



CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL  
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA

ESCUELA DE POSGRADO

**Plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de zonas  
potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica  
Balalaica, Turrialba, Costa Rica**

Por:

Narciso Vásquez Del Castillo

Tesis sometida a consideración de la Escuela de Posgrado  
como requisito para optar por el grado de:

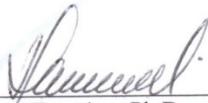
*Magister Scientiae* en Manejo y Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2008

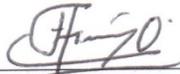
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO INTEGRADO  
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**FIRMANTES:**



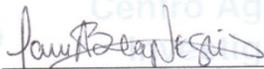
Jorge Faustino, Ph.D.  
**Consejero Principal**



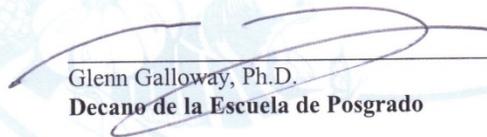
Francisco Jiménez, Dr.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



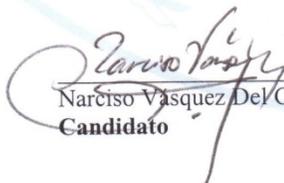
Cornelius Prins, M.A.  
**Miembro Comité Consejero**



Laura Benegas, M.Sc.  
**Miembro Comité Consejero**



Glenn Galloway, Ph.D.  
**Decano de la Escuela de Posgrado**



Narciso Vásquez Del Castillo  
**Candidato**

## **DEDICATORIA**

***A mi esposa Rosario Noemi Trujillo***

*Por su inagotable esfuerzo desplegado en este trabajo, ejemplo de amor y comprensión*

***A mi hijo Daniel Yafet***

*El Costarricense – Peruano, fuente de inspiración e iluminación*

***A mis padres Narciso y Rogelia***

*Ejemplo de superación, trabajo y honestidad*

## AGRADECIMIENTOS

A Dios todo poderoso, por guiarme por el camino del éxito y apoyo al prójimo.

A la Fundación Ford, por elegirme como becario y apostar en mi persona para la formación académica y aportar para una sociedad más justa.

A mi profesor consejero, Ph.D. Jorge Faustino, por sus consejos y disponibilidad incondicional para orientarme en el desarrollo de la tesis.

A los miembros de mi comité asesor de tesis, Dr. Francisco Jiménez, M. Sc. Cornelis Prins y M. Sc. Laura Benegas, por sus valiosos aportes y críticas.

A Buenaventura Gamboa, Lolita Durand, y Macario Fuentes, personal de la Asociación Ambientalista Balalaica y del comité local del Subcorredor Biológico Balalaica, quienes tuvieron la iniciativa del trabajo de investigación y fueron los impulsores claves para tener éxito en la culminación de los objetivos.

A DAngelo Sandoval de la UCR, a Walter Aguilar y Jorge Marín de San Rafael, a los hermanos Hidalgo y Gerardo Jiménez de Pacayitas, a Fressy y Javier Araya de Sitio Mata, a Fermín Solano y Manuel Gamboa de El Silencio, a Gerardo López y Roxana Rodríguez de Chitaría y otros amigos de las organizaciones locales, que mostraron su interés en el tema y me brindaron su apoyo incondicional en campo y realizar un trabajo en equipo para cumplir con los objetivos.

A mis compañeros de maestría y promoción, por los momentos y aprendizajes compartidos. Y al grupo futbolero de los fines de semana por los momentos de alegría y relax.

Al CATIE por brindarme la oportunidad de concluir mis estudios de maestría.

## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>AGRADECIMIENTOS</b> .....	<b>ii</b>
<b>ÍNDICE GENERAL</b> .....	<b>iii</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>vii</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b> .....	<b>ix</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....	<b>xi</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b> .....	<b>xiii</b>
<b>LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Caracterización del problema .....	1
1.2. Justificación de la investigación .....	3
1.3. Objetivos .....	5
1.3.1. Objetivo general .....	5
1.3.2. Objetivos específicos .....	5
1.4. Preguntas de investigación .....	5
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>7</b>
2.1. Cuenca hidrográfica .....	7
2.2. Cuenca hidrológica .....	7
2.3. Microregión .....	8
2.4. Microregión hidrográfica .....	8
2.5. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación .....	9
2.6. Manejo, gestión y cogestión de cuencas hidrográficas .....	9
2.7. Ordenamiento territorial .....	10
2.7.1. Conceptos básicos del ordenamiento territorial .....	10
2.7.2. Ordenamiento territorial como estrategia para el manejo, gestión y cogestión de cuencas .....	12
2.7.3. Plan de ordenamiento territorial .....	12
2.7.4. Principios del ordenamiento territorial .....	13
2.7.5. Zonificación .....	14
2.7.6. Elementos conceptuales para la zonificación .....	14
2.7.7. Resolución de conflictos socioambientales bajo el enfoque institucional para el ordenamiento territorial .....	16
2.7.8. Sistemas de información geográfica y su aplicación al ordenamiento territorial .....	17
2.7.9. Algunas experiencias de ordenamiento territorial en Costa Rica .....	18
2.7.10. Marco legal del ordenamiento territorial en Costa Rica .....	21
2.8. Recarga hídrica .....	22
2.8.1. Tipos de recarga hídrica .....	22
2.8.2. Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica .....	23

2.8.3.	Agua subterránea .....	27
2.8.4.	Acuíferos .....	27
2.9.	Deslizamientos .....	28
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>30</b>
3.1.	Ubicación y descripción del área de estudio .....	30
3.2.	Metodología del estudio .....	31
3.2.1.	Fase I. Preliminar.....	32
3.2.2.	Fase II. Diagnóstico.....	33
3.2.3.	Fase III. Evaluación.....	36
3.2.3.1	Identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica	37
3.2.3.2	Identificación y evaluación de las zonas de riesgo a deslizamientos.....	42
3.2.4.	Fase IV. Formulación .....	46
3.2.4.1	Análisis de escenarios .....	47
3.2.4.2	Formulación de la propuesta de ordenamiento territorial .....	57
3.2.5.	Fase V. Implementación.....	58
<b>4.</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>59</b>
4.1.	Diagnóstico territorial de la microregión hidrográfica Balalaica .....	59
4.1.1.	Caracterización biofísica .....	59
4.1.1.1	Fisiografía y pendientes .....	59
4.1.1.2	Hidrografía .....	61
4.1.1.3	Geología .....	63
4.1.1.4	Tipo de suelos .....	67
4.1.1.5	Capacidad de uso de los suelos .....	69
4.1.1.1	Zonas de vida .....	73
4.1.2.	Caracterización socioeconómica .....	76
4.1.2.1	Población.....	76
4.1.2.2	Desempleo y pobreza .....	78
4.1.2.3	Vivienda .....	79
4.1.2.4	Educación.....	80
4.1.2.5	Vías de comunicación y transporte .....	84
4.1.2.6	Uso del agua.....	86
4.1.2.7	Actores locales e institucionales .....	87
4.1.2.8	Tamaño de fincas .....	89
4.1.2.9	Problemática asociada al uso de los recursos naturales en la microregión	90
4.2.	Identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos. ....	94

4.2.1.	Identificación y evaluación de zonas potenciales de recarga hídrica .....	94
4.2.1.1	Identificación de las nacientes de agua .....	94
4.2.1.2	Inducción en la temática de zonas de recarga hídrica .....	95
4.2.1.3	Inferir la ubicación de las zonas potenciales de recarga hídrica .....	95
4.2.1.4	Evaluación de los elementos de la metodología .....	96
4.2.1.4.1	Pendiente y microrelieve .....	97
4.2.1.4.2	Tipo de suelo.....	98
4.2.1.4.3	Tipo de roca .....	101
4.2.1.4.4	Cobertura vegetal .....	102
4.2.1.4.5	Uso del suelo.....	103
4.2.1.5	Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica de las nacientes mediante el método participativo.....	105
4.2.1.5.1	Delimitación y mapeo de las zonas potenciales de recarga hídrica inmediatas a las nacientes de agua.....	108
4.2.1.5.2	Determinación del potencial de recarga hídrica de la microregión, usando los elementos del modelo en “Arc View” .....	111
4.2.2.	Identificación y evaluación de zonas de riesgo a deslizamientos.....	114
4.3.	Formulación de la propuesta de ordenamiento territorial.....	117
4.3.1.	Análisis de escenarios del territorio.....	117
4.3.1.1	Escenario actual de la microregión hidrográfica Balalaica.....	118
4.3.1.1.1	Uso actual del suelo .....	118
4.3.1.1.2	Conflictos de uso del suelo .....	124
4.3.1.2	Escenario tendencial de la microregión hidrográfica Balalaica .....	129
4.3.1.3	Escenario ideal de la microregión hidrográfica Balalaica.....	134
4.3.1.4	Escenario intermedio (o de consenso) de la microregión hidrográfica Balalaica .....	138
4.3.1.4.1	Zonificación del área protectora Balalaica .....	138
4.3.1.4.2	Propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica.....	141
4.3.2.	Formulación del plan de ordenamiento territorial participativo de la microregión hidrográfica Balalaica .....	151
4.3.2.1	Visión del POTP .....	151
4.3.2.2	Horizonte del POTP .....	151
4.3.2.3	Objetivos del POTP.....	151
4.3.2.4	Ejes estratégicos del POTP .....	152
4.3.2.4.1	Eje 1. Desarrollo agropecuario .....	152
4.3.2.4.2	Eje 2. Desarrollo forestal .....	152

4.3.2.4.3	Eje 3. Restauración ecológica y protección de recursos naturales....	152
4.3.2.4.4	Eje 4. Gestión y protección de recursos hídricos .....	153
4.3.2.4.5	Eje 5. Asentamientos humanos y de expansión urbana .....	153
4.3.2.4.6	Eje 6. Gestión de riesgos.....	153
4.3.2.4.7	Eje 7. Infraestructura vial.....	154
4.3.2.4.8	Eje 8. Fortalecimiento institucional .....	154
4.3.2.5	Programas y proyectos por eje estratégico del POT .....	154
4.3.2.6	Definición de agentes territoriales impulsoras del POTP .....	158
4.4.	Estrategias de implementación del plan de ordenamiento territorial, para la gestión de zonas potencial de recarga hídrica .....	159
4.4.1.	Estrategias organizacionales.....	160
4.4.2.	Estrategias operativas .....	162
4.4.3.	Estrategias financieras .....	163
4.4.4.	Estrategias políticas e institucionales .....	163
4.4.5.	Estrategias espaciales .....	163
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>164</b>
<b>6.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>168</b>
<b>7.</b>	<b>LITERATURA CITADA.....</b>	<b>170</b>
<b>8.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>181</b>

Vásquez Del Castillo, N. 2008. Plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica

Palabras claves: infiltración, deslizamientos, escenarios, zonificación, estrategias de implementación, Turrialba, uso del suelo

## **RESUMEN**

Se elaboró el plan de ordenamiento territorial participativo (POTP) para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica, en Turrialba, Costa Rica. Este estudio fue realizado con participación de actores locales, principalmente ligados a la gestión del recurso hídrico, en cinco comunidades asentadas en la microregión. El estudio se desarrolló en cinco fases: la primera corresponde al diagnóstico de la microregión con base a la caracterización biofísica y socioeconómica; la segunda, es la identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos realizada mediante procesos participativos. La tercera parte, corresponde a la formulación del plan de ordenamiento territorial de acuerdo a la normativa vigente en el país; la última se refiere a la propuesta de algunas estrategias de implementación del plan de ordenamiento para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica.

Se estimó que el 4.25% del área de la microregión posee un potencial de recarga hídrica muy alto, se determinó también, una condición de alto y muy alto riesgo a deslizamientos en 16.69%. La microregión se encuentra un 40% en uso adecuado, 21% en subuso y 36% en sobreuso, y con un escenario tendencial, proyectado a 15 años, de disminución del bosque en 3.2%.

El POTP consta de ocho ejes estratégicos: desarrollo agropecuario, desarrollo forestal, restauración ecológica y protección de los recursos naturales, gestión de los recursos hídricos y de riesgos, infraestructura vial y fortalecimiento institucional. La intervención de las acciones comienza por las zonas críticas de recarga hídrica y son los actores locales quienes impulsan el proceso de implementación del POTP, las cuales requieren de fortalecimiento de las capacidades humanas para gestionar el respaldo institucional.

Vasquez Del Castillo, N. 2008. Participative territorial zoning plan for the management of potential water recharge area in the Balalaica hydrographic microregion

Keywords: infiltration, landslides, scenarios, zoning, implementing strategies, Turrialba, soil use

## **ABSTRACT**

The participative territorial zoning plan (PTZP) for the management of potential areas of water recharge, was elaborated at five communities located in the Balalaica microregion, in Turrialba, Costa Rica. This study was conducted with the participation of local stakeholders, mainly linked to the management of water resources. The study was conducted, in five phases: the first was the diagnostic of the microregion based on the socio-economic and biophysical characterization; the second was the identification and assessment of potential water recharge and landslides risk area made through participative processes; the third was the formulation of the territorial zoning plan in accordance with current country`s regulations and finally several strategies for the implementation of zoning plan were made.

As a result it was estimated that 4.25% of the area of microregion possesses a very high potential, a high condition and very high risk of landslides (16.69%). The microregion has a 40% of the area in a appropriate land use, 21% underused and 36% overused. Also it was estimated that in the next 15 years the forest will diminishing about 3.2%.

The PTZP has eight strategic axis: development of agriculture, forestry development, ecological restoration and protection of natural resources, water resources and risk management and, infrastructure and institutional strengthening. As a recommendation the implementation process should initiate at the critical water recharge areas and must be the stakeholders, the ones called to take the actions prescribed on the plan.

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Necesidad de información para identificar las zonas de recarga hídrica.....	24
Cuadro 2. Posibilidad de recarga para la variable pendiente.....	40
Cuadro 3. Posibilidad de recarga para la variable tipo de suelo (textura).....	40
Cuadro 4. Posibilidad de recarga para la variable tipo de roca .....	41
Cuadro 5. Posibilidad de recarga para la variable cobertura vegetal.....	41
Cuadro 6. Posibilidad de recarga para la variable uso del suelo .....	41
Cuadro 7. Potencial de recarga hídrica de los sitios evaluados .....	42
Cuadro 8. Escala de riesgo por pendiente.....	44
Cuadro 9. Escala de riesgo por precipitación .....	44
Cuadro 10. Escala de riesgo por uso actual del suelo.....	45
Cuadro 11. Escala de riesgo por tipo de roca .....	45
Cuadro 12. Escala general para riesgo a deslizamientos .....	46
Cuadro 13. Códigos de los temas usados en la propuesta final de zonificación .....	54
Cuadro 14. Integración de mapas temáticos para la propuesta final de zonificación.....	54
Cuadro 15. Categorías de zonificación final para la microregión hidrográfica Balalaica....	57
Cuadro 16. Pendientes de las microregión hidrográfica Balalaica.....	60
Cuadro 17. Unidades litológicas de la microregión hidrográfica Balalaica .....	65
Cuadro 17. Tipo de suelos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	67
Cuadro 18. Capacidad de uso del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica .....	71
Cuadro 19. Zonas de vida de la microregión hidrográfica Balalaica .....	74
Cuadro 20. Población en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	76
Cuadro 21. Proyección de la población en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	77
Cuadro 22. Distribución del empleo en el cantón de Turrialba.....	78
Cuadro 23. Incidencia de la pobreza en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	79
Cuadro 24. Tipo de viviendas en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica.....	80
Cuadro 25. Tasa de alfabetismo en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .	81
Cuadro 26. Nivel de instrucción de la población en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica.....	83
Cuadro 27. Administración del uso del agua en las comunidades de la microregión hidrográfica Balalaica.....	87
Cuadro 28. Actores locales e instituciones presentes en la microregión hidrográfica Balalaica .....	88
Cuadro 29. Asentamientos administrados por el IDA en distritos de la microregión hidrográfica Balalaica.....	90
Cuadro 30. Problemas socioeconómicos en la microregión hidrográfica Balalaica .....	92
Cuadro 31. Problemas socioambientales en la microregión hidrográfica Balalaica .....	93
Cuadro 32. Evaluación de la pendiente por sitio .....	97
Cuadro 33. Evaluación del tipo de suelo por sitio.....	99
Cuadro 34. Velocidad de infiltración por sitio .....	100
Cuadro 35. Evaluaciones del tipo de roca por sitio .....	102
Cuadro 36. Evaluación de la cobertura vegetal por sitio.....	103
Cuadro 37. Evaluaciones de los usos de suelo por sitio .....	104

Cuadro 38. Resumen de pesos promedios de las variables a usar en la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica .....	106
Cuadro 39. Resumen de las evaluaciones de cada elemento por sitio.....	107
Cuadro 40. Potencial de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica .....	111
Cuadro 41. Comparación de posibilidades de recarga hídrica, usando el método participativo y realizado con el Arc View para toda la microregión.....	113
Cuadro 42. Zonas de riesgo a deslizamientos en la microregión hidrográfica Balalaica...	115
Cuadro 43. Categorías de uso actual de suelo de la microregión hidrográfica Balalaica...	119
Cuadro 44. Distribución superficial del uso actual del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica .....	120
Cuadro 45. Matriz de conflictos de uso de la microregión hidrográfica Balalaica .....	128
Cuadro 46. Uso del suelo tendencial del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica .	131
Cuadro 47. Categorías de la zonificación ideal, para la microregión hidrográfica Balalaica .....	134
Cuadro 49. Categorías y subcategorías de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica .....	143
Cuadro 50. Programas y proyectos por eje estratégico de la microregión hidrográfica Balalaica .....	155
Cuadro 51. Análisis FODA, en torno a la gestión del agua y uso de los recurso naturales en la microregión hidrográfica Balalaica .....	161

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de una cuenca hidrográfica.....	7
Figura 2. Divisoria de la cuenca hidrográfica y la cuenca hidrológica. ....	8
Figura 3. Preguntas estratégicas en el proceso de ordenamiento territorial. ....	11
Figura 4. Mapa de ubicación de la microregión hidrográfica Balalaica.....	31
Figura 5. Fases de la investigación.....	32
Figura 6. Esquema organizativo del comité local de investigación .....	32
Figura 7. Pasos para el diagnóstico de la microregión hidrográfica Balalaica.....	34
Figura 8. Recorridos de campo y talleres de diagnóstico participativo en las comunidades	35
Figura 9. Proceso metodológico para la identificación y evaluación de zonas de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos.....	37
Figura 10. Secuencia metodológica para la determinación de la zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007) .....	38
Figura 11. Inducción sobre zonas potenciales de recarga hídrica .....	39
Figura 12. Mapeo y evaluación en campo de zonas con deslizamientos .....	43
Figura 13. Esquema metodológico para la formulación de la propuesta de ordenamiento territorial.....	46
Figura 14. Zonificación y análisis de la propuesta de zona protectora Balalaica.....	51
Figura 15. Integración de mapas temáticos para la zonificación territorial de la microregión hidrográfica Balalaica.....	52
Figura 16. Mapa de pendientes de la microregión hidrográfica Balalaica .....	61
Figura 17. Mapa de fuentes de agua de la microregión hidrográfica Balalaica .....	63
Figura 18. Mapa geológico de la microregión hidrográfica Balalaica .....	66
Figura 19. Mapa de tipos de suelos de la microregión hidrográfica Balalaica.....	68
Figura 20. Mapa de capacidad de uso de los suelos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	72
Figura 21. Mapa de zonas de vida de la microregión hidrográfica Balalaica .....	75
Figura 22. Tendencia del crecimiento poblacional en los distritos de la microrregión hidrográfica Balalaica.....	77
Figura 23. Tipo de vivienda en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica.....	80
Figura 24. Composición de la población según condición de alfabetismo en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	82
Figura 25. Composición de la población según nivel de instrucción en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	83
Figura 26. Vías de comunicación de la microregión hidrográfica Balalalaica.....	85
Figura 27. Velocidad de infiltración de las zonas potenciales de recarga hídrica.....	101
Figura 28. Potencial de recarga hídrica, según criterios evaluados en los diferentes sitios	108
Figura 29. Mapa de zonas potencial de recarga hídrica en los sitios identificados mediante el método participativo .....	110
Figura 30. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión Balalaica .....	112
Figura 31. Mapa de zonas de riesgo a deslizamientos de la microregión hidrográfica Balalaica .....	116
Figura 32. Distribución porcentual del uso actual del suelo, en la microregión hidrográfica Balalaica .....	123
Figura 33. Mapa de uso actual del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica.....	124

Figura 34. Distribución porcentual de los conflictos de uso del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica.....	125
Figura 35. Mapa de conflictos de uso de la microregión hidrográfica Balalaica .....	127
Figura 36. Distribución porcentual del uso actual y tendencial del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica.....	132
Figura 37. Distribución porcentual del conflicto de uso tendencial en la microregión hidrográfica Balalaica.....	133
Figura 38. Distribución porcentual de los conflictos de uso actual y tendencial en la microregión hidrográfica Balalaica .....	133
Figura 39. Mapa de zonificación ideal de la microregión hidrográfica Balalaica.....	137
Figura 40. Visión conservacionista de los productores de la zona protectora Balalaica.....	140
Figura 41. Mapa de la propuesta de zona protectora Balalaica .....	141
Figura 42. Mapa de propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica .....	150
Figura 43. Organizaciones impulsoras del POTP en la microregión hidrográfica Balalaica .....	159

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Lista de participantes en los talleres de diagnóstico e identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.....	181
Anexo 2. Determinación de la pendiente de un terreno mediante nivel de cuerda .....	183
Anexo 3. Procedimiento para determinar textura del suelo a través del tacto.....	184
Anexo 4. Procedimiento para estimar la capacidad de infiltración de los suelos.....	186
Anexo 5. Infiltración acumulada (cm) promedio, evaluadas en diferentes zonas potenciales de recarga hídrica.....	187
Anexo 6. Procedimiento para evaluar el tipo de roca.....	187
Anexo 7. Formato de entrevista a extensionistas y/o especialistas en la determinación de las ponderaciones (o coeficientes) de la fórmula de potencial de recarga hídrica.....	189
Anexo 8. Clasificación por importancia para la ajuste de la ponderación de zonas potenciales de recarga hídrica.....	191
Anexo 9. Clasificación de rateo para la ajuste de la ponderación de zonas potenciales de recarga hídrica .....	191

## LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS

ADI	: Asociación de Desarrollo Integral
APOT	: Asociación de Productores Orgánico de Turrialba
APOT	: Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba
ASADA	: Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados
AyA	: Instituto Costarricense de Acueducto y Alcantarillado
CATIE	: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CBVCT	: Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca
COVIRENAS	: Comité De Vigilancia de los Recursos Naturales
DINADECO	: Dirección Nacional de Desarrollo de la Comunidad
FODA	: Fortalezas Oportunidades Debilidades Amenazas
FONAFIFO	: Fondo Nacional de Financiamiento Forestal
ICE	: Instituto Costarricense de Electricidad
IDA	: Instituto de Desarrollo Agrario
MAG	: Ministerio de Agricultura y Ganadería
MINAE	: Ministerio de Agricultura y Medioambiente
OT	: Ordenamiento Territorial
POT	: Plan de Ordenamiento Territorial
POTP	: Plan de Ordenamiento Territorial Participativo
PRH	: Potencial de Recarga Hídrica
PSA	: Pagos por Servicios Ambientales
RRNN	: Recursos Naturales
SENARA	: Servicio Nacional de Aguas Subterráneas Riego y Avenamiento
SIG	: Sistemas de información geográfica
UMCRE	: Unidad de Manejo de la Cuenca del río Reventazón
ZPRH	: Zonas Potenciales de Recarga Hídrica

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Caracterización del problema

Uno de los problemas más importantes que enfrentan los países del trópico americano es el incremento poblacional y el aumento de la pobreza, especialmente concentrada en las zonas rurales. Esta problemática está estrechamente vinculada con la degradación de los recursos naturales y el ambiente, debido al uso y manejo inadecuado de los mismos, a la falta de planificación y ordenamiento territorial, a la inequidad y falta de oportunidades, a la poca participación activa de los diferentes actores en la toma de decisiones, bajo un enfoque de organización e institucionalidad y a la ocurrencia de desastres (Jiménez 2007).

Costa Rica no escapa a diversas presiones socioeconómicas que imperan en el resto de América Latina y el Caribe, las cuales inciden de manera directa sobre el medio ambiente, entre las más resaltantes se pueden mencionar: el crecimiento demográfico, la densidad poblacional, migraciones, la urbanización no planificada, la desigualdad de ingresos y pobreza, el desarrollo insostenible de la industria, la agricultura, el turismo y las prácticas de manejo de suelo. En este sentido, el agua es uno de los recursos que está siendo impactado negativamente, lo cual amerita ser visualizado de manera integral, esto significa que no solo se debe considerar, para su análisis, los factores propiamente geomorfológicos, geográficos y climáticos, sino las condicionamientos derivados de la realidad social, política y la ejecución de diversos modelos económicos que se han implementado en el país (Cortés 2005).

El recurso hídrico en Costa Rica es abundante pero vulnerable. Entre las principales presiones sobre la disponibilidad de agua subterránea están la deforestación, la impermeabilización de las zonas de recarga y el aumento en la demanda. Los mantos acuíferos son vitales para el suministro de agua potable en este país, y su extracción va en alarmante crecimiento, del año 1996 al 2000, la extracción de acuíferos en la Gran Área Metropolitana había aumentado de un 16.3% a un 62.5% del total de agua subterránea disponible. También existen problemas con la calidad del recurso, debido a que tanto las aguas superficiales como subterráneas, son contaminados con sedimentos de aguas negras, desechos industriales y agropecuarios, así como agroquímicos (CEDARENA, 2008).

La microregión hidrográfica Balalaica, también es escenario de ciertos problemas ambientales asociados a las acciones antrópicas, tal es así, que en las partes altas de la microregión donde se concentra las zonas potenciales de recarga hídrica y lagunas naturales que abastecen de agua a más de 20 comunidades en cuatro distritos (Pavones, Tres Equis, La Suiza, y Tuis), existe presión sobre remanentes de bosques existentes, con el propósito de ampliar áreas de cultivos y pastos; a esto se suma la extracción ilegal de madera para su comercialización. Todo ello viene cambiando en cierta forma la estructura paisajística, generando algunas consecuencias como: pérdida de flora y fauna, degradación de suelos, desecación de las lagunas naturales, entre otras, que de una u otra forma vienen incidiendo en la cantidad y calidad de las aguas (Hidalgo 2006).

En este sentido merecen preguntas relevantes como las siguientes: ¿Cómo proteger, recuperar y conservar los recursos hídricos de la microregión?, ¿Cómo lograr disminuir los impactos negativos y mejorar la ocupación del territorio?. Existen varias alternativas, uno de los medios que puede adecuarse con mayor facilidad es el Plan de Ordenamiento Territorial (POT), el cual constituye un instrumento de planificación que busca el desarrollo equilibrado en los espacios, utilizando racionalmente los recursos existentes, a través del balance entre el aprovechamiento y la conservación, generando el bienestar social, cultural, económico y ambiental de las poblaciones. Además de ello, el POT orienta las decisiones locales, promueve la participación, genera compromisos entre los distintos actores, que facilitan el empoderamiento en los procesos del cambio.

Costa Rica carece de una ley de ordenamiento territorial; la falta de una política clara de ordenamiento y aprovechamiento racional del agua se evidencia también ante el aumento de los problemas de degradación del recurso hídrico (Rodríguez 2007). Sin embargo, existen muchas leyes vinculantes, que promueven el ordenamiento territorial. Un caso son los planes reguladores cantonales, los cuales constituyen un instrumento técnico, jurídico y político, por medio del cual se da un pacto entre la comunidad y el gobierno local, sobre la forma en que se desea ordenar el territorio cantonal. Eso implica una participación activa, consciente y responsable del vecino en los asuntos de su territorio (Pérez y Alvarado 2003).

## **1.2. Justificación de la investigación**

Las crecientes necesidades humanas y el aumento de las actividades económicas ejercen una presión cada vez mayor sobre los recursos de tierras, suscitan la competencia y los conflictos y llevan a un uso impropio de la tierra y los recursos. Si se quiere satisfacer en el futuro las necesidades humanas de manera sostenible, es esencial resolver ahora esos conflictos y encaminarse hacia un uso más eficaz y eficiente de la tierra y sus recursos naturales<sup>1</sup>.

Las prácticas inadecuadas crean problemas en la calidad del agua; los ríos se contaminan con sedimentos y/o elementos tóxicos y su aprovechamiento es cada vez más limitado. Las tierras agrícolas se erosionan, pierden su fertilidad natural y en el bosque, se explota la madera y no se reforesta. Las consecuencias de este tipo de prácticas son críticas y en algunos casos implica la pérdida de vidas humanas (caso situaciones del río Caldera en Panamá y del río Virilla en Costa Rica). Estas son algunas de las situaciones que explican la necesidad de comprender las causas de los problemas, analizar sus consecuencias y plantear soluciones que puedan implementarse en el contexto social y ambiental (Ramakrishna 1997).

El manejo y gestión de las zonas de recarga hídrica es uno de los desafíos importantes que se debe planificar después de haber logrado la identificación y evaluación, ya que los servicios que brinda están fuera del sitio (finca o sistema de producción). Las alternativas técnicas para el manejo de estas zonas existen, la dificultad muchas veces está en que los dueños de las tierras no aceptan aplicar medidas que llevan costo adicional o que por un uso limitado disminuyen sus ingresos, esto es lo que da origen entre otras alternativas a definir y negociar pagos, compensaciones y hasta compra de terrenos, sobre todo cuando se tiene la seguridad de haber delimitado una zona de recarga importante, que constituye la fuente de agua para una población u otro uso importante (Faustino 2006b).

El recurso agua no solo está determinado por la disponibilidad natural del recurso (aguas superficiales y subterráneas), sino también por la organización social que define el acceso al agua y su aprovechamiento. Es decir las condiciones sociales y económicas de los usuarios asentados en la microcuenca hacen que ocurran diversas acciones para lograr el acceso al agua

---

<sup>1</sup> Programa 21, capítulo 10: Enfoque integrado de la planificación y la ordenación de los recursos de tierras.

que, en ocasiones, se expresen en demandas a las instituciones encargadas de la administración del recurso, o en conflictos entre los usuarios y otras instancias (IMTA *et al.* 1997).

Según Ramírez (2006) en un estudio realizado para conocer las prioridades sociales en el ámbito del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca (CBVCT), como espacio mayor que incluye nuestro ámbito de estudio, indica la percepción y expectativas de los pobladores en relación con el desarrollo y conservación, en cuanto al recurso agua obtuvo los siguientes resultados: a) recuperar las cabeceras de las cuencas para evitar los desastres naturales y contar con agua indefinidamente; b) conservar fuentes hidrográficas, realizando un manejo sostenible de las principales cuencas; c) recuperar agua aumentando su caudal y calidad.

Son estos escenarios antes mencionados que configuran un panorama característico en la microregión hidrográfica Balalaica, con sus problemas ambientales asociados a las actividades antrópicas y el interés de las organizaciones locales e institucionales empeñados en actuar sobre ellos, para mitigar los efectos negativos sobre los recursos naturales, en particular sobre el recurso hídrico. En este sentido, la asociación ambientalista Balalaica, el comité local del subcorredor biológico y las asociaciones administradoras de acueductos y alcantarillados (ASADA), fueron las organizaciones principales que tomaron la iniciativa del proceso para conocer las zonas de recarga hídrica y su gestión se vincula a un marco orientador del uso y ocupación adecuado del territorio, para garantizar el aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos en la microregión hidrográfica Balalaica.

El resultado del presente estudio es un plan de ordenamiento territorial participativo, con un fuerte soporte de la base comunitaria. Las organizaciones locales encuentran en ella, un instrumento orientador y facilitador para un uso adecuado del territorio y de la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica, así como también para la reducción de la vulnerabilidad a desastres, que al aplicarlo conducirían a un manejo sostenible de los recursos naturales en la microregión hidrográfica Balalaica.

### **1.3. Objetivos**

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

- ✓ Elaborar un plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica en la microrregión hidrográfica Balalaica.

#### **1.3.2. Objetivos específicos**

1. Realizar el diagnóstico territorial participativo de la microregión hidrográfica Balalaica, con base en la caracterización biofísica y socioeconómica.
2. Identificar y evaluar las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos de la microregión hidrográfica Balalaica, mediante procesos participativos.
3. Formular el plan de ordenamiento territorial con base en el análisis de escenarios y la zonificación respectiva, de acuerdo a la normativa vigente en el país.
4. Proponer estrategias de implementación del plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica.

### **1.4. Preguntas de investigación**

A continuación se describen algunas preguntas que ayudaron a determinar el cumplimiento de los objetivos específicos:

#### **Objetivo específico 1**

- ¿Cuáles son los aspectos biofísicos, sociales y las principales actividades productivas en la microregión hidrográfica?
- ¿Cuáles son las alternativas de solución a los problemas principales que afectan el desarrollo territorial de la microregión hidrográfica de Balalaica?
- ¿Cuáles son las fuentes de agua que existen en la microregión hidrográfica y su relación con el desarrollo comunitario?

- ¿Cuáles son los principales actores; sus funciones y responsabilidades en el área de estudio?

### **Objetivo específico 2**

- ¿Cuáles son los elementos técnicos para determinar las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos?
- ¿Cuáles son los aspectos relevantes que consideran los actores locales para identificar las zonas de recarga hídrica y las zonas de riesgo a deslizamientos?
- ¿Cuáles son las áreas críticas relacionados con el uso de los recursos naturales que afectan las zonas potenciales de recarga hídrica?

### **Objetivo específico 3**

- ¿Cuáles son los escenarios biofísicos y socioeconómicos, en las que se puede sustentar el POTP?
- ¿Cuáles son los ejes de desarrollo producto de la zonificación que consideran relevantes los actores locales en la formulación del POTP?
- ¿Cuáles son las normativas vigentes, que sustentan la formulación del POTP?

### **Objetivo específico 4**

- ¿Cuáles son las estrategias posibles que aplican para la implementación del POTP teniendo en cuenta la gestión de las zonas de recarga hídrica?

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Cuenca hidrográfica

La cuenca hidrográfica es un territorio que es delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce (Figura 1). La cuenca, sus recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que le confieren características particulares a cada una (Dourojeanni 2006).



Figura 1. Esquema de una cuenca hidrográfica.

### 2.2. Cuenca hidrológica

La definición de cuenca hidrológica es más integral que la de cuenca hidrográfica. Las cuencas hidrológicas son unidades morfológicas integrales y además de incluir todo el concepto de cuenca hidrográfica, abarcan en su contenido, toda la estructura hidrogeológica subterránea del acuífero como un todo (Figura 2) (Jiménez 2007).



Figura 2. Divisoria de la cuenca hidrográfica y la cuenca hidrológica.

### 2.3. Microregión

El concepto de microregión, se refiere a cualquier forma de asociación o mancomunidad de comunidades, municipios, independientemente si se unen solo para ejecutar algún proyecto común o con fines temporales. En otros casos, se considera una microregión, cuando se ha llevado un proceso participativo de desarrollo local, que se impulsa en el espacio territorial del municipio o en un espacio territorial mayor, compuesto por varios municipios vecinos. En este caso, no se trata de algo temporal, si no de un proceso con visión de constituir, a futuro, un nuevo espacio social, político, económico y cultural que permita un reordenamiento administrativo del territorio, además que pueda aprovechar los procesos de descentralización (World Vision s.f.).

### 2.4. Microregión hidrográfica

Una microregión hidrográfica es un territorio hidrográfico constituido por pequeñas redes hídricas que se vinculan al aprovechamiento del agua: su límite físico está definido por el interés de los actores involucrados, independientemente de los límites políticos administrativos y de microcuencas. Estos espacios presentan cierto grado de homogeneidad desde el punto de vista de su potencial y limitaciones asociadas a intereses sociales, económicos y ambientales. Constituye una unidad de planificación para fines especiales tales como; uso, aprovechamiento y protección de los recursos hídricos que enmarcan hitos de desarrollo de las comunidades dentro de su ámbito.

## **2.5. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación**

El manejo de cuencas hidrográficas considera a esta unidad hidrológica como el escenario biofísico y socioeconómico natural y lógico para la caracterización, diagnóstico, planificación, implementación, ejecución, seguimiento y evaluación del uso de los recursos naturales, así como para el análisis ambiental. Bajo este enfoque, las unidades de producción, por ejemplo la finca, son el ámbito adecuado para implementar el manejo de los recursos, según la vocación de la cuenca, su capacidad de carga y la dinámica de su entorno ecológico y socioeconómico. La integración de todas las unidades bien manejadas permite lograr el manejo integral de la cuenca (Jiménez 2007).

## **2.6. Manejo, gestión y cogestión de cuencas hidrográficas**

Según CEPAL (1992), en un alcance extendido hace referencia al concepto de manejo de cuencas con el fin de proteger y conservar todos los recursos que se encuentran en la cuenca a fin de garantizar la vida de los habitantes y una producción sostenida en el tiempo.

Jiménez (2007) indica que el manejo de cuencas hidrográficas es el conjunto de acciones que se realizan para utilizar, manejar, rehabilitar, proteger y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémicos, socioambiental, integral y del agua como recurso integrador de la cuenca. Promueve y busca la sostenibilidad ecológica, social y económica de los recursos naturales y el ambiente en el contexto de la intervención humana, sus necesidades y responsabilidades y del riesgo y la ocurrencia de desastres, principalmente de origen hidrometeorológico.

La gestión es el proceso para lograr la implementación de las actividades de cuencas; sirve para materializar la planificación y las necesidades de manejo. Se gestiona el recurso financiero, materiales, insumos, recurso humanos, etc. También se gestiona el fortalecimiento de las organizaciones y el apoyo institucional. La visión integral de la gestión de cuencas conlleva dos grandes tipos de acciones: unas orientadas a aprovechar los recursos naturales (usarlos, transformarlos, consumirlos) existentes en la cuenca para fines de mejoramiento social y crecimiento económico, y otro grupo orientadas a manejarlos

(conservarlos, recuperarlos, protegerlos), con fin de asegurar la sostenibilidad ambiental (Faustino 2006a).

La gestión de cuencas se refiere fundamentalmente a las acciones gerenciales y al manejo de las variables indirectas que permitirán hacer viables los resultados de la planificación (Faustino 2006a). Con este pilar, por un lado se logra lo planificado (planes, programas y proyectos) y las ofertas tecnológicas subyacentes que se pueden desarrollar y, por otro lado, se consigue que se genere institucionalidad local para la gestión integral de las unidades de planificación y desarrollo (Zury 2004).

La cogestión de cuencas se conceptúa como la gestión conjunta, compartida y colaborativa, mediante la cual, diferentes actores locales como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos 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 en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo (Jiménez *et al.* 2007).

## **2.7. Ordenamiento territorial**

### **2.7.1. Conceptos básicos del ordenamiento territorial**

Hay varias formas de conceptualizar el ordenamiento territorial (OT). Una de ellas dice que el OT es un proceso colectivo que implica una serie de decisiones a partir de las cuales una población, a través de sus diferentes formas de organización social, política, administrativa, económica, ambiental y sus visiones culturales del mundo, da un uso adecuado y racional al territorio. En esta definición se resalta la importancia del OT como resultado de procesos de planificación y concertación social (GTZ 2005).

Otro punto de vista indica que OT es un conjunto de acciones emprendidas por las autoridades y las organizaciones para orientar la transformación, ocupación y utilización del espacio geográfico, buscando su desarrollo socioeconómico y teniendo en cuenta las

necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio y la armonía con el medio ambiente (Andrade, citado por GTZ 2005).

