulares y deficientes en la primera parte de la estación lluviosa y un marcado déficit hídrico en los suelos en los meses de julio y/o agosto conocido como canícula. La segunda parte de la estación lluviosa es normal, en cuanto a distribución, pero con valores bajos aunque sin ocasionar déficit hídrico en los suelos, no obstante que la mayoría son de topografía muy accidentada, superficiales y pedregosos (MAGFOR 2000).

Pluviometría

Siempre es importante tener información sobre la cantidad de precipitación tanto temporal como espacial, bajo ese sentido el comité de la subcuenca del río Aguas Calientes el año 2006, instalaron pluviómetros en diferentes comunidades (Figura 22) y capacitado a personas de la subcuenca para que lleven el registro de las lluvias (Figura 54), pero hasta la fecha no existe un registro completo para el periodo de un año.



Figura 54. Capacitación en lectura de pluviómetro.

Sin embargo con las estaciones meteorológicas Somoto, San Lucas, Espino y Condega con la información de diez años y el mismo periodo de análisis (1993-2002) se obtuvo la precipitación mensual de cada estación mencionada, con las cuales se formó una estación base (Cuadro 38), y así describir la distribución anual de las precipitaciones de la zona donde se encuentra la subcuenca.

Cuadro 38. Precipitación media mensual de la estación base.

Meses	Somoto	San Lucas	Espino	Condega	Estación base
Ene	2.98	3.08	4.46	14.04	6.14
Feb	2.66	1.65	1.44	11.59	4.33
Mar	23.73	16.31	27.12	18.45	21.40
Abr	30.91	27.64	39.38	24.59	30.63
May	118.79	131.41	125.36	116.81	123.09
Jun	97.78	97.74	137.42	128.04	115.25
Jul	69.22	72.68	73.27	75.41	72.64
Ago	118.05	106.65	142.01	107.32	118.51
Sep	164.15	167.07	295.10	169.39	198.93
Oct	183.84	207.38	190.37	202.54	196.03
Nov	30.01	31.08	29.61	46.75	34.36
Dic	4.45	2.02	1.87	10.08	4.60
Total	846.57	864.71	1067.41	925.01	925.92

Fuente: Datos de pluviométricos INETER 2006.

La Figura 55 muestra dos periodos bien definidos que tienen una duración en teoría de seis meses, un periodo lluvioso que se extiende de mayo a octubre y en el cual ocurre el 85% de la precipitación, y el otro periodo seco que va de noviembre a abril donde ocurre el 15% de la precipitación. En el periodo de mayo a octubre se observan un comportamiento bimodal, presentándose dos máximos separados por un descenso de lluvias conocido como periodo canicular.

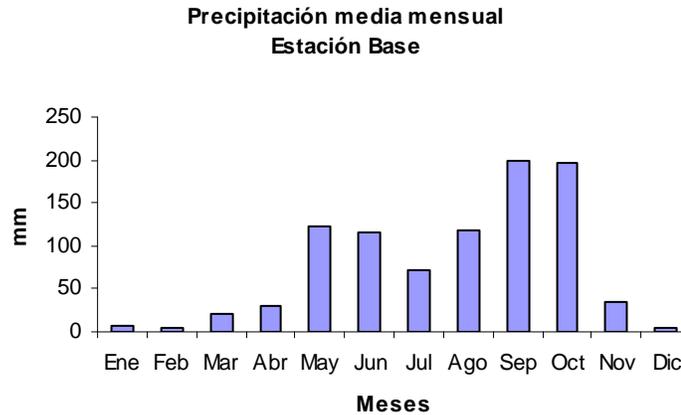


Figura 55. Distribución anual de la precipitación media mensual.

Distribución de la precipitación en la subcuenca

Para el análisis de la distribución de la precipitación se seleccionaron la información de cuatro estaciones meteorológicas (El Espino, San Lucas, Somoto y Condega) tomadas de la base del INETER 2006, una (Macuelizo) estación meteorológica tomada de la base de datos del programa FAOCLIM y las nueve estaciones pluviométricas que se encuentran dentro de la subcuenca.