Meier, citado por Zury (2004) menciona que el ordenamiento territorial es la palanca fundamental de la planificación del espacio y del ambiente; consiste en la ocupación de los espacios concretos, teniendo en consideración el impacto o influencia de las actividades humanas sobre el medio geográfico natural y el hábitat social.

El OT debe responder a preguntas para comprender el proceso de ordenamiento territorial (Figura 3) (Melgar 2004).

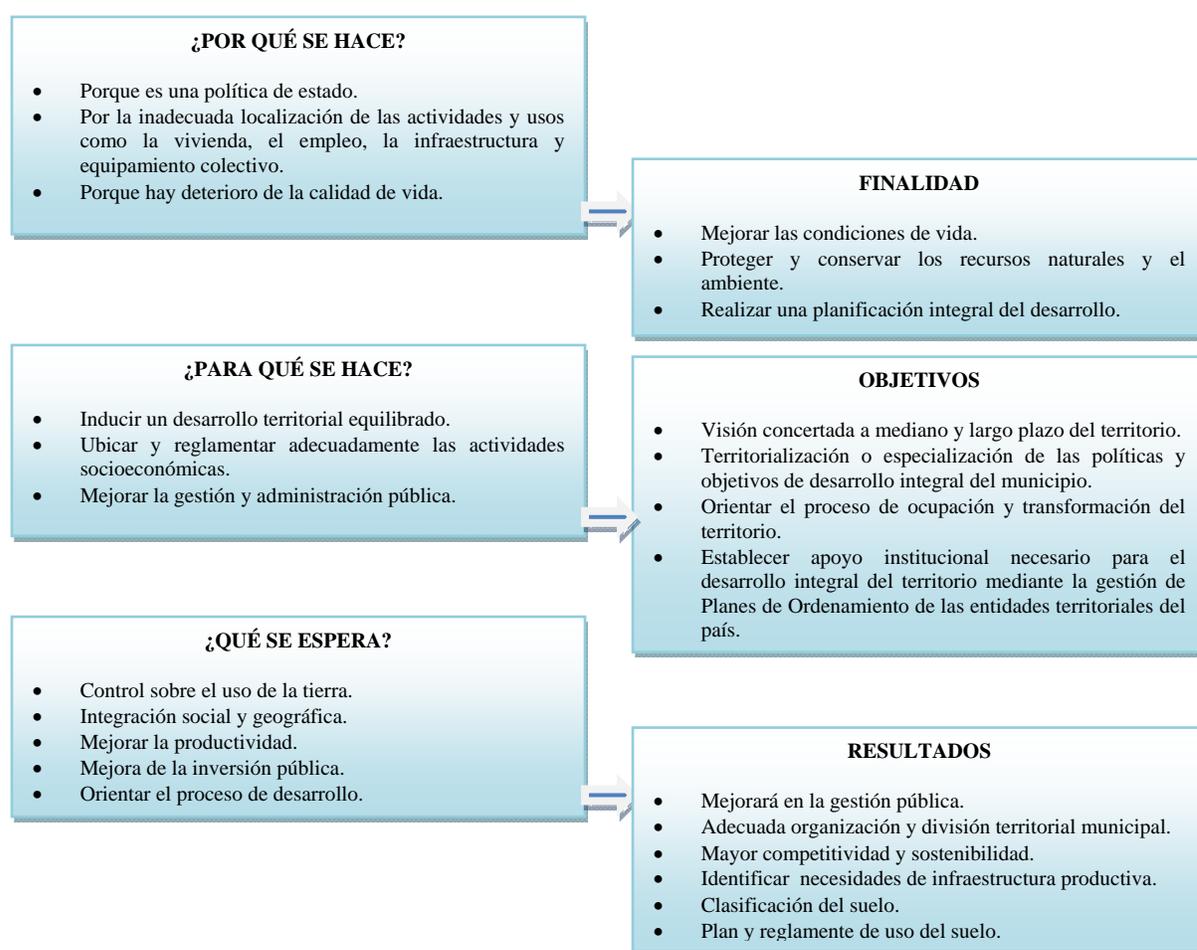


Figura 3. Preguntas estratégicas en el proceso de ordenamiento territorial.

### **2.7.2. Ordenamiento territorial como estrategia para el manejo, gestión y cogestión de cuencas**

El ordenamiento es un elemento importante que aplica el manejo de cuencas, se aprovechan los recursos de acuerdo a su capacidad o vocación, se orientan los usos potenciales considerando el riesgo y la vulnerabilidad. Una consideración importante del ordenamiento es la valoración de las condiciones ecológicas, sociales y económicas, de tal manera de armonizar la demanda de las poblaciones y las capacidades de soporte de la naturaleza. El ordenamiento territorial es el componente base del plan rector para la gestión territorial a nivel de microcuencas y cuencas (Jiménez 2007).

Zury (2004) menciona que el ordenamiento en el espacio cuenca tiene especial importancia por que apunta a situaciones y ámbitos semejantes en cuanto a su ordenamiento y manejo, lo que marca la diferencia que en las cuencas hidrográficas existe la integración hidrológica e interacción socioeconómica de las poblaciones aguas arriba y aguas abajo, además de las externalidades que se presentan por situaciones naturales (atrópicas) y acciones humanas (antrópicas).

### **2.7.3. Plan de ordenamiento territorial**

Un plan de ordenamiento territorial se genera porque existe una necesidad o porque se establecen condiciones legales e institucionales (Faustino 2006a).

En el primer caso “la demanda” de los actores que ocupan un territorio se traslada a la búsqueda de una solución o respuesta “atención a una problemática de los ocupantes del territorio”, aquí los actores comprenden que la alternativa es desarrollar procesos de ordenamiento territorial, para articular la gestión del desarrollo económico, social y ambiental (Faustino 2006a).

En el segundo caso, las políticas nacionales establecen procesos de planificación del desarrollo entre los cuales se define la necesidad de ordenar los territorios para orientar las inversiones, resolver temas críticos, orientar las decisiones locales en un contexto nacional

y externo, en este caso se parte de la existencia de una ley de ordenamiento territorial y sus reglamentaciones (Faustino 2006a).

El plan de ordenamiento territorial es el instrumento, mediante el cual las entidades pueden planificar los usos del territorio y orientar provisoriamente los procesos de ocupación del mismo. Por su carácter integral, participativo, democrático y prospectivo, el plan debe articular en el espacio, tanto los aspectos sectoriales a través de la proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, culturales y económicas, como los aspectos territoriales, uso y ocupación (Gómez 1992).

#### **2.7.4. Principios del ordenamiento territorial**

El Ordenamiento Territorial requiere de algunas condiciones para ser efectivo. Llamaremos a eso los principios del ordenamiento, los cuales sirven para llevar a cabo el proceso con mayores posibilidades de éxito. Según GTZ (2005), los principios del OT son los siguientes:

**Participación y concertación.** Ordenar el territorio presupone la participación, concertación y cooperación de los actores del ámbito. Ello porque las personas que ocupan el territorio son las que mejor lo conocen. Tienen, por lo tanto, mayor derecho a tomar parte en las decisiones sobre el mismo. Además, su falta de involucramiento puede desembocar en que el proceso sea puramente formal, o constituya una fuente de permanentes conflictos.

**Transversalidad.** No es posible ordenar el territorio desde una sola perspectiva. Se requiere integrar conocimientos de diferentes prácticas sociales (de productores, comerciantes, educadores, etc.) y disciplinas técnicas. En relación con esto último serán necesarios estudios de suelo, agua y otros recursos naturales; de población, de riesgos asociados a peligros naturales, etc., para tener una idea cabal de las posibilidades y limitaciones del territorio. Al mismo tiempo habrá que balancear las diferentes finalidades que se persiguen: equilibrar los diferentes usos (urbanos, rurales, industriales, ecológicos, etc.) que se pretenden dar al territorio para evitar desbalances y problemas de depredación.

**Subsidiariedad.** Este principio tiene por objeto garantizar que la toma de decisiones sobre el territorio se haga de la forma más cercana al ciudadano, o por los gobiernos locales y regionales que se hallan más cerca de él. En esas condiciones, la planeación, el uso, el monitoreo y las responsabilidades sobre el territorio, tienen mayor posibilidad de ser eficaces.

**Orientación a procesos.** Imaginar que en cierto momento se pueda tener un plan de ordenación definitiva del territorio no es realista. Lo importante del ordenamiento es que los actores estén en permanente comunicación para la toma de decisiones sobre el territorio, y que los planes que generen puedan ser evaluados y ajustados continuamente por ellos, de acuerdo con los resultados que van consiguiendo en la práctica.

### **2.7.5. Zonificación**

La zonificación es la división física del área en varias unidades de análisis para poder planificar acciones que conlleven a la resolución de problemas o conflictos, y para tener una mejor visión de las actividades que se quieren realizar (Faustino 2006a). Las unidades territoriales, además de facilitar la proyección espacial de las políticas de desarrollo y regulaciones sectoriales, constituyen una identificación espacial de oportunidades, limitantes, problemas y aspiraciones que sirven de soporte a la política del OT (Gómez 1992).

### **2.7.6. Elementos conceptuales para la zonificación**

**Uso actual del suelo.** El uso del suelo corresponde a esa interacción directa entre el uso asignado (un cultivo, una plantación forestal, etc.) con sus requerimientos edafológicos y el cuerpo natural como sustrato de respuesta a esos requerimientos. Cuando las tierras son utilizadas o explotadas por el ser humano asignándoles un uso en forma deliberada, se habla entonces de *uso actual o presente del territorio* (Lücke 1998).

**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 una clasificación de las diferentes formas 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).

**Capacidad de uso del suelo.** Es el grado óptimo de aprovechamiento que posee un área de terreno determinado, con base en la calificación de sus limitantes, para realizar las diferentes actividades agropecuarias en forma sostenida y por periodos prolongados (Jiménez s.f.). Otra definición según Tosi, citado por Lücke (1998), indica que es la capacidad de uso más intensivo que una unidad de tierra puede soportar sin deterioro de su capacidad productiva, pero que no se excluyen usos de una intensidad menor.

**Uso potencial del suelo.** Es cuando se toma como referente a la capacidad de uso de la tierra disminuyendo su intensidad de uso al considerar factores económicos, sociales, culturales, institucionales, tecnológicos, políticos y otros (Lücke, 1998). Ritchers (1995) indica que el uso potencial es 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.

**Área silvestre protegida.** Según UICN, citado por Canet (2005) las áreas silvestres protegidas son una superficie de tierra y/o mar especialmente consagrada a la protección y el mantenimiento de la diversidad biológica, así como los recursos naturales y los recursos culturales asociados y manejada a través de medios jurídicos u otros medios eficaces.

Según la legislación costarricense (artículo 58 de la Ley de Biodiversidad N° 7788), las áreas silvestres protegidas son “zonas geográficas delimitadas, constituidas por terrenos, humedales, y porciones de mar. Han sido declaradas como tales por presentar significado especial por sus ecosistemas, la existencia de especies amenazadas, la repercusión en la reproducción y otras necesidades y por su significado histórico y cultural. Estas áreas están dedicadas a conservación y proteger la biodiversidad, el suelo, el recurso hídrico, los recursos culturales, y los servicios de los ecosistemas en general”. Así mismo, esta misma

ley en su artículo 60, indica que las áreas silvestres protegidas, además de las (propiedad) estatales, pueden ser municipales, mixtas o de propiedad privada. Por la gran importancia que tienen para asegurar la conservación y el uso sostenible de la biodiversidad del país, el Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y todos los entes públicos, incentivarán su creación, además, vigilarán y ayudarán en su gestión.

**Zona protectora.** Según la legislación costarricense, es una categoría de manejo dentro de un área silvestre protegida<sup>2</sup>, las zonas protectoras son áreas de bosques y terrenos de aptitud forestal, en que el objetivo principal es la protección del suelo, la regulación del régimen hidrológico, la conservación del ambiente y de las cuencas hidrográficas (SINAC, 2008)

**Accesibilidad.** La accesibilidad puede definirse como la capacidad de interactuar o de hacer contacto con sitios en que hay oportunidades económicas o sociales. De igual manera, el concepto de accesibilidad puede utilizarse en la política de desarrollo rural como un indicador de carencia rural y como una variable en el análisis de localidades (Deichmann y Geertman, citado por CIAT 2001).

### **2.7.7. Resolución de conflictos socioambientales bajo el enfoque institucional para el ordenamiento territorial**

De acuerdo a Prins (2007), el proceso de ordenamiento territorial requiere la resolución de conflictos socioambientales, tal es así, que en ausencia de reglas claras y acuerdos concertados, reina una especie de anarquía, en que cada uno hace lo que le antoje. Es lo opuesto de gobernabilidad. Por ende, se debe crear, en el proceso de resolver un conflicto, instituciones efectivas, equitativas y compartidas. En la medida en que haya reglas acordadas, razonables y equitativas, habrá menos campo para conflicto y habrá manera de resolverlos cuando ocurran.

Si se relaciona el ordenamiento territorial con ordenamiento institucional, estos dos deben ir de la mano, ya que el segundo condiciona el primero, en dos sentidos:

---

<sup>2</sup> Ley orgánica del ambiente N° 7554, capítulo VII: áreas silvestres protegidas

1. Por deslindar competencias y por complementariedades del gobierno local, sectores del gobierno central, (instituciones como organizaciones) y población organizada en torno de una determinada problemática (por ejemplo, concertación entre comunidad, municipio y CODHEFOR en Honduras para llegar a una declaratoria de cuenca).
2. Por desarrollar instituciones (nuevas instancias y reglas de juego) en la dirección de un cambio deseable (así los recursos naturales de una cuenca bien manejados y conservados), vía procesos de transacción entre usuarios con intereses diferenciados y la formación paulatina de nuevas instancias (mesas de concertación, mancomunidades, comités de cuenca).

#### **2.7.8. Sistemas de información geográfica y su aplicación al ordenamiento territorial**

La geografía estudia el espacio en que se desarrollan las actividades económicas, culturales y sociales. Identifica y explica las relaciones entre los componentes naturales entre si y de estos con la población humana (UCR 2007).

Un sistema de información geográfica se puede definir ampliamente como un sistema de equipos, programas y procedimientos elaborados para facilitar la obtención, gestión, manipulación, análisis, modelado, representación y salida de datos espacialmente referenciados, para resolver problemas complejos de planificación y gestión (NCGIA 1990).

Según GTZ (2005) existen varias aplicaciones del SIG, entre las cuales están:

- Crear una cartografía y base de datos actualizable fácilmente.
- Para análisis y zonificación de riesgos, amenazas naturales, y vulnerabilidades.
- Para el ordenamiento territorial: delimitación de zonas y recursos, crecimiento poblacional, ocupación y usos de las tierras, contaminación, zonas de expansión urbana, mapeo de parcelas, etc.
- Facilita el manejo de información catastral y demográfica.

- Manipulación de imágenes satelitales para diversos usos.
- Modelación de condiciones meteorológicas: condiciones de sequías, precipitaciones, calentamiento del mar, etc.
- Estudios de impacto ambiental, etc.

### **2.7.9. Algunas experiencias de ordenamiento territorial en Costa Rica**

- **Plan de ordenamiento territorial de la cuenca del río Savegre**

Uno de los logros más importantes del Proyecto de Desarrollo Sostenible de la cuenca hidrográfica del río Savegre fue la presentación en junio de 2003 del plan de ordenamiento territorial de la cuenca, un trabajo realizado en conjunto por diferentes instituciones como el Ministerio de Planificación y Política Económica (MIDEPLAN), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Nacional de Biodiversidad (INBIO) y el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). El objetivo del plan es 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 fue concretada con la participación interinstitucional, a través de una comisión de ordenamiento territorial que definió los pasos a seguir. Realizaron 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 reclasificaron el mapa de capacidad 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. Este instrumento actualmente constituye el plan base de define las políticas, planes y proyectos de intervención en la cuenca del río Savegre (MINAE y ARAUCARIA XXI 2004).

- **Plan de ordenamiento territorial de la cuenca del río Reventazón**

Uno de las causas que originó el plan general de ordenamiento territorial y manejo de la cuenca del río Reventazón fue, que dicha cuenca se caracteriza por su fuerte arrastre de sedimentos, los cuales se acumulan en los embalses de Cachí y Angostura. Estudios anteriores demostraron que dichos sedimentos constituían una amenaza a la capacidad de operación y a la vida útil de dicha planta, los cuales han generado la iniciativa de optar por el manejo integral de la cuenca.

El estudio contiene la recomendación de manejo, las pertinentes prácticas o métodos y las estrategias para lograr el cambio de uso o los correctivos al uso actual con el fin de obtener el aprovechamiento adecuado según la capacidad de uso determinada en el diagnóstico. Las estrategias se formulan de acuerdo con las dificultades al cambio que presenta cada área según las condiciones socioeconómicas y ecológicas que existen en ellas.

El ordenamiento territorial se hace para la zona rural exclusivamente y con énfasis en el desarrollo sostenible de los recursos naturales de la cuenca en estudio, teniendo en cuenta la realidad socioeconómica de cada una de las zonas de manejo, tanto de producción como de conservación o preservación. Actualmente, vienen ejecutando diversos proyectos definidos en dicho plan, administrados por la Unidad de Manejo de la Cuenca del Reventazón (UMCRE) del ICE, que viene operando desde el año 2000.

- **Propuesta de la creación de una zona protectora en la sub región los Santos.**

La comisión para el rescate, protección y conservación de las áreas de recarga acuífera y nacies de los Santos (COPROARENAS) es una instancia creada en el año 2000 con el fin de articular esfuerzos para proteger el recurso hídrico y por ende asegurar su existencia en cantidad y calidad. COPROARENAS integra acciones institucionales para incidir en la gestión del recurso hídrico en la región de los Santos. Las instituciones que conforman COPROARENAS son: MINAE, MAG, ICE, Ministerio de Salud, Municipalidad de Dota y Terrazú, organizaciones de la sociedad civil, ASADAS, Policía Comunitaria, entre otras (COPROARENAS 2006).

Una de las estrategias de COPROARENAS para conservar el recurso hídrico y la biodiversidad en los cerros de La Trinidad, San Pedro, La Roca, y Abejonal es la propuesta de creación del recurso de una zona protectora, en la que permitiría proteger el suelo, regular el régimen hídrico y proteger los ecosistemas, así asegurar que las nacientes y las áreas de recarga hídrica que ahí se encuentran sigan generando agua, para las plantas, animales y las personas. En este sentido COPROARENAS, viene realizando las gestiones necesarias para llegar a la declaratoria de zona protectora, por lo que incluye una serie de requisitos en las cuales se tienen que cumplir.

COPROARENAS ya tienen elaborado ciertos estudios indispensables para la gestión de la zona protectora, tales como; estudio socioeconómicos, y de tenencia de la tierra, inventario de recursos hídricos de los Santos, estudio hidrogeológico del cerro Abejonal, evaluación ecológica de los cerros La Roca, Trinidad y San Pedro. Mientras tanto COPROARENAS ha realizado acciones concretas en la zona, tales como: conciliación en 98 casos, encuentros regionales en la temática de los recursos hídricos, etc.

- **Otros estudios**

El MINAE, realizó un estudio sobre un plan de ordenamiento ambiental en las áreas silvestres protegidas, con la finalidad de regular las actividades que se efectúen en fincas de dominio privado incluidas dentro de las Reservas Forestales, Zonas Protectoras y Refugios de Vida Silvestre Estatales y Mixtos dentro de Costa Rica. Este trabajo fue en conjunto con diferentes instituciones como el ICE, el Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), el Comité Nacional de Emergencias (CNE) y el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Dicho estudio obtiene la oficialización legal mediante el decreto 29393 del MINAE y la Presidencia de la República. Algunas conclusiones indican que mediante la declaratoria de área protegida ha permitido mantener los usos correctos y los niveles de subuso. En resumen, dichas áreas presentan 12.99% en sobreuso, el 6.22% se encuentra en subuso y el uso correcto corresponde a 74.27%, además de una débil coordinación entre las instituciones competentes para el otorgamiento de permisos, concesiones, desarrollo de actividades, etc.

### **2.7.10. Marco legal del ordenamiento territorial en Costa Rica**

Costa Rica no posee una ley de ordenamiento territorial propiamente dicho. Según Mora (2003) indica que existen alrededor de 27 leyes que confieren competencias vinculantes sobre esta materia a 22 instituciones.

Actualmente, diversas leyes definen y norman diferentes modalidades en el uso del territorio, las cuales, por falta de una integración sistémica, hacen que en el mejor de los casos las mismas se apliquen aisladamente. Por ejemplo, a Ley de Informaciones Posesorias, la Ley Forestal, la Ley de Tierras y Colonización, la Ley de Planificación Urbana, la Ley de Fomento a la Producción Agropecuaria, la Ley Marítimo Terrestre y la Ley de Vida Silvestre: la Ley de Biodiversidad, entre otras, así como muchos decretos, son buenos ejemplos de esos instrumentos legales (González 2007).

El principal instrumento técnico jurídico de ordenamiento territorial con el que cuentan las municipales hoy en día son los llamados planes reguladores, los cuales poseen una clara vocación urbana. Así la Ley de Planificación Urbana menciona: de conformidad con lo establecido por el artículo 169 de la Constitución, el artículo 15 de la ley de Planificación Urbana, se asigna como competencia a las municipalidades planificar y controlar el desarrollo urbano dentro de los límites de su territorio. Para cumplir con este objetivo, las municipalidades pueden implementar planes reguladores en los que podrán determinar, entre otros muchos aspectos, la zonificación del uso de la tierra para vivienda, comercio, industria, educación, recreación, fines públicos y cualquier otro destino pertinente. Además, las municipalidades tienen la responsabilidad según el artículo 19 de emitir las reglamentaciones (reglamentos de desarrollo urbano) necesarias para el debido acatamiento del plan regulador. Esos reglamentos deben contener normas y condiciones para promover la rehabilitación de áreas y prevención de su deterioro (artículo 20, inciso g) (MINAE y ARAUCARIA XXI 2004).

La visión que el país tiene del ordenamiento territorial es fragmentada y de corto plazo. No existe la base de ordenamiento territorial para la planificación estratégica de acuerdo a sus

potencialidades y los planes nacionales de desarrollo son instrumentos meramente indicativos, que si se contrastaran con una plataforma de ordenamiento, no se podrían llevar a la práctica. Según la Ley de Planificación Urbana se implementaron planes reguladores en la mayoría de los municipios, sin embargo, hay otros que aún no los tienen y no se actualizan (González 2007).

## **2.8. Recarga hídrica**

La recarga es el proceso de incorporación de agua a un acuífero producido a partir de diversas fuentes: de la precipitación, de las aguas superficiales y por transferencias de otro acuífero. Los métodos para estimarla son de variada naturaleza entre los que se destacan los balances hidrológicos, el seguimiento de trazadores ambientales o artificiales (químicos e isotópicos), las mediciones directas en piezómetros, la cuantificación del flujo subterráneo y las fórmulas empíricas entre los más comunes (Carrica y Lexow 2004).

### **2.8.1. Tipos de recarga hídrica**

De acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en (Faustino 2006b):

**Zonas de recarga hídrica superficial:** prácticamente es toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables, esta es la que se humedece después de cada lluvia, originando escorrentía superficial, según las condiciones de drenaje (relieve del suelo y su saturación). La medición de este caudal se realiza en el cauce principal del río y se conoce como descarga superficial o caudal de escorrentía superficial.

**Zonas de recarga hídrica subsuperficial:** es la que corresponde a las zonas de la cuenca con suelos con capacidad de retención de agua o almacenamiento superficial sobre una capa impermeable que permite que el flujo horizontal en el subsuelo se concentre aguas abajo en el sistema de drenaje. Es la ocurrencia de caudales en la red hídrica, aun cuando las lluvias hayan finalizado, también dependen de la cantidad de precipitación y el efecto “esponja” del suelo (libera lentamente el agua en su movimiento horizontal). Este caudal se mide igual que en el

anterior caso y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas, cuando el agua proveniente es de bosques. En esta evaluación, cuando se determina la infiltración en el movimiento del agua en el suelo o subsuelo, el flujo horizontal corresponde a esta zona de recarga y el flujo vertical corresponde a la escorrentía subterránea.

**Zonas de recarga hídrica subterránea:** es la que corresponde a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos, y rocas permeables) en el cual el flujo vertical de la infiltración es significativa, esta es la que forma o alimenta a los acuíferos. Un aspecto importante en esta zonificación es la conexión entre acuíferos y la recarga externa (que viene de otra cuenca). Para la evaluación se pueden considerar dos métodos: directo (mediante sondeos, bombeos y prospección geofísica), indirecto (mediante el balance hidrogeológico).

### **2.8.2. Identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica**

**Identificación.** Para identificar la zona de recarga es necesario realizar un trabajo exhaustivo: ubicar el manantial o el pozo de bombeo, definir el área de captación, caracterizar el tipo de suelo, la cobertura de la vegetación, el relieve, el uso de la tierra/vegetación, los tipos de rocas, las precipitaciones, el tipo y la clasificación de los acuíferos, e identificar las áreas o sitios críticos para luego realizar el mapeo y la valoración de las zonas de recarga, áreas críticas y acuíferos (González 2006).

Para realizar la identificación de zonas de recarga hídrica, para cuencas pequeñas, es difícil de encontrar datos para realizar el balance, pero en cuencas grandes la limitante es el tiempo que toma realizar el trabajo. En cuanto a vegetación y uso de la tierra es mucho más probable de levantar u obtener la información. El caso de la información geológica también es una limitante debido a que la información siempre es de carácter regional. Sin embargo, algo fundamental será el conocimiento de campo, sobre todo cuando la información necesaria no es del todo disponible en detalle y cantidad. Las fuentes de información local (personas, agricultores, técnicos) servirá mucho para tener una aproximación sobre donde están las zonas de recarga hídrica y cuáles son las evidencia, tanto de infiltración, almacenamiento y aprovechamiento (manantiales, pozos) (Cuadro 1) (Faustino 2006b).

Cuadro 1. Necesidad de información para identificar las zonas de recarga hídrica

Balace hidrológico	Vegetación	Geología	Uso de la tierra y aprovechamiento de agua
Precipitación, evapotranspiración, escorrentía, aporte externo a la cuenca	Bosques, plantaciones, pastos naturales, especies, ubicación y manejo	Tipos de rocas, porosidad, permeabilidad, fallas, geomorfología y relieve.	Tipos de cultivos, sistema de manejo y prácticas, fuentes de agua (pozos, manantiales, río, reservorios, cosecha de agua)
Información limitada	Existe información	Información limitada	Existe información

**Indicadores prácticos para la delimitación de las zonas de recarga hídrica.** De acuerdo a Faustino (2006b) no existe una pauta exclusiva para esta identificación, todo dependerá de los ecosistemas en los cuales se realice el trabajo, pero de manera general se pueden considerar los siguientes:

- 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).

Las intervenciones antrópicas también deben ser consideradas, tales como:

- Asfaltado y edificación (sellado de suelos).
- Destape de áreas de agua subterránea (por ejemplo, extracción de grava).
- Drenaje (por ejemplo, pozos, canales, construcción de grandes lagos artificiales).
- Compactación del suelo (por ejemplo, por pisoteo del ganado, uso de compactadoras, drenaje).

- Modificación de la cobertura vegetal.

Las actividades constructivas son un factor importante que afecta el equilibrio natural, dado que la progresiva impermeabilización del suelo, al cubrir superficies cada vez mayores con edificación, perturba el equilibrio de algunos de los componentes del ciclo del agua: se reduce la infiltración, las aguas se acumulan en los cauces de evacuación (crecidas) y puede incrementarse la evaporación. Lo mismo ocurre por la compactación del suelo como consecuencia de obras de construcción o de un manejo agropecuario inadecuado (Faustino 2006b).

**Evaluación de las zonas de recarga.** El uso de la tierra es muy importante cuando se identifican las zonas de recarga hídrica, dependiendo de su intensidad de uso, manejo y prácticas se podrá garantizar el potencial de recarga, su aprovechamiento y calidad de agua almacenada (Faustino 2006b).

El mapa de uso de la tierra y su dinámica son importantes para evaluar las posibilidades de mantener las capacidades de una zona de recarga hídrica, lo que se evalúa corresponde a:

- La intensidad de uso es determinante, mayor intensidad menor posibilidad de mantener la capacidad de recarga.
- La presencia de vegetación permanente (bosques, plantaciones forestales apropiadas y cultivos permanentes bien manejados) es un factor favorable.
- El tipo de prácticas que se utilizan en los sistemas de producción (favorecen la infiltración, retención y almacenamiento del agua en el suelo).
- El manejo de los sistemas de producción, con enmiendas o aplicaciones que no contaminen o promuevan la impermeabilidad de los poros en el suelo y las rocas.
- El drenaje y transporte de sedimentos es importante para evitar la colmatación de la porosidad en lechos de ríos, cauces, vaso de almacenamiento y campos de cultivos.

- Las especies que tienen raíces profundas y que son capaces de ofrecer indicios en épocas secas, son importantes mantenerlas.

**Manejo de las zonas de recarga.** Técnicamente existen alternativas para proteger y conservar las zonas de recarga hídrica, partiendo del uso apropiado de la tierra y de las medidas prácticas y obras para facilitar la infiltración del agua en el suelo (Faustino 2006b), entre las consideraciones se pueden mencionar:

- Conocer la disponibilidad de agua para la zona de recarga hídrica (datos de precipitación, evapotranspiración y escorrentía superficial, debe haber un potencial de infiltración significativo).
- Conocer las condiciones físicas de los suelos y de las rocas, es importante obtener datos de capacidad de infiltración, porosidad, permeabilidad y transmisividad.
- Conocer cuál es el uso más intensivo de la tierra (sistemas de producción y tipo de vegetación instalada), prácticas utilizadas (sobre todo las de compactación, sellamiento de poros y contaminantes).
- Conocer la existencia de manantiales, pozos y las referencias locales de las áreas que se consideran donde se infiltra el agua o si tiene idea del manto acuífero o ríos subterráneos).

Para cada una de las consideraciones existen alternativas técnicas que pueden controlar los efectos no deseados, a continuación las alternativas:

- Para zonas de balance hídrico desfavorable, se puede controlar el cultivo y la vegetación mediante especies que consumen menor cantidad de agua y por lo tanto, disminuir la evapotranspiración. En todo caso recurrir a la recarga artificial.
- Para zonas de baja capacidad de infiltración, porosidad y permeabilidad se recomienda el uso de especies arbóreas que permitan el desarrollo radicular para facilitar el movimiento de agua en el suelo y subsuelo. En realidad existen pocas alternativas de manejo, a menos que se faciliten obras para la recarga artificial.

- Con relación al uso de la tierra, existen muchas alternativas para facilitar la recarga (mantener e incrementar la cantidad de agua al suelo, subsuelo y manto rocoso). Desde la rugosidad del terreno, el tipo de vegetación y su disposición, hasta el movimiento superficial del suelo y subsuelo.

Otras alternativas de manejo de las zonas de recarga corresponden a buscar mecanismos de compensación económica a los propietarios del área. Para ello es necesario que los actores locales competentes, como la municipalidad, organismos de cuencas logren conciliar intereses con los demandantes y oferentes mediante contratos vinculantes con los involucrados directos en las que se faciliten diversos mecanismos tales como: créditos para propiciar el cambio paulatino de los usos del suelo aplicando tecnologías amigables con el medio ambiente, y el pago por servicios ambientales, que estimulen a los propietarios a un uso apropiado de los terrenos (González 2006).

### **2.8.3. Agua subterránea**

El agua subterránea es la que ocupa todos los vacíos dentro del estrato geológico, comprende toda el agua que se encuentra por debajo del nivel freático. Es de gran importancia, especialmente en aquellos lugares secos, donde el escurrimiento se reduce mucho en algunas épocas del año. Esta agua proviene de la infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirectas de los ríos o lagos (Villón 2004).

### **2.8.4. Acuíferos**

Es aquel estrato o formación geológica que permitiendo la circulación del agua por sus poros o grietas, hace que el hombre pueda aprovecharla en cantidades económicamente apreciables para cubrir a sus necesidades (Custodio 1998).

Como acuífero se entiende la parte saturada del perfil del suelo y que tiene la facilidad de almacenar y transmitir el agua. El perfil del suelo está formado de sedimentos no consolidados o débilmente consolidados, depositados horizontalmente o simplemente estructurados, en capas mejor o peor definidas. Una característica común de estas capas es

la de ser de poco espesor en relación con su extensión horizontal, estas capas se clasifican en permeables, semipermeables e impermeables (Villón 2004).

## 2.9. Deslizamientos

Los deslizamientos se definen como el movimiento lento o rápido del material superficial de la corteza terrestre (suelo, arena, roca) 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 (CNE 2008).

El material desplazado puede movilizarse de forma lenta (milímetros por año), rápida y extremadamente rápida (metros/día) según la topografía, el volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión, socavamiento de los ríos y por actividad humana. Los factores que contribuyen a crear una situación de inestabilidad en una ladera son múltiples; rara vez actúa uno solo, estos se dividen en factores condicionantes y factores desencadenantes (INETER y COSUDE 2005):

**Factores condicionantes (intrínsecos).** Existen una variedad de factores condicionantes que inciden en los procesos de inestabilidad de laderas y son relativos a la propia naturaleza o características de las laderas, esos factores pueden ser:

- *Geológicos*: representan factores de inestabilidad permanente, la litología, la estratigrafía de la roca (orientación y ángulo de inclinación), discontinuidades estratigráficas y estructurales y la alteración de las rocas (alteración hidrotermal y/o meteorización).
- *Hidrológicos e hidrogeológicos*: cambio en las presiones de poros o hidrostáticas y el comportamiento geomecánico (resistencia a la deformabilidad, compresibilidad, cohesión, etc.).
- *Geomorfológicos*: áreas con altas pendientes, geometría de los taludes, topografía irregular.
- *Climáticos*: también constituyen factores condicionantes.

**Factores desencadenantes (externos).** Son aquellos que disparan o detonan la inestabilidad en la ladera. Una causa desencadenante pequeña puede ser suficiente para provocar la inestabilidad; esos factores pueden ser:

- *Naturales*: las precipitaciones pluviales normales y extraordinarias, la filtración de agua pluvial en el terreno, las variaciones de temperatura, sismos.
- *Antrópicos*: la deforestación, quemas e incendios forestales, cortes de taludes para construcción de carreteras u otra infraestructura, el asentamiento humano en las laderas, la actividad minera, el uso indebido del suelo, etc.

### **3. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Ubicación y descripción del área de estudio**

El presente estudio se llevó a cabo en la microregión hidrográfica Balalaica, ámbito que corresponde al subcorredor biológico Balaica perteneciente al CBVCT. Comprende los distritos Pavones, La Suiza, Tres Equis y Tuis, del cantón de Turrialba, provincia de Cartago, Costa Rica (Figura 4), tiene una extensión aproximada de 97.46 km<sup>2</sup>. En la comunidad de Pavones las coordenadas geográficas son; 09°54'18" latitud norte y 83°37'22" longitud oeste, altura aproximada de 819 msnm y una temperatura promedio de 16.5°C. Información más detallada de la zona de estudio se presenta en el capítulo de diagnóstico, en este mismo estudio.

Es importante indicar, el criterio usado para definir los límites de la microregión hidrográfica. En este sentido, su delimitación obedece al interés social de grupos organizados en la gestión del recurso hídrico y la conservación de la biodiversidad del subcorredor biológico Balalaica. Estos límites fueron definidos en un taller participativo “Diseño y montaje del mejoramiento de la conectividad del CBVCT” donde se delimitaron los subcorredores.

Las comunidades priorizadas para el presente estudio fueron: San Rafael, Pavones, Jabillos, Sitio Mata, El Silencio, Pacayitas y Chitaría.

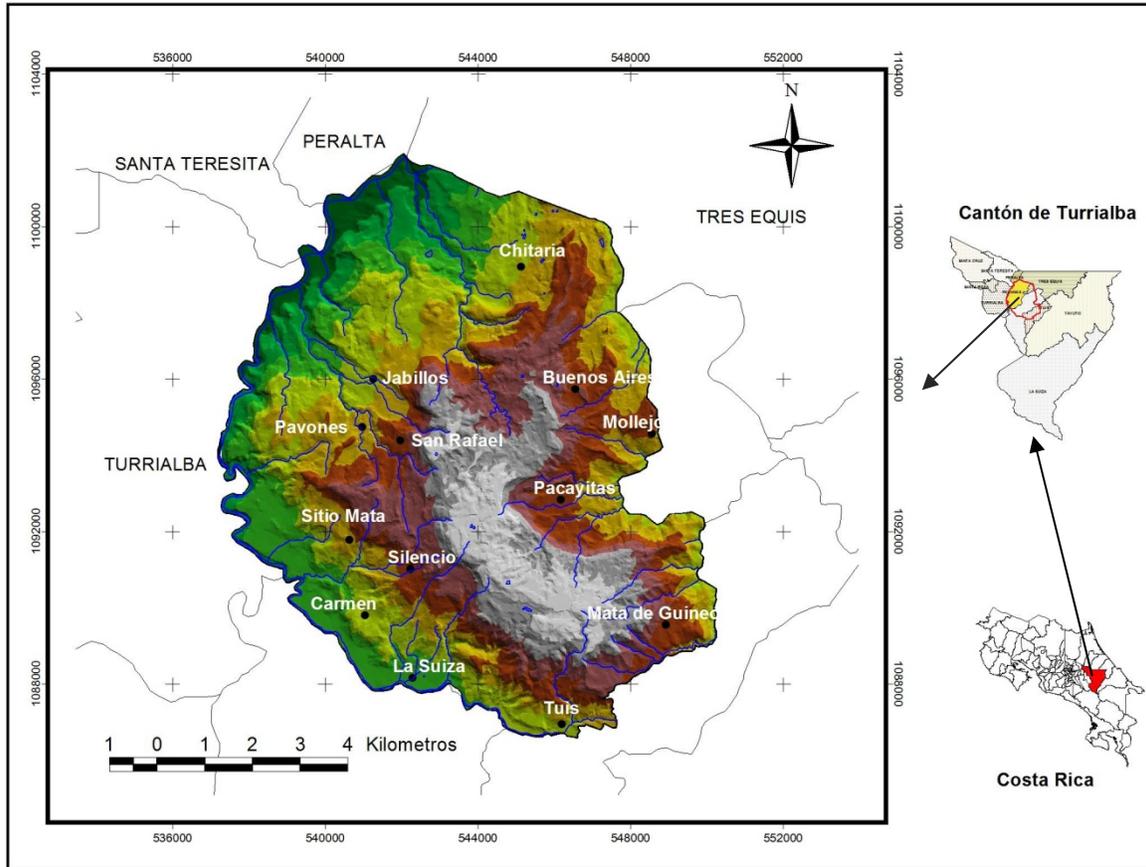


Figura 4. Mapa de ubicación de la microregión hidrográfica Balalaica.

### 3.2. Metodología del estudio

El presente estudio se desarrolló en cinco fases: una fase preliminar, que corresponde a la planificación de la investigación, el cual facilitó los trabajos posteriores; la segunda fase corresponde al diagnóstico de la microregión, que consistió en la recolección y sistematización de la información teniendo en cuenta los aspectos biofísicos y socioeconómicos; la tercera fase consistió en la identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica a partir de las nacientes y de las zonas de riesgo a deslizamientos, ambos, mediante procesos participativos.

La cuarta fase, consistió en el análisis de los escenarios partiendo de la evaluación de uso actual y conflictos de uso del suelo como elementos de análisis para la zonificación y formulación del plan de ordenamiento; y una última fase consistió en la identificación y

planteamiento de las estrategias de implementación del plan, para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica (Figura 5).