Cabe mencionar que para los pluviómetros que se encuentran dentro de la subcuenca, se empleó el método de correlación simple utilizando la estación base para la deducción de los datos de los meses faltantes. Asimismo se utilizó el programa ArcView, para hacer la interpolación de los datos por el método de Spline.

7.2 Anexo 2. Esquema del proceso analítico para determinar el uso potencial de la tierra.

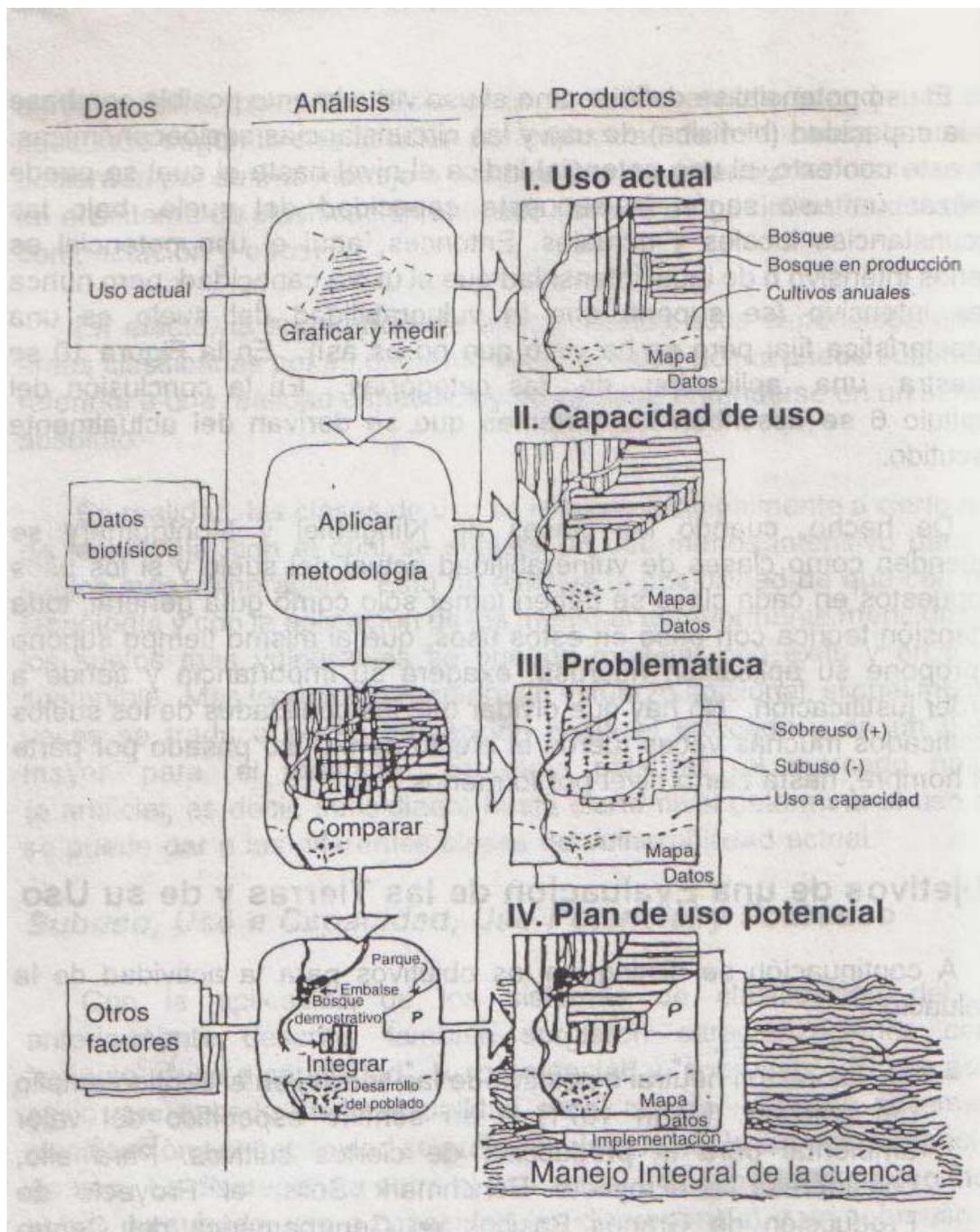


Figura 56. Proceso analítico para determinar el uso potencial de la tierra
 Fuente: Komives et al (1985) citado por Richters EJ. (1995)

7.3 Anexo 3. Normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial, Decreto N° 78-2002

SECCION SEGUNDA. CRITERIOS AMBIENTALES Y DE RECURSOS NATURALES

Artículo 6.- El Ordenamiento Territorial municipal se hará con base en el uso y manejo adecuado de los recursos naturales y para ello deberán tenerse en cuenta los siguientes criterios:

1) Se debe evitar la disminución de la cobertura forestal y promover la recuperación de la misma especialmente en los paisajes escarpados y fuertemente colinados en todos los territorios del país, con miras a la protección y recuperación de esas tierras, el restablecimiento de la cobertura forestal y la protección de las cuencas hidrográficas.

2) Deberá evitarse la disminución del área de bosques naturales y promoverse el manejo silvicultural para el aprovechamiento forestal.

3) Deberá promoverse la recuperación y la protección de los bosques de galería situados a lo largo de todos los cuerpos y corrientes de agua superficial, ya sean permanentes o intermitentes.

4) El recurso suelo debe ser utilizado acorde con sus características y potencialidades, evitando su deterioro, estableciendo prácticas y manejos adecuados para las diferentes actividades productivas.

5) La disminución de los procesos erosivos en las partes altas de las cuencas provenientes de inadecuadas prácticas agropecuarias y forestales, así como la provocada por caminos, carreteras, obras de infraestructura y asentamientos humanos.