Figura 5. Fases de la investigación

### 3.2.1. Fase I. Preliminar

La fase preliminar consistió en el acercamiento hacia las comunidades y organizaciones locales, lo cual permitió un reconocimiento rápido del ámbito de estudio, y comprender la problemática y potencialidades existentes en la microregión.

El acercamiento hacia las organizaciones locales se logró mediante reuniones informativas, realizados en siete comunidades (Sitio Mata, El Silencio, Pacayitas, Chitaría, Jabillos, Pavones y San Rafael), donde se informó acerca de la investigación y se recogió inquietudes de la población, y permitió el ajuste de la investigación. Además se logró el compromiso de participación, conformando el comité local de investigación (Figura 6).

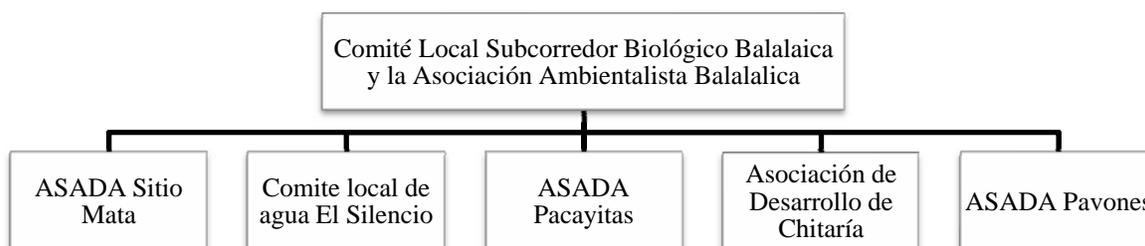


Figura 6. Esquema organizativo del comité local de investigación

La conformación del comité local, se originó como producto del compromiso e interés de las organizaciones locales ya existentes, con la finalidad de facilitar los trabajos propios de la investigación. En este sentido, el comité local del subcorredor corredor biológico

Balalaica y a la asociación ambientalista Balalaica, tienen el papel de realizar la coordinación general y planificar los trabajos con las ASADAS, comités locales de agua y otras organizaciones vinculadas a la gestión del recurso hídrico y al desarrollo comunal, que fueron adicionándose posteriormente.

Cabe indicar que se encontró ciertas dificultades al momento de iniciar con las actividades de la investigación, sobre todo para lograr el compromiso con las organizaciones locales, lo cual se logró superar mediante charlas informativas impartidas (apoyado por el subcorredor biológico Balalaica) en las comunidades. De esta forma se logró coincidir con los intereses de las organizaciones y esto facilitó el arranque de la investigación.

Otras actividades adicionales realizadas en esta fase fueron:

- Formulación del anteproyecto.
- Definición del ámbito de interés para el estudio.
- Elaboración del cronograma de actividades y sub actividades.
- Análisis del marco legal en materia de ordenamiento territorial y protección del recurso hídrico.
- Identificación de actores claves.

### **3.2.2. Fase II. Diagnóstico**

El diagnóstico es un instrumento que proporciona el marco de referencia a partir del cual emergen los problemas, los macroproblemas, las demandas y las potencialidades, vale decir, permite el conocimiento del entorno (económico, social, ambiental, político y cultural), así como el proceso histórico del que son efecto y momento, en tanto expresan alguna tendencia del mismo. Desde una perspectiva instrumental el diagnóstico está compuesto por la sistematización de problemas, potencialidades y la demanda social (SISPLAN 1998).

La presente fase corresponde al objetivo 1: *realizar el diagnóstico territorial participativo de la microregión hidrográfica Balalaica, con base en la caracterización biofísica y*

*socioeconómica*. Para ello se desarrollaron tres pasos que se muestran en la Figura 7 y se detallan a continuación:

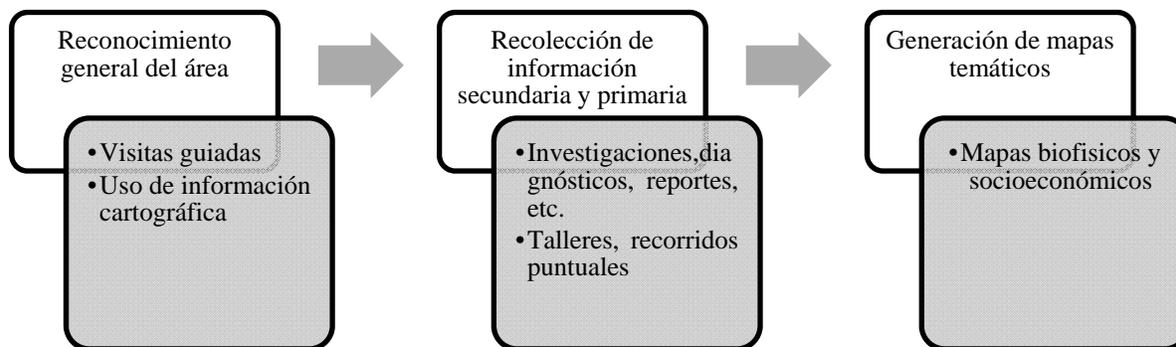


Figura 7. Pasos para el diagnóstico de la microregión hidrográfica Balalaica

- **Reconocimiento del área de estudio**

Este paso se realizó mediante visitas guiadas con líderes comunales y personas conocedoras del territorio, haciendo un recorrido general, apoyado con información cartográfica e información secundaria básica. Esto permitió tener una radiografía del terreno y comprender mejor la problemática del ámbito de estudio.

- **Recopilación de información secundaria y primaria**

El contacto con los actores locales y los talleres de diagnóstico participativo realizados, dieron las pistas para conocer algunos de los trabajos realizados en el ámbito tanto, por las organizaciones locales como instituciones públicas y privadas, las cuales fueron visitadas y recabadas la información secundaria de importancia para el diagnóstico. Las documentaciones revisadas están: investigaciones a nivel de tesis, caracterización de la cuenca del río Reventazón, diagnóstico y plan de desarrollo endógeno de Turrialba, censos nacionales, memorias de talleres realizados por el corredor biológico, planes de trabajo de organizaciones locales, etc.

La recopilación de información primaria se realizó a través de los recorridos puntuales a nacientes de agua, lagunas naturales, zonas de mayor concentración de la producción agropecuaria, y a la fila Balalaica<sup>3</sup>, etc. También, se realizaron talleres participativos de diagnóstico en las comunidades de Sitio Mata, El Silencio, Pacayitas, Chitaría, Pavones y San Rafael, con la finalidad de conocer a mayor profundidad las potencialidades y problemáticas que afectan el desarrollo comunal, conocer también aspectos sociales, económicos y el aprovechamiento de los recursos naturales, todo esto propició una participación activa del grupo en la interpretación de su realidad. Además, estos talleres sirvieron para brindarles información básica sobre los temas de ordenamiento territorial y zona de recarga hídrica (Figura 8), de esta forma familiarizar a los participantes en los temas centrales de la investigación. La lista de participantes en los diferentes talleres se presenta en el Anexo 1.



Figura 8. Recorridos de campo y talleres de diagnóstico participativo en las comunidades

- **Generación de mapas temáticos**

Esta actividad consistió, en primer lugar, en la recopilación de información cartográfica correspondiente al ámbito de estudio. La mayor información proviene del estudio realizado en el (CBVCT), que fueron proporcionados por el personal del laboratorio de sistemas de información geográfica (SIG) del CATIE. Las capas digitales proporcionados fueron: poblados, calles, red hídrica, curvas de nivel cada 10 metros, zonas de vida, uso actual del suelo, capacidad de uso, tipo de suelos, y áreas protegidas.

---

<sup>3</sup> La fila Balalaica llamado así por los habitantes, es la zona más alta de la microregión que tiene un relieve (semiplano) relativamente homogéneo, comprendido entre los 1070 a 1270 msnm.

Para la obtención de los mapas temáticos se empleó el SIG como herramienta principal las cuales fueron ajustados con información secundaria y primaria, elaborados de tal forma, sirvan de insumo de análisis en el cumplimiento de los objetivos planteados. Los mapas generados se detallan a continuación:

- Mapas temáticos del medio biofísico:
  - Mapa de ubicación.
  - Mapa de pendientes.
  - Mapa de fuentes de agua.
  - Mapa geológico.
  - Mapa de tipo de suelos.
  - Mapa de capacidad de uso
  - Mapa de zonas de vida.
  - Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica.
  - Mapa de zonas de riesgo a deslizamientos
  
- Mapas temáticos del medio socioeconómico:
  - Mapa de división política administrativa.
  - Mapa de vías de comunicación.
  - Mapa de áreas protegidas.
  - Mapa de uso actual de suelo.
  - Mapa de conflictos de uso.

Finalmente toda la información obtenida se sistematizó, analizó, interpretó con fines de caracterización de la microregión.

### **3.2.3. Fase III. Evaluación**

Esta fase corresponde a cumplir el objetivo 2: *identificar y evaluar las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos mediante procesos participativos*. Para cumplir este objetivo, se realizaron dos procesos (Figura 9): primero, se identificó y evaluó

las zonas potenciales de recarga hídrica a partir de las nacientes con los grupos participantes; segundo, se evaluó y determinó las zonas potenciales de riesgo a deslizamientos. A continuación se detalla los pasos realizados en la etapa de evaluación:

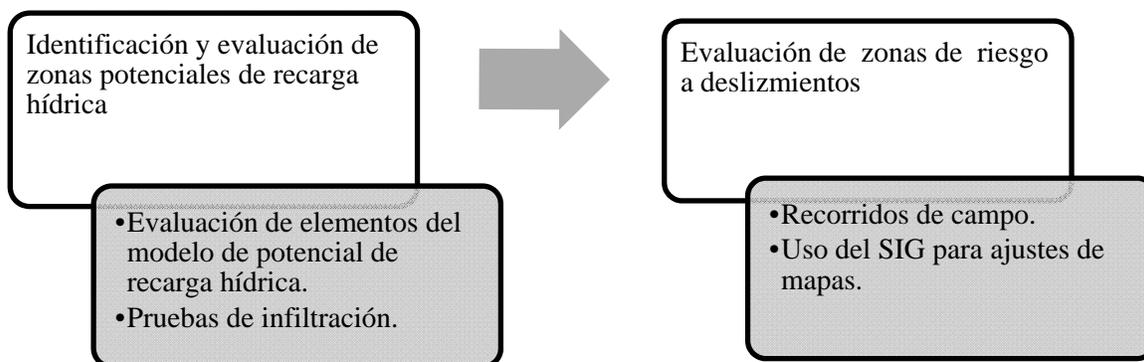


Figura 9. Proceso metodológico para la identificación y evaluación de zonas de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos

### 3.2.3.1 Identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica

Este escenario correspondió a determinar en forma participativa las zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH) en cinco nacientes de agua, ubicadas en las comunidades de Sitio Mata, El Silencio, Pacayitas, Chitaría y San Rafael.

Los talleres realizados en la fase de diagnóstico permitieron planificar los trabajos de identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica a partir de las nacientes de agua, allí se programó las actividades de campo con los participantes. A continuación se detalla el proceso metodológico empleado (Figura 10).

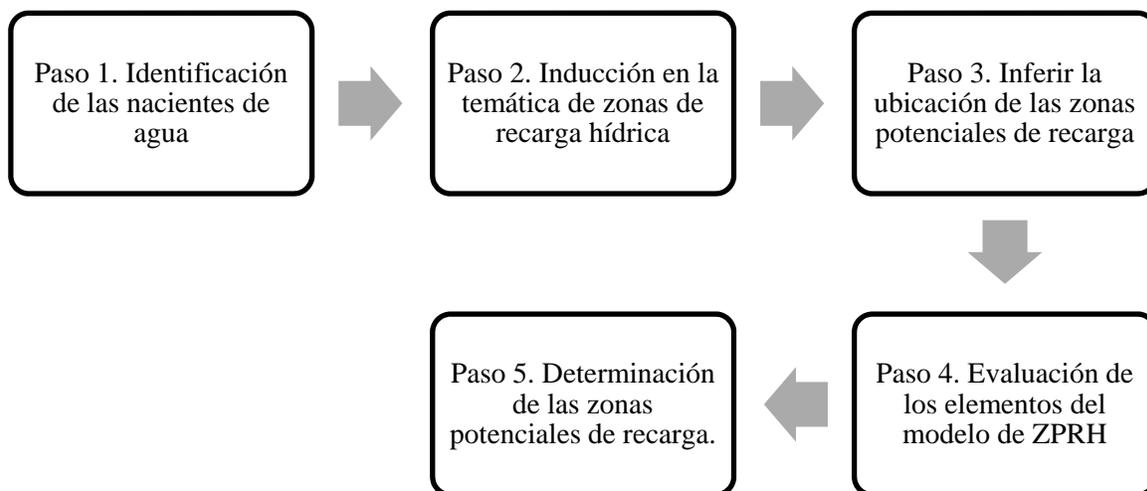


Figura 10. Secuencia metodológica para la determinación de la zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007)

- **Paso 1. Identificación de las nacientes de agua**

Este paso consistió en la ubicación de las nacientes de agua de mayor interés por los actores locales, considerando aquellas abastecedoras de agua en forma permanente a las poblaciones, para ello se contó con el apoyo de los fontaneros<sup>4</sup> y las demás personas participantes de las prácticas. Se contó con insumos cartográficos de las nacientes y se realizó la georeferenciación respectiva con el sistema de posicionamiento global (GPS, por sus siglas en inglés).

- **Paso 2. Inducción en la temática de zonas de recarga hídrica**

Luego de la identificación de las nacientes se brindó una pequeña charla de inducción en campo a los participantes (integrantes de las ASADAS, de los comités locales de agua y de otras organizaciones) con la finalidad de socializar los conceptos y los elementos básicos que componen la metodología de la identificación de ZPRH (Figura 11). Del mismo modo, este espacio permitió el intercambio del conocimiento local y técnico que se tradujo en diálogo interactivo y de mucho interés, por constituir una temática relevante por los grupos.

<sup>4</sup> Fontanero es la persona encargada de la logística de administración del acueducto y es conocedor amplio del territorio



Figura 11. Inducción sobre zonas potenciales de recarga hídrica

- **Paso 3. Inferir la ubicación de las zonas potenciales de recarga hídrica**

Luego de la charla de inducción se procedió a inferir los lugares posibles de recarga hídrica. La identificación de las nacientes de agua constituyó el punto de partida para tener una aproximación de dichas zonas potenciales de recarga, ya que brinda una noción de la dirección de los flujos del agua, al considerar que el agua fluye por gravedad de las partes más altas a las bajas, se puede inferir que las zonas de recarga hídrica se encuentran relativamente en los sitios más elevados que las zonas de descarga (pozos, manantiales, nacientes, entre otros).

El conocimiento local en este sentido fue fundamental, son ellos quienes propusieron una aproximación de las zonas posibles de recarga, mediante una evaluación teórica y rápida de los elementos que debe presentar una zona de recarga hídrica (pendientes suaves, tipo de suelo permeable, tipo de roca porosa, con cobertura vegetal, usos del suelo y prácticas de manejo favorables a la infiltración del agua).

- **Paso 4. Evaluación de los elementos del modelo de ZPRH**

Una vez inferido la zona potencial de recarga se procedió a evaluar los elementos que integran el modelo (pendiente y microrelieve, tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal uso del suelo) que fueron manejados en su integridad por los grupos participantes.

Para la evaluación de los elementos se usaron tablas propuestas por Matus (2007), con su categoría y ponderación respectiva (Cuadro 2, 3, 4, 5, y 6). Las ponderaciones varían de 1 a 5, con base en las diferentes situaciones que se puedan encontrar dentro de cada elemento evaluado, donde 1 es la puntuación más baja dentro de cada elemento, por presentar las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta dentro de cada elemento por presentar las características más favorables para la recarga hídrica.

Cuadro 2. Posibilidad de recarga para la variable pendiente

Pendiente (%)	Microrelieve	Posibilidad de recarga	Ponderación
0 – 6	Planos o casi planos/con o sin rugosidad.	Muy alta	5
6 – 15	Moderadamente ondulados/convexos.	Alta	4
15 – 45	Ondulados/convexos.	Moderada	3
45 – 65	Escarpados.	Baja	2
> 65	Fuertemente escarpados.	Muy baja	1

Cuadro 3. Posibilidad de recarga para la variable tipo de suelo (textura)

Tipo de textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco arenosos o arenosos, con tamaño de agregados o partículas de gruesos a medios, con alta a buena capacidad de infiltración.	Muy alta	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla con buena a moderada capacidad de infiltración.	Alta	4
Suelos franco limoso, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada capacidad de infiltración.	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con baja capacidad de infiltración.	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy mala capacidad de infiltración.	Muy baja	1

Cuadro 4. Posibilidad de recarga para la variable tipo de roca

Tipo de rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituida por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados entre si, como arenas gruesas, piedras pómez, gravas o cascajos.	Muy alta	5
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros conectados entre sí, como arenas finas, areniscas, con poca cementación.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión de poros entre si.	Moderada	3
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, una combinación de grava con arcilla, con presencia de fracturas conectadas entre si.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Cuadro 5. Posibilidad de recarga para la variable cobertura vegetal

Porcentaje (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
> 80	Muy alta	5
70 – 80	Alta	4
50 – 70	Moderada	3
30 – 50	Baja	2
< 30	Muy baja	1

Cuadro 6. Posibilidad de recarga para la variable uso del suelo

Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque que presentan los 3 estratos con árboles, arbustos y hierbas o zacate denso.	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles.	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo y agua.	Moderada	3
Terrenos cultivados sin ninguna obra de conservación de suelo y agua.	Baja	2
Terrenos agropecuarios con manejo intensivo.	Muy baja	1

• **Paso 5. Determinar de las zonas potenciales de recarga hídrica**

La determinación de la posibilidad de recarga hídrica de las zonas identificadas, con base en los resultados obtenidos de la evaluación de cada uno de los elementos, se realizó sustituyendo en la ecuación (PRH), cada uno de los elementos que integran el modelo de Matus (2007). Las ponderaciones fueron ajustados con base a encuestas realizados a especialistas del medio (Anexo1, 2, 3), quedando la ecuación de la siguiente manera:

$$PRH = [0.25(P) + 0.21(Ts) + 0.20(Tr) + 0.16(Cve) + 0.18(Us)]$$

Donde:

*PRH* : Potencial de recarga hídrica

*P* : Pendiente del terreno

*Ts* : Tipo de suelo

*Tr* : Tipo de roca

*Cve* : Cobertura vegetal

*Us* : Uso del suelo

Para determinar la posibilidad de recarga hídrica de cada zona identificada, se multiplica cada resultado por su factor correspondiente y se suman los elementos. La sumatorias de las ponderaciones alcanzadas por todos los elementos da un número que se ubica dentro de un rango (Cuadro 7), determinando así, cuáles son las posibilidades para que ocurra la recarga hídrica en los sitios evaluados.

Cuadro 7. Potencial de recarga hídrica de los sitios evaluados

Posibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Luego de la evaluación de los elementos que componen la metodología, se procedió a delimitar (una aproximación) con GPS las zonas potenciales de recarga inmediata a las nacientes. Así mismo, los elementos del modelo fueron procesados con el programa Arc View, para determinar las zonas potenciales de recarga de toda la microregión.

### 3.2.3.2 Identificación y evaluación de las zonas de riesgo a deslizamientos

La identificación de las zonas de riesgo a deslizamientos, se realizó en dos etapas; la primera consistió en recoger información de campo, para ello se realizó un mapeo participativo de los principales derrumbes acontecidos en las comunidades. Esto fue

elaborado en los talleres de diagnóstico, y que posteriormente fue corroborados o descartados durante los recorridos de campo, evaluando *in situ* los principales lugares con problemas de deslizamientos (Figura 12).

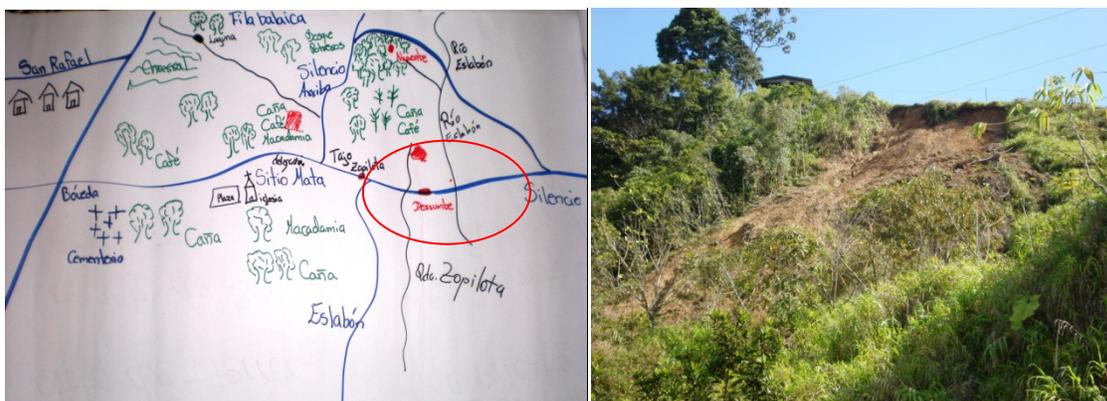


Figura 12. Mapeo y evaluación en campo de zonas con deslizamientos

La segunda etapa fue el procesamiento de la información a partir de capas digitales. Los elementos considerados para este análisis fueron: la pendiente del terreno, la precipitación, los usos del suelo y la geología. Estos elementos fueron procesados con el Sistema de Información Geográfica (SIG) mediante la escala de tipo Lickert (1, 2, 3, 4, 5) para obtener un mapa final de zonas de riesgo a deslizamientos, que fueron ajustados con la información recogida de campo. A continuación se detalla el proceso metodológico empleado:

- **Escala de riesgo a deslizamiento por tipo de pendiente**

A partir del modelo de elevación digital se obtuvo el mapa de pendientes, en porcentaje, las cuales fueron reclasificadas en cinco categorías basadas en el riesgo a deslizamiento (valores del 1 al 5), de la siguiente manera (Cuadro 8):

Cuadro 8. Escala de riesgo por pendiente

Rango de pendientes (%)	Valor
< 6	1
6 -15	2
15 – 45	3
45 – 65	4
> 65	5

- **Escala de riesgo a deslizamiento por precipitación**

Para el obtener las regiones de precipitación de la microregión hidrográfica, se usó un conjunto de 12 estaciones con datos promedios anuales, evaluados por más de 20 años, usando estaciones que se encuentran alrededor de 20 kilómetros de radio. Dicha información fue obtenida del programa FAOCLIM, se interpolaron los promedios anuales de precipitación mediante el método spline y luego, se reclasificó en cinco rangos (con valores de 1 a 5), desde muy bajo a muy alto (Cuadro 9).

Cuadro 9. Escala de riesgo por precipitación

Precipitación (mm)	Valor
2460 – 2696	1
2696 – 2933	2
2933 – 3170	3
3170 – 3407	4
3407 – 3643	5

- **Escala de riesgo a deslizamiento por tipo de uso del suelo**

El mapa de uso actual del suelo fue reclasificado en cinco categorías. El valor 1 (riesgo muy bajo) se asignó a los bosques, los cuales representan las áreas menos intervenidas de la microregión, y se encuentran principalmente a los largo de la fila Balalaica y parte norte de la microregión. El valor 2 (riesgo bajo) se asignó a pastos, charrales y plantaciones forestales (ubicadas en la parte este y norte de la microregión), el valor 3 (medio) se asignó a los cultivos anuales y perennes, ubicados en la parte oeste y norte de la microregión, el

valor 4 se asignó a los asentamientos humanos y el valor 5 se asignó a suelos desnudos (Cuadro 10).

Cuadro 10. Escala de riesgo por uso actual del suelo

Uso actual del suelo	Valor
Bosques	1
Pastos, charrales y plantaciones forestales	2
Cultivos anuales y perennes	3
Asentamientos humanos	4
Suelos desnudos	5

- **Escala de riesgo a deslizamiento por geología**

La información geológica trabajada tuvo un detalle de clasificación hasta nivel litológico, a partir de ella se reclasificó en cinco niveles, considerando su condición favorable a desfavorable en propiciar un deslizamiento. Es así como las lutitas con intercalaciones de areniscas calcáreas se asignó el valor 1, ubicadas al norte de la microregión, y las arenas gruesas y conglomerados se asignó el valor 5, ubicados principalmente en las zonas ribereñas del río Tuis (Cuadro 11).

Cuadro 11. Escala de riesgo por tipo de roca

Litología	Valor
Lutitas con intercalaciones de areniscas calcáreas	1
Brechas gruesas	2
Conglomerados areniscas	3
Lavas, brechas y aglomerados andesíticos	4
Arenas gruesas y conglomerados	5

Una vez elaborado los mapas de riesgo a deslizamientos por pendiente, precipitación, uso del suelo y litología, se procedió a realizar un cruce entre ellos, mediante el calculador de mapas del programa Arc View. En dicho cruce se utilizaron ponderadores para cada riesgo; 40% para la pendiente, 30% para la precipitación, 20% para el uso del suelo y 10% para litología. La fórmula se simplifica de la siguiente manera:

$Riesgo\ a\ deslizamiento = \text{factor pendiente} * 0.40 + \text{factor precipitación} * 0.30 + \text{factor uso actual} * 0.20 + \text{factor litología} * 0.10$

Este cruce originó el mapa de zonas de riesgo a deslizamientos de la microregión hidrográfica, el cual se reclasificó a bajo la siguiente escala (Cuadro 12):

Cuadro 12. Escala general para riesgo a deslizamientos

Valor	Riesgo a deslizamientos
1	Muy bajo
2	Bajo
3	Moderado
4	Alto
5	Muy alto

### 3.2.4. Fase IV. Formulación

Esta etapa corresponde al objetivo 3: *formular el plan de ordenamiento territorial con base al análisis de escenarios y la zonificación respectiva, de acuerdo a la normativa vigente del país*. Para ello fue necesario plantear un esquema metodológico (Figura 13), el cual se detalla a continuación:

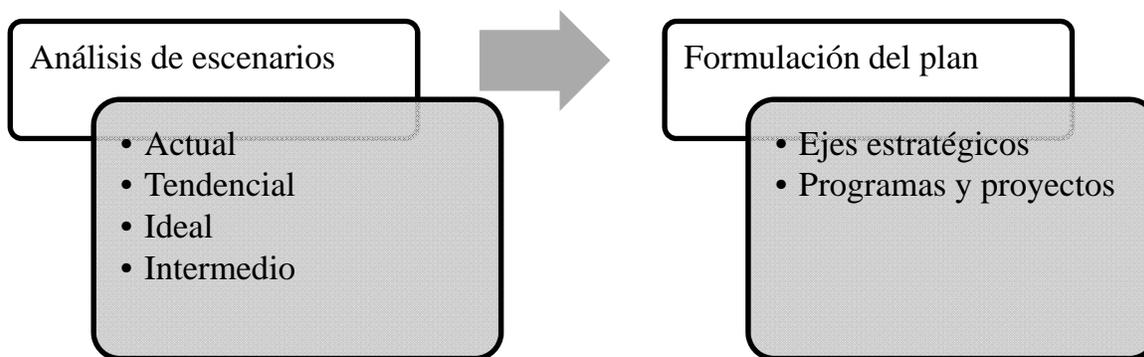


Figura 13. Esquema metodológico para la formulación de la propuesta de ordenamiento territorial

### **3.2.4.1 Análisis de escenarios**

Un escenario es el análisis geográfico del contexto de las características de uso y ocupación del territorio y permite establecer el punto de partida real para la planificación del desarrollo territorial (FAO 2004).

Se plantearon los siguientes escenarios: actual, tendencial, ideal, y un escenario intermedio donde se integra la propuesta de zonificación de Balalaica y la propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica. Todos estos escenarios sirvieron de elementos de análisis para formular el plan de ordenamiento con una proyección de mediano plazo (15 años).

#### *a. Escenario actual*

Corresponde el análisis situacional de hoy; para ello se consideró el mapa de uso actual del suelo ajustado con información recogida en campo, y el mapa de conflictos de uso producto del cruce del mapa de capacidad de uso más el mapa de uso actual del suelo, ambos procesados en el programa “Arc View”. Estos dos elementos sirven de insumo para analizar el escenario actual y el escenario tendencial, los que se detallan a continuación:

#### *Evaluación de uso actual del suelo*

La evaluación de uso actual del suelo se realizó en dos pasos: en primer lugar se procesó la información cartográfica disponible, en este caso se tomó el mapa de uso actual del suelo trabajado por el CBVCT en el año 2005, a escala 1:15000, generado a partir de una fotografía aérea del año 2003; esta información se procesó a las condiciones de la microregión. En segundo lugar, con el apoyo de personas conocedoras de la zona se procedió a la verificación de campo de los diferentes usos, identificando nuevos patrones de uso y categorizando a las condiciones de la microregión.

### Evaluación de los conflictos de uso de suelo

La evaluación de los conflictos de uso se realizó comparando las categorías del uso actual con la capacidad de uso de los suelos, obteniendo un mapa de conflictos de uso de la microregión. Es necesario mencionar que la información digital de la capacidad de uso procede del estudio realizado en el ámbito de CBVCT a escala 1:50000. Dicha información fue tomada del atlas de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, las cuales fueron procesadas a las condiciones del ámbito.

En la evaluación de los conflictos de uso del suelo, se distinguieron tres categorías, la primera es *uso adecuado*, cuando el suelo es utilizado de acuerdo a su capacidad, el segundo es *subuso*, cuando las actividades desarrolladas exigen menos a las que los que dicha área es capaz de soportar y producir, en este caso no hay deterioro del recurso suelo ni conflicto, y por último la categoría de *sobreuso*, cuando el desarrollo de una actividad viene afectando negativamente las condiciones del suelo por cuanto exceden de su capacidad, por lo que sí hay un conflicto y existe un alto riesgo de degradación de los suelos.

#### ***b. Escenario tendencial***

Según Lücke (1998), el uso actual del territorio es un elemento básico del análisis geográfico para la generación de escenarios de ordenamiento territorial. Esta capa de información permite establecer un punto de partida real para la evaluación del uso del territorio y por lo tanto, proyectar a futuro situaciones o escenarios no deseables, a un determinado horizonte de tiempo.

El escenario tendencial pronostica un futuro sin intervención del POT. Para el presente análisis se partió del uso actual del suelo con una proyección a mediano plazo (15 años), usando variables como el índice de deforestación anual, y el crecimiento poblacional a nivel de país, reforzada con información recogida en campo y en los talleres, sobre los

posibles cambios de uso del suelo . Todas estas variables permitieron obtener un mapa de uso tendencial y el mapa de conflictos de uso tendencial de la microregión.

### *c. Escenario ideal*

Escenario óptimo (ideal), se refiere al futuro más deseable del modelo territorial futuro. Se asume que no existen restricciones de medios, recursos y voluntad. Es posible obtener todos los objetivos del plan, gestionar en forma sostenible los recursos naturales y alcanzar alta calidad de vida de la población (Faustino, 2006a).

En el escenario ideal de la microregión corresponde a la zonificación ideal de la microregión y se construye a partir de la capacidad de uso del suelo, que es la base de lo natural, luego se adicionó las áreas de manejo especial determinadas por ley nacional, que incluye; protección de márgenes fluviales, protección de captación de agua y la zona protectora Balalaica, a nivel de propuesta. De igual manera, se integró las zonas de potenciales de riesgo a deslizamientos, obteniendo al final un escenario ideal deseable para la microregión (Figura 15).

Los mapas temáticos usados se detallan a continuación:

***Capacidad de uso de los suelos:*** brinda las recomendaciones para un aprovechamiento óptimo del área, con base a las limitaciones biofísicas del terreno, tales como: pendiente, erosión sufrida, profundidad efectiva, textura, pedregosidad, drenaje, fertilidad, riesgo a inundación, zonas de vida, meses secos, neblina y vientos. La información que se cuenta posee 25 unidades de manejo agrupadas en cuatro clases y/o categorías: clase A; aptitud para cultivos y pastos; clase VI: producción forestal y cultivos permanentes; clase VII: manejo de bosques y regeneración natural; clase VIII: protección.

**Áreas de manejo especial:** aquí se consideraron cuatro subtemas:

- *Protección de márgenes fluviales.* Se consideró un área de amortiguamiento de 50 metros horizontales a partir de las riberas de los ríos y riachuelos principales, según lo contemplado en la Ley Forestal N° 7575 (artículo 33).
- *Protección de captaciones abastecedoras de agua.* Para efectos de conservación de las nacientes que tienen infraestructura de captación. Se considera una zona de protección de 200 metros de radio, establecido en el artículo 31 de la Ley de Aguas, que declara dichas zonas como reserva a favor de la nación.
- *Zona protectora Balaica.* Esta área definida a nivel de propuesta, como una zona de manejo y gestión de los recursos hídricos y biodiversidad existente, para ello se considera dentro del rubro de áreas silvestres protegidas (artículo 58 de la Ley de Biodiversidad), vinculado a la categoría de manejo como zona protectora. Se consideró un área de influencia (amortiguamiento) y las áreas núcleos (zonas de muy alto potencial de recarga hídrica).

**Zonas de riesgo a deslizamientos:** muestran las restricciones de uso al realizar el ordenamiento, para ello se reclasificó el mapa en tres categorías, utilizando solo la categoría de alto riesgo a deslizamientos.

#### ***d. Escenario intermedio (o de consenso)***

El escenario intermedio o 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, 2006a).

Este escenario lo constituyen la propuesta de zonificación del área protectora Balalaica, y la propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica.

- *Zonificación de la propuesta de zona protectora Balalaica*

La fila Balalaica como unidad territorial constituye un espacio de interés por las organizaciones locales con fines de protección de los recursos hídricos. Esta región fue mejor visualizada, luego de haber demostrado la existencia de áreas de muy alto potencial de recarga hídrica.

La zonificación de esta área se definió en un taller participativo integrado por representantes organizacionales. Su delimitación obedece a criterios, tales como; el conocimiento local de la gente, el potencial de recarga hídrica encontrado y la homogeneidad del relieve que predomina en dicha zona, tomando como base las altitudes mayores de 1027 msnm (Figura 15).



Figura 14. Zonificación y análisis de la propuesta de zona protectora Balalaica

Además de la definición de los límites de la propuesta de zona protectora, se realizó un mapeo de la fila Balalaica con la finalidad de visualizar la diversidad de productores, sus visiones de conservación, entre otros aspectos que permitan contar con las pautas necesarias para encaminar el acercamiento entre las organizaciones ligadas a la gestión del recurso hídrico y los productores de la Fila Balalaica. Sin cuyo conocimiento es difícil llegar a un posible arreglo futuro de uso restringido y protección de la reproducción del agua subterránea, ya que los productores tienen el dominio sobre sus propiedades

- **Propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica**

La propuesta final de zonificación territorial de la microregión Balalaica, toma los elementos del escenario ideal (capacidad de uso, áreas de manejo especial y zonas de riesgo a deslizamientos). A partir de ella se integró variables socioeconómicas como el conflicto de uso, la accesibilidad, entre otros elementos (Figura 16), que sirvieron para visibilizar y orientar ciertas categorías de zonificación que además refleja las principales necesidades e intereses de las organizaciones locales.

A continuación se describen los elementos usados

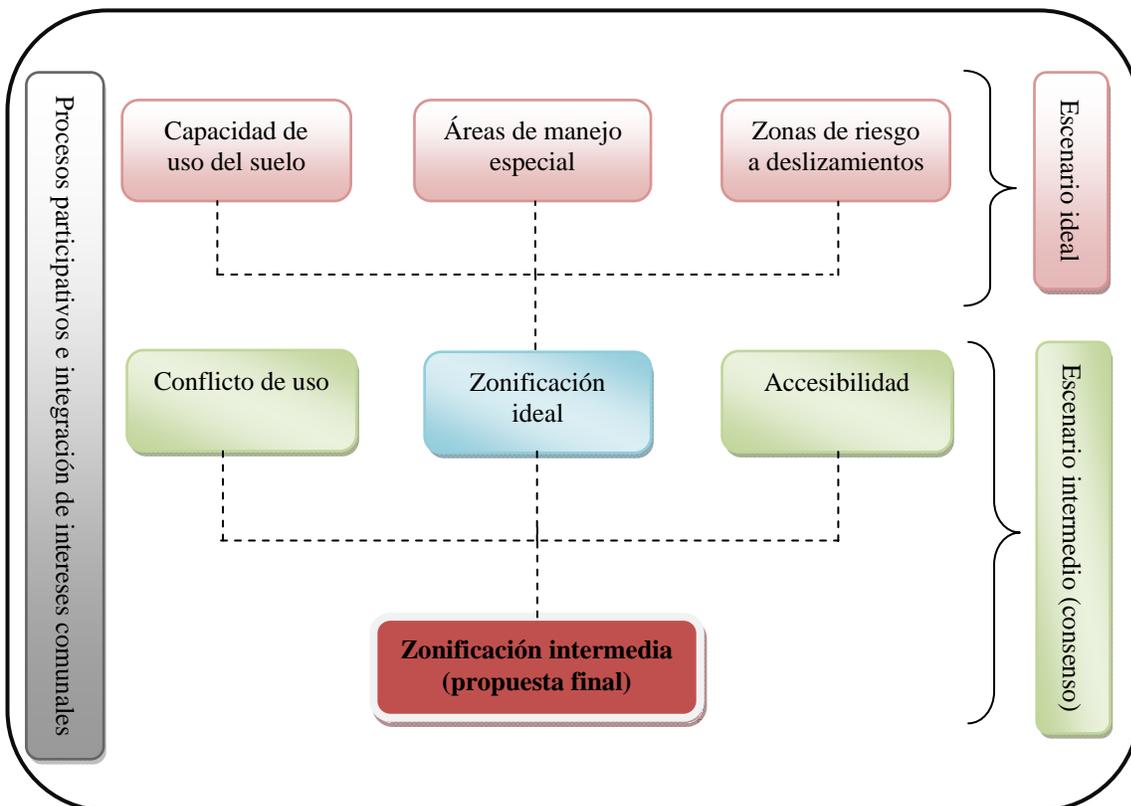


Figura 15. Integración de mapas temáticos para la zonificación territorial de la microregión hidrográfica Balalaica

**Conflicto de uso:** sirve de base para definir las áreas que requieren un cambio de uso o reordenamiento, en este caso, se usaron las categorías de subuso, uso adecuado y sobreuso.

**Accesibilidad:** representa cuáles son las posibilidades de desarrollo económico y social, así como las limitaciones de uso del recurso natural.

Para calcular la facilidad de acceso en la microregión hidrográfica se usó el “Arc View” con la extensión “Accessibility Analyst”, utilizando para su elaboración el límite de la microregión, los ríos principales, las vías de comunicación (carretera asfaltada y de lastre), los usos del suelo, las pendientes, como objetivos hacia los cuales medir la accesibilidad de comunidades de la microregión.

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.

Finalmente, luego de procesar la información 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

La integración de mapas temáticos para la zonificación de toda la microregión se realizó mediante la suma de mapas en el programa “Arc View”, empleando la función “map calculator”, en las que fueron codificados (Cuadro 13) para obtener una suma o cruce (Cuadro 14). Resultado de este análisis y mediante una tabla de clasificación de categorías y subcategorías (Cuadro 15) se obtuvo la propuesta final de zonificación, considerando las potencialidades y limitantes de la microregión.

Cuadro 13. Códigos de los temas usados en la propuesta final de zonificación

Nº	Categorías	Códigos
Categorías de la zonificación ideal	Zonas de desarrollo agrícola y ganadero	100
	Zonas para producción forestal, café y frutales	200
	Zonas de manejo de bosques y/o regeneración natural	300
	Zonas de protección (flora, fauna, etc.)	400
	Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana	500
	Protección de márgenes fluviales	600
	Protección de captaciones de agua	700
	Zonas núcleo	800
	Zonas de amortiguamiento	900
Conflicto	Subuso	10
	Adecuado	20
	Sobreuso	30
	Urbano	40
Acceso	Fácil	1
	Medio	2
	Difícil	3

Cuadro 14. Integración de mapas temáticos para la propuesta final de zonificación

Elementos del escenario ideal	Conflicto	Acceso	Suma	Código		
Zonas de desarrollo agrícola y ganadero		Fácil	101	D1		
			Medio	102	C2	
		Subuso	Fácil	111	A1	
		Subuso	Medio	112	A1	
		Subuso	Difícil	113	A3	
		Adecuado	Fácil	121	A2	
		Adecuado	Medio	122	A2	
		Adecuado	Difícil	123	C2	
		Urbano	Fácil	141	D1	
		Urbano	Medio	142	D1	
			Medio	202	C2	
	Zonas para producción forestal, café y frutales		Subuso	Fácil	211	B2
			Subuso	Medio	212	B2
			Subuso	Difícil	213	B1
		Adecuado	Fácil	221	A2	
		Adecuado	Medio	222	A3	
		Adecuado	Difícil	223	B2	
		Sobreuso	Fácil	231	B2	
		Sobreuso	Medio	232	B2	
	Urbano	Fácil	241	D1		

	Urbano	Medio	242	D1
		Medio	302	C2
	Adecuado	Fácil	321	B3
	Adecuado	Medio	322	B3
Zonas de manejo de bosques y/o regeneración natural	Adecuado	Difícil	323	B3
	Sobreuso	Fácil	331	C1
	Sobreuso	Medio	332	C1
	Sobreuso	Difícil	333	C1
	Urbano	Fácil	341	D1
		Fácil	401	C2
		Medio	402	C2
	Adecuado	Fácil	421	B3
	Adecuado	Medio	422	C2
Zonas de protección (flora, fauna, etc.)	Adecuado	Difícil	423	C2
	Sobreuso	Fácil	431	C1
	Sobreuso	Medio	432	C1
	Sobreuso	Difícil	433	D1
	Urbano	Fácil	441	D1
		Fácil	501	C2
		Medio	502	C2
	Subuso	Fácil	511	A2
	Subuso	Medio	512	A1
	Subuso	Difícil	513	G1
Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana	Adecuado	Fácil	521	A2
	Adecuado	Medio	522	B1
	Adecuado	Difícil	523	G1
	Sobreuso	Fácil	531	G1
	Sobreuso	Medio	532	G1
	Sobreuso	Difícil	533	G1
	Urbano	Fácil	541	G2
	Urbano	Medio	542	G2
		Fácil	601	E1
		Difícil	602	E1
	Subuso	Fácil	611	E1
	Subuso	Medio	612	E1
	Subuso	Difícil	613	E1
Protección de márgenes fluviales	Adecuado	Fácil	621	E1
	Adecuado	Medio	622	E1
	Adecuado	Difícil	623	E1
	Sobreuso	Fácil	631	E1
	Sobreuso	Medio	632	E1
	Urbano	Fácil	641	D1
Protección de captaciones de agua	Subuso	Fácil	711	E2

	Subuso	Medio	712	E2
	Adecuado	Fácil	721	E2
	Adecuado	Medio	722	E2
	Sobreuso	Fácil	731	E2
	Sobreuso	Medio	732	E2
	Urbano	Fácil	741	D1
	Subuso	Fácil	811	F1
	Subuso	Medio	812	F1
Zonas núcleo	Adecuado	Fácil	821	F1
	Adecuado	Medio	822	F1
	Sobreuso	Fácil	831	F1
	Sobreuso	Medio	832	F1
	Subuso	Fácil	911	F2
	Subuso	Medio	912	F2
Zonas de amortiguamiento	Adecuado	Fácil	921	F2
	Adecuado	Medio	922	F2
	Sobreuso	Fácil	931	F2
	Sobreuso	Medio	932	F2
	Urbano	Fácil	941	D1

Cuadro 15. Categorías de zonificación final para la microregión hidrográfica Balalaica

Categorías/sub categorías	Descripción
<b>A</b>	<b><i>Zonas de desarrollo agrícola y ganadero</i></b>
A1	Desarrollo de agricultura tecnificada y/o caña de azúcar
A2	Desarrollo de caficultura bajo sombra y/o agricultura tradicional
A3	Desarrollo de ganadería bajo el sistema silvopastoril
<b>B</b>	<b><i>Zonas de desarrollo agroforestal, producción forestal y manejo de bosques</i></b>
B1	Desarrollo de la producción agroforestal
B2	Desarrollo de la producción forestal (pino, botarrama, pilón, etc.)
B3	Desarrollo para el manejo de bosques y regeneración natural
<b>C</b>	<b><i>Zonas de restauración ecológica y protección de recursos naturales</i></b>
C1	Restauración ecológica
C2	Protección de flora, fauna, recarga acuífera y recursos genéticos
<b>D</b>	<b><i>Zonas de asentamientos humanos y de expansión</i></b>
D1	Asentamientos humanos (áreas actuales y de expansión)
<b>E</b>	<b><i>Zonas de protección de márgenes fluviales y captaciones de agua</i></b>
E1	Protección de márgenes fluviales
E2	Protección de captaciones de agua
<b>F</b>	<b><i>Zonas protectora (propuesta)</i></b>
F1	Zonas núcleo
F2	Zonas de amortiguamiento
<b>G</b>	<b><i>Zonas con riesgo a deslizamientos</i></b>
G1	Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana
G2	Poblados en zonas de riesgo a deslizamientos

### 3.2.4.2 Formulación de la propuesta de ordenamiento territorial

La formulación de la propuesta de ordenamiento territorial se desarrolló con información generada en las etapas de diagnóstico y evaluación y de los talleres de consulta. En la propuesta se define e incluyen los ejes estratégicos con sus programas y proyectos. Se consideran además, las expectativas de la población, las posibilidades legales, técnicas, económicas y sociales para la gestión de las zonas de recarga hídrica y de la microregión hidrográfica.

El plan de ordenamiento obedece a la siguiente estructura:

*Visión:* idea o conjunto de ideas que se tienen de la organización a futuro.

*Horizonte:* periodo en el cual se estima poder evaluar resultados de impacto.

*Objetivo:* meta o propósito del plan.

*Ejes estratégicos:* o ejes temáticos considerados en la zonificación propuesta.

*Programas y proyectos:* iniciativas de trabajo en el marco de cada eje estratégico y cuya ejecución contribuirá al logro del objetivo del plan.

### **3.2.5. Fase V. Implementación**

Esta etapa corresponde al objetivo 4: *proponer estrategias de implementación del plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de las zonas de recarga hídrica*. Para el cumplimiento de este objetivo se realizó un análisis FODA relacionado a la gestión del agua y el uso de los recursos naturales, las cuales de cierta forma orientaron las estrategias de implementación del POTP. La propuesta de implementación está enmarcada en cinco estrategias, las que se detallan a continuación:

- *Estrategias organizacionales:* son aquellas dedicadas a fortalecer el capital humano en las organizaciones ya existentes o en su defecto propiciar emprender formas de organización, considerando la agrupación como base fundamental para movilizar acciones y lograr resultados exitosos.
- *Estrategias financieras:* que son aquellas relacionadas a gestionar los recursos económicos, tanto externos como internos, fortaleciendo las actividades en ejecución y movilizándolo los recursos mediante la cogestión.
- *Estrategias espaciales:* son aquellas relacionadas a la intervención en el espacio de la cuenca y su entorno.
- *Estrategias operativas:* son aquellas relacionadas con el trabajo a nivel de finca, parcela, sitio, área demostrativa y/o microcuenca, implica la selección y aplicación apropiada de tecnologías y prácticas.
- *Estrategias políticas e institucionales:* son aquellas dirigidas a lograr el respaldo para la gestión y desarrollo sostenible de las actividades directas e indirectas.

## **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

El presente capítulo está estructurado en cuatro partes, que responden a cada objetivo planteado; la primera corresponde al diagnóstico de la microregión con base a la caracterización biofísica y socioeconómica; la segunda enfatiza en la identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos realizados mediante procesos participativos. En la tercera parte, se desarrolla la formulación del plan de ordenamiento territorial, de acuerdo a la normativa vigente del país. Y por último, se proponen algunas estrategias de implementación del plan de ordenamiento para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica.

### **4.1. Diagnóstico territorial de la microregión hidrográfica Balalaica**

Los resultados del diagnóstico territorial de la microregión hidrográfica Balalaica es producto de la recopilación de información primaria y secundaria, así también de la información cartográfica trabajada a nivel de la microregión, que resultó en mapas temáticos que han servido de insumo para la caracterización del ámbito a nivel biofísico y socioeconómico.

A continuación se describen los elementos de la caracterización de la microregión Balalaica:

#### **4.1.1. Caracterización biofísica**

##### **4.1.1.1 Fisiografía y pendientes**

La microregión hidrográfica posee una fisiografía de montaña, con accidentes geográficos muy marcados. Para resaltar una parte de la microregión, cuando se hace referencia a la fila Balalaica se vincula a un relieve de tipo meseta (ciertas ondulaciones y pendientes suaves), ubicada en la parte más alta y al centro de la microregión, con altitudes que van desde los 1070 hasta 1270 msnm. Alrededor de ella (en las partes bajas) tienen relieves muy variados, tales como: fuertemente escarpado, escapados, laderas medias y relieves planas. Estas

últimas ubicadas en su mayoría cercanas al río Tuis y el río Reventazón, con altitudes aproximadas de 370 msnm.

En cuanto a la pendiente, se reclasificó en cinco categorías, encontrándose que el 48% de los terrenos de la microregión presentan pendientes entre 15 a 45% (Cuadro 16), las superficies menores al 15% de pendientes representan el 30% de la microregión, y por último, el 22% de los terrenos son mayores a 45% de pendiente, estas áreas ubicadas principalmente en los bordes de la fila Balalaica (Figura 16).

Cuadro 16. Pendientes de las microregión hidrográfica Balalaica

Pendientes (%)	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
0 a 6	14.80	15.18
6 a 15	14.54	14.92
15 a 45	46.89	48.10
45 a 65	13.04	13.38
mayor de 65	8.19	8.40
<b>Total</b>	<b>97.46</b>	<b>100.00</b>

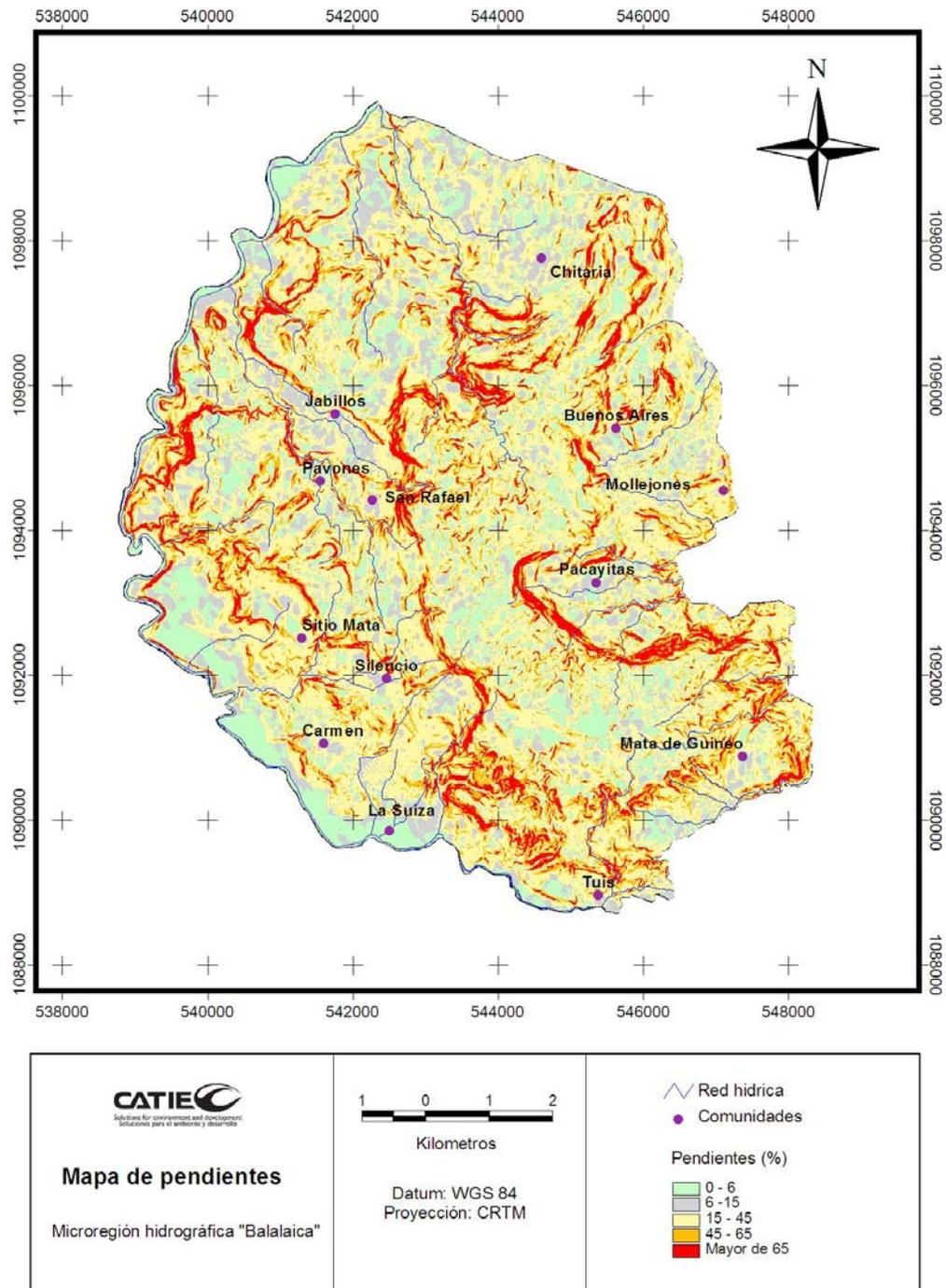


Figura 16. Mapa de pendientes de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.1.2 Hidrografía

La microregión posee un conjunto de redes hídricas (ríos y quebradas) que tiene su origen en la fila Balalaica y son tributarios de los ríos principales (río Reventazón, Pacuare y

Tuis). Entre los ríos de mayor importancia en la microregión están los siguientes: el río Jabillos y Chitaría que desembocan en el río Reventazón; Pacayitas y la quebrada Mollejones que desembocan en el río Pacuare y la quebrada Danta y la quebrada Eslabón, que desemboca en el río Tuis.

La presencia de lagunas naturales es característico encontrar en la fila Balalaica, que por sus características de relieve, tipo de suelo, precipitación continua, entre otros aspectos, hacen propicio su presencia en esta parte del ámbito. La presencia de nacientes de agua alrededor de la fila Balalaica, constituyen las fuentes principales de abastecimiento de agua para consumo humano de las comunidades asentadas en la microregión. En este sentido se realizó un registro preliminar de 29 lagunas naturales y nueve nacientes de flujo de agua permanente, que los pobladores consideran de suma importancia para su aprovechamiento en el futuro. El registro de las lagunas se realizó con el apoyo de conocedores de la zona, mediante recorridos en campo, georefenciando con el GPS su ubicación las cuales se representan el mapa de fuentes de agua de la microregión (Figura 17).

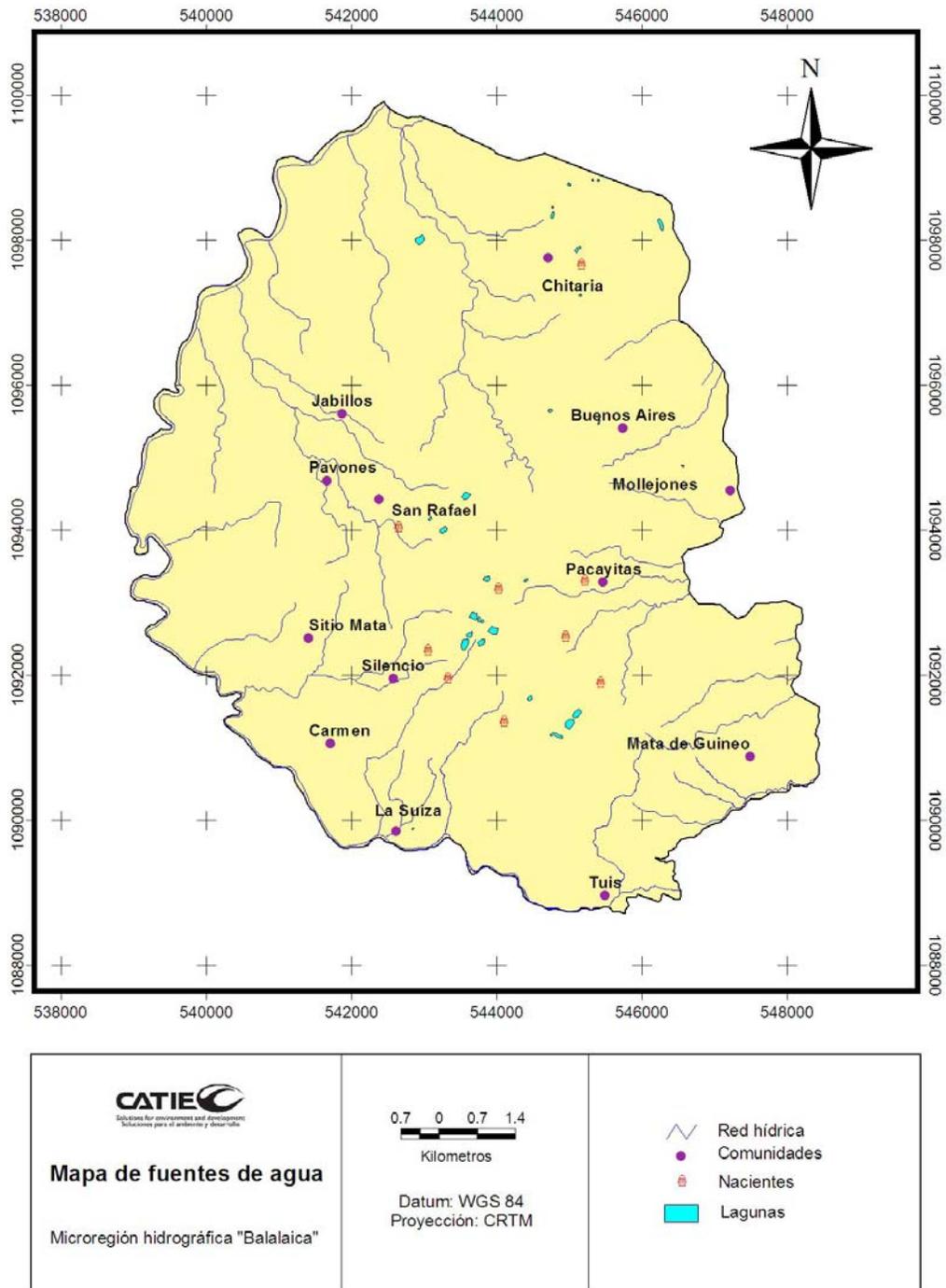


Figura 17. Mapa de fuentes de agua de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.1.3 Geología

Para la caracterización geológica del área de estudio se usó el mapa geológico de la hoja topográfica de Tucurrique, elaborado por Fernández (1987), a escala 1:50000, las cuales

fueron procesadas a las condiciones de la microregión. Las unidades litológicas que corresponde al área de estudio se describen a continuación:

*Conglomerados areniscas y brechas (Tfc)*: estas rocas tienen origen fluvio-coluvial, de formación suretka, perteneciente a la época del mioceno temprano. Estas unidades cubren la mayor parte de la microregión, encontrándose en la parte baja y media de la microregión y abarca una extensión de 52 km<sup>2</sup> (53%) del área de estudio (Figura 18).

Según Cervantes (1989) los conglomerados son rocas sedimentarias clásticas formadas por detritos (material de meteorización y fragmento rocosos de cualquier tipo) grandes o medianos, redondeados, de roca unidas por cementos de calizas, silicios u otros y consolidados diagenéticamente.

Las areniscas es una roca sedimentaria de tipo detrítico<sup>5</sup>, de color variable, que contiene clastos de tamaño de arena, después de las lutitas, es la roca sedimentaria más abundante. Las areniscas figuran entre las rocas consolidadas más porosas, aunque ciertas cuarcitas sedimentarias pueden tener menos de 1% de espacios vacíos. Esta roca se forma en el interior de la tierra formando varias capas o estratos

Las brechas es roca constituido por fragmentos angulares de minerales distribuidos en una matriz más fina; puede ser sedimentarias, volcánicas, o calcita micro cristalina.

*Lavas, brechas y conglomerados andesíticos (Tv)*: dichas rocas tienen origen volcánico, de formación brechas la unión, perteneciente a la época oligoceno tardío. Estas unidades litológicas ocupan 31 km<sup>2</sup> (32%) del área de estudio, que cubren toda la fila Balalaica, avanzando con dirección norte hacia la comunidad de Chitaria.

---

<sup>5</sup> Es decir, formada por detritos, y está integrada por partículas del tamaño de la arcilla y del limo. En las lutitas negras el color se debe a la presencia de materia orgánica. Es conocida por ser la roca madre o almacén por excelencia, dadas sus condiciones de porosidad y permeabilidad

*Lutitas con intercalaciones de areniscas calcilititas conglomeradas* (Tu): de origen estuario abierto a nerítico externo, de formación uscari. Estas unidades ocupan 9 km<sup>2</sup> (10%) del área de estudio, ubicados básicamente en la parte norte de la microregión a inmediaciones de la comunidad de Chitaría.

*Arenas gruesas y conglomerados* (Qfl): estas unidades tienen un origen aluvial y fluvio lacustres, de formación depósitos inconsolidados, pertenecientes a la época del pleistoceno. Estas unidades ocupan 3.75 km<sup>2</sup> (3.85%) del área de estudio, ubicadas en el sur de la microregión, adyacente al río Tuis.

*Brechas gruesas* (Qc): estas unidades tienen origen coluvial de formación con depósitos inconsolidados, pertenecientes a la época del mioceno tardío. Ocupan 1.26 km<sup>2</sup> del área de estudio (1.30%), ubicadas adyacentes a los largo del río Jabillos.

A continuación se presenta la distribución litológica de la microregión hidrográfica (Cuadro 17).

Cuadro 17. Unidades litológicas de la microregión hidrográfica Balalaica

Código	Litología	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Qc	Brechas gruesas	1.26	1.30
Qfl	Arenas gruesas y conglomerados	3.75	3.85
Tfc	Conglomerados areniscas y brechas	51.86	53.22
Tu	Lutitas con intercalaciones de areniscas	9.89	10.15
Tv	Lavas, brechas y aglomerados andesíticos	30.69	31.49
Total		97.46	100.00

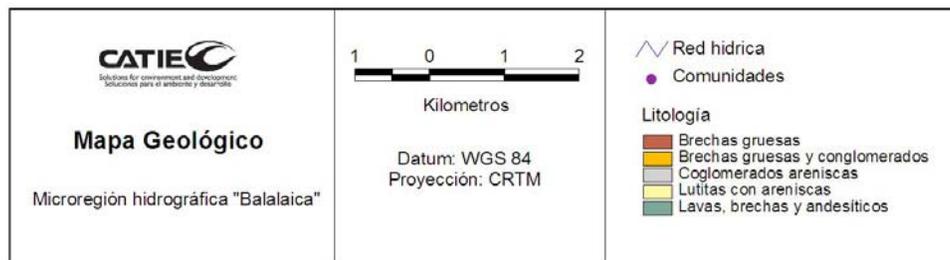
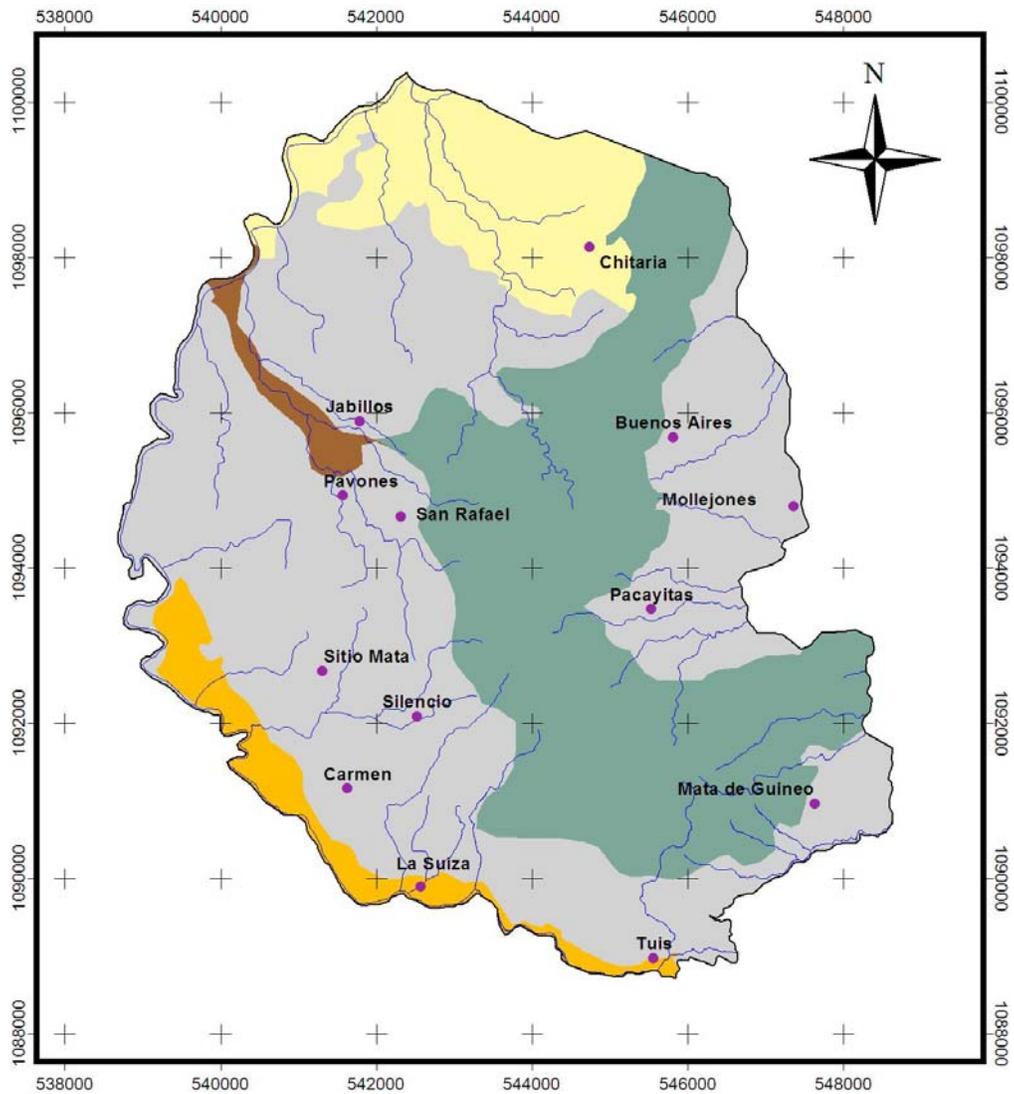


Figura 18. Mapa geológico de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.1.4 Tipo de suelos

La microregión hidrográfica presenta dos tipos de suelos, el primero son los inceptisoles que se encuentran ampliamente distribuido toda la microregión (99.07%), haciendo una superficie de 96.56 km<sup>2</sup> (Cuadro 17). De igual modo, este tipo de suelo es el más predominante en Costa Rica (38.9%). Su origen proviene del efecto de meteorización que sufren los sedimentos aluviales, coluviales y coluvioaluviales depositados cuando permanecen sin recibir nuevos aportes por un cierto período de tiempo; son suelos poco problemáticos (excepto aquellos que presentan mal drenaje) que permiten una amplia gama de actividades de producción agropecuaria (MAG 1991).

En una menor proporción, están los suelos de tipo ultisol, que representan el 0.93% (0.9 km<sup>2</sup>), distribuidos al este de la microregión a la altura de la comunidad de Mollejones (Figura 19). Estos suelos se caracterizan por ser los más viejos y meteorizados de los demás tipos de suelo, con predominancia de arcillas de tipo 1:1 (principalmente caolinita) y óxidos de hierro y aluminio que confieren la acidez de estos suelos, acentuándose la pobreza nutricional por lixiviación, principalmente de bases cambiables (MAG 1991).

Cuadro 17. Tipo de suelos de la microregión hidrográfica Balalaica

Tipo de suelos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Inceptisoles	96.56	99.07
Ultisoles	0.90	0.93
Total	97.46	100.00

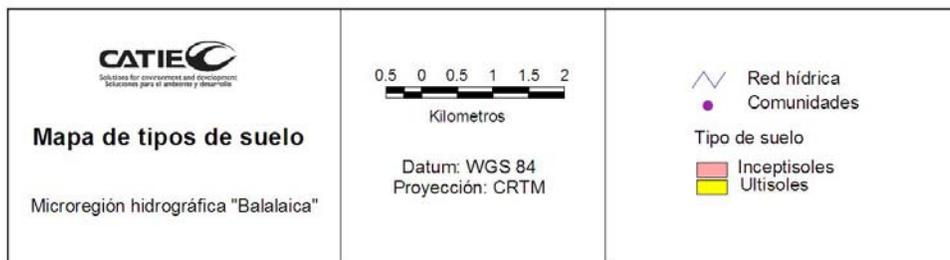
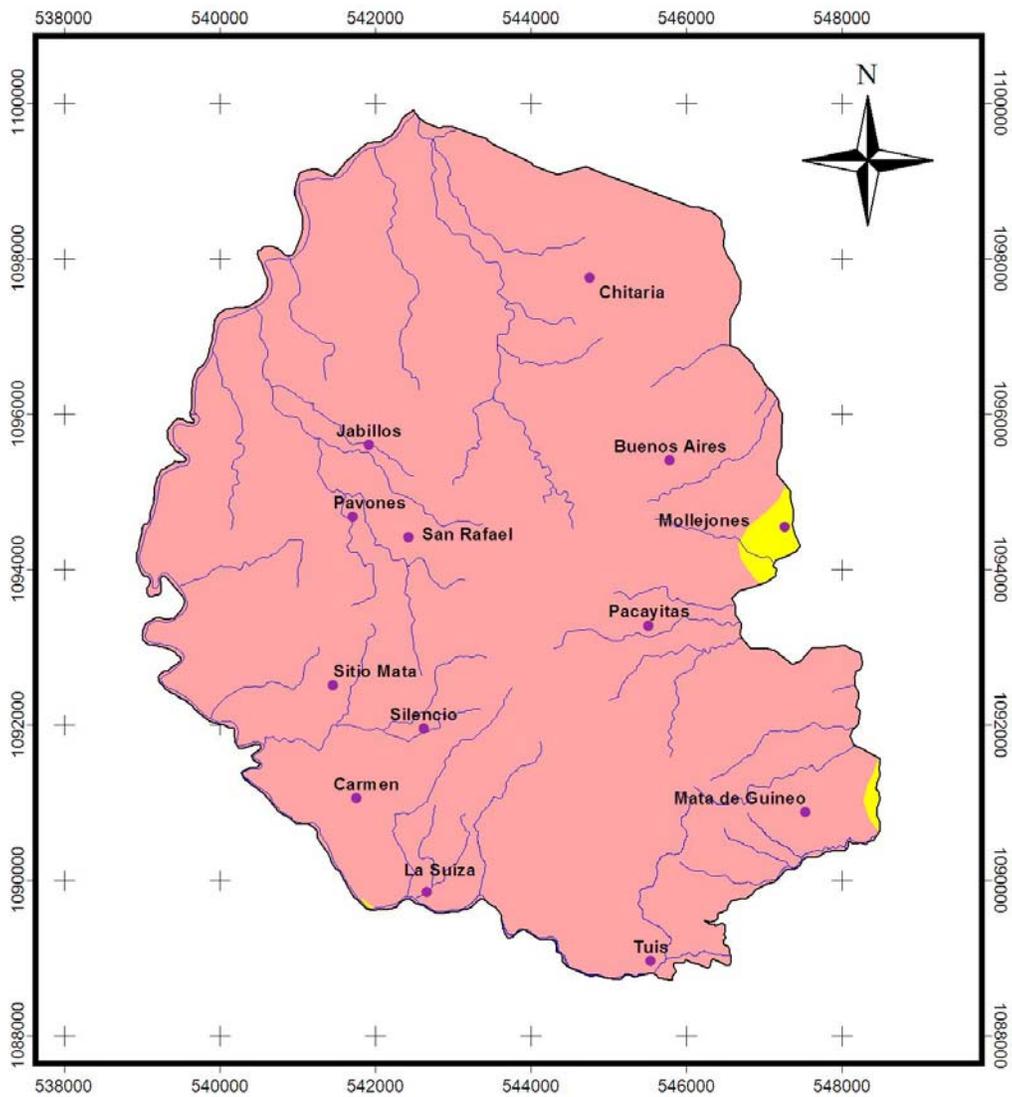


Figura 19. Mapa de tipos de suelos de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.1.5 Capacidad de uso de los suelos

El mapa digital de la capacidad de uso del suelo procede del grupo de mapas trabajado por el CBVCT, a escala de 1:50000. Dicho mapa fue tomado del atlas de capacidad de uso de las tierras de Costa Rica, el cual se adecuó a las características de la microregión. El resultado del proceso de la información indica que la microregión se agrupa en cuatro clases y/o categorías: categoría A, clase VI, clase VII y clase VIII.

MAG (1995) describe las clases de capacidad de uso de los suelos de la siguiente manera:

*Categoría A:* suelos de aptitud para cultivos y pastos (agrupan los suelos de clase I, II, III, IV, y V) a continuación se detallan algunas de las clases:

- Clase I: dentro de esta clase incluyen tierras con pocas o ninguna limitación para el desarrollo de actividades agrícolas, pecuarias o forestales adaptadas ecológicamente a la zona. Las tierras de esta clase se encuentran sobre superficies planas o casi planas, con erosión sufrida nula, con suelos muy profundos, de textura media en el suelo y de moderadamente gruesa a moderadamente fina en el subsuelo, sin piedras, sin problemas por toxicidad y salinidad, drenaje bueno, sin riesgo de inundación, en zonas de vida de condición húmeda, período seco moderado y sin efectos adversos por neblina y viento.
- Clase V: las tierras de esta clase presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes, permanentes o bosque, por lo cual su uso se restringe para pastoreo o manejo de bosque natural. Las limitaciones que pueden ocurrir, solas o combinadas cuando la pendiente es inferior al 15% son: relieve moderadamente ondulado, erosión sufrida moderada, suelos poco profundos, las texturas del suelo y subsuelo pueden ser de finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje muy lento excesivo, riesgo de inundación severo, zonas de vida seca y pluviales, con período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte. También podrían presentarse las siguientes limitaciones cuando la pendiente

oscila entre 15 y 30%: relieve ondulado, erosión sufrida moderada, suelos poco profundos, texturas en el suelo moderadamente gruesas o finas y en el subsuelo de muy finas o gruesas, fuertemente pedregosos, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje muy lento o excesivo, riesgo de inundación severo, zonas de vida seca y muy húmedas, excepto bosque muy húmedo tropical, con período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte.

Los suelos de la categoría A, representan el 25.31% (24.67 km<sup>2</sup>) (Cuadro 18) de la superficie de la microregión, distribuidas en su mayoría en la parte oeste, en sitios muy puntuales como las inmediaciones del río Tuis y las comunidades de Pavones, Jabillos, parte de la comunidad de Chitaría y algunas áreas en la fila Balalaica (Figura 20).

*Clase VI:* las tierras ubicadas dentro de esta clase son utilizadas para la producción forestal, así como cultivos permanentes, tales como frutales y café, aunque estos últimos requieren prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y aguas. Sin embargo, algunas especies forestales como la teca (*Tectona grandis*) y melina (*Gmelina arborea*) en plantaciones puras no son adecuadas para las pendientes de esta clase, debido a que aceleran los procesos de erosión de suelos, por lo que se recomienda este tipo de uso sólo en relieves moderadamente ondulados a ondulados. Las limitaciones que se pueden presentar, solas o combinadas son: relieve fuertemente ondulado, erosión sufrida severa, suelos moderadamente profundos, texturas en el suelo de muy finas a gruesas, en el subsuelo de muy finas a moderadamente gruesas, fuertemente pedregosos, muy baja fertilidad, toxicidad fuerte, salinidad moderada, drenaje moderadamente excesivo o moderadamente lento, riesgo de inundación moderado, zonas de vida seca y pluviales excepto páramo, período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento moderada.

La clase VI: representan la mayor superficie de la microregión (30.03 km<sup>2</sup>), y estas se ubican a lo largo de la fila Balalaica y al este en las de comunidades de Mata de Guineo, Pacayitas y Mollejones y al norte en la comunidad de Chitaría. Esto nos indica que la

microregión es de vocación forestal y de producción de cultivos permanentes, que representan el 30.82% del ámbito.

*Clase VII:* las tierras de esta clase tienen severas limitaciones por lo cual sólo se permite el manejo forestal en caso de cobertura boscosa; en aquellos casos en que el uso actual sea diferente al bosque, se procurará la restauración forestal por medio de la regeneración natural. Las limitaciones que se pueden presentar solas o combinadas son: relieve escarpado, erosión sufrida severa, suelos poco profundos, texturas en el suelo y subsuelo de muy finas a gruesas, fuertemente pedregosas, muy baja fertilidad, toxicidad y salinidad fuertes, drenaje excesivo o nulo, riesgo de inundación muy severo, zonas de vida seca y pluviales excepto páramo, período seco fuerte o ausente, condición de neblina y viento fuerte. Esta clase se encuentra relativamente concentrada al oeste del ámbito, sobresaliendo las comunidades del El Silencio, Sitio Mata y Pavones, y una parte hacia el oeste por la comunidad de San Vicente cercano al río Pacuare. Esta clase representa el segundo lugar en superficie (26.98 km<sup>2</sup>) que representan el 27.68% del área total.

*Clase VIII:* estas tierras no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna. Las tierras de esta clase tienen utilidad sólo como zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica (MAG 1995).

Esta clase se encuentra bordeando la fila Balalaica y algunas zonas cercanas al río Reventazón y representan el 16.19% del ámbito, con una extensión de 15.78 km<sup>2</sup>.