6) La preservación, la calidad y disponibilidad del recurso agua en el territorio, tanto superficial como subterránea, estableciendo prácticas y manejos adecuados y racionales en

función de las demandas planteadas por los asentamientos humanos, el riego y el desarrollo hidroeléctrico, estableciendo un equilibrio entre estas demandas.

7) Las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas, por ser unidades territoriales estratégicas para el manejo del territorio, constituyen espacios comunes para el entendimiento y concertación en función del desarrollo sostenible.

8) El ordenamiento de las zonas costeras y sus áreas de influencia inmediata, deberá tomar en cuenta su posición espacial dentro de la cuenca hidrográfica a la que pertenece y la influencia de los flujos hídricos provenientes de las zonas altas, así como los riesgos de contaminación y alteración del paisaje provenientes de los asentamientos humanos y las actividades económicas en las zonas circundantes y la vulnerabilidad de estos asentamientos ante la erosión marina y otras amenazas naturales.

9) Se deberá evitar y mitigar los impactos negativos ocasionados por la contaminación del aire, a causa de la generación de gases, humos, vapores y otros; así mismo la contaminación acústica.

10) Protección a la biodiversidad, corredores biológicos, zonas de anidación, protección de las cadenas tróficas, especies amenazadas y en peligro de extinción y otros.

11) Se deberá tomar en cuenta la función que desempeña cada Ecosistema y los Recursos Naturales, tomando en cuenta las funciones de los corredores biológicos.

12) En los ecosistemas de humedales cuya vegetación dominante es el manglar, se deberán identificar y determinar el área de aprovechamiento, las zonas de protección y conservación y la de conservación absoluta. Para ello deberá contarse con la asistencia técnica y la aprobación de MARENA.

13) Se debe enfatizar el manejo integral de las cuencas hidrográficas evitando particularmente el deterioro de su capacidad de regulación de flujos hídricos, promoviendo medidas de manejo adecuado de los suelos y mejorando prácticas agrícolas, pecuarias, forestales y otras actividades económicas, particularmente en las siguientes áreas:

a) Áreas periféricas a nacimientos de cuerpos de agua, siendo estas las franjas de suelos ubicadas paralelamente a los cauces de agua o en la periferia de los nacimientos y cuerpos de agua.

b) Áreas de infiltración para recarga de acuíferos, que permiten la infiltración, circulación o tránsito de aguas entre la superficie y el subsuelo.

c) Áreas de bosque protector, entendiéndose estas como las áreas boscosas que ameritan ser protegidas y conservadas por su diversidad biológica.

14) Se deberán identificar aquellas áreas susceptibles deslizamientos, hundimientos, suelos movedizos, fumarolas; y otros fenómenos con la asistencia de INETER. En estas áreas específicas y sus áreas de influencia no se deberán planificar asentamientos humanos o actividades productivas

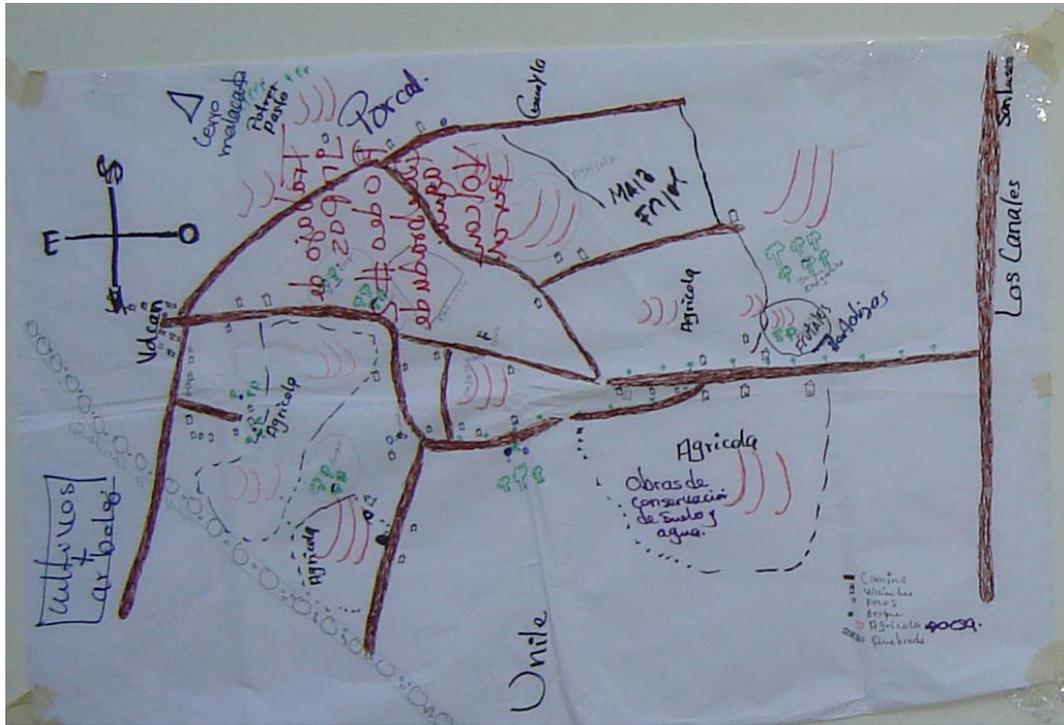


Figura 59. Mapa de ordenamiento comunal-El Porcal.