Cuadro 18. Capacidad de uso del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica

Clase y/o categoría	Descripción	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
A	Cultivos y/o pastos	24.67	25.31
VI	Producción forestal o cultivos permanentes	30.03	30.82
VII	Manejo de bosque natural o regeneración natural	26.98	27.68
VIII	Protección	15.78	16.19
Total		97.46	100.00

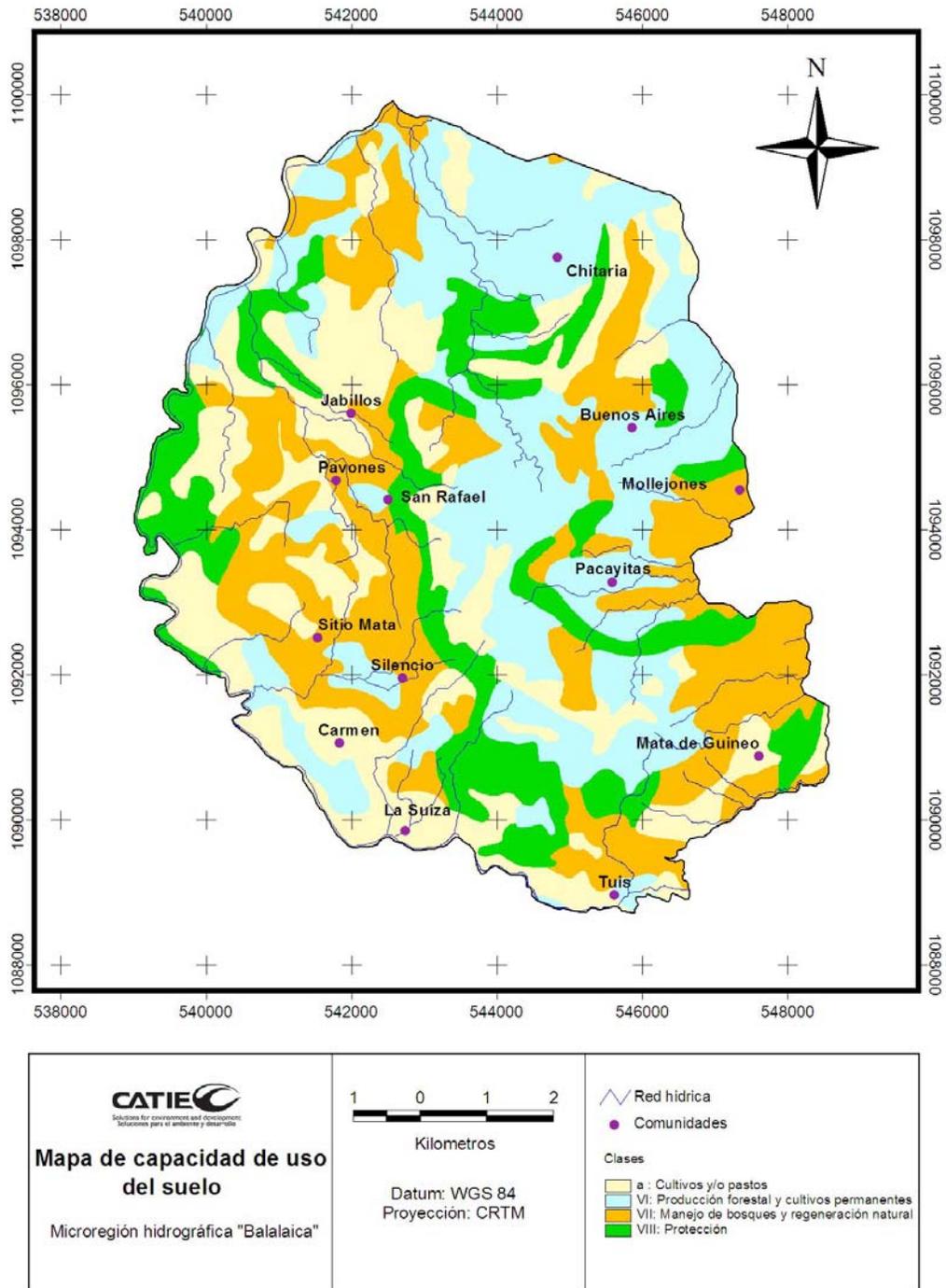


Figura 20. Mapa de capacidad de uso de los suelos de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.1.1 Zonas de vida

La zona de vida es un conjunto de ámbitos específicos de los factores climáticos principales, constituido por variables como biotemperatura, precipitación y la humedad, las cuales caracterizan una condición ambiental particular por un área geográfica determinada (Holdrige 2000).

La microregión presenta cuatro zonas de vida distribuidas en todo el territorio. A continuación se describen algunas de ellas:

*Bosque muy húmedo premontano:* esta zona de vida posee un rango de precipitación amplio entre 2000 y 4000 mm como promedio anual (Bolaños *et al* citado por TEC, 2007). Esta zona de vida se extiende a lo largo de la fila Balalaica de sur a norte de la microregión (Figura 21). Siendo la zona más extensa del área (60.97 km<sup>2</sup>) (Cuadro 19), existiendo allí una gran variedad de condiciones edáficas. La vegetación del bosque original está constituida por especies como: *Scheffera morototoni* (fosforilo), *Vochysia allenii* (botarrama), *Ruopala montana* (carne asada), *Cedrela odorata* (cedro amargo), *Turpinia occidentalis* (falso cristóbal), *Ulmus mexicana* (tirá) (TEC 2007).

*Bosque húmedo tropical transición a premontano:* esta zona de vida representa la menor extensión en superficie (7.25 km<sup>2</sup>) en la microregión, se ubica en la parte noreste de la microregión, abarcando las comunidades de Chitaría y Buenos Aires (Figura 21). El bosque de estas zonas se caracteriza por presentar una estructura vertical de 4 a 3 estratos, bien diferenciados, con abundante sotobosque, y un predominio de especies perennifolias. En bosques no perturbados se pueden encontrar más de 150 especies de porte arbóreo, por lo cual son considerados como bosques diversos (Quesada citado por TEC, 2007).

Algunas especies vegetales comunes de esta zona de vida son: *Cordia alliodora* (laurel), *Carapa guianensis* (caobilla), *Terminalia amazonia* (roble coral), *Virola koschnyi* (fruta dorada), *Brosimum alicastrum* (ojoche), *Calophyllum brasiliensis* (cedro maría), *Vochysia ferruginea* (botarrama).

Cuadro 19. Zonas de vida de la microregión hidrográfica Balalaica

Código	Nombres	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
bmh-P	Bosque muy húmedo premontano	60.97	62.55
bp-P	Bosque pluvial premontano	18.93	19.43
bmh-P4	Bosque muy húmedo premontano transición a pluvial	10.31	10.58
bh-T12	Bosque húmedo tropical transición a premontano	7.25	7.44
Total		97.46	100.00

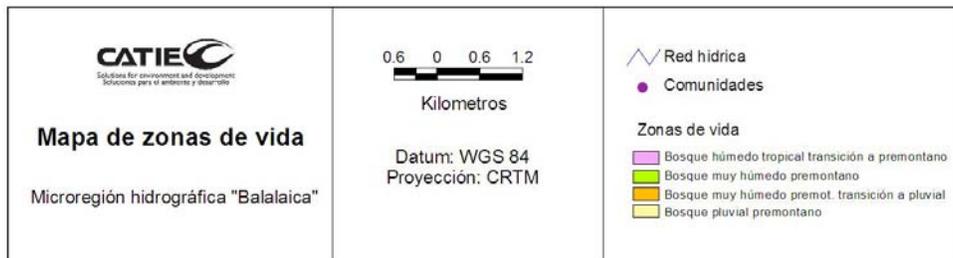
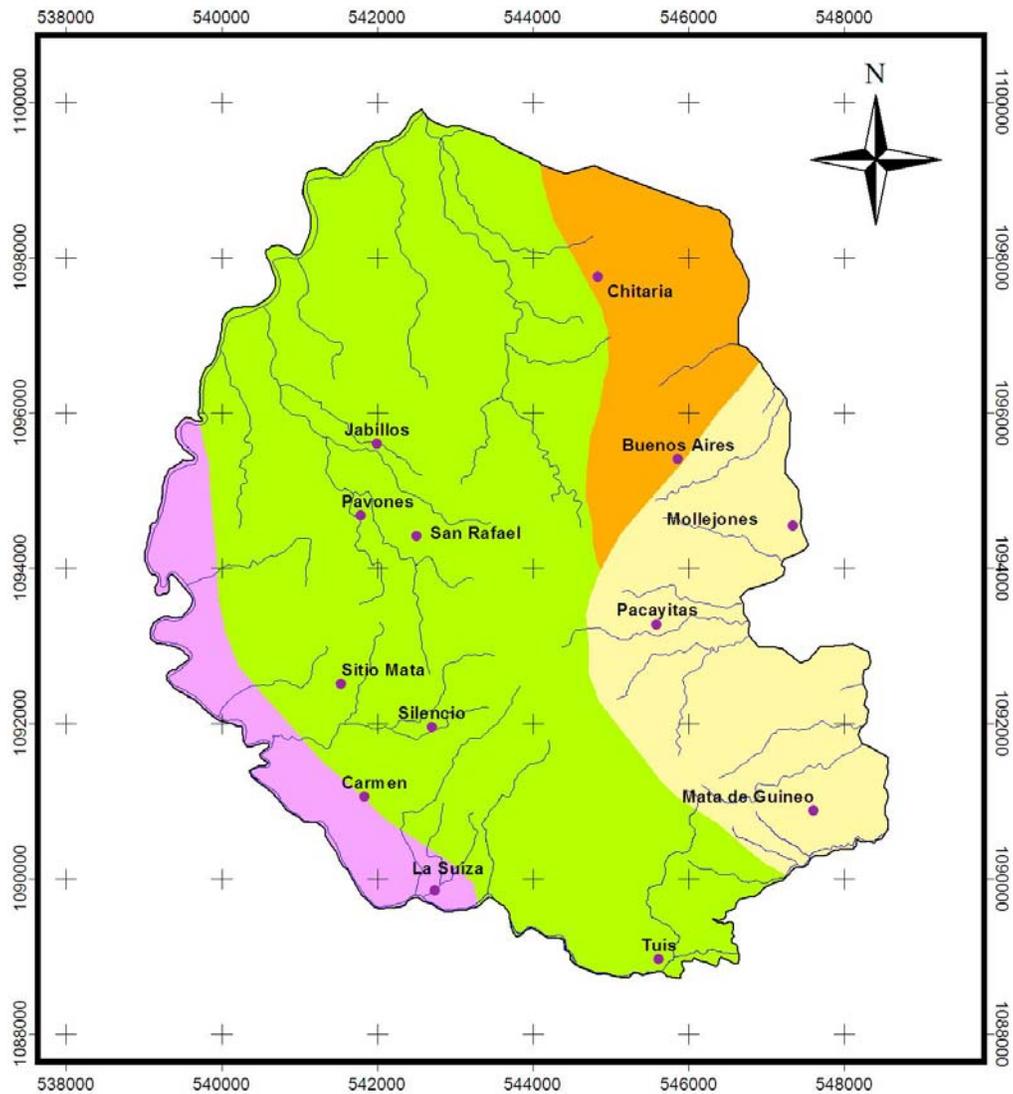


Figura 21. Mapa de zonas de vida de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.2. Caracterización socioeconómica

Por la carencia de la información a nivel de la microregión hidrográfica, la caracterización socioeconómica, hace referencia a los distritos (Pavones, Tres Equis, La Suiza y Tuis) que forman parte del ámbito.

##### 4.1.2.1 Población

Según INEC (2001a), el distrito de La Suiza tiene la mayor población con 9,202 habitantes en 643 km<sup>2</sup> de superficie, siendo este distrito el de mayor extensión geográfica del cantón de Turrialba, con una densidad poblacional de 14 hab/km<sup>2</sup> y ocupando la densidad más baja dentro del grupo de distritos en estudio. El distrito con menos población corresponde a Tres Equis con 1,946 habitantes en 129.50 km<sup>2</sup> de superficie, haciendo una densidad poblacional de 15 hab/km<sup>2</sup>. El distrito de Pavones tiene la más alta densidad poblacional (105 hab/km<sup>2</sup>) por tener relativamente una superficie menor (42 km<sup>2</sup>) con una población de 4,431 habitantes (Cuadro 20).

En cuanto a la población por género, no existe una diferencia marcada entre los distritos. Los resultados indican un total 51.69% de hombres y 48.31% de mujeres.

Cuadro 20. Población en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

Distritos	Población		Población (sub total)	Superficie (km <sup>2</sup> )	Densidad poblacional
	Hombres	Mujeres			
La Suiza	4,742	4,460	9,202	642.60	14
Pavones	2,324	2,107	4,431	42.10	105
Tuis	1,346	1,284	2,630	39.00	67
Tres Equis	1,000	946	1,946	129.50	15
Total	9,412	8,797	18,209	853.20	51

Fuente. Adaptado de INEC, 2001a

## Proyecciones de la población

En general los distritos que comprenden la microregión hidrográfica muestran un comportamiento creciente de tipo exponencial de la población entre los años 2000 y 2015 (Figura 22). A excepción del distrito de Tuis que muestra una tendencia negativa (decrecimiento) progresivamente durante todos los años proyectados (Cuadro 21).

Cuadro 21. Proyección de la población en los distritos de la microregión hidrográfica  
Balalaica

Distritos	Años									
	2000	2002	2004	2006	2008	2010	2012	2014	2015	
La Suiza	9,376	9,559	9,721	9,842	9,921	9,982	10,023	10,048	10,055	
Pavones	4,511	4,631	4,743	4,837	4,916	4,986	5,044	5,094	5,116	
Tuis	2,680	2,642	2,597	2,549	2,501	2,448	2,411	2,370	2,348	
Tres Equis	1,982	2,065	2,144	2,210	2,262	2,310	2,344	2,375	2,389	
<b>Total</b>	<b>20,548</b>	<b>20,899</b>	<b>21,209</b>	<b>21,444</b>	<b>21,608</b>	<b>21,736</b>	<b>21,833</b>	<b>21,901</b>	<b>21,903</b>	

Fuente: Adaptado de CCSS, 2007

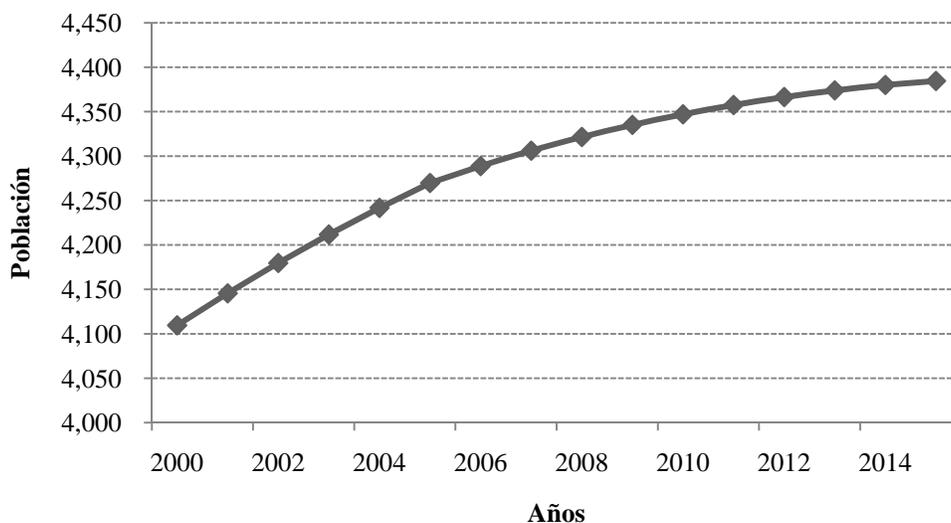


Figura 22. Tendencia del crecimiento poblacional en los distritos de la microrregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.2.2 Desempleo y pobreza

En los últimos años el cantón de Turrialba ha entrado en una recesión económica asociada con la baja en la rentabilidad de dos de sus principales actividades productivas: la producción de café y caña de azúcar. Existen factores internos que determinan las limitaciones y vulnerabilidades de la estructura productiva y que explica la recesión de la región, entre esos factores encontramos una excesiva especialización en actividades primarias con escasas articulaciones intersectorial con el resto de la economía regional, los bajos niveles de valor agregado en las cadenas de valor de los principales productos agrícolas no han potenciado mayores niveles de productividad y competitividad. Los efectos de esta situación se han reflejado en un deterioro importante del mercado laboral y la condición socioeconómica de la población, lo cual está ocasionando un desplazamiento y re-localización de los recursos humanos y productivos hacia otras regiones del país (Aguilar 2003).

Según ICE citado por URC (2008), en una encuesta realizado a sectores productivos de Turrialba, el sector agrícola presenta una reducción del empleo en 12% entre el año 2000 y 2005 (Cuadro 22), mientras que el aumento del empleo en el resto de los sectores ha sido insuficiente como para recuperar la disminución en el sector agrícola.

Cuadro 22. Distribución del empleo en el cantón de Turrialba

Sector	Año	
	2000	2005
Agricultura	30%	18%
Manufactura	6%	7%
Comercio	28%	36%
Servicios	28%	30%
Turismo	9%	10%

Fuente: UCR, 2008

En cuanto a la pobreza en el cantón de Turrialba, el promedio de hogares pobres es de 38.7%, se ubica por encima del promedio nacional (21.7%), similar sucede en los hogares de pobreza extrema, ya que el promedio para Turrialba (12.25%) más que duplica el

promedio nacional (5.6%) (INEC 2002b). Los distritos de la microregión muestran una pobreza casi homogénea, variando entre 47.99% (Tuis) (Cuadro 23) y 62.64% (Tres Equis). En cuanto a la variable de pobreza extrema, existe una variación significativa, siendo el distrito de Tuis el menor incidencia de pobreza extrema con 12.26% y La Suiza el de mayor incidencia, con 23.11%.

La reducción del empleo ha tenido cierta incidencia en el aumento de los niveles de pobreza en el cantón (UCR, 2008), siendo el sector agricultura uno de las actividades principales de los distritos de la microregión que ha experimentado un estancamiento en su ciclo productivo.

Cuadro 23. Incidencia de la pobreza en los distritos de la microregión hidrográfica

Balalaica

Distritos	Pobreza (%)	Extrema pobreza (%)
Tuis	47.99	12.26
Pavones	50.16	13.91
La Suiza	50.23	23.11
Tres Equis	62.64	21.48

Fuente. Adaptado de INEC, 2002b

#### 4.1.2.3 Vivienda

El número de viviendas ubicadas en los distritos de la microregión muestran concentraciones diferenciadas de unos y otras. La Suiza se destaca por ser el distrito con el mayor número de viviendas (2,054) (Cuadro 24), siendo además, la segunda en número de vivienda y población del cantón de Turrialba; Tres Equis se destaca por tener la menor cantidad de viviendas (427).

En cuanto al tipo de vivienda en los distritos de la microregión, sobresale la casa independiente de tipo individual en un 97% (Figura 23), en una mínima proporción está el Tugurio con el 2%, siendo este tipo de vivienda la más precaria, construido con materiales

de desecho (cartones, telas, latas, etc.) que responden a cubrir necesidades inmediatas de albergue.

Cuadro 24. Tipo de viviendas en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

Distritos	Individual				Colectiva	Total
	<i>Casa independiente</i>	<i>En edificio</i>	<i>Tugurio</i>	<i>Otros</i>		
La Suiza	1,981	3	59	8	3	2,054
Pavones	1,036	1	10	23	2	1,072
Tuis	685	-	3	1	1	690
Tres Equis	424	-	-	2	1	427
<b>Total</b>	<b>4,126</b>	<b>4</b>	<b>72</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>4,243</b>

Fuente. INEC, 2001

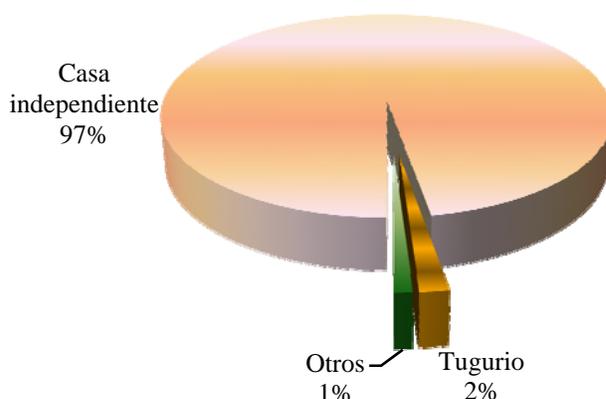


Figura 23. Tipo de vivienda en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.1.2.4 Educación

##### *Tasa de alfabetización*

Una persona analfabeta no puede leer ni escribir, por lo que la tasa de alfabetización es un índice del nivel de la población que no sabe leer ni escribir, que se obtiene del cociente de la población analfabeta de 10 años y más, entre el total de la población de 10 años y más (UCR 2008). Estos indicadores tienen que ver mucho con la capacidad de producir riqueza, acceso a nuevas oportunidades e igualdad social. Según INEC (2001a), el 12% de la

población de 10 años y más de los distritos en estudio se considera analfabeta, comparado con el 8.3% de analfabetismo en el cantón de Turrialba, siendo el distrito de La Suiza, que tiene la mayor tasa de analfabetismo (14.5%), comparado con Tuis que tiene la menor (7.7%)(Cuadro 25).

Cuadro 25. Tasa de alfabetismo en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

Distritos	% de analfabetismo	% de alfabetismo
La Suiza	14.5	85.5
Pavones	9.6	90.4
Tuis	7.7	92.3
Tres Equis	16.4	83.6
Promedio	12.1	88.0

Fuente: adaptado de INEC, 2001a

La composición de la población de los distritos de la microregión, según su condición de género, indica que la población analfabeta en una proporción relativamente mayor son las mujeres con un 51% (Figura 24), mientras que los hombres que hacen el 49%, de las personas de 10 años y más que no saben leer ni escribir. Caso similar sucede con la población alfabetizada, las mujeres representan el 48% de las personas alfabetizadas, superado en cuatro puntos porcentuales a los hombres.



Figura 24. Composición de la población según condición de alfabetismo en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

### *Niveles de instrucción*

Según INEC (2001a), la población mayor de 5 años en los distritos que conforman la microregión, poseen un variado nivel de instrucción educativa, siendo el distrito de La Suiza, uno de los distritos con mayor número de habitantes del cantón de Turrialba, por lo que presenta el primer lugar de todos los niveles de instrucción (Cuadro 26). Es importante mencionar que La Suiza, es considerada el segundo distrito importante del cantón de Turrialba, por concentrarse gran parte de la población con acceso a los servicios básicos, siendo uno de ellos la educación hasta el nivel secundaria técnica. El distrito de Tres Equis se encuentra en el último lugar con diversos niveles de instrucción entre sus habitantes, además de tener una población inferior a los demás distritos de la microregión.

Cuadro 26. Nivel de instrucción de la población en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

Distritos	Ningún grado	Kínder	Primaria	Secundaria		Pre universitaria	Universitaria	Total
				Académica	Técnica			
La Suiza	1,497	233	4,811	836	400	44	395	8,216
Pavones	452	107	2,885	436	71	5	96	4,052
Tuis	228	58	1,700	246	85	13	59	2,389
Tres Equis	302	58	1,204	135	15	1	15	1,730
<b>Total</b>	<b>2,479</b>	<b>456</b>	<b>10,600</b>	<b>1,653</b>	<b>571</b>	<b>63</b>	<b>565</b>	<b>16.387</b>

Fuente. Adaptado de INEC, 2001a

La distribución porcentual de los niveles de instrucción de la población mayores de 5 años es variada, destacándose un 65% de la población que cuenta con primaria (Figura 25), un porcentaje significativa de la población (15%) indica no contar con ningún grado de instrucción educativa, siguiendo en importancia, la población que tiene secundaria académica (10%), luego la población con secundaria técnica (4%), kínder y universitaria en 3%, finalmente la población con estudios preuniversitarios, que son realmente 0.38%.

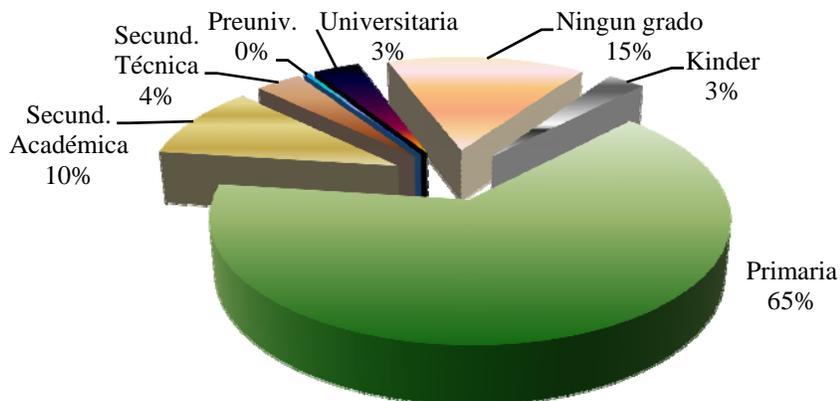


Figura 25. Composición de la población según nivel de instrucción en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

#### **4.1.2.5 Vías de comunicación y transporte**

La microregión hidrográfica Balalaica posee una infraestructura vial en condiciones adecuadas que permiten una comunicación y transporte oportuno de sus habitantes. Existe una carretera asfaltada en buenas condiciones que forman parte del transporte interprovincial y constituye un corredor económico principalmente entre las provincias de Cartago y Limón, además, esta misma conecta a los distritos de Turrialba, La Suiza, Tuis, Pavones y Tres Equis (Figura 26). Adicional a la carretera asfaltada, están las vías de tipo lastre (tierra firme), que permite la comunicación interna entre las comunidades dentro de la microregión, y se encuentran en su mayoría en buenas condiciones.

La población se transporta principalmente por buses, que tienen horarios definidos, frecuentemente cada 30 minutos y cada hora, dependiendo de los días de la semana. Este horario es para las comunidades asentadas a la carretera asfaltada (Pavones, Chitaría, La Suiza, Tuis). Para el caso de las comunidades internas de la microregión, la frecuencia de salidas de los buses es entre 2 a 4 horas al día. Todas estas ventajas, de infraestructura y servicios que posee la microregión, le dan una calidad buena o aceptable en el transporte vial.

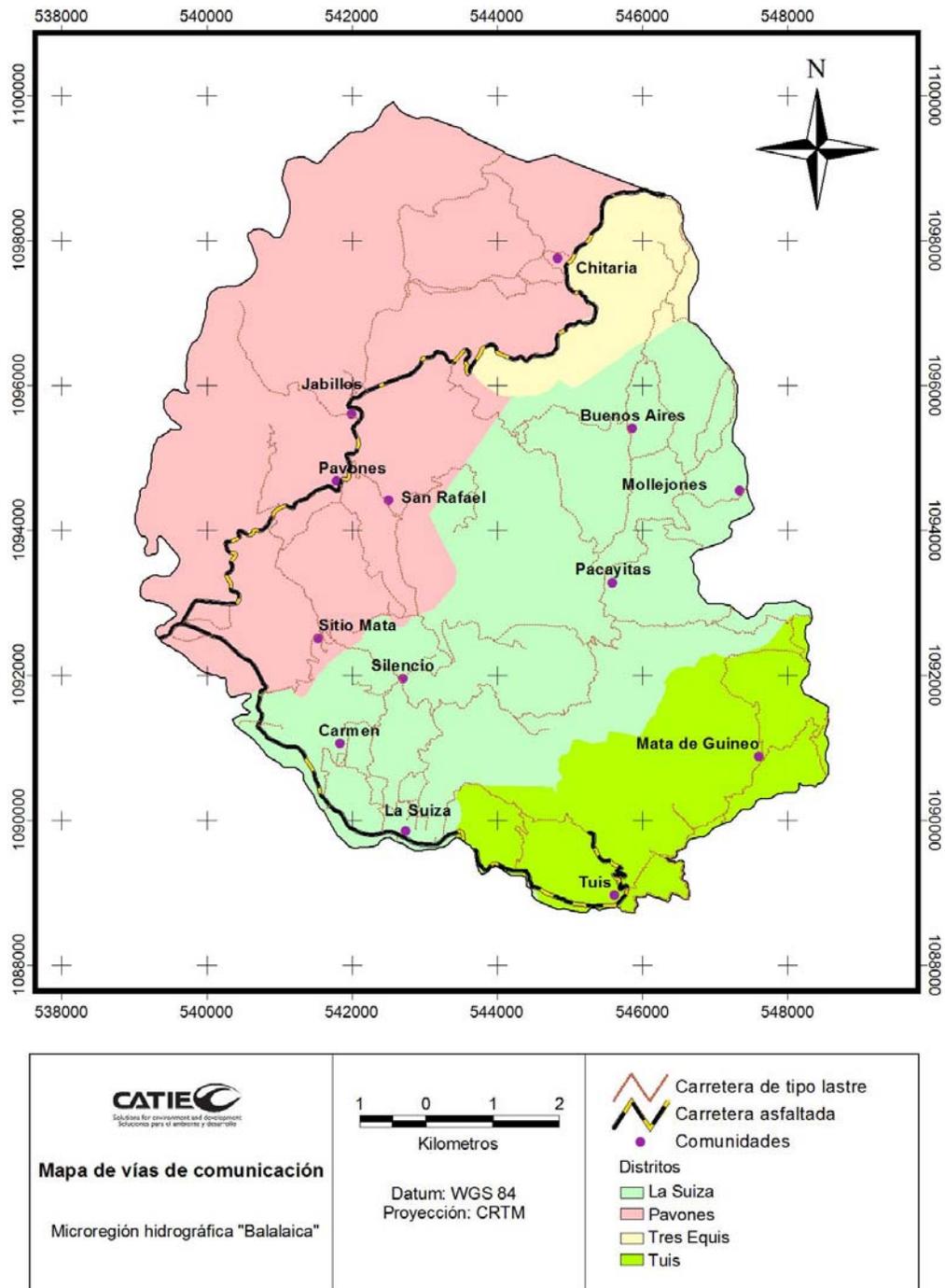


Figura 26. Vías de comunicación de la microregión hidrográfica Balalaica

#### **4.1.2.6 Uso del agua**

El uso del agua en la microregión hidrográfica de Balalaica, es básicamente para consumo humano y actividades agropecuarias. El agua para consumo humano en general es aprovechada de fuentes subterráneas, producto de filtraciones naturales que salen a la superficie denominada “nacientes de agua”. El 100% de las comunidades usa este tipo de fuente para satisfacer a las poblaciones demandantes y son administradas por asociaciones locales (ASADA) en su mayoría, o la Municipalidad de Turrialba (caso de Chitaría). La administración de los acueductos poseen cierta autonomía para definir precios que son relativamente convenientes para las economías locales.

En cuanto a la oferta de agua, se ha podido apreciar en campo que existen ciertas comunidades que poseen agua suficiente como para cubrir la demanda y seguir ofertando a más familias (es el caso de Chitaría y Pavones). Sin embargo, esto no garantiza la sostenibilidad de abastecimiento en el tiempo, dado que los mismos pobladores indican que existe una disminución del caudal con respecto a los años anteriores. La oferta de agua es más crítica en algunas comunidades, tal es el caso de El Silencio, administrado por un comité local de agua, el cual se han visto obligados en limitar la atención a los pobladores debido a la poca oferta de la naciente. El caso se complica aun cuando las poblaciones se encuentran por encima (partes altas) de la naciente en la que tienen que usar energía eléctrica para obtener el agua en sus casas.

El agua usada para consumo humano, en ciertas comunidades se consume tal como sale de las filtraciones subterráneas, otras con cierto tratamiento o cloración, aunque esto no necesariamente garantiza la potabilidad del agua (Cuadro 27).

Cuadro 27. Administración del uso del agua en las comunidades de la microregión hidrográfica Balalaica

Comunidades	Administración	Cloración	Volumen aprox. (l/s)	Abonados	Tarifa (¢)
Sitio Mata	ASADA Sitio Mata	no	12	200	nd
Eslabón	ASADA Eslabón	no	nd	215	1,350.00
El Carmen y Silencio	ASADA El Carmen	si	12	170	2,000.00
Mollejones	ASADA Mollejones	no	nd	81	1,000.00
Jabillos	ASADA Jabillos	si	nd	236	1,800.00
Cien Manzanas	ASADA Cien Manzanas	no	nd	75	1,600.00
Pavones y San Rafael	ASADA Pavones	no	22	360	1,100.00
Tuis	ASADA Tuis	no	nd	422	1,000.00
Pacayitas y S. Vicente	ASADA Pacayitas	si	33	135	1,000.00
Chitaría	Municipalidad de Turrialba	no	18	400	1,200.00
El Silencio Alto	Comité local de agua	no	12	35	1,200.00
La Suiza	ASADA La Suiza	si	25	1650	1,200.00

Fuente. Adaptado de AyA, 2008

nd: no hay dato

#### 4.1.2.7 Actores locales e institucionales

La microregión hidrográfica Balalaica cuenta con la presencia de diversas organizaciones locales e instituciones, realizando diversas actividades a favor del desarrollo de las comunidades. Los talleres participativos realizados han permitido la identificación (mediante lluvia de ideas) de organizaciones locales predominantes e instituciones públicas o privadas que vienen ejecutando ciertos proyectos de carácter socio productivo y ambiental (Cuadro 28).

Según Baker (2007), en un análisis de relaciones de diferentes actores sociales en el subcorredor biológico Balalaica, indica que la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT) concentra contacto entre diferentes organizaciones (formales, informales y públicas), empero presenta una fuerte concentración en las relaciones; sin APOT la red se desarticula. Mientras que la Dirección Nacional para el Desarrollo de las Comunidades (DINADECO) está en posición periférica conjuntamente con las ADI y presentan una relación cerrada entre sí, con un débil contacto con la asociación ambientalista corredor biológico Balalaica. Sin embargo, esta información no pudo ser

corroborada en el presente estudio, dado a que solo se realizó una identificación de las organizaciones presentes, más no un análisis de redes sociales entre ellas.

Cuadro 28. Actores locales e instituciones presentes en la microregión hidrográfica  
Balalaica

Actores	Roles y funciones
<i>Locales</i>	
Asociación administradora de acueductos comunales (ASADA)	Administran la distribución del agua en las comunidades de su competencia, velan por la conservación y manejo de los recursos hídricos con participación de sus pobladores, es el caso de la mayoría de comunidades de la microregión. Esta organización depende del AyA
Comité local de agua	Organización local autónoma dedicada a la administración del agua, es el caso de la comunidad el Silencio Alto. No dependen del AyA.
Comité local del subcorredor biológico de Balalaica	Organización local conformado por representantes comunales, que velan por el desarrollo humano y ambiental en el subcorredor Balalaica
Asociación ambientalista Balalaica	Encargada de potenciar el subcorredor biológico Balalaica en aras de conservar la biodiversidad y gestión del recurso hídrico
Seguridad Comunitaria	Velan por el seguridad integral de los pobladores de las comunidades, estas trabajan en conjunto con la fuerza pública
Asociación de Desarrollo Integral	Organización local que coordina directamente con el gobierno local en asuntos del bienestar comunal
Asociación de productores orgánicos de Turrialba (APOT )	Trabaja principalmente en el cantón de Turrialba en diversas actividades agropecuarias, tales como el café, frutales, banano, hortalizas, crianza de animales menores, ganados en sistemas semiestabulados y actividades comerciales como la exportación de café orgánico entre otros.
<i>Institucionales</i>	
Instituto de Desarrollo Agrario (IDA)	Institución encargada de manejar los recursos naturales, brindando asesoría técnica, reordenamiento de asentamientos humanos, ejecución de obras de infraestructura básica, entre otros.
Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE)	Institución rectora en materia de recursos naturales, regula, asesora programas de protección y conservación de recursos naturales a través de diferentes proyectos comunales
Ministerio de Agricultura (MAG)	Encargado del sector agropecuario, brinda asistencia técnica y promueve la investigación en diversas actividades productivas
Municipalidad de Turrialba	Órgano de gobierno que vela por el desarrollo integral del cantón de Turrialba

#### **4.1.2.8 Tamaño de fincas**

De acuerdo con Mora y Fernández, citado por ICE (1999), en 1984 en la provincia de Cartago existían 9033 fincas con 154355 ha. El 44,9% de las fincas eran menores de 50 ha y ocupaban el 28,45% de las tierras, el 7,2% de las fincas eran mayores de 100 ha y ocupaban el 68,7% de las tierras; es decir, que existía para la fecha una pronunciada concentración del suelo en explotaciones de gran tamaño, la cual persiste hoy día en sitios como Juan Viñas, Aquiares y Atirro de Turrialba.

Según ICE (1999), la cuenca del río Reventazón presenta bloques de terreno conformados por grandes haciendas cafetaleras, cañeras, ganaderas y pequeños minifundios en algunos casos de menos de una hectárea alrededor de los mismos. El predominio del tamaño de las fincas en el sector norte de la cuenca, es del rango de 5 a 20 ha, siguiéndole en importancia las de más de 100 ha. Las fincas de más de 100 ha se localizan principalmente sobre las subcuencas Chiz – Maravilla, Turrialba, Atirro y Pejibaye y las fincas de menos de 5 ha se encuentran localizadas en las subcuencas Aguacaliente – Reventado, Páez – Birrisito, Turrialba y Tuis.

IDA (2008), esta institución viene administrando siete asentamientos de tierras en tres distritos de la microregión, con fines productivos y de vivienda, en total hacen 565 predios (847.5 ha), una familia por predio con un tamaño promedio de 1.5 ha (Cuadro 29). El asentamiento Yama se sitúa en Pavones y es el que tiene mayor número de predios (304), siendo La Flor de Tres Equis, el asentamiento con el menor número de predios (21). Considerando el tamaño de predio distribuido por el IDA, se evidencia un proceso de fraccionamiento de las fincas para la producción agropecuaria que pueden llevar a niveles de baja sostenibilidad económica familiar, si el proceso no se acompaña de capacitación y tecnología adecuada.

Cuadro 29. Asentamientos administrados por el IDA en distritos de la microregión hidrográfica Balalaica

Asentamientos	Distritos	Pedios	Tamaño promedio del predio (ha)
Las Brisas	Pavones	25	
Yama	Pavones	304	
La Unión	La Suiza	79	
Pilón	Pavones	65	1.5
La flor	Tres Equis	21	
Neda	Tres Equis	47	
El progreso	Tres Equis	24	
Total		565	847.5

Fuente. IDA, 2008

#### 4.1.2.9 Problemática asociada al uso de los recursos naturales en la microregión

Mediante los talleres de diagnóstico participativo realizado en las comunidades (Sitio Mata, Pavones, San Rafael, Chitaría y EL Silencio) se obtuvo la percepción del grupo a sus problemas más sobresalientes que afectan el desarrollo comunal, las cuales que viene asociada al uso de los recursos naturales. La participación activa de los grupos ha permitido valorar e identificar sus causas, consecuencias y plantear posibles soluciones a los problemas de índole socioeconómica y socioambiental. Para la generación de la información se usó herramientas participativas como el mapa de recursos naturales y uso del suelo así como también el diagrama de cuenca adaptado de Geilfus (2002).

Diversos problemas socioeconómicos se han identificado y evaluado (Cuadro 30), problemas importantes como los caminos en mal estado, es el caso particular de las comunidades de El Silencio (parte alta) y San Rafael. Dichas comunidades se encuentran relativamente aisladas de la carretera principal, en la que el acceso a ellas se convierte un problema, sobre todo en época de mayor precipitación. A este problema se asocian diversas causas, sobresale el reconocimiento de ellos a una débil organización comunal en la que atraviesan ahora, es por ello que sus gestiones se ven limitadas para conseguir sus objetivos. Otro problema latente es el manejo deficiente del acueducto en la comunidad de Chitaría, administrado por la municipalidad de Turrialba. Los pobladores de dicha

comunidad muestran cierto descontento en la administración del acueducto, ellos manifiestan que el manejo es deficiente, tanto en el mantenimiento como la distribución equitativa del agua.

Problemas socioambientales como la deforestación en la fila Balalaica, disminución paulatina del caudal de las nacientes, suelos degradados, entre otros problemas (Cuadro 31) sobresalen en la comunidades de la zona de estudio. Algunas causas se asocia a un avance de los cultivos de caña, café, potreros y el aprovechamiento de la madera, entre otras, que vienen amenazando la cantidad y calidad de la aguas en las nacientes. Este panorama se vuelve crítico frente a una demanda creciente del uso de agua por los pobladores asentados en la microregión.