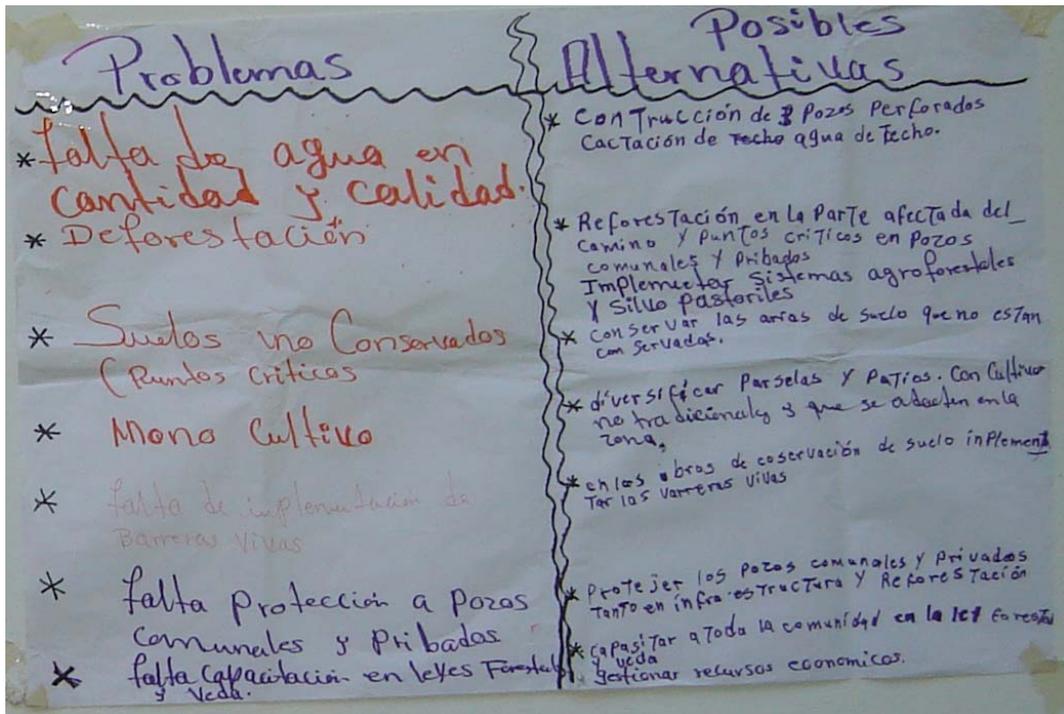


Figura 60. Problemas y alternativas comunidad-El Porcal.

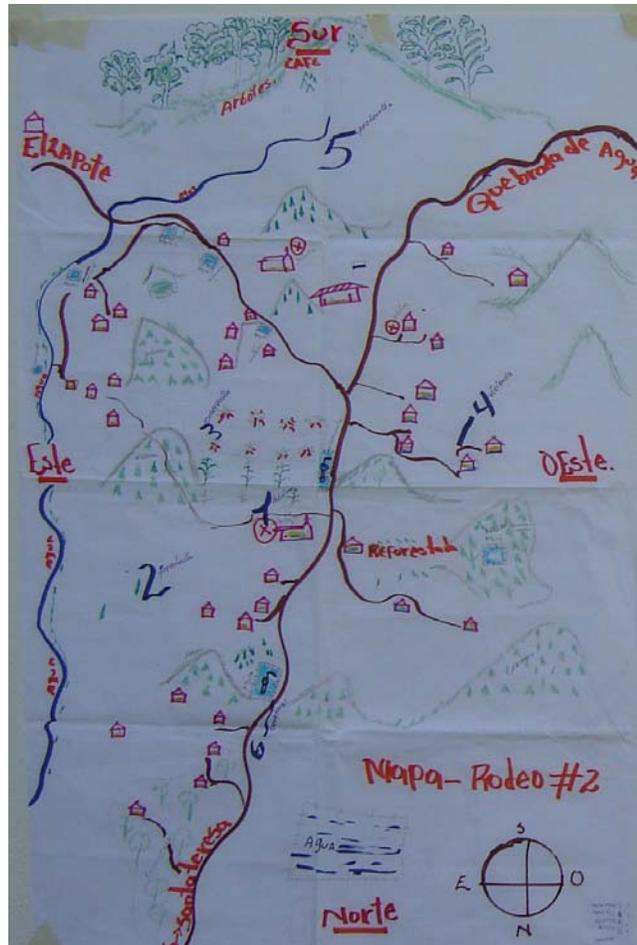


Figura 61. Mapa de ordenamiento comunal-Rodeo 2.