Cuadro 30. Problemas socioeconómicos en la microregión hidrográfica Balalaica

Problemas	Causas	Consecuencias	Posibles soluciones
Caminos internos en mal estado	Organización débil, abandono de los caminos por parte de la municipalidad e instituciones competentes, conflicto de liderazgo entre los pobladores por intereses políticos.	Dificultad en el transporte de los productos agropecuarios que elevan los costos finales, pérdida de dinero y tiempo para los productores.	Gestionar ante la municipalidad para el apoyo con maquinaria, fortalecer las organizaciones comunales y generar compromiso para realizar faenas de mantenimiento de los caminos.
Débil organización comunal	Carencia de liderazgo y credibilidad. La gente no está identificado con su comunidad, poca solidaridad con el grupo.	Comunidades atrasadas y con muchos problemas por resolver.	Motivar a los jóvenes para propiciar el liderazgo en las comunidades e incentivar actividades de compañerismo a partir de la familia. Gestionar proyectos de fortalecimiento comunal.
Venta de tierras	Altos precios de las fincas, migración a otros lugares y falta de identidad comunal.	Tierras en manos de empresarios que limitan el accionar de la comunidad (Caso Ortuño).	Gestionar ante gobierno para regular los precios y ofrecer oportunidades de inversión en las fincas.
Servicio de salud deficiente	Escasez de profesionales de salud, política de estado deficiente.	Deterioro de la salud de los pobladores.	Solicitar ante el Ministerio de Salud para mejorar la atención, es el caso de la clínica de Pavones.
Bajo rendimiento de los cultivos	Alto costo de los insumos químicos, suelos degradados.	Desempleo y migración.	Gestionar cultivos alternativos manejados con prácticas conservacionistas.
Desempleo	No hay oportunidades de trabajo en la comunidad, falta de inversión en la agroindustria	Migración de jóvenes a otros lugares del país y extranjero.	Acceso a créditos para la agricultura, y gestionar proyectos.
Manejo deficiente del acueducto	La municipalidad no atiende las demandas con eficiencia, débil organización comunal	Problemas en la distribución equitativo del agua, personas que hacen uso indiscriminado del agua y son morosos	Solicitar a la municipalidad la atención necesaria, y organizar para que el acueducto sea administrado por la comunidad

Cuadro 31. Problemas socioambientales en la microregión hidrográfica Balalaica

Problemas	Causas	Consecuencias	Posibles soluciones
Falta de agua en la parte media de la cuenca, caso de la comunidad de El Silencio.	Deforestación de áreas cercana a las lagunas y en la fila Balalaica.	Poca agua en la naciente que no abastece para atender la creciente demanda.	Uso de las lagunas existentes en la fila Balalaica, conservar el bosque y reforestar áreas sin bosque. Los propietarios de potreros deben reforestar sus áreas.
Deforestación en la fila Balalaica	Aprovechamiento de la madera y ampliación de los cultivos y potreros, falta de conocimiento.	Disminución de la cantidad y calidad de las aguas, degradación de los suelos y pérdida de la biodiversidad.	Gestionar proyectos amigables con el ambiente ante instituciones competentes, con un fuerte componente de educación ambiental.
Desperdicio del agua	La población no es consciente del uso racional del agua, hay mala administración del acueducto.	Escasez paulatina del agua.	Fomentar el uso racional del agua por los medios de comunicación local, realizar charlas, emitir boletines, etc.
Naciente de agua en proceso de contaminación	Uso de químicos en el cultivo de café y ampliación de más áreas cercanas a la naciente	Disminución en cantidad y calidad de las aguas	Poner la denuncia ante la ASADA y al MINAE para encontrar soluciones al conflicto
Degradación de los suelos	Deforestación, sobrepastoreo del ganado y manejo inadecuado de los cultivos (sin técnicas de conservación) con alto uso de agroquímicos.	Suelos pobres, baja rentabilidad de los cultivos, los pobladores migran a otros lugares.	Incentivar cultivos orgánicos, realizar estudios de suelos para conocer la fertilidad, usar insumos internos (abonos orgánicos con restos de cosecha) promover el manejo de los cultivos y actividades pecuarias con técnicas conservacionistas.
Agua contaminada	Falta de mantenimiento de la naciente y el tanque de distribución.	Problemas de salud gastrointestinales.	Gestionar al AyA para la cloración y a la municipalidad para dar un mantenimiento adecuado de la naciente.
Uso indiscriminado de plaguicidas en la macadamia y la caña de azúcar principalmente.	Avance de la frontera agrícola y presencia de plagas en los cultivos.	Problemas en la salud de los pobladores al respirar aire contaminado.	Proponer a la empresa los Ortuño, el uso moderado de los productos químicos y uso de controladores biológicos.

## **4.2. Identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos.**

### **4.2.1. Identificación y evaluación de zonas potenciales de recarga hídrica**

La identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica obedeció a cinco pasos, que fueron adaptado de Matus (2007). Dichos procesos se realizaron con los grupos participantes en las cinco nacientes, a partir del cual se inició la aplicación de la metodología.

#### **4.2.1.1 Identificación de las nacientes de agua**

Localizar las fuentes de agua es el punto de partida en la identificación de las zonas potenciales de recarga, porque dan una idea de la dirección de los flujos del agua, ya que el agua se mueve de los lugares de mayor presión hacia los de menor presión y/o por gravedad de las partes más altas a las bajas. Con ello se puede inferir que las zonas de recarga hídrica se encuentran en los sitios más elevados que las zonas de descarga (pozos, manantiales, ojos de agua) (Matus 2007).

En este sentido se trabajó con cinco nacientes de agua, administrados por las ASADA (Sitio Mata, Pavones, y Pacayitas), por el comité local de agua (El Silencio), y la Municipalidad de Turrialba (acueducto de Chitaría). Dichas comunidades y organizaciones locales mostraron ser las más interesadas en aplicar la metodología. Es necesario indicar, que había otras organizaciones que mostraron también su interés en el tema, las cuales no se atendieron por razones de tiempo, recursos económicos y humanos. Sin embargo, éste proceso constituye un punto de partida para replicar el proceso metodológico con otras organizaciones.

#### **4.2.1.2 Inducción en la temática de zonas de recarga hídrica**

Consistió brindar una charla en campo a los participantes sobre los conceptos básicos de recarga hídrica, así como también los elementos que componen la metodología, explicarles paso a paso como evaluar dichos elementos, haciendo uso de instrumentos sencillos y fáciles de manejar con la participación del grupo. Además de ello, esta charla permitió una comunicación activa de los participantes al intercambiar conocimientos locales y técnicos, propiciando de cierta forma el interés de los grupos en la gestión de las zonas de recarga y al empoderamiento del proceso metodológico.

Se contó con la participación de las ASADA, comités locales de agua, seguridad comunitaria, asociación de desarrollo integral, e integrantes de la asociación ambientalista Balalaica. La participación de los diferentes grupos permitió la comprensión del territorio, lo que facilitó identificar las características biofísicas del terreno para inferir las zonas potenciales de recarga.

#### **4.2.1.3 Inferir la ubicación de las zonas potenciales de recarga hídrica**

La base teórica y el conocimiento práctico generado en los participantes facilitaron la aproximación a la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica. Con el grupo se procedió a visualizar los terrenos, ubicados encima de las nacientes, haciendo referencia los elementos hablados y buscando de cierta forma características favorables a que se de la recarga de agua, entre ellos: pendientes suaves, con cobertura vegetal, suelos sueltos y suaves, usos de suelos con prácticas que favorecen la infiltración de agua, rocas superficiales y porosas.

Para la elección de los terrenos más propicios, sobresalió el conocimiento y la experiencia de la gente. Durante los recorridos se optó por elegir la zona potencial de recarga

inmediata<sup>6</sup> a la naciente, considerando su cercanía e interés de los grupos para su gestión posterior.

#### **4.2.1.4 Evaluación de los elementos de la metodología**

La infiltración del agua de lluvia depende de numerosos factores. Entre ellos se pueden citar la pendiente del terreno, el tipo de suelo, la vegetación, la densidad aparente de la parte superior del suelo, la porosidad estructural y la humedad inicial del suelo (Unger, citado por González 1997).

En el presente estudio se optó por utilizar los elementos que componen la metodología propuesta por Matus (2007), debido a la información disponible y a la facilidad de realizarlo de manera participativa, los elementos evaluados son: la pendiente y microrelieve, tipo de suelo, tipo de roca, uso del suelo y cobertura vegetal, que fueron validados, participativamente, para cuencas hidrográficas de montaña.

Existen muchos elementos que se pueden adicionar y reforzar a la metodología utilizada. En este sentido Retamal (2006), definió criterios de identificación de las áreas prioritarias para la provisión de servicios hídricos y los índices selección de las áreas prioritarias para realizar pagos, en función a identificar las características y/o zonas que favorezcan la recarga hídrica. Los criterios fueron; tipo de roca, presencia de fallas, textura del suelo, pendiente del área de recarga aparente, uso del suelo, porcentaje de cobertura vegetal permanente, estado de la superficie del suelo, prácticas de manejo, y presencia de fuentes de contaminación puntual. Sin embargo, muchas veces la aplicación o ejecución de dichos elementos se ve limitado a las características del terreno, la información disponible, los recursos humanos y económicos.

A continuación se detalla los resultados de los elementos evaluados:

---

<sup>6</sup> Es la zona potencial de recarga más contigua a la nacientes, priorizado por los actores locales según su importancia en impactar sobre la calidad y cantidad del agua en la naciente.

#### 4.2.1.4.1 Pendiente y microrelieve

El relieve es la configuración física de la superficie de la tierra, incluyendo las irregularidades (elevaciones, pendientes, y depresiones de la tierra), al considerarlas en conjunto. La pendiente de un terreno se expresa como el grado de declive, de decir, una relación entre la distancia vertical y horizontal de dos puntos en términos porcentuales (Cubero, citado por Matus 2007).

A partir de la pendiente se pudo inferir el tipo de microrelieve. La evaluación de la pendiente se realizó mediante recorridos de campo estratificando las áreas más homogéneas y se procedió a evaluar en tres puntos distintos, para luego tener un promedio de pendiente del área, este proceso se realizó usando el nivel de cuerda, cuyo procedimiento se detalla en el Anexo 2, el cual es un método sencillo y manejado por la mayoría de los pobladores.

Se encontraron pendientes que oscilan entre 10.83% para Sitio Mata, y 14.00% para Pacayitas. Este rango determina una configuración característico de un relieve de tipo moderadamente ondulado, en la que se asignó una ponderación de cuatro, que indica una alta posibilidad de ocurrir recarga hídrica para este criterio (Cuadro 32).

Cuadro 32. Evaluación de la pendiente por sitio

Sitio	Pendiente (%)	Microrelieve	Ponderación	Posibilidad de recarga
El Silencio	12.83	Moderadamente ondulado	4.00	Alta
Sitio Mata	10.83	Moderadamente ondulado	4.00	Alta
San Rafael	12.25	Moderadamente ondulado	4.00	Alta
Chitaría	13.50	Moderadamente ondulado	4.00	Alta
Pacayitas	14.00	Moderadamente ondulado	4.00	Alta

No existen diferencias extremas de pendiente entre los sitios evaluados, esto indica que la elección del terreno realizado por el factor pendiente y relieve, tiene un sesgo de elección, que es propio de la metodología práctica, que consiste en buscar los mejores sitios con relieves que favorezcan a la recarga hídrica y a partir de ella iniciar con la evaluación del resto de elementos. En este sentido, UNESCO (1986), señala que los lugares con relieves planos, semiplanos y cóncavos se favorecen el proceso de infiltración/recarga hídrica al permitir un mayor tiempo de contacto del agua en el suelo. Por el contrario, relieves con

elevaciones altas, escarpadas el proceso de infiltración/recarga hídrica disminuye propiciando la escorrentía superficial, erosión y/o compactación de los suelos.

#### 4.2.1.4.2 Tipo de suelo

El tipo de suelo está estrechamente ligada con la capacidad de infiltración del agua, tal es así, que entre mayor sea la porosidad, el tamaño de las partículas y el estado de fisuramiento del suelo, mayor será la capacidad de infiltración (UNAM s.f.).

Matus (2007) señala que en los estudios de identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica siempre es de gran utilidad conocer y entender las características del suelo que pueden favorecer o no la recarga hídrica (conductividad, permeabilidad, erosión y compactación), y los elementos que influyen en dichas características, como la textura del suelo, porosidad y materia orgánica.

En este sentido, se evaluó el tipo de textura y la capacidad de infiltración de los suelos, dos indicadores estrechamente vinculados, cuya determinación permite inferir las posibilidades de recarga hídrica. La evaluación del tipo de textura de los suelos se realizó en campo con los pobladores mediante la prueba al “tacto” (Anexo 3), y la capacidad de infiltración fue mediante el método de inundación, usando dos anillos por un tiempo 120 minutos con tres repeticiones por sitio (Anexo 4). La capacidad de infiltración de los suelos (velocidad de infiltración) en las diferentes zonas potenciales de recarga hídrica fueron estimadas mediante la ecuación de Kostyakov, a partir de la infiltración acumulada (Anexo5), usando la regresión de tipo potencial.

Se determinaron dos tipos de textura: a) *franco arcilloso* para los lugares de El Silencio, Sitio Mata, San Rafael, y Pacayitas, que recibieron un calificativo de 2, vinculado a una posibilidad baja de ocurrir la recarga de agua en dichos sitios (Cuadro 33), y b) una textura *franco limoso*, para Chitaría, obteniendo un calificativo de 3, lo que nos indica una posibilidad moderada de recarga hídrica.

Cuadro 33. Evaluación del tipo de suelo por sitio

Sitio	Textura	Ponderación	Posibilidad de recarga
El Silencio	Franco arcillosos	2.00	Baja
Sitio Mata	Franco arcillosos	2.00	Baja
San Rafael	Franco arcillosos	2.00	Baja
Chitaría	Franco limosos	3.00	Moderada
Pacayitas	Franco arcillosos	2.00	Baja

Estos tipos de textura encontrados en los sitios, obedecen básicamente a condiciones naturales de los suelos que predominan en la microregión, suelos del orden inceptisoles. Considerando que la textura viene a ser la proporción de arcilla, limo y arena presente en una muestra o terreno, difícilmente se puede modificar estas proporciones, lo cual de cierta forma los resultados encontrados describen un tipo de textura que posee ciertas limitaciones para favorecer a la ocurrencia de la recarga de agua para los sitios evaluados.

En cuanto a la capacidad de infiltración, lo mismo fue estimado a partir de la infiltración acumulada (Anexo 4) obtenida de evaluaciones de campo. La velocidad de infiltración encontrada en los diferentes sitios evaluados, varía entre 0.86 cm/h para Sitio Mata, y 2.54 cm/h para Chitaría (Cuadro 34), existiendo una relación directa entre el tipo de textura encontrado con las velocidades de infiltración, tal es el caso de Chitaria (con textura franco limoso) posee el valor más alto de la velocidad de infiltración, respecto a los demás sitios. En este sentido, Núñez (1981) señala que la infiltración o velocidad con que el agua penetra en la superficie del suelo, es siempre mayor en suelos de textura gruesa (arenosa, franco arenosa, arenosa franca) que en suelos de textura fina o pesados, como los arcillosos.

Si relacionamos la velocidad de infiltración encontrada en los sitios, con la permeabilidad típica de los suelos, según el Servicio de Conservación de Suelo de los Estados Unidos, citado por Hudson (1982) tenemos dos tipos de permeabilidad, la primera conformada por Sitio Mata, El Silencio y Pacayitas, donde dichos suelos tienen una permeabilidad moderadamente lenta y para San Rafael y Chitaría una permeabilidad moderada, bajo estas condiciones la posibilidad de recarga hídrica es relativamente limitada.

Cuadro 34. Velocidad de infiltración por sitio

Sitio	Infiltración (cm/h)	R <sup>2</sup>	Ecuación Kostyakov
El Silencio	0.98	0.910	$I = (0.704) 0.078t^{-0.296}$
Sitio Mata	0.86	0.944	$I = (0.548) 0.167t^{-0.452}$
San Rafael	2.26	0.961	$I = (0.670) 0.217t^{-0.330}$
Chitaría	2.54	0.951	$I = (0.666) 0.250t^{-0.334}$
Pacayitas	1.15	0.945	$I = (0.621) 0.146t^{-0.379}$

Muchos factores pueden afectar la capacidad de infiltración de los suelos, tales como: el tipo de suelo, humedad del suelo, cubierta vegetal, uso del suelo, etc. En este sentido las diferentes zonas de recarga hídrica evaluados, tienen variados usos de suelo. Por ejemplo, El Silencio, el uso actual es caña de azúcar, con un manejo semintensivo desde hace 40 años, en comparación con Chitaría y San Rafael donde predomina el bosque secundario, pastos con árboles y café con sombra.

En este sentido, Ríos (2006) evaluó el comportamiento hidrológico en diversos sistemas ganaderos tradicionales y sistemas silvopastoriles en zonas de recarga en la subcuenca del río Jabonal, encontró que la capacidad de infiltración en las pasturas nativas sobrepastoreadas (0,07 cm/h) presentó el valor más bajo, respecto a las pasturas nativas con árboles (0,19 cm/h), a las pasturas mejoradas con árboles (0,23 cm/h) y al bosque secundario intervenido (3,54 cm/h). Estos dos últimos resultados coincide en cierta medida con los resultados obtenidos en San Rafael (2.26 cm/h) y Chitaría (2.54 cm/h), sin embargo, cada sitio evaluado poseen varios tipo de cobertura y las prácticas fueron realizadas en época lluviosa, que pueden haber influido en los resultados.

El comportamiento de la velocidad de infiltración en los sitios evaluados va descendiendo conforme avance el tiempo, para todos los sitios evaluados la velocidad disminuye hasta alcanzar un valor casi constante (a partir de los 80 minutos) a medida que el abastecimiento de agua en los cilindros se prologue (Figura 27).

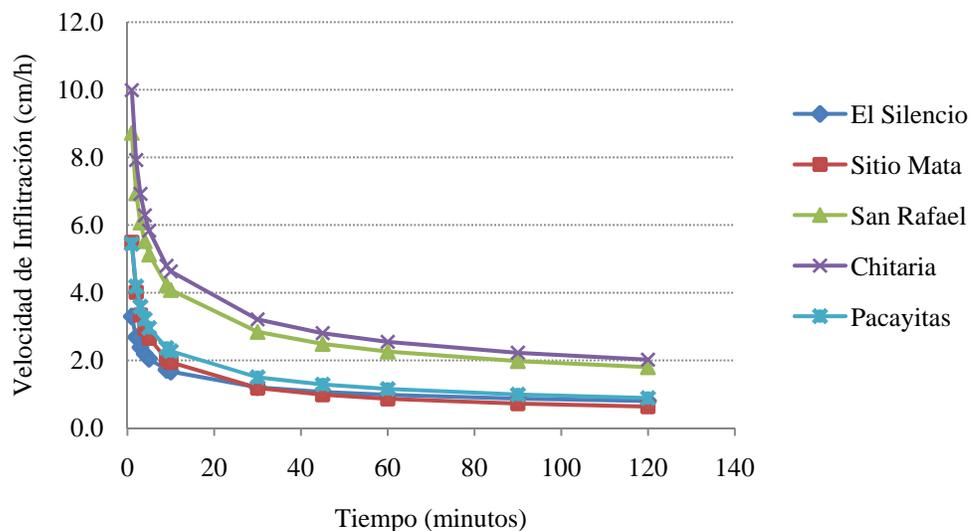


Figura 27. Velocidad de infiltración de las zonas potenciales de recarga hídrica

#### 4.2.1.4.3 Tipo de roca

Según Matus (2007), las características de las rocas que determinan la recarga hídrica son la porosidad y permeabilidad de estas, ya que rocas duras con poros finos e impermeables no favorecen la recarga; por el contrario, rocas suaves, con macroporos, fallas, fracturadas y permeables si favorecen la recarga de los acuíferos.

El procedimiento de evaluación del tipo de roca en las zonas potenciales de recarga, se indican en el Anexo 6. Cabe resaltar, que para las evaluaciones del tipo de roca se tuvo cierta dificultad, dado a que no se encontraron pozos o excavaciones que nos permitieran observar y realizar las evaluaciones a ese nivel. Sin embargo, la presencia de rocas sobre la superficie encontradas, también permite asumir el tipo de roca existente debajo de la misma. Por lo tanto las evaluaciones se hicieron con las rocas presentes en el medio a nivel superficial.

Los resultados indican que para El Silencio, Sitio Mata y Chitaria predomina un tipo de roca permeable, suave, con macroporos interconectados entre sí y poca cementación, estas características hacen posible una alta recarga de agua en dichos sitios, mientras que para

San Rafael y Pacayitas se encontraron rocas moderadamente permeables, con regular conexión entre sí, obteniéndose una ponderación de 3, que indica una moderada posibilidad de recarga de agua en dichos lugares (Cuadro 35).

Cuadro 35. Evaluaciones del tipo de roca por sitio

Sitio	Tipo de roca	Ponderación	Posibilidad de recarga
El Silencio	Rocas permeables	4.00	Alta
Sitio Mata	Rocas permeables	4.00	Alta
San Rafael	Rocas poco permeables	3.00	Moderada
Chitaría	Rocas permeables	4.00	Alta
Pacayitas	Rocas poco permeables	3.00	Moderada

No existe mucha variabilidad del tipo de roca encontrado en los sitios, en general poseen de moderada a alta posibilidad de recarga hídrica. En este sentido, se puede atribuir al tipo de rocas “conglomerados areniscas y brechas” predominantes en la microregión; según Gonzalo (s.f.) estos tipos de rocas generalmente poseen gran porosidad y permeabilidad que favorece la recarga hídrica.

#### 4.2.1.4.4 Cobertura vegetal

La cobertura del suelo es un factor importante que influye en la infiltración del agua, al permitir mayor contacto con el suelo, disminuyendo la velocidad de la escorrentía, la erosión, el impacto de la gota de lluvia y la resequedad producto de los rayos del sol, contribuyendo con todo esto, a conservar las características del suelo que favorecen la recarga hídrica (Matus 2007).

Las evaluaciones para determinar el porcentaje de cobertura presente en las zonas de recarga hídrica se realizó mediante recorridos de campo, visualizando la densidad y estimando el porcentaje de cobertura presente en el área. Para el caso de diferentes tipos de cobertura presentes en la zona potencial de recarga, se evaluó cada una de ellas, y posteriormente se calculó el promedio de cobertura presente en el sitio.

Los resultados de dichas evaluaciones indican coberturas que van desde el 50% para El Silencio hasta el 80% para el caso de San Rafael (Cuadro 36). En general, las evaluaciones determinan dos grupos encontrados para esta variable, la primera, una moderada posibilidades de recarga hídrica para El Silencio, recibiendo una ponderación de tres, y la segunda, una alta posibilidad para que ocurra la recarga hídrica en las áreas de Sitio Mata, San Rafael, Chitaría y Pacayitas, obteniendo una puntuación de cuatro.

Cuadro 36. Evaluación de la cobertura vegetal por sitio

Sitio	Porcentaje de cobertura	Posibilidad de recarga	Ponderación
El Silencio	50	Moderada	3.00
Sitio Mata	70	Alta	4.00
San Rafael	80	Alta	4.00
Chitaría	78	Alta	4.00
Pacayitas	73	Alta	4.00

Los resultados de moderada posibilidad de recarga hídrica en El Silencio se pueden atribuir al tipo de tipo de cobertura presente en comparación con los demás sitios, siendo la caña de azúcar la cobertura que cubre el 100% del área, actualmente en pleno crecimiento y luego de la cosecha nuevamente el suelo queda descubierto, generando una inestabilidad en la posibilidad de recarga hídrica para dicho sitio.

#### 4.2.1.4.5 Uso del suelo

Muchas investigaciones muestran que el uso de la tierra repercute en la filtración del agua en el suelo y que todo cambio del uso de la tierra que compacta el suelo o disminuye su porosidad hace aumentar el escurrimiento y el caudal máximo durante las lluvias, también es posible que incremente las inundaciones (Kaimowitz, citado por FAO 2007).

De igual modo, FORGAES, citado por Matus (2007), indica que el uso del suelo es el elemento más cambiante e influenciado por la actividad antrópica; se dice que al realizar un uso inadecuado del suelo se está contribuyendo a disminuir la recarga del acuífero hasta en un 50%, aumentando la pérdida del suelo por erosión hídrica o eólica y los riesgos naturales.

La evaluación del uso de suelo en campo para los diferentes sitios, se realizó mediante recorridos y observaciones con la gente. Donde se identificó y evaluó los usos más predominantes para cada zona potencial de recarga.

Los resultados muestran una diversidad de usos; para el caso de El Silencio, el uso actual es caña de azúcar, bajo este tipo de uso y el tipo de manejo que se le da (sin ninguna obra de conservación), obtuvo una ponderación de dos, lo que indica una baja posibilidad para que ocurra la recarga hídrica (Cuadro 37). Esta comunidad es la más crítica para esta variable, debido a que se viene cultivando caña con un manejo semintensivo y en su mayoría en laderas.

Para el caso de Sitio Mata y Pacayitas, el uso es combinado, con cierta predominancia de la caña de azúcar, sistemas silvopastoriles y café con poró. Bajo estas condiciones se obtuvo un calificativo de tres, que indica una moderada posibilidad de recarga de agua. Y por último, San Rafael y Chitaría, donde predominan bosques secundarios, plantaciones forestales y café con poró, obtuvieron una ponderación de cuatro, siendo estas características las más propicias para que ocurra una alta posibilidad de recarga hídrica.

Cuadro 37. Evaluaciones de los usos de suelo por sitio

Sitio	Uso de suelo	Ponderación	Posibilidad de recarga
El Silencio	Caña de azúcar (sin obras de conservación)	2.00	Baja
Sitio Mata	Caña de azúcar y sistemas silvopastoriles	3.00	Moderada
San Rafael	Bosque secundario, plantaciones forestales y pastos con árboles dispersos	4.00	Alta
Chitaría	Bosque secundario, café con poro y pastos con árboles	4.00	Alta
Pacayitas	Caña y café con poro	3.00	Moderada

Los sitios evaluados, muestran una gran variabilidad de usos presentes, a esto se agregan los diferentes tipos de manejo que se les viene dando. Tal es así, que para Chitaría y San Rafael, el uso muestra un manejo más conservacionista, con presencia de diferentes especies y estratos, que favorecen la recarga hídrica. En este sentido, Blevins et al. citado por González (1997) indica que numerosos trabajos de investigación muestran que hay

mayor infiltración en suelos trabajados bajo sistemas conservacionistas, debido a una mayor cobertura y a que las condiciones estructurales de estos suelos favorecen el ingreso del agua por la presencia de canales formados por las raíces de cultivos anteriores, lombrices y otros invertebrados.

#### **4.2.1.5 Determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica de las nacientes mediante el método participativo**

Para la determinación del potencial de recarga de los sitios evaluados en los diferentes lugares, se usó la ecuación presentada por Matus (2007), donde los coeficientes fueron ajustados a las condiciones de la microregión, según la opinión de extensionistas y/o especialistas que laboran en el ámbito, basado en la importancia de cada elemento de la metodología que favorece más o menos la infiltración del agua. El formato de entrevista se presenta en el Anexo 7.

La metodología usada en el ajuste de la ecuación fue el análisis multicriterio, que utilizó CATIE (2006) en la ponderación de indicadores y análisis multicriterio usando dos métodos sencillos a) la clasificación según la importancia, b) el rateo (distribuir, repartir proporcionalmente). Los resultados parciales de las entrevistas se presentan los anexos 8 y 9.

Se entrevistaron ocho extensionistas y/o especialistas y los resultados indican un peso mayor (0.25) para la pendiente en función del relieve (Cuadro 38); los entrevistados consideran esta variable, la más importante que influye en la infiltración del agua para las condiciones fisiográficas particulares que posee la microregión hidrográfica Balalaica. Este resultado es similar a lo encontrado por Matus (2007), donde el mayor peso relativo (0.27) corresponde a la pendiente, además, no encontró diferencias estadísticas significativas en cuanto a la opinión de los especialistas, técnicos y comunitarios para usar los elementos en la identificación de las zonas potenciales de recarga.

Cuadro 38. Resumen de pesos promedios de las variables a usar en la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica

Elemento/criterio	Peso promedio importancia	Peso promedio rateo	Peso promedio final	Peso (%)
Pendiente en función del relieve	24.17	25.00	25	0.25
Tipo de suelo	25.83	16.88	21	0.21
Tipo de roca	23.33	17.50	20	0.20
Cobertura vegetal	12.50	19.38	16	0.16
Uso del suelo	14.17	21.25	18	0.18

El segundo elemento en importancia corresponde al tipo de suelo (0.21), seguido por el tipo de roca, el uso del suelo y la cobertura vegetal. Las opiniones tienden a darle una importancia considerable al tipo de suelo, en este caso el tipo de textura que favorece en mayor o menor grado la infiltración del agua. Otro elemento de importancia considerada por los extensionistas y/o especialistas es el tipo de material parental (roca), que ocupa el tercer lugar en orden de importancia, lo cual estos no pueden ser cambiados fácilmente por la acción humana, por lo que consideran fundamental en la influencia de la infiltración del agua. A diferencia de las ponderaciones obtenidas por Matus (2007), las cuales le consideran en el último lugar de importancia en la influencia de la infiltración del agua. Y por último los usos de suelo y la cobertura vegetal juegan un papel importante en la recarga, y mencionan ellos que estas variables pueden ser manejadas por la acción humana, las cuales pueden ser cambiadas a favorecer las condiciones para favorecer la infiltración del agua.

Entonces, la ecuación queda de la siguiente manera:

$$PRH = [0.25(P) + 0.21(Ts) + 0.20(Tr) + 0.16(Cve) + 0.18(Us)]$$

Para la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica se remplazaron los valores (ponderaciones) encontrados por cada criterio evaluado en campo, según cada criterio que corresponda, para tener al final el potencial de recarga hídrica de un sitio particular, a continuación se muestra un ejemplo para el caso de El Silencio;

$$PRH = [0.25(4) + 0.21(2) + 0.20(4) + 0.16(3) + 0.18(2)]$$

PRH= 3.06

El procedimiento fue similar para las demás zonas identificadas y evaluadas, que al final mediante sumatoria determinan la posibilidad de recarga de cada sitio identificado.

Los resultados finales por cada criterio y por cada sitio identificado y evaluado indican que las zonas de El Silencio, Sitio Mata, San Rafael y Pacayitas tienen una moderada posibilidad para que ocurra la infiltración del agua (Cuadro 39). Chitaría es el sitio con las mejores calificaciones obtenidas en todo los criterios evaluados, que descifran condiciones de alta posibilidad de recarga hídrica en dicho lugar.

Cuadro 39. Resumen de las evaluaciones de cada elemento por sitio

Sitio	Criterios evaluados					Ponderación (sumatoria)	Posibilidad de Recarga
	<i>Pendiente</i>	<i>Tipo de suelo</i>	<i>Tipo de roca</i>	<i>Cobertura vegetal</i>	<i>Uso del suelo</i>		
El Silencio	1.00	0.42	0.80	0.48	0.36	3.06	Moderada
Sitio Mata	1.00	0.42	0.80	0.64	0.54	3.40	Moderada
San Rafael	1.00	0.42	0.60	0.64	0.72	3.38	Moderada
Chitaría	1.00	0.63	0.80	0.64	0.72	3.79	Alta
Pacayitas	1.00	0.42	0.60	0.64	0.54	3.20	Moderada

Si se analizan los criterios evaluados, la pendiente es un uniforme y homogéneo en todos los sitios (Figura 28), similar sucede para el tipo de roca, con ciertas variaciones en los sitios evaluados, tal es el caso de San Rafael y Pacayitas que poseen ponderaciones más bajas que los demás sitios. En cuanto al porcentaje de cobertura presente en los sitios, El Silencio obtiene la evaluación más baja para este criterio, cabe indicar que la cobertura del lugar es caña de azúcar en pleno crecimiento con una cobertura menor al 30%.

El tipo de suelo (textura) y el uso del suelo son los elementos que han obtenido ponderaciones más variadas y bajas con respecto a los demás elementos, de cierta forma han influido en los resultados finales, limitando la posibilidad de recarga de dichos sitios. Siendo estos elementos las que se pueden manejar por el hombre para favorecer la infiltración de agua en dichos sitios. Calder (2000), indica que los acuíferos se podrían incrementar o disminuir como resultado de los cambios de uso de suelo. 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.

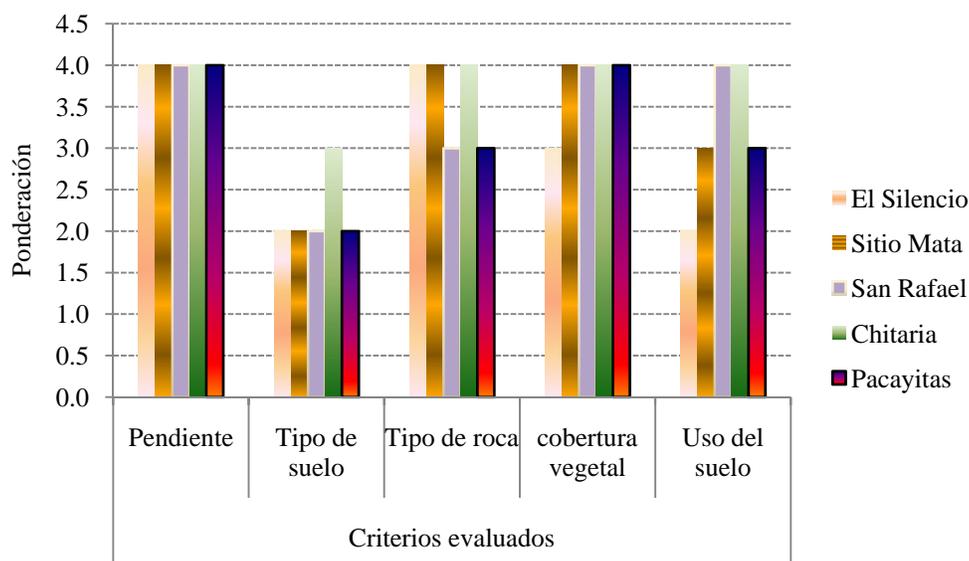


Figura 28. Potencial de recarga hídrica, según criterios evaluados en los diferentes sitios

#### 4.2.1.5.1 Delimitación y mapeo de las zonas potenciales de recarga hídrica inmediatas a las nacientes de agua

Una vez que se realizaron todas las evaluaciones, se procedió a delimitar una aproximación de los límites de las zonas potenciales de recarga hídrica inmediatas a cada nacimiento, recorriendo con el GPS alrededor del área, según la conformación del relieve, teniendo en cuenta que la zona delimitada sea la más homogénea posible (con relieves relativamente suaves y homogéneas).

La información recogida de campo con el GPS y los criterios evaluados, se procedió a procesar la información con el programa “Arc View”, en la que se obtuvo el mapa final de las zonas potenciales encontradas a partir de las cinco nacientes trabajadas.

Se encontró dos niveles potenciales de recarga hídrica en los sitios evaluados, un primer nivel corresponde a una alta posibilidad de recarga para Chitaría (Figura 29), por tener las mejores condiciones biofísicas que favorecen la infiltración de agua bajo los criterios evaluados, el segundo nivel es la moderada posibilidad de recarga hídrica para El Silencio, Sitio Mata, San Rafael y Pacayitas. Las características de estas zonas pueden ser mejoradas, si se realizan prácticas favorables a la infiltración del agua, que permitiría elevar o mantener el potencial de dichas zonas de recarga

Si bien la delimitación de las zonas potenciales de recarga, ha sido por iniciativa propia de las organizaciones locales, mediante la combinación de elementos técnicos y prácticos (valoración del conocimiento local), no se descarta la posibilidad de que dicha delimitación pueda ser mejorada, y ajustada por otras metodologías cuando se le quiera dar valor legal. En este sentido, es el MINAE, previa consulta del AyA y el SENARA tiene la competencia legal para propiciar la protección de dichas áreas a favor del estado y las comunidades, una vez delimitado (Ley Forestal N° 7575, artículo 33).

Los terrenos incluidos dentro de estas áreas de protección, están sujetas a ciertas limitaciones. Es decir, estas áreas no pueden realizarse algunas actividades ya que lo que se busca es garantizar la conservación y protección del agua. En ninguna de estas áreas se pueden realizar actividades de tala o destrucción de árboles (Artículo 34 de la Ley Forestal N° 7575).

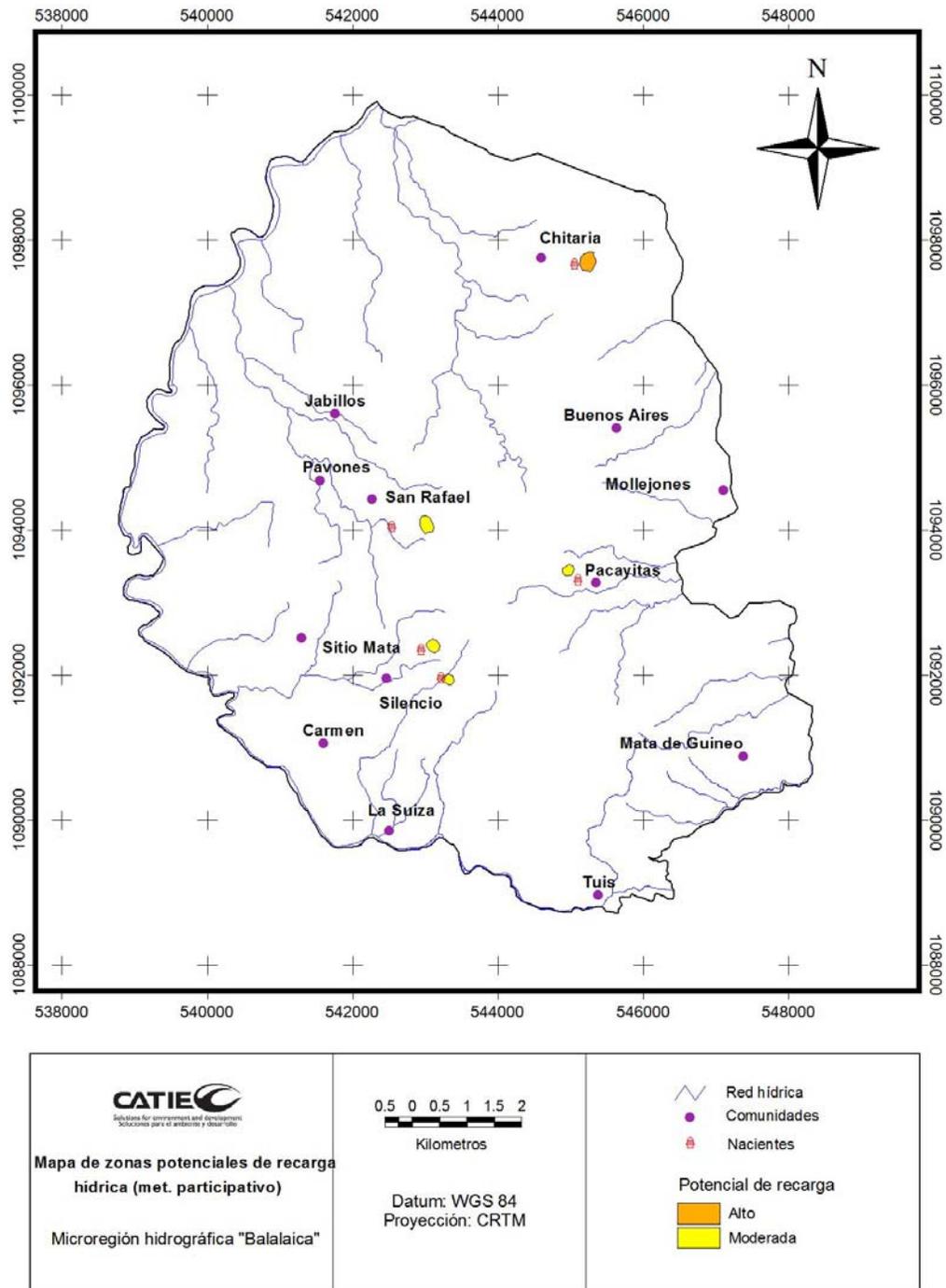


Figura 29. Mapa de zonas potencial de recarga hídrica en los sitios identificados mediante el método participativo

#### 4.2.1.5.2 Determinación del potencial de recarga hídrica de la microregión, usando los elementos del modelo en “Arc View”

Para la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica de toda la microregión, se usaron las tablas de evaluación y la ecuación ajustada de Matus (2007), que fueron procesadas en el programa “Arc View”. Las unidades de mapeo; pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, porcentaje de cobertura vegetal (definido a partir del uso actual del suelo) y el uso del suelo, fueron reclasificados en cinco categorías y asignadas las ponderaciones respectivas, según los cuadros de evaluación descritos en el capítulo de metodología.