RODEO 2-	
Principales problemas	Posibles alternativas
1* Talla de letrinas	* Gestionar a instituciones o organismo Activas dentro de la comunidad.
2* Reforestación	* Solicitar materiales, y sensibilizar a la población. y formar grupos.
3* conservación Suelo y Agua.	* Realizar charlas para la protección misma.
4* viviendas	* Gestionar a organismo concaposida
5* Protección de ARCS	* Gestionar Recursos que no estén al alcance de el productor
6 Caminos Rodeo-Sowato	* Gestionar Alcaldía
7 cisternas pibas	* Gestionar

Figura 62. Problemas y alternativas comunidad-Rodeo 2.



Figura 63. Mapa de ordenamiento comunal-Quebrada de agua.

Principales Problemas	Posibles alternativas.
1) Problemas Tala de vegetación en Potreros Cerca de Potreros comunales	➔ No Sociar con Duño de Propiedad Para Tomar acuerdos.
2) Ariz des poblada de árboles de uso de potrero	No Sociar con el dueño de la Parcela Para que la reforeste.
3) Camino en mal estado que conduce de Quebrada de agua a Somoto	Gestionar con instituciones como alcaldía y otras organizaciones
4) Problema de viviendas algunas en mal estado y otras familias que no tienen	Gestionar con la alcaldía o instituciones del gobierno o ONGS.
5) Problemas con el agua necesitamos apoyo para la construcción de otro Poto ya que se necesita beneficiar a la Población.	Que nos apoyen organismos en cargados en este tipo de necesidades.
6) Tenemos Problemas en la agricultura no es apoyo financiero limitaciones de semillas y de tierras para la agricultura	Que nos den apoyo las instituciones en cargadas

Figura 64. Problemas y alternativas comunidad-Quebrada de agua



Figura 65. Mapa de ordenamiento comunal-Santa Isabel.

PROBLEMAS	SANTA ISABEL	ALTERNATIVAS
1 = poca producción de granos vacicos		1 Conservar el suelo
2 = Forestación en las Sona de recarga		2 Forestar para obtener mas agua
3 = Mal uso en las vosquis qui causa la Leña para cocinar		3 Obtener Mas vosques energéticos y cocinas mejoradas
4 = POSOS contaminados		4 obtener dentro de la comunidad Mas organismo
5 = Deficiencia de organismos		5 Ordenar Los territorios
6 = poca tierras para forestar		5.1 Mal utilizados Reformar a la par de la Caba y Lineras de los terrenos reparar los caminos con la población
7 = por Sobre la Cubrado poca reforestación		
8 = Mal ordenamiento en las areas		
9 = Reparación de caminos en mal estado		

Figura 66. Problemas y alternativas comunidad-Santa Isabel.



Figura 67. Mapa de ordenamiento comunal-Unile

PROBLEMAS	UNILE	ALTERNATIVAS
1- Rehabilitación de pozos.		- Buscar ayuda a la Alcaldía.
2- Falta de pilas de captación de agua de techo.		- Solicitar ayuda a catie.
3- Reparación de 2 comedores infantiles. "Surapa y Gramo?"		- Alcaldía Municipal.
4- Baja producción de granos básicos, por falta de insumo, a nivel comunal.		- Gestionar a INTA.
5- Reparación de caminos.		- comunidad y Alcaldía.
6- Algunos pozos que se encuentran contaminados.		- MINSA.

Figura 68. Problemas y alternativas comunidad-Unile



Figura 69. Mapa de ordenamiento comunal-Mansico.

MANSICO	
Problemas	Alternativas
1-Baja Produccion en los cultivos	Conservar suelo Protegerlo Cuidarlo
2-Escases de agua en tiempo de verano	Seguir reforestando Proteger las Fuentes de agua
3-escases de lena	utilizar la lena con un manejo adecuado de acuerdo lo se va consumir
4-Poca estencion en pastoreo	Tener su vaca de acuerdo a sus estencion que tiene
5-Reparacion de caminos	Organizarse en conjunto co la comunidad Para irrelizar la actividad de trabajo
6-Zona de riesgo en la parte alta	estar alerta en tiempo de lluvia si hay que evacuar a la gente que se encuentra en esa zona (ACTUALMENTE \neq Regeneración natural)

Figura 70. Problemas y alternativas comunidad-Mansico.

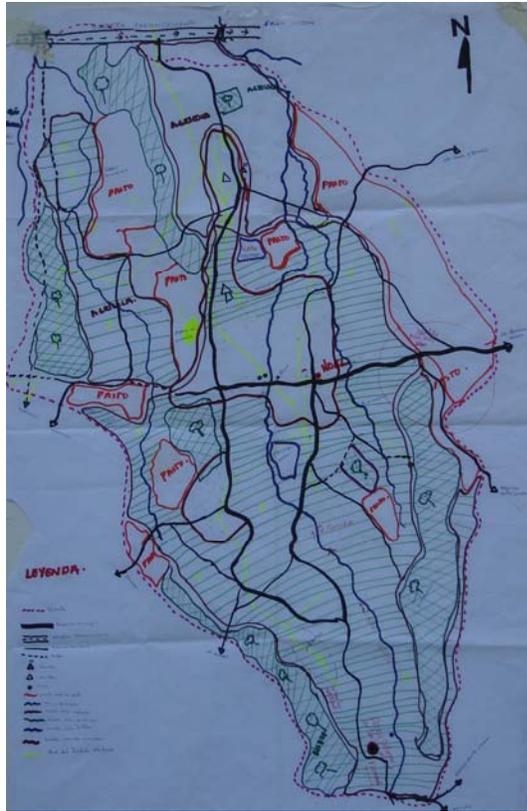


Figura 71. Mapa de ordenamiento comunal-Santa Rosa.

Problemas	STa Rosa	Alternativas
1) Mala calidad del agua.		→ Capacitación para el buen uso del agua.
2) Camino en mal estado.		→ Reparación de camino.
3) Deforestación en área de deslizamiento (Pineda)		→ Reforestación y cuidado de reforestación natural.
4) Área agrícola sin diversificación de cultivos.		→ Promover la diversificación de cultivo organizando los productores y capacitándolos para hacer mejor uso del suelo.
5) mala calidad en los PASTOS		→ Siembra de Leguminosas (Arboles) con Rotación de cuidado y manejo con ayuda de proyectos (Forrajes)
6) Cercos en las Áreas Agrícolas y PASTO (DEFORRESTACIÓN)		→ Crear IMPLEMENTACIONES de predones que sirban para el uso de la misma Finca (MITA) u. jete no de
7) semillas muy tardada en su periodo de cosecha (NBC)		→ semillas de Buena calidad e Redimiento y Adaptados en la

Figura 72. Problemas y alternativas comunidad- Santa Rosa.