El 60.94% de la microregión presentan un moderado potencial de recarga hídrica, siendo esta categoría la mayor extensión del territorio (59.39 km<sup>2</sup>) (Cuadro 40). Dichas áreas están ubicadas en la parte media de la microregión (alrededor de la fila Balalaica) (Figura 31). El 33.26% (32.42 km<sup>2</sup>) poseen un alto potencial de recarga hídrica; dichas áreas están concentradas en su mayoría en la parte alta (fila Balalaica) y hacia el norte de la microregión. El 4.25% (4.14 km<sup>2</sup>) poseen un potencial muy alto de ocurrir la recarga hídrica; dichas áreas se encuentran definidas y concentradas en la fila Balalaica y hacia la comunidad de Chitaría, y en una menor proporción, en la parte baja cercana al río Tuis. Por último, la microregión posee un potencial de recarga bajo y muy bajo en un 1.55% de su territorio (1.55 km<sup>2</sup>) ubicadas cercanas a las comunidades de Bóveda, Sitio Mata y Chitaría.

Cuadro 40. Potencial de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica

Potencial de recarga hídrica	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Muy bajo	0.03	0.03
Bajo	1.49	1.52
Medio	59.39	60.94
Alto	32.42	33.26
Muy alto	4.14	4.25
Total	97.46	100.00

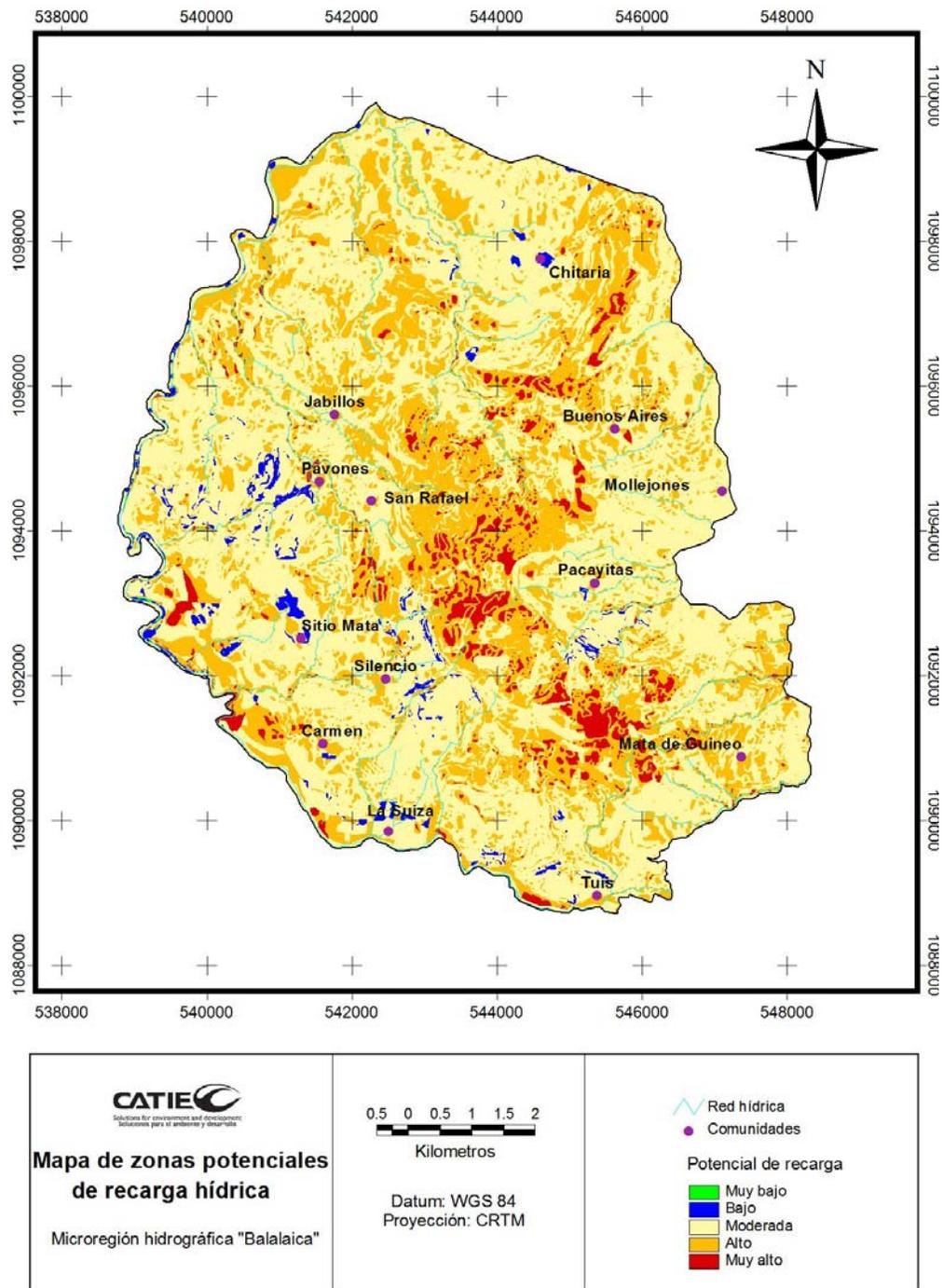


Figura 30. Mapa de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión Balalaica

Al sobreponer el mapa de zonas potenciales de recarga hídrica a partir de la nacientes (método participativo) y el mapa de zonas potenciales de recarga hídrica apoyado con el programa “Arc View” para toda la microregión, se encontró similitud entre ellas (Cuadro 41), con ciertas variaciones en las categorías de recarga, para el caso de San Rafael, Sitio Mata y Chitaría, en las que se encontraron posibilidades bajas, moderadas y altas de recarga de agua para ambos métodos. Cabe indicar que las escalas de trabajo pueden influenciar en la determinación, mientras que uno de los mapas es para nacientes puntuales con evaluaciones in situ, mientras que el otro mapa es para toda la microregión.

Cuadro 41. Comparación de posibilidades de recarga hídrica, usando el método participativo y realizado con el Arc View para toda la microregión

Sitio	Recarga (met. participativo)	Recarga (uso del Arc View)
El Silencio	Moderada	Moderada
Sitio Mata	Moderada	Moderada y baja
San Rafael	Moderada	Alta
Chitaría	Alta	Moderada y alta
Pacayitas	Moderada	Moderada

Con estos resultados obtenidos, en cierto modo, se validan los elementos de la metodología aplicada, más no la distribución espacial de los mapas debido a las diferentes escalas trabajadas. En este sentido, Domínguez (2008) indica que las zonas potenciales de recarga seleccionadas 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, el involucramiento de la gente interesada en conocer los sitios potenciales de recarga hídrica de sus nacientes, asegura el éxito en gestiones futuras. Del mismo modo FAO (2007) menciona que la participación efectiva de la población local es indispensable para impedir que siga gravándose el desequilibrio ecológico en las cuencas hidrográficas.

Sin embargo, pueda que hayan variaciones para otras realidades distintas a las trabajadas, por lo que sigue siendo sujeto a ajustes y cambios en los elementos estudiados.

#### 4.2.2. Identificación y evaluación de zonas de riesgo a deslizamientos

No existe un procedimiento estandarizado para la preparación de mapas de susceptibilidad a deslizamientos y existe mucha libertad en la determinación de los pasos a seguir (Suárez, 1998). En este sentido, considerando las características de la microregión hidrográfica (variada topografía, diversos pisos altitudinales, etc.), se usó la precipitación como el factor principal de disparo. Según MMA (1998), el agua funciona como principal desestabilizador, a veces reduciendo las fuerzas estabilizadoras y/o aumentando las desestabilizadoras, además es el elemento desencadenante en las áreas de montaña y en las cuencas torrenciales. Otros factores que de una u otra forma propician la vulnerabilidad a los deslizamientos son: la pendiente, el factor antrópico (uso del suelo) y la geología también fueron elementos de análisis para determinar las zonas de riesgo a deslizamientos en la microregión hidrográfica Balalaica.

La microregión hidrográfica en su mayoría posee un riesgo moderado a la ocurrencia de deslizamientos; esta cifra alcanza el 44.29% (43.17 km<sup>2</sup>) de la microregión, encontrándose dichas zonas indistintamente en toda la microregión, con ciertas concentraciones hacia el este, oeste y norte del ámbito de estudio. Un porcentaje significativo lo constituye también las zonas de riesgo bajo (32.97%) que hacen una extensión de 32.13 km<sup>2</sup> (Cuadro 42); dichas áreas están concentradas a lo largo de la comunidades del Carmen, La Suiza, y Tuis, así como también, parte de la fila Balalaica y hacia el norte en sitios dispersos (Figura 31).

Las zonas de alto riesgo a deslizamiento constituyen el 15.71% de la microregión; dichas áreas están muy marcadas alrededor de la fila Balalaica y en el norte del ámbito en la comunidades de Jabillos, Chitaría, Buenos Aires, parte de San Rafael y Mollejones. A esto se puede agregar las zonas de riesgo muy alto a deslizamientos que hacen un 0.91% del ámbito, y su ubicación es muy marcada en el norte de la microregión básicamente por la comunidad de Chitaría. El alto y muy alto riesgo a deslizamientos encontrados en la microregión se pueden atribuir a los factores detonantes (precipitación y relieve del terreno) que propician dicho potencial, tal es así, la precipitación en esas zonas (Chitaría, Buenos Aires y Pacayitas) supera los 3000 milímetros anuales, esto, aunado un relieve escarpado

con pendientes mayores de 65% y presencia de actividades agropecuarias, hacen que dichas áreas se ven amenazados por la ocurrencia de deslizamientos.

Cuadro 42. Zonas de riesgo a deslizamientos en la microregión hidrográfica Balalaica

Riesgo a deslizamientos	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Muy bajo	5.94	6.09
Bajo	32.13	32.97
Moderado	43.17	44.29
Alto	15.33	15.73
Muy alto	0.89	0.91
Total	97.46	100.00

Meléndez (2001) reporta áreas con riesgo a deslizamientos por la carretera a Pacayitas, en dicha zona existen dos deslizamientos ubicados al norte de la comunidad de La Suiza, por la carretera que conduce a Pacayitas, más o menos a 200 metros antes del cruce de El Silencio. Proti citado por Meléndez (2001), reporta que el primer deslizamiento tiene aproximadamente 50 metros de largo con un espesor estimado de 10 metros, que tiene un volumen de 75000 m<sup>3</sup> de material potencialmente deslizable. Este deslizamiento está asociado a una falla geológica de Tuis reportado por Fernández (1987). Esta información fue vista en campo y se corrobora en el mapa con una categoría de alto riesgo a deslizamientos. Este escenario se ve complicado debido a la presencia de cultivo de la caña al rededor y algunas viviendas, lo que aumenta la vulnerabilidad de la zona. Un segundo deslizamiento que reporta el mismo autor, se localiza al este de la zonas descritas anteriormente, tiene una ancho aproximado de 200 metros una longitud de alrededor de 500 metros, para un volumen de  $1.5 \times 10^3$  m<sup>3</sup> de material deslizable.

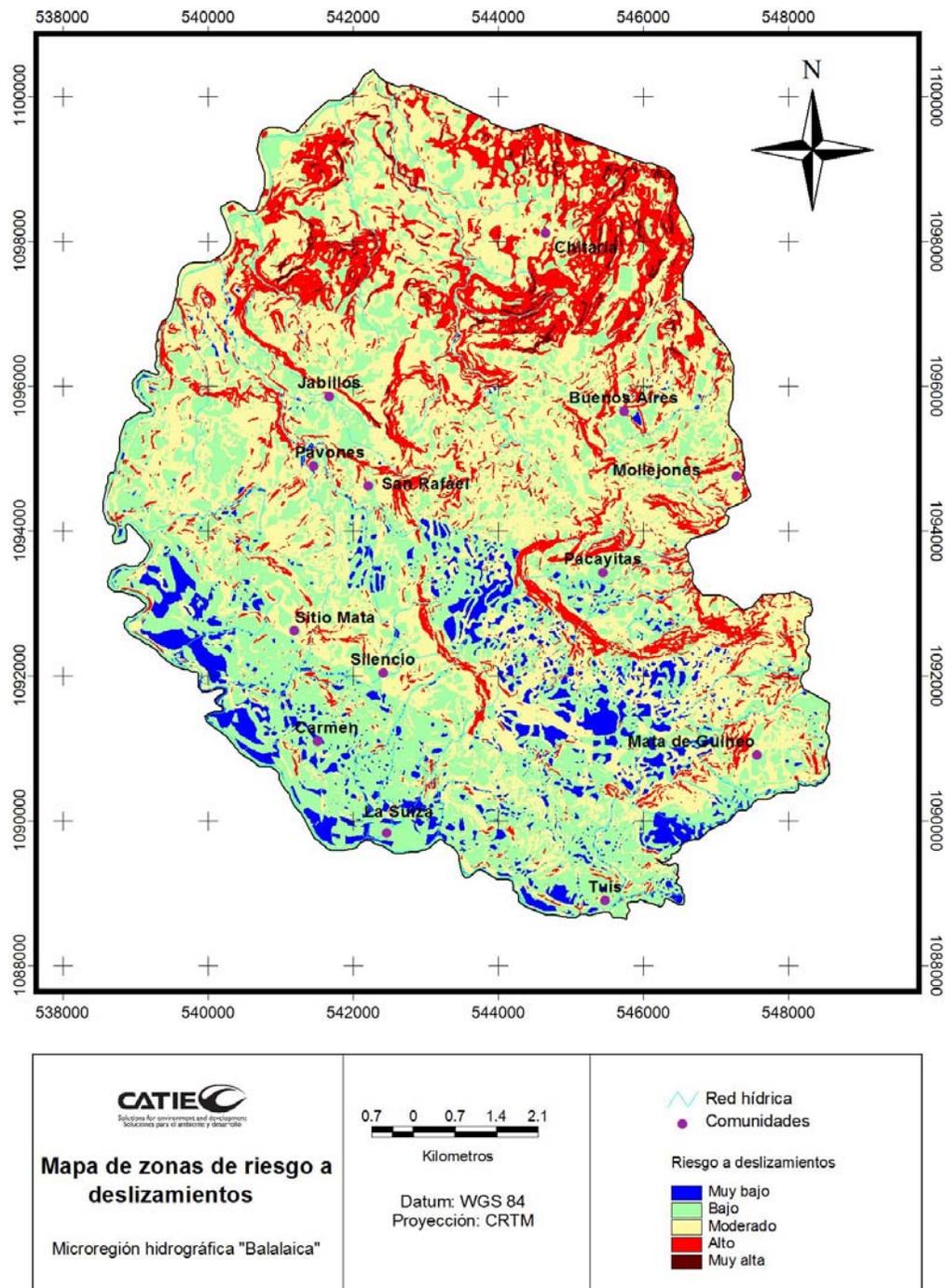


Figura 31. Mapa de zonas de riesgo a deslizamientos de la microregión hidrográfica Balalaica

CNE (2003), indica que las características topográficas y geológicas hacen que el cantón de Turrialba, sea especialmente vulnerable a deslizamientos y actividades sísmicas. A raíz del terremoto de Limón de 1991, fue el cantón que presentó los mayores problemas de

deslizamientos en poblaciones como Pavones, Chitaría y La Leona. En el caso del deslizamiento de la Quebrada La Leona, se debe recalcar que este representa una amenaza grave, tanto para el caserío de La Leona, como para las carreteras principales entre La Suiza y Tuis. Además señala zonas de alta vulnerabilidad a los deslizamientos de los caminos de acceso a las poblaciones de Pacayitas, Cabeza de Buey, Pacuare, Chitaría, Pavones, tal como se puede observar en el mapa elaborado, sobre todo por las características del terreno con relieves muy escarpados. También, reporta fracturas de terreno productos de actividades sísmicas más recientes, por fallas ubicadas en Tuis, Pílon de azúcar y Pavones.

### **4.3. Formulación de la propuesta de ordenamiento territorial**

#### **4.3.1. Análisis de escenarios del territorio.**

Según Dengo et al (1998), un escenario es un modelo hipotético de la situación futura de un sistema, de acuerdo a la evolución de sus procesos, para evaluar (o comprender) y orientar la toma de decisiones.

Según MRE (1998), el modelo de ocupación y uso del territorio en el futuro puede responder a diversos escenarios; a) *escenario tendencial*, cuando se mantienen las causas que determinaron el modelo actual de ocupación y uso del territorio; b) *escenarios alternativos*, cuando algunos elementos o procesos, que determinaron el modelo actual, registran cambios en la proyección tendencial. El análisis de estos diversos escenarios, permitirá a la sociedad seleccionar un escenario deseado, que se constituye en una imagen objetivo del territorio para efecto de diseñar una estrategia para la ocupación ordenada y el uso sostenido del territorio.

Se elaboraron cuatro escenarios, el primero constituye el escenario actual propuesto con base al uso actual y los conflictos de uso del suelo. El segundo escenario es el tendencial, con proyección de 15 años (hasta el 2023), en este escenario se tiene en consideración las proyecciones de los usos y los conflictos de uso del suelo con base al índice anual de

deforestación y al crecimiento poblacional, asumiendo que los problemas actuales persisten, sin cambios en el aspecto legal, político y nivel tecnológico.

Un tercer escenario, es el ideal, elaborado con base a la capacidad de uso, donde se integra además, las áreas de manejo especial y las zonas de riesgo a deslizamientos, considerando este escenario como lo más deseable del modelo territorial, cuando no existen restricciones de medios, recursos y voluntad.

Y por último un escenario intermedio (la zonificación del área protectora y la propuesta final de zonificación de la microregión), donde se considera un escenario más realista, y con más posibilidades de ser adoptado como imagen objetivo del plan a un cierto horizonte temporal (15 años), dado a que se plasman los intereses de los grupos organizados y de la población. Se considera aquí los elementos del escenario ideal, teniendo en cuenta los conflictos de uso ya ocasionados y otros aspectos resaltantes para la gestión sostenible del territorio.

#### **4.3.1.1 Escenario actual de la microregión hidrográfica Balalaica**

El modelo actual de ocupación y uso del territorio es el producto de procesos sociales, económicos y políticos ocurridos, tanto en el ambiente interno como en el ambiente externo del territorio. Analizar este proceso histórico es de suma importancia para determinar las causas que determinaron esta situación (MRE 1998). Los elementos necesarios para el presente análisis lo determinan el uso actual y los conflictos de uso del suelo que se viene suscitando en la actualidad.

##### **4.3.1.1.1 Uso actual del suelo**

La evaluación del uso del suelo fue mediante el procesamiento de la información cartográfica; esta información sirvió de apoyo para la verificación e identificación de nuevos patrones de uso en campo. Se realizó agrupaciones y se determinaron nueve categorías de uso, las que se describen en el Cuadro 43.

Cuadro 43. Categorías de uso actual de suelo de la microregión hidrográfica Balalaica

Categorías de uso	Descripción
Bosques	En esta categoría predominan los bosques secundarios, bosques primarios representados en núcleos dispersos y en general se distinguen las especies latifoliadas.
Pasto natural	Los pastizales son áreas desprovistos de bosques, con plantas herbáceas que crecen en forma natural denominados localmente “zacate”, y presencia de escasos árboles de sombra, este sistema usados básicamente para una ganadería de tipo extensiva.
Café	En esta categoría se agrupan cultivos de café con sombra en su mayor extensión y sin sombra en una menor proporción. Las especies de sombra más comunes observados son el poró ( <i>Erythrina poeppigiana</i> ) y el laurel ( <i>Cordia alliodora</i> ), como sombra permanente y el banano como sombra temporal.
Charrales y tacotales	En esta sección se agrupa a terrenos ocupados por plantas herbáceas y arbustivas, generalmente corresponden a terrenos agrícolas y/o pastizales que se encuentran en barbecho y en abandono.
Caña de azúcar	La caña de azúcar es uno de los cultivos principales en la zona, manejados con un nivel de tecnología intermedia, las variedades cultivadas locales en mayor extensión es la “peojota” y la “47”.
Asentamientos humanos	Esta categoría corresponde a núcleos poblacionales que son capitales de distritos y comunidades importantes de la microregión.
Sistemas silvopastoriles	En estas aéreas se encuentran pastos naturales y pastos mejorados como la <i>Brachiaria</i> sp, asociado con árboles de laurel con una cobertura aproximada de 25%, usados para básicamente para ganadería de leche y carne.
Cuerpos de agua	Corresponden a ríos, en este caso agrupan los ríos Reventazón, Tuis y otros riachuelos y quebradas importantes. También se representa algunas naturales.
Plantaciones forestales	En estas áreas se encuentran plantaciones de pino manejados para uso industrial, en este caso dicha áreas corresponden a la empresa “Celulosa”, que aprovecha la madera para elaborar papel y otros derivados.
Cultivos perennes	Aquí se agrupan los cultivos perennes a excepción del café. Los cultivos que corresponden a esta categoría son macadamia, pejibaye y diversos frutales.
Cultivos anuales	En esta categoría están los cultivos de corto periodo vegetativo, cultivados a menor escala en la microregión. Los cultivos representativos en la zona son frijol, maíz, tomates, y chile dulce

El uso más predominante en la microregión hidrográfica Balalaica es el bosque con 28.17%, haciendo una superficie de 27.45 km<sup>2</sup> (Cuadro 44). Estas áreas de bosque (parches

de bosques primarios y bosques secundarios) se encuentran ubicadas en mayor proporción en las partes altas de la microregión, empezando desde el sur (Tuis) pasando por la fila Balalaica hacia el noreste de la comunidad de Chitaría (Figura 33). Cabe indicar, que estos remanentes de bosques se encuentran amenazados por la expansión de los cultivos de café, caña, el establecimiento de pastizales y la extracción ilegal de madera que vienen ocasionando pérdida de la biodiversidad y generando preocupación en la población circundante<sup>7</sup>

Cuadro 44. Distribución superficial del uso actual del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica

Usos del suelo	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Bosques	27.45	28.17
Pasto natural	24.27	24.91
Café	24.26	24.89
Charrales y tacotales	9.61	9.86
Caña de azúcar	5.85	6.00
Asentamientos humanos	1.61	1.65
Sistemas silvopastoriles	1.52	1.56
Cuerpos de agua	1.42	1.46
Plantaciones forestales	0.74	0.76
Cultivos perennes	0.66	0.68
Cultivos anuales	0.06	0.06
Totales	97.46	100.00

El pasto natural (24.91%) y el café (24.89%) son los usos que ocupan el segundo lugar en extensión dentro de la microregión. Los pastizales se encuentran distribuidos en mayor proporción al sureste del ámbito, conformado por las comunidades de Cien Manzanas, Mata de Guineo, Pacayitas, Mollejones y Buenos Aires, y ciertas áreas a los largo de la fila Balalaica y Pavones. Estos pastizales vienen siendo manejados en su mayoría bajo el sistema de pastoreo continuo (animales dispersos en el área, sin división de potreros), con cobertura natural (zacate), lo cual, bajo este sistema sin control de la carga animal, tiende a ocasionar el sobrepastoreo, impermeabilizando los suelos, y por ende, propiciando la escorrentía y desfavoreciendo la infiltración del agua de lluvia; estas áreas son típicos de la

<sup>7</sup> Comunicación personal con la Asociación ambientalista Balalaica

fila Balalaica. El tipo de ganado manejado básicamente es para la producción de carne y en menor proporción para leche.

El cultivo de café es una de las actividades agrícolas de mayor importancia económica y social en la microregión, por la generación de empleo temporal y permanente durante las fases del cultivo. El café se encuentra distribuido al suroeste y noroeste de la microregión, en tres sectores bien definidos dentro del ámbito. Un primer sector, lo conforman las áreas circundantes a las comunidades de El Carmen, El Silencio y Sitio Mata; un segundo sector, se encuentra por la comunidad de Jabillos; el último sector cafetalero, lo conforma la comunidad de Chitaría y Buenos Aires. Este cultivo viene siendo manejado en forma extensiva, con ciertas técnicas de conservación de suelos (curva de nivel, cortinas rompevientos) y en su mayoría manejados con sombra de poró, laurel y otros tipos de árboles de sombra.

Los charrales y tacotales ocupan una considerable extensión dentro del ámbito y representan el 9.86% del territorio; estas áreas están ubicados en forma dispersa en toda la microregión, el tipo de vegetación consiste de plantas herbáceas y arbustivas que se encuentran en descanso o barbecho. En su mayoría, estas áreas eran pastizales y cultivo de café que fueron abandonados por factores asociados a la baja rentabilidad del cultivo café y caña hace décadas atrás, y terrenos sobreexplotados e infértiles que eran antieconómicos manejarlos. Actualmente estas áreas vienen siendo las más propicias para convertirse nuevamente en cultivos de caña y pastizales, según la tendencia de cambio de uso<sup>8</sup> de la zona.

La caña de azúcar es el otro de los cultivos tradicionales y de suma importancia económica después del café, estas áreas ocupan el 6.00% que representa una extensión de 5,85 km<sup>2</sup> de la microregión. Dichas áreas están ubicadas en el suroeste del ámbito, básicamente en largo del río Tuis, en la parte baja de la comunidad de Pavones y Bóveda, además en las partes altas de la comunidad de Sitio Mata, El Silencio, Alto Alemania y Pacayitas. Este cultivo viene siendo manejado de forma semintensiva; según pobladores de la zona, el cultivo está

---

<sup>8</sup> Comunicación personal con Gerardo Jiménez (ASADA Pacayitas)

asentado desde hace más de 40 años, sin rotación de cultivos, lo cual es un indicador de la adaptación de este cultivo al medio. Sin embargo, bajo este sistema de manejo, existe la posibilidad de generar consecuencias de degradación de los suelos, debido a la intensificación en el manejo que se le viene dando, con alto uso de insumos externos para la producción (fertilizantes y pesticidas) y sin obras de conservación de suelos y agua; es el caso de las parcelas instaladas en El Silencio, Alto Alemania y Pacayitas cultivadas en su mayoría en laderas.

Otros usos como los sistemas silvopastoriles, cultivos perennes y cultivos anuales representan el 2.30% de la microregión, el cual se suman al rubro de usos agropecuarios que hacen un total del 58% del ámbito (Figura 32). Esto indica que en la actualidad la microregión hidrográfica Balalaica está siendo dominada por la actividad agropecuaria; dichas actividades son primordiales, porque es un rubro que los pobladores rurales sustentan sus familias. En cuanto a los sistemas silvopastoriles, estos se ubican principalmente al norte de la microregión cercanas a las comunidades de Chitaría y Buenos Aires; estos sistemas vienen siendo usados para la producción ganado de carne y leche. Los cultivos perennes agrupan el pejibaye, árboles frutales, macadamia entre otros cultivos y se ubican en las comunidades de Tuis, Sitio Mata y San Rafael. En cuanto a los cultivos anuales, se cultivan a una escala menor dentro de la microregión, sobre todo en la parte norte, en la comunidad de Chitaría, sobresaliendo el chile dulce, maíz, frijol, tomate, producidos para comercialización local y autoconsumo.

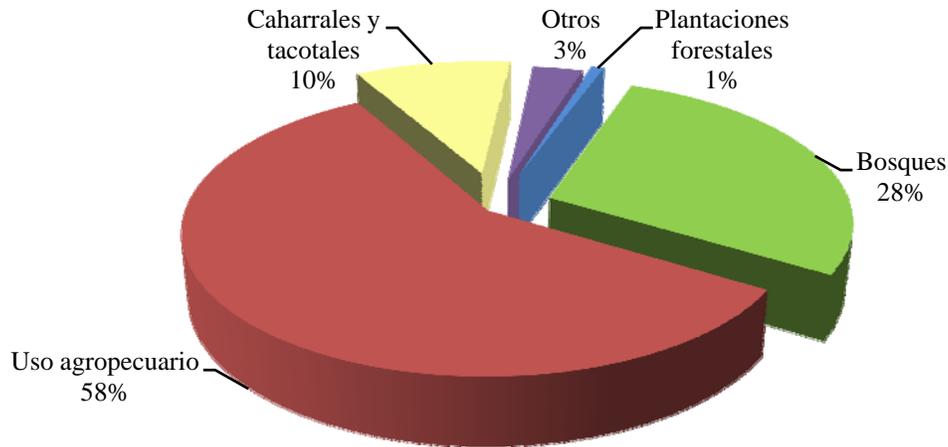


Figura 32. Distribución porcentual del uso actual del suelo, en la microregión hidrográfica Balalaica

Las plantaciones forestales se encuentran presente en una mínima extensión (0.74 km<sup>2</sup>) en la microregión y se ubican en las inmediaciones de la comunidad de Buenavista. Estas áreas son plantaciones de pino con un buen manejo técnico, destinados principalmente a la industria. Existen también pequeñas plantaciones de botarrama o chancho colorado (*Vochysia ferruginea*) y plantaciones de pilón (*Hyeronima alchorneoides*) ubicadas en la fila Balalaica, cercanas a la comunidad de San Rafael, dichas especies se adaptan muy bien a la región, las cuales fueron establecidos con fines de aprovechamiento y restauración forestal<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Comunicación personal con el Ing. Roberto Estrada, gerente de la empresa Ecorefugio Los Pavones

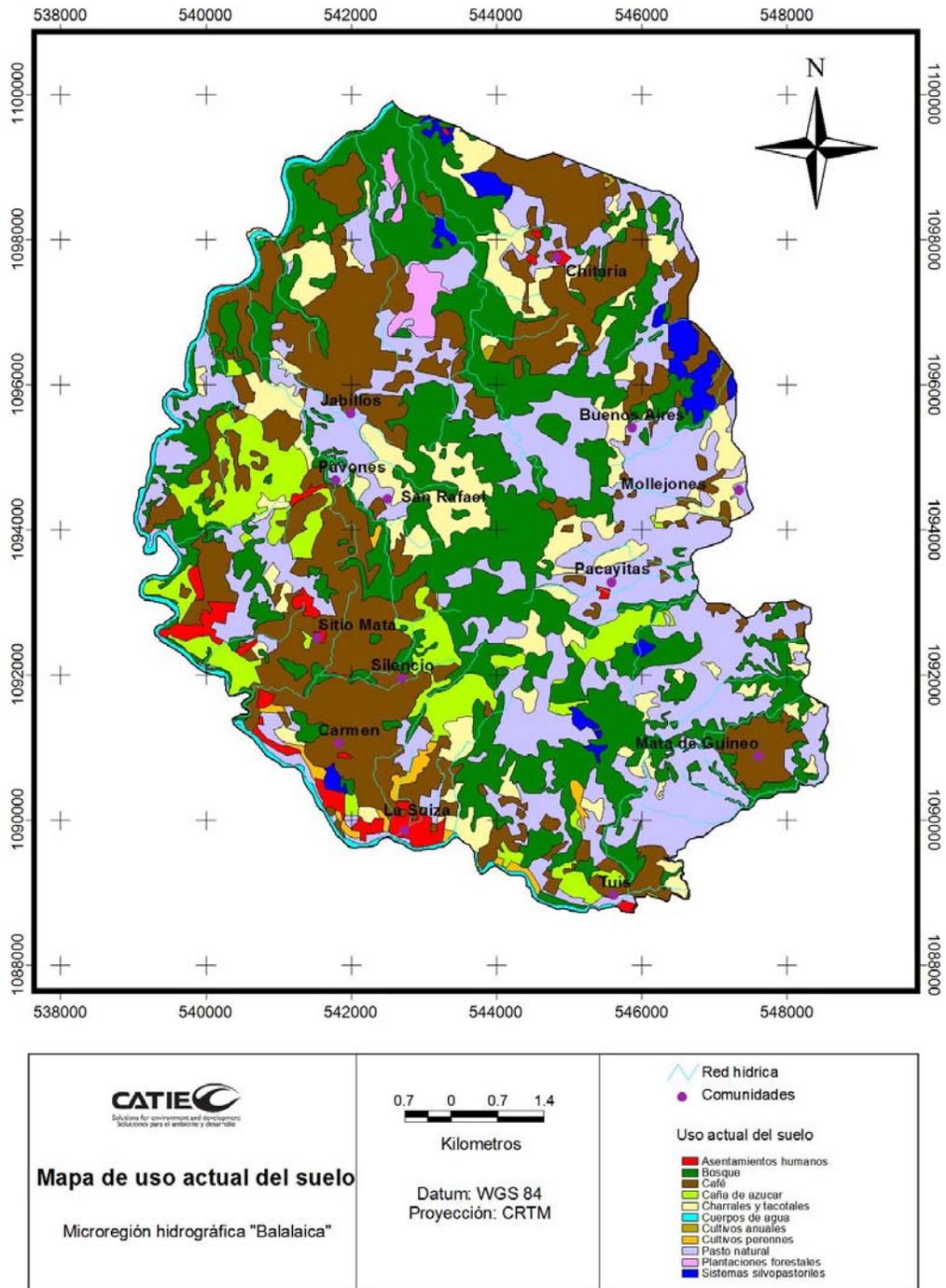


Figura 33. Mapa de uso actual del suelo de la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.3.1.1.2 Conflictos de uso del suelo

La obtención del mapa de conflictos de uso de la microregión hidrográfica, se realizó mediante la superposición de los mapas de usos actual con el mapa de capacidad de uso de

los suelos, usando el “map calculator” en el programa “Arc View”, para ello se elaboró una matriz de análisis (Cuadro 45) de tipo cualitativo que permitió definir las categorías de conflicto (sobreuso, adecuado, subuso y urbano).

El mayor porcentaje (40%) de la microregión se encuentra en uso adecuado (Figura 34); esto indica, que las actividades agropecuarias que se vienen desarrollando en dichas áreas, coinciden con la capacidad de uso de los suelos. Dichas áreas se encuentran concentradas al oeste y norte del ámbito, cercanas a las comunidades de El Carmen, Eslabón, Bóveda, y Chitaría (Figura 35).

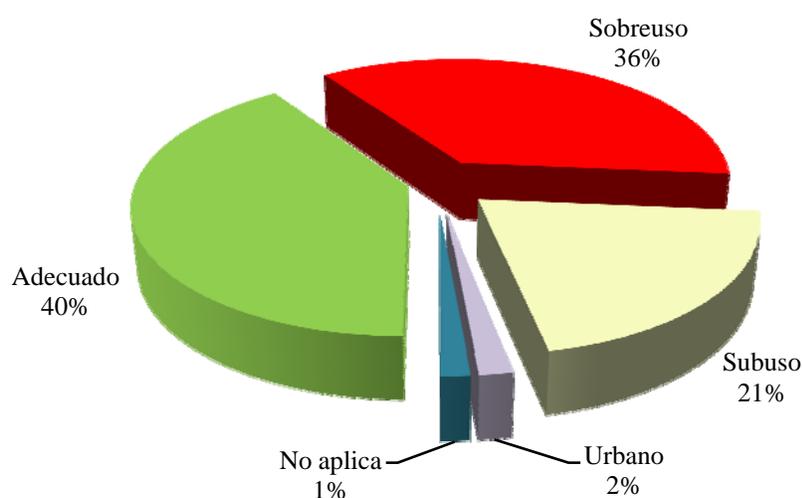


Figura 34. Distribución porcentual de los conflictos de uso del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica

Las áreas en subuso constituyen el 21% de la microregión, una extensión considerable, en la cual potencialmente puede ser aprovechable, desde un punto de vista económico, para la producción agropecuaria, pero, ambiental y socialmente aceptables en la microregión, dado los diversos servicios ecosistémicos que brindan los bosques, tal es el caso de ciertos parches de bosque primarios y secundarios presentes a lo largo del río Reventazón y en la fila Balalaica, que vienen cumpliendo algunas funciones como protección y regulación hídrica.

Tanto el uso adecuado como el subuso representan el 61% en la microregión, esto es un indicador que en la microregión se vienen aprovechando el recurso suelo en forma sostenida sin causar conflicto, esto va depender también de los futuros cambios de uso que se les puede dar a dichas áreas, sobre todo cuando se implementan actividades productivas con un manejo intensivo, que a medida que pasa el tiempo, pueden ocasionar degradación de los suelos.

Las áreas en sobreuso también representan un porcentaje significativo dentro de la microregión (36%). Estas zonas se encuentran concentradas al este (Pacayitas, Mollejones y Mata de Guineo) y al oeste (El Silencio, Sitio Mata y Pavones) del ámbito. Dichas áreas se encuentran en condiciones de deterioro progresivo de los suelos. Se puede indicar que los suelos de El Silencio y Pacayitas poseen una capacidad de uso para producción forestal, manejo de bosques y protección. Sin embargo estas áreas, están siendo aprovechadas para la producción de caña de azúcar y ganadería, por lo que son muestras de sobreuso del suelo, debido a una alta intensificación en el manejo de cultivo y el tipo de sistema de pastoreo utilizado. Estas son las áreas donde se debe poner mucha atención, sobre todo cuando se pretende hacer un plan de aprovechamiento óptimo del suelo.