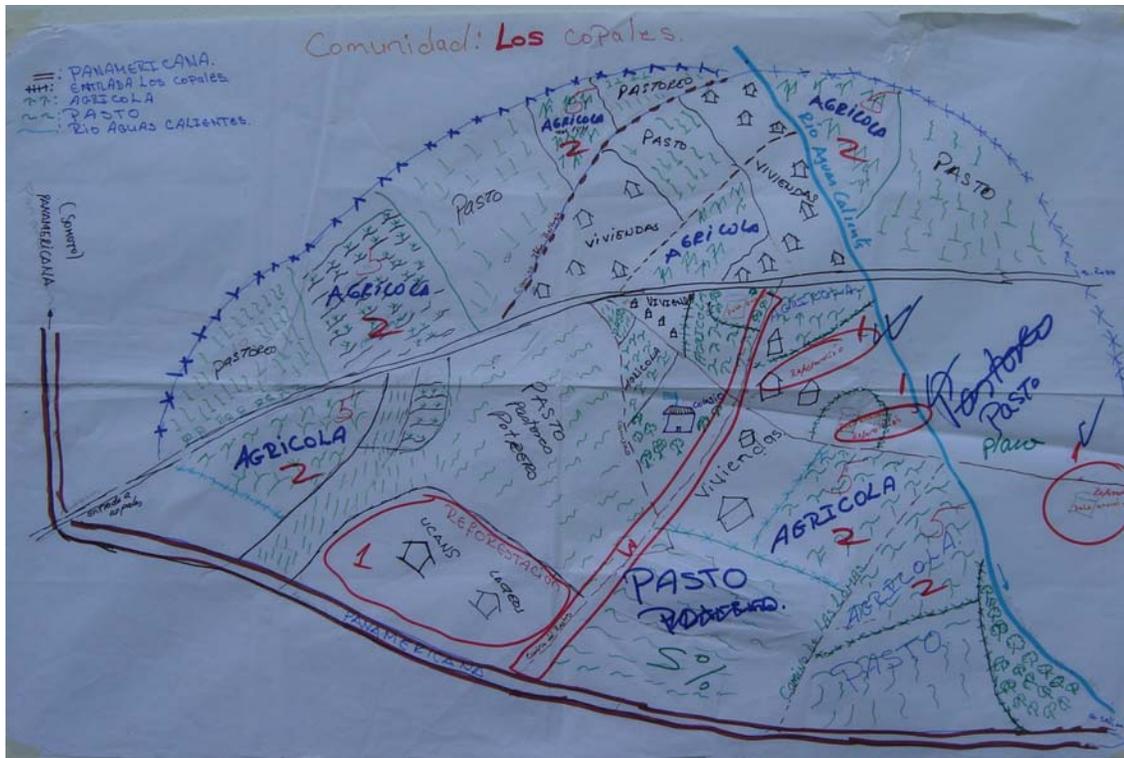


Figura 73. Mapa de ordenamiento comunal-Copales

Problemas	Alternativas
1- Deforestación	1- Reforestación
2- Poca cosecha de granos basicos.	2- semilla seleccionada. (Entolla)
3- Caminos en mal estado.	3- Reparación de Caminos.
4- Erupción de Tierra	4- Barreras Vivas, Barreras Muertes, etc.
5- Infertilidad de suelo	5- Incorporación de Restos, abonos verdes etc.)
6- compactación "OCSA"	6- OCSA
7- Ajarbidas	- E- w. ✓

Figura 74. Problemas y alternativas comunidad-Copales



Figura 75. Mapa de ordenamiento comunal-Aguas Calientes.

Problemas	Alternativas
1) Despale en toda la zona	- Sembrar arboles a orilla de quebradas, rios caminos etc.
2) Erosion del suelo	- ^{Incorporación de especies que} hacer barreras vivas
3) Contaminación del agua	- hacer un diagnostico en toda la parte baja (silvopastoral)
4) Salinidad de suelo	- hacer limpieza a orilla de los pozos y taparlos, no hacer letrinas cerca de las corriente de agua
5) mala cosecha	- buscar una mejor calidad de semilla, mejor la calidad del suelo con materia organica
6) poca agua	- No hacer quemas - Reforestar y cuidar estos arboles sembrado, no escavar mas pozos para q' no se profundice el agua

Figura 76. Problemas y alternativas comunidad- Aguas Calientes.