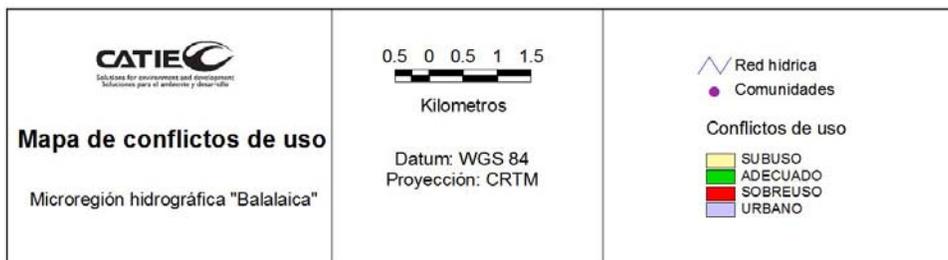
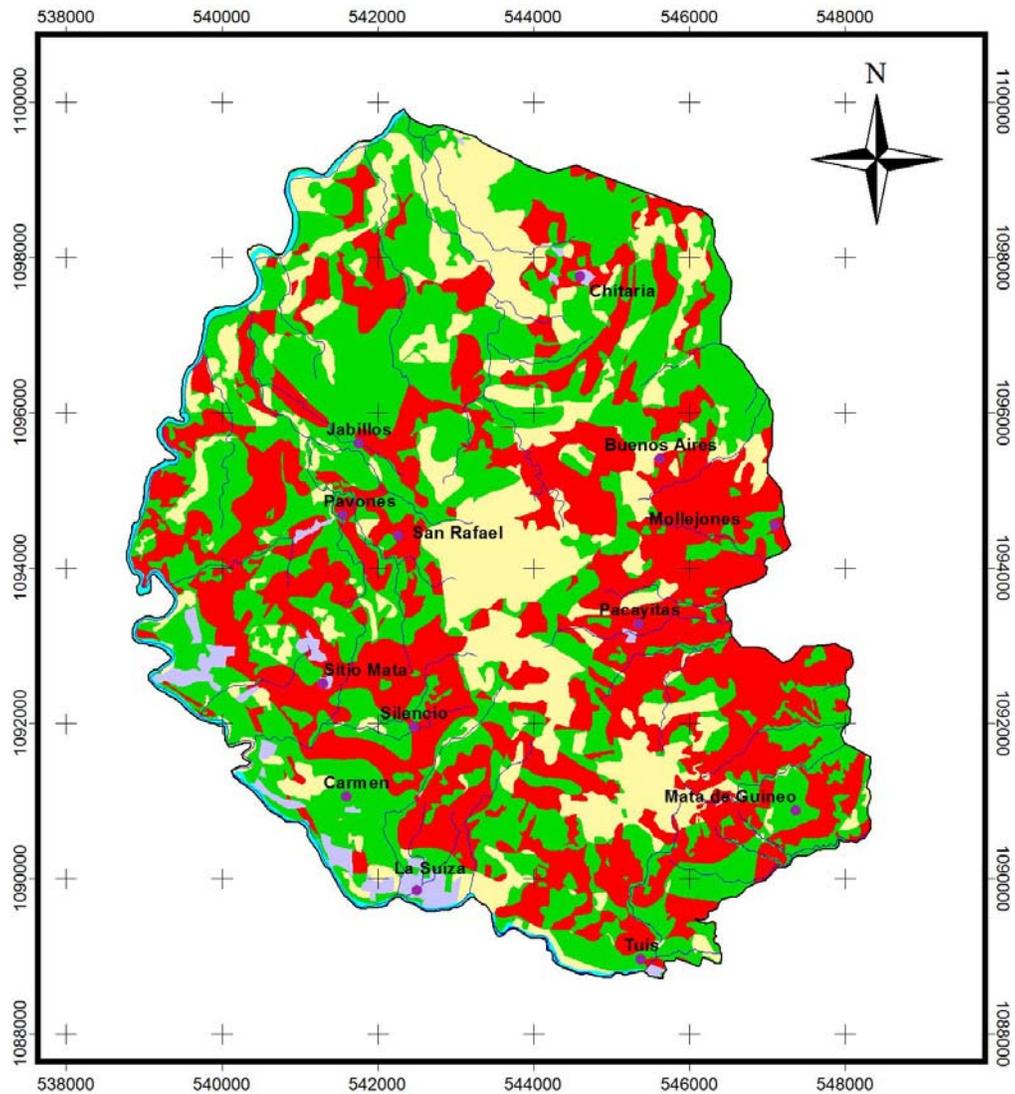


Figura 35. Mapa de conflictos de uso de la microregión hidrográfica Balalaica

Cuadro 45. Matriz de conflictos de uso de la microregión hidrográfica Balalaica

Categorías de uso	Categoría A (100): <i>Uso agropecuario</i>	Clase VI (200): <i>Producción forestal o cultivos permanentes</i>	Clase VII (300): Manejo de bosque o regeneración natural	Clase VIII (400): <i>Protección</i>
Bosques (1)	subuso (101)	subuso (201)	adecuado (301)	adecuado (401)
Pasto natural (2)	adecuado (102)	sobreuso (202)	sobreuso (302)	sobreuso (402)
Café (3)	adecuado (103)	adecuado (203)	sobreuso (303)	sobreuso (403)
Charrales y tacotales (4)	subuso (104)	subuso (204)	adecuado (304)	sobreuso (404)
Caña de azúcar (5)	adecuado (105)	sobreuso (205)	sobreuso (305)	sobreuso (405)
Asentamientos humanos (6)	urbano (106)	urbano (206)	urbano (306)	urbano (406)
Sistemas silvopastoriles (7)	adecuado (107)	adecuado (207)	adecuado (307)	sobreuso (407)
Cuerpos de agua (8)	no aplica (108)	no aplica (208)	no aplica (308)	no aplica (408)
Plantaciones forestales (9)	subuso (109)	adecuado (209)	adecuado (309)	sobreuso (409)
Cultivos perennes (10)	subuso (110)	adecuado (210)	sobreuso (310)	sobreuso (410)
Cultivos anuales (11)	adecuado (111)	sobreuso (211)	sobreuso (311)	sobreuso (411)

#### 4.3.1.2 Escenario tendencial de la microregión hidrográfica Balalaica

Para el análisis del escenario tendencial se pueden usar muchas variables, tanto negativas (deforestación, incendios, crecimiento poblacional, entre otros) como variables positivas (reforestación, conservación de suelos, entre otras); esto depende de la disponibilidad de la información y confianza de la misma. Para el presente estudio solamente se usaron los indicadores de crecimiento poblacional y de deforestación y además de otros factores evaluados en campo e información recogida en los talleres participativos. A continuación se detalla las variables usadas:

- *Tasa de crecimiento poblacional*: se consideró para ello la tasa promedio anual nacional: 1.39%<sup>10</sup>. Para el análisis de esta variable se considera ciertas restricciones, en este caso, la tasa permanece constante durante los 15 años de proyección. Para el cálculo del crecimiento poblacional en la microregión se usó la fórmula aritmética de tipo exponencial:

$$P_x = p_i (1 + t)^n,$$

*Donde:*

$P_x$  : población proyectada en x años

$p_i$  : población inicial

$t$  : tasa de crecimiento

$n$  : número de años proyectados

- *Deforestación anual*: para efectos de proyección se tomó la tasa de deforestación de 0.8% anual de Costa Rica (EOSL y CCT 2002). Esta variable permanece constante en 15 años de proyección. Para el cálculo de la deforestación se usó la fórmula aritmética simple de proyección:

$$D_x = d_i (1 - t)^n,$$

*Donde:*

---

<sup>10</sup>Tomado de [http://indexmundi.com/es/costa\\_rica/tasa\\_de\\_crecimiento.html](http://indexmundi.com/es/costa_rica/tasa_de_crecimiento.html)

- Dx : área deforestada en x años  
di : bosque actual  
t : tasa de deforestación  
n : número de años proyectados

Para efectos del análisis tendencial, se ha creído conveniente poner ciertos supuestos adicionales tales como: a) no existen cambios tecnológicos en el tipo de manejo de los cultivos y actividades pecuarias; b) no se crean áreas protegidas.

Al analizar el crecimiento poblacional en los distritos de la microregión hidrográfica Balalaica, se obtiene que al año 2023 la población pasaría de 18,209 habitantes a 22,365 habitantes aproximadamente. Actualmente existe 1.61 km<sup>2</sup> de superficie ocupada por asentamientos humanos; bajo el ritmo de crecimiento, la superficie a ocuparse por asentamientos humanos alcanzaría aproximadamente a 1.97 km<sup>2</sup> (Cuadro 46), que representa un porcentaje de 2.02% de la microregión (Figura 36). Las poblaciones de la región, por cultura de expansión, en su mayoría ocupan lugares periféricos a la zona urbana y con cercanía a las carreteras, siendo La Suiza, Pavones y Tuis, las comunidades con mayores probabilidades a incrementar sus superficies. En este sentido, los usos que se encuentran instalados alrededor como el café, caña y pastizales, serán disminuidos en la superficie. Según las apreciaciones de los pobladores participantes en los talleres, una aproximación de las áreas que será disminuida por efectos de la ocupación de los asentamientos humanos, es la siguiente; 60% de pastizales, 30% de cafetales y 10% de cañales.

Cuadro 46. Uso del suelo tendencial del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica

Uso del suelo tendencial	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Café	25.05	25.71
Pasto natural	24.57	25.22
Bosques	24.34	24.97
Caña de azúcar	9.64	9.90
Charrales y tacotales	7.48	7.67
Asentamientos humanos	1.97	2.02
Sistemas silvopastoriles	1.52	1.56
Cuerpos de agua	1.42	1.46
Plantaciones forestales	0.74	0.76
Cultivos permanentes	0.66	0.68
Cultivos anuales	0.06	0.06
<b>Total</b>	<b>97.46</b>	<b>100.00</b>

Los bosques, según el análisis de deforestación en la microregión, muestran, que para el año 2023 hay una disminución en la superficie de 3.11 km<sup>2</sup>, pasando de 28.17% a 24.97% del ámbito de la microregión. Esta disminución del área se debería al establecimiento de cultivos y aprovechamiento de la madera con fines comerciales. Las áreas de bosques disminuidas estarían ocupadas por pastizales (10%) y cultivos como el café en 30% y caña en un 60%, siendo estas actividades las que más generan ingresos económicos a las familias. En este escenario el cultivo de caña incrementa su superficie en mayor escala en la microregión en 3.79 km<sup>2</sup>, pasando de 6.0% a 9.9% de superficie cultivada. Este cultivo sigue siendo prometedor en la microregión, se ha visto clara intención de los productores de caña (El Silencio, Sitio Mata, Alto Alemania y Pacayitas) de incrementar sus áreas. Dichas áreas de caña en el futuro estarían ocupando ciertas áreas que actualmente son charrales y tacotales.

Se puede apreciar los incrementos de los usos de pastos y café a menor escala, en 0.31% y 0.82%, respectivamente (Figura 36). Dichas actividades siguen constituyendo generación de mano de obra para los pobladores locales y fuente de ingreso para las familias dedicadas a dichas actividades. También se observa una disminución de los charrales y tacotales, producto de la expansión de cultivos de caña y pastos.

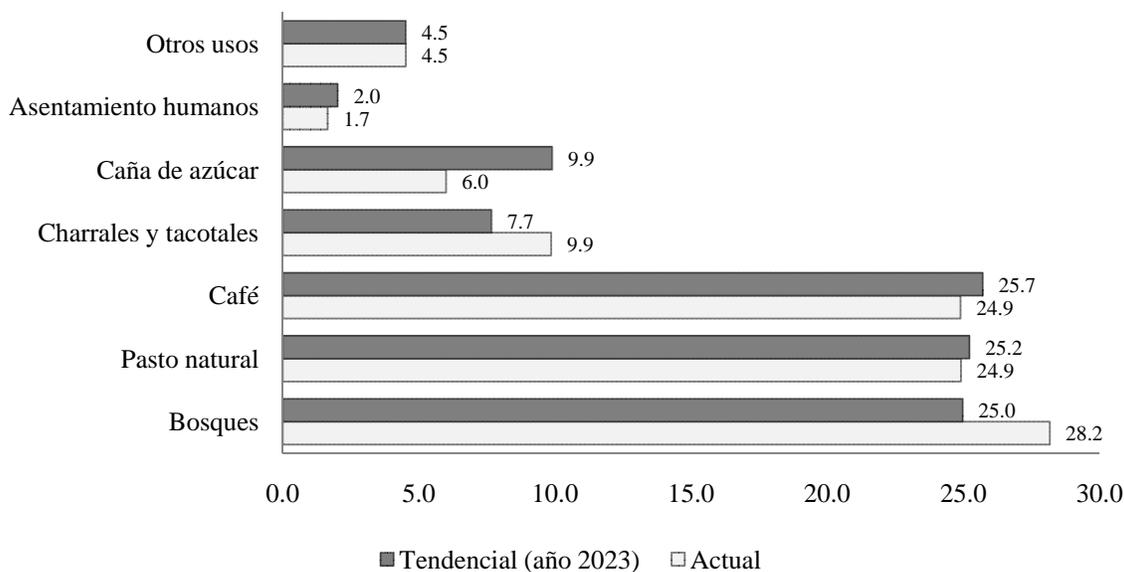


Figura 36. Distribución porcentual del uso actual y tendencial del suelo en la microregión hidrográfica Balalaica

Los cambios tendenciales de uso del suelo, indican un nuevo escenario de conflictos de uso en la microregión. Este proceso se realizó mediante la suma de capas de uso del suelo tendencial con el mapa de capacidad de uso del suelo, mediante el “map calculator” en el programa “Arc View”.

Las categorías de conflicto de uso tendencial, tanto para sobreuso y uso adecuado, muestran una distribución equitativa en porcentaje dentro de la microregión, ocupando el 39% dentro del ámbito (Figura 37). En este escenario, el sobreuso ganó terreno en 3.27% con respecto al uso adecuado, que disminuyó en 1.22% (Figura 38); similar sucede con respecto al subuso que disminuyó en 2.42%. Esto se explica que las actividades principales como la ganadería, la producción de café y caña, en su mayoría, se vienen estableciendo sin considerar la capacidad de uso de los suelos, generando más conflictos de uso, en este caso concentrado en las comunidades de Silencio, Pacayitas y Mollejones.

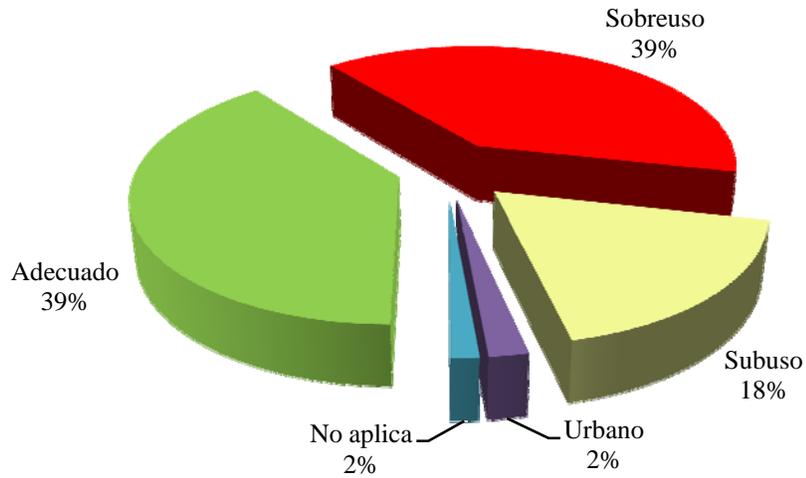


Figura 37. Distribución porcentual del conflicto de uso tendencial en la microregión hidrográfica Balalaica

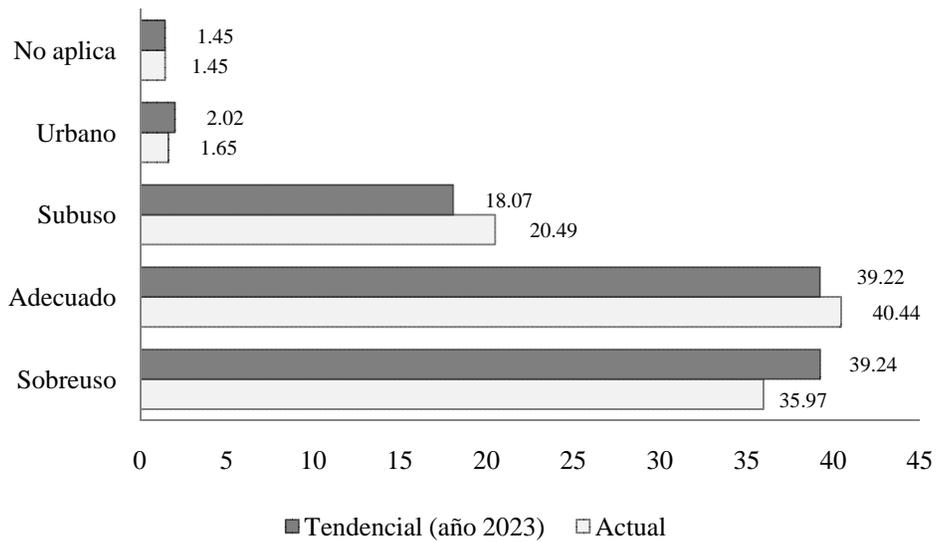


Figura 38. Distribución porcentual de los conflictos de uso actual y tendencial en la microregión hidrográfica Balalaica

### 4.3.1.3 Escenario ideal de la microregión hidrográfica Balalaica

En este escenario se considera la zonificación ideal de la microregión. Para ello se parte del análisis de la capacidad de uso del suelo, que es la base de lo ambiental, donde se procura un aprovechamiento óptimo del recurso suelo sin causar su degradación. También, se integran las áreas de manejo especial, donde el uso de dichas áreas se restringe según las leyes.

Y por último se integran las zonas de alto riesgo a deslizamientos, que también deben contener ciertas restricciones de uso, debido a una amenaza existente, ya sea por origen natural o antrópica. Bajo estas condiciones se configura el escenario ideal (óptimo) de la microregión hidrográfica, como el futuro más deseable del modelo territorial.

La integración de los mapas se realizó con la ayuda del SIG, mediante la combinación, (capacidad de uso + zonas de manejo especial + zonas de riesgo a deslizamientos) en el programa “Arc View”, dando como resultado ocho categorías de zonificación (Cuadro 47).

Cuadro 47. Categorías de la zonificación ideal, para la microregión hidrográfica Balalaica

Categorías	Área (km <sup>2</sup> )	Área (%)
Zonas de desarrollo agrícola y ganadero	14.45	14.82
Zonas para producción forestal, café y frutales	14.07	14.43
Zonas de manejo de bosques y/o regeneración natural	17.18	17.63
Zonas de protección (flora, fauna, etc.)	9.17	9.41
Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana	13.19	13.53
Protección de márgenes fluviales	11.31	11.61
Protección de captaciones de agua	0.48	0.49
Zonas núcleo	2.45	2.52
Zonas de amortiguamiento	13.55	13.90
Zonas de núcleos poblaciones	1.61	1.66
Total	97.46	100.00

A continuación se describen las categorías:

*Zona de desarrollo agrícola y ganadero.* En general estas zonas están definidas por su capacidad de uso de los suelos, en este caso corresponde a la categoría “A” que agrupa las

clases del I al V. Su importancia radica que en estas zonas se pueden establecer actividades agropecuarias bajo cualquier sistema técnico, siempre y cuando no degrade el terreno. Dichas zonas representan el 14.82% (Cuadro 48) de la microregión, ubicados a los largo de las comunidades de Tuis, La Suiza y la parte noroeste de la microregión, por la comunidad de Jabillos y Buenavista (Figura 39).

*Zonas de desarrollo para producción forestal y cultivos perennes.* Esta zona se caracteriza por presentar, según su capacidad de uso, las condiciones adecuadas para el aprovechamiento de la madera mediante la producción forestal, además de la implementación de cultivos permanentes como el café y frutales entre otras especies de valor comercial y adaptable a la zona. Esta categoría representa el 14.83% del ámbito, concentrados en la parte noreste de la microregión.

*Zona de manejo de bosques y/o regeneración natural.* Es la zona más representativa de la microregión, con el 17.63% del ámbito. Según su capacidad de uso pertenece a la clase VII, y son áreas propicias para el manejo de bosques y regeneración natural. Estas áreas se ubican con mayor concentración al este y oeste de la microregión por las comunidades de Sitio Mata, El Silencio, Pavones y San Vicente.

*Zonas de protección.* Estas áreas están definidas por las características propias de la clase VIII. Dichos terrenos poseen serias limitaciones biofísicas que solo están orientados a la protección de flora, fauna, zonas de recarga acuífera, etc. Representa el 13.53% de la microregión, y se ubican en los sitios más escarpados (alrededores de la fila Balalaica).

*Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana.* Estas áreas se caracterizan por estar ubicados en zonas potenciales de alto riesgo a deslizamientos, las cuales representan ciertas restricciones de uso para las actividades productivas o expansión urbana. Representan el 13.53% del ámbito y están ubicadas, en su mayoría al norte de la microregión cercanas a la comunidad de Chitaría.

*Protección de márgenes fluviales y captaciones de agua.* Para la protección de los márgenes fluviales se consideró la protección de 50 metros horizontales a partir de las riberas de los ríos principales de la microregión, según lo establecido en la Ley Forestal N° 7575 (artículo 33). También se considera, una protección de las captaciones de agua, con un radio de 200 metros, según la Ley de Aguas que declara dichas zonas como reserva a favor de la nación. La protección de los márgenes fluviales y captaciones de agua, representan el 12.10% de la microregión hidrográfica.

Con esta propuesta se pretende garantizar la protección del área, protegiendo la cobertura boscosa y restringiendo ciertos usos actuales que constituyen una amenaza a la calidad y cantidad del agua.

*Zona protectora Balalaica* (propuesta). Se incluye esta zona, como una propuesta de manejo y gestión de los recursos hídricos y de la biodiversidad. Su declaratoria se considera como un área silvestre protegida, bajo la categoría de zona protectora (artículo 58 de la Ley de Biodiversidad). Representa el 16.42% del ámbito.

*Zonas de núcleos poblacionales.* Estas zonas corresponden a las áreas actuales con asentamientos humanos, y zonas posibles de expansión urbana. Representa el 1.66% de la microregión.

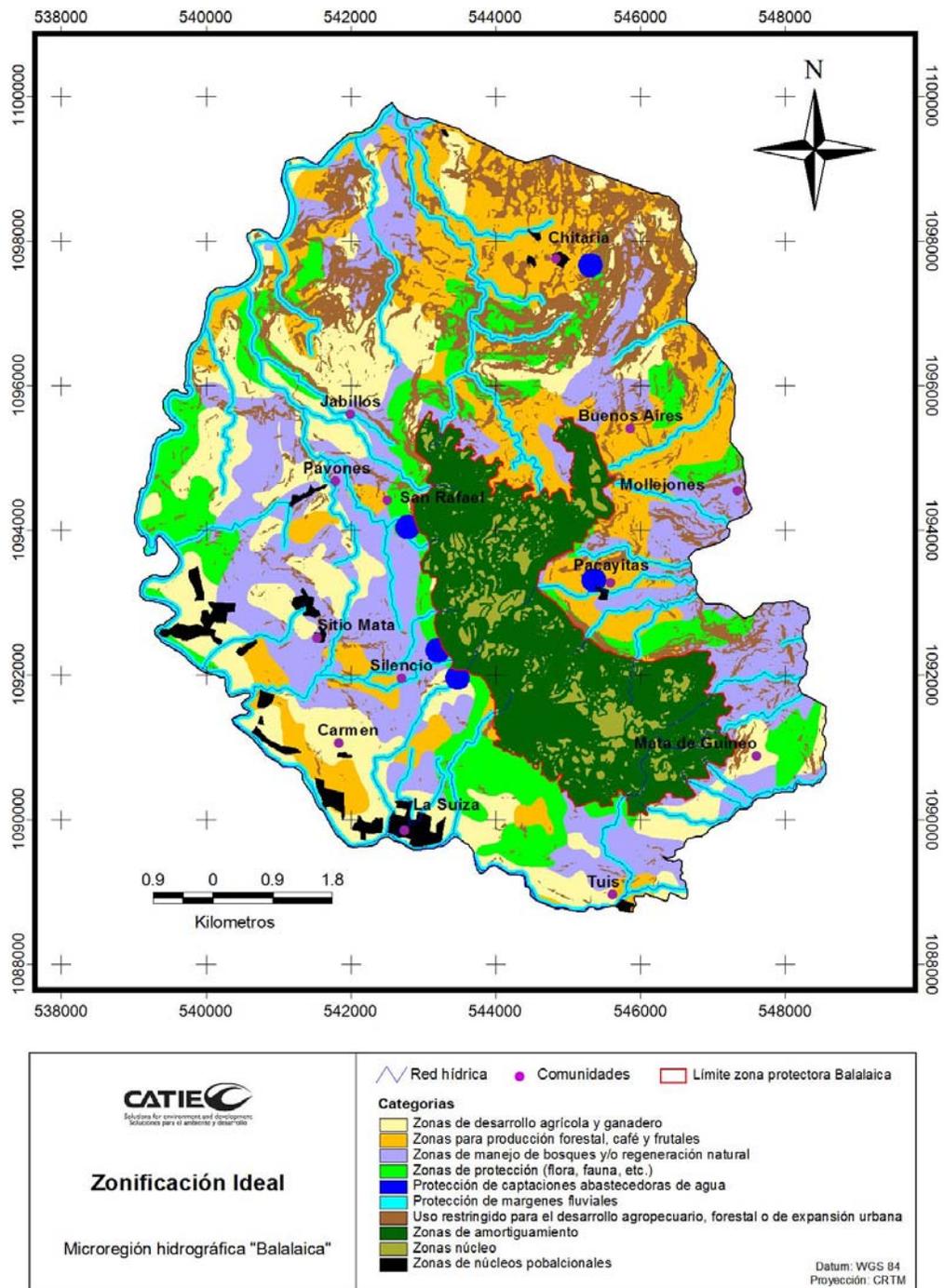


Figura 39. Mapa de zonificación ideal de la microregión hidrográfica Balalaica

#### **4.3.1.4 Escenario intermedio (o de consenso) de la microregión hidrográfica Balalaica**

El escenario intermedio (o de consenso) de la microregión, corresponde la zonificación del área protectora Balalaica que se integra a la propuesta final de zonificación, siendo esta propuesta con más posibilidades de ser adoptado como imagen objetivo de la microregión hidrográfica Balalaica. Contiene los principales intereses de la población, respecto a un mejor aprovechamiento de los recursos existentes, haciendo una optimización del uso del suelo basado a la capacidad de uso de los mismos.

##### **4.3.1.4.1 Zonificación del área protectora Balalaica**

La fila Balalaica constituye una de las unidades territoriales de gestión de principal importancia por las organizaciones locales ligadas a la gestión del recurso hídrico (ASADA, asociación ambientalista, comité local del subcorredor biológico, entre otras organizaciones); su delimitación de este espacio obedeció básicamente a la iniciativa de los grupos organizados interesados. Se determinó una extensión de 1600.00 ha que enmarcan 245.00 ha de zonas de muy alto potencial de recarga hídrica distribuidas, a lo largo de territorio (zonas núcleo). Dichos sitios se consideró como áreas críticas de recarga, por sus características biofísicas óptimas para infiltrar el agua y por constituir zonas que pueden ser vulnerables o limitados su potencial de recarga, ante acciones antrópicas.

Un rápido análisis biofísico y socioeconómico de la zona protectora, indica que el uso actual del suelo está distribuido de la siguiente manera: a) bosques 48.56%, pasto natural 31.21%, charrales y tacotales 13.77%, caña 3.30% y otros usos en 2.86% (Figura 41). Esta información indica que en esta zona predomina la actividad agropecuaria, siendo la ganadería extensiva la actividad principal de los pobladores dueños de sus fincas, que en su mayoría la tenencia de la tierra es privada.

Otra información de importancia es la capacidad de uso de estas áreas, tenemos que el 48.22% son tierras aptas para la producción forestal y/o cultivos permanentes, el 19.78%, y

18.51% son de aptitud para manejo de bosques y agropecuario, respectivamente; el resto de áreas es para protección. Los conflictos de uso de este territorio, indican que el 45.10% está en subuso, el 23.82% está acorde a su capacidad y el 31.08% de las áreas están en sobreuso. Las áreas en sobreuso merecen una especial atención, al considerar que bajo estas condiciones se viene deteriorando el suelo, disminuyendo su potencial productivo y potencial de infiltración del agua en dichas áreas.

En este escenario encontrado, las organizaciones locales pretenden impulsar su gestión como un área silvestre protegida bajo la categoría de manejo “zona protectora”, como una alternativa de gestión de los recursos hídricos y la biodiversidad existente, de tal forma, garantizar su protección y el abastecimiento de agua en cantidad y calidad suficiente para las poblaciones asentadas a su alrededor. Considerando que esta medida no necesariamente garantizaría en forma inmediata y sostenible la protección de los recursos hídricos, dado a que existen áreas de protección de recursos hídricos que, de hecho tampoco son protegida, entonces esto evidencia que existe una brecha entre lo formal y lo real.

En un análisis rápido del mapeo participativo de la propuesta de la zona protectora, se encontró una diversidad de perfiles del productor. Los resultados indican que el 38% (Figura 40) de los productores muestran ser amigos de la conservación<sup>11</sup>, el 42% de los productores se muestran indecisos o indiferentes a las actividades conservacionistas en sus fincas y un 20% de los productores muestra no ser amigo de la conservación<sup>12</sup>. Cabe indicar que estos resultados es producto de la percepción de los grupos organizados ante los propietarios de la fila Balalaica. Sin embargo, amerita estudios detallados para conocer los aspectos socioeconómicos de la fila Balalaica.

---

<sup>11</sup> Son aquellos productores que vienen realizando algunas prácticas conservacionistas en sus fincas, además de mostrar una excelente actitud para el dialogo en pro de la conservación

<sup>12</sup> Son aquellos productores que no vienen realizando prácticas de conservación en sus fincas, menos se muestran accesibles al dialogo en pro de la conservación

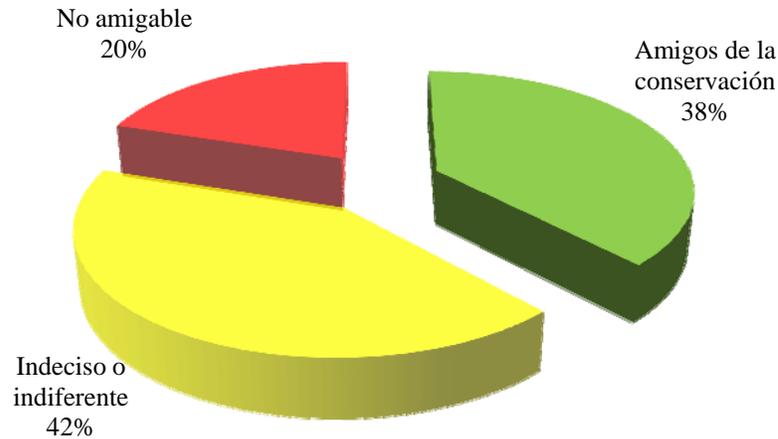


Figura 40. Visión conservacionista de los productores de la zona protectora Balalaica.

En este sentido, la particularidad que posee la fila Balalaica, con tierras privadas en manos de propietarios con una diversidad de actividades y diferentes visiones de producción en sus fincas, amerita estrategias cuidadosas de acercamiento entre las organizaciones (locales e institucionales) y los propietarios para conciliar acuerdos, establecer reglas de juego consensuadas y se orienten actividades productivas más conservacionistas que favorezcan la protección de aquellas zonas potenciales de recarga hídrica<sup>13</sup>. De modo que la declaratoria de la zona protectora Balalaica sea un proceso paulatino, de reflexión y adaptación.

Para llegar a declarar una zona protectora, se necesitan otros estudios adicionales que justifiquen su declaración a favor de la nación y las comunidades. En este sentido, según Ley Orgánica del Ambiente N° 7554 (artículo 36) tipifica que para crear áreas silvestres protegidas bajo cualquier categoría de manejo debe cumplirse previamente lo siguiente: a) estudios preliminares fisiogeográficos, de diversidad biológica y socioeconómica, que la justifiquen; b) definición de objetivos y ubicación del área; c) estudio de factibilidad técnica y tenencia de la tierra; d) financiamiento mínimo para adquirir el área, protegerla y manejarla; e) confección de planos; f) emisión de la ley o el decreto respectivo.

<sup>13</sup> Versión del profesor Cornelius Prins, en el taller “El agua como elemento articulador de la fila Balalaica, Turrialba”.

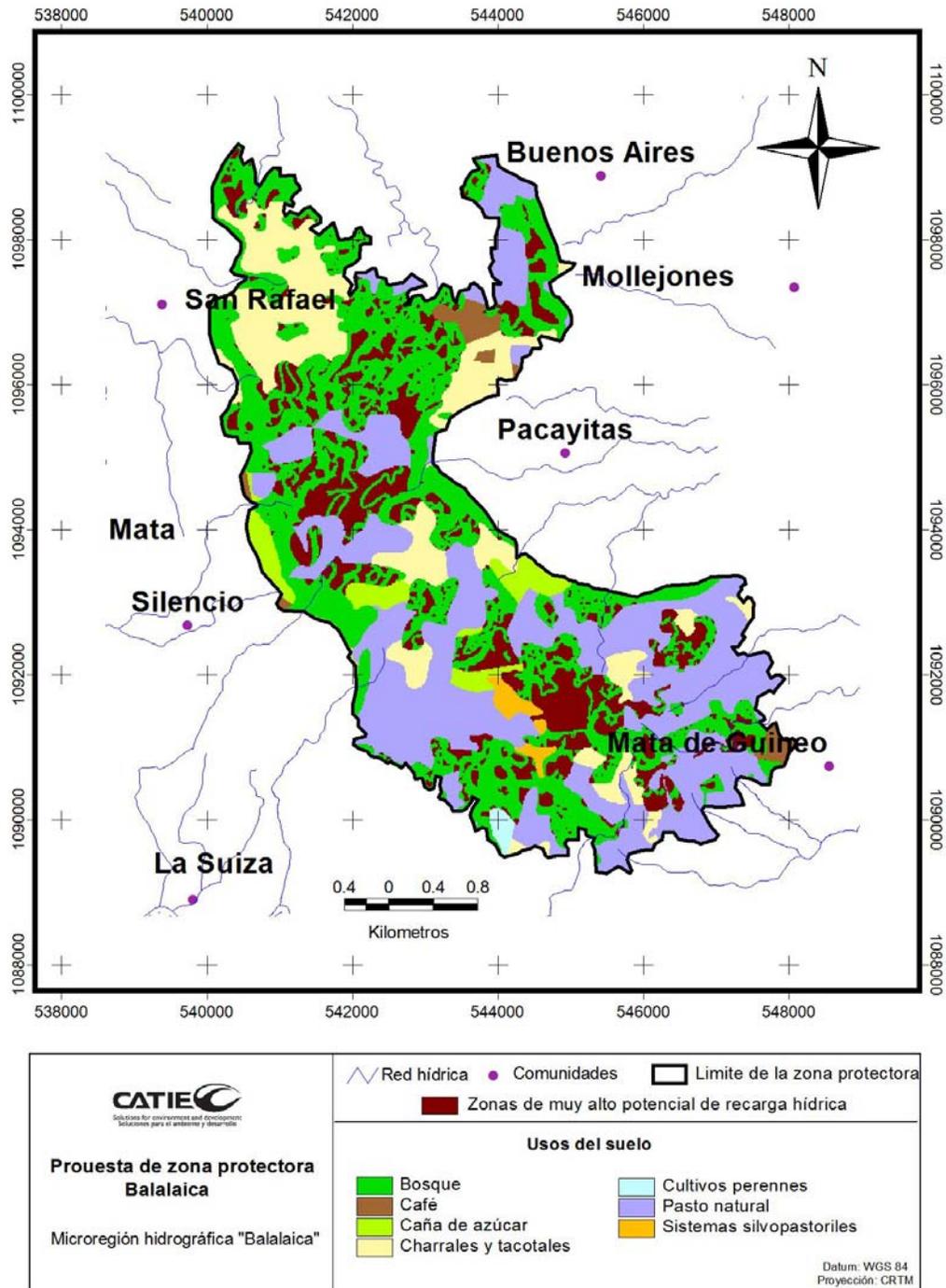


Figura 41. Mapa de la propuesta de zona protectora Balalaica

#### 4.3.1.4.2 Propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica

Para la propuesta final de zonificación se consideran los elementos de la zonificación ideal (zonas de acuerdo a la capacidad de uso, zonas de manejo especial y las zonas de riesgo a

deslizamientos). A estos elementos se combinan variables socioeconómicas imperantes en el medio, que ameritan ser analizados, tales como los conflictos de uso (divergencias) y la accesibilidad.

Se analiza los conflictos de uso por que la intervención humana ha causado ciertos impactos negativos en la microregión, que ameritan ser priorizados y manejados (áreas en sobreuso) y las áreas con uso adecuado y subuso con fines de aprovecharlos y mantenerlos de acuerdo a su capacidad. En cuanto al análisis de accesibilidad, es necesario indicar que el acceso a los recursos es condición para su aprovechamiento óptimo o irracional dada a la presión sobre los sistemas ecológicos, sin embargo, el análisis enfatiza que con una buena planificación del territorio se puede realizar un aprovechamiento óptimo y de conservación de los recursos, los cuales dan una oportunidad de económica y social a la población circundante. De modo que los resultados que se presentan responden a un análisis científico, verificable, que puede ser mejorado y replicable.

FAO (2007) menciona que para planear y ordenar todos los usos de la tierra en forma integral, se debería hacer a dos niveles, considerando, por un lado, todos los factores ambientales, sociales y económicos (por ejemplo, las repercusiones de los diversos sectores económicos y sociales sobre el medio ambiente y los recursos naturales) y, por otro, todos los componentes del medio ambiente y los recursos conjuntamente (a saber, el aire, el agua, la biota, la tierra, los recursos naturales y geológicos). La consideración integral facilita opciones y compensaciones adecuadas llevando a su máximo nivel la productividad y la utilización sostenibles.

Como resultado de la zonificación se definieron siete categorías y 15 subcategorías de zonificación (Cuadro 49).

Cuadro 49. Categorías y subcategorías de zonificación de la microregión hidrográfica

## Balalaica

Categorías/subcategorías	Descripción	Superficie	
		Km <sup>2</sup>	%
<b>A</b>	<b>Zonas de desarrollo agrícola y ganadero</b>	<b>22.99</b>	<b>23.59</b>
A1	Desarrollo de agricultura tecnificada y/o caña de azúcar	5.47	5.62
A2	Desarrollo de caficultura bajo sombra y/o agricultura tradicional	15.47	15.88
A3	Desarrollo de ganadería bajo el sistema silvopastoril	2.04	2.09
<b>B</b>	<b>Zonas de desarrollo agroforestal, producción forestal y manejo de bosques</b>	<b>20.66</b>	<b>21.21</b>
B1	Desarrollo de la producción agroforestal	4.65	4.77
B2	Desarrollo de la producción forestal (pino, botarrama, pilón, etc.)	9.51	9.76
B3	Desarrollo para el manejo de bosques y regeneración natural	6.51	6.68
<b>C</b>	<b>Zonas de restauración ecológica y protección de recursos naturales</b>	<b>19.89</b>	<b>20.41</b>
C1	Restauración ecológica	17.49	17.95
C2	Protección de flora, fauna, recarga acuífera y recursos genéticos	2.40	2.46
<b>D</b>	<b>Zonas de asentamientos humanos y de expansión</b>	<b>1.63</b>	<b>1.67</b>
D1	Asentamientos humanos (áreas actuales y de expansión)	1.63	1.67
<b>E</b>	<b>Zonas de protección de márgenes fluviales y captaciones de agua</b>	<b>11.77</b>	<b>12.08</b>
E1	Protección de márgenes fluviales	11.29	11.59
E2	Protección de captaciones agua	0.48	0.49
<b>F</b>	<b>Zonas protectora Balalaica (propuesta)</b>	<b>16.00</b>	<b>16.43</b>
F1	Zonas núcleo	2.45	2.52
F2	Zonas de amortiguamiento	13.55	13.91
<b>G</b>	<b>Zonas con riesgo a deslizamientos</b>	<b>4.50</b>	<b>4.62</b>
G1	Uso restringido para el desarrollo agropecuario, forestal o de expansión urbana	4.47	4.59
G2	Poblados en zonas de riesgo a deslizamientos	0.03	0.03
Total		97.46	100.0

A continuación se realiza la descripción de las categorías de zonificación, teniendo en cuenta las normativas vigentes del país.

**A: Zonas de desarrollo agrícola y ganadero.** Esta categoría contempla actividades agropecuarias, actualmente en subuso y uso adecuado, de acceso fácil y medio; incluye zonas con capacidad de uso para la producción agropecuaria (clases del I al V). Bajo estas condiciones se sugiere la explotación de una agricultura tecnificada (cultivos anuales, cultivo de caña entre otros), y/o agricultura tradicional en núcleos tradicionales, caficultura

bajo sombra y ganadería bajo el sistema silvopastoril. Estas actividades productivas constituyen actualmente el motor de la economía del poblador rural en la microregión. Estas zonas se encuentran ubicadas en la parte baja de la microregión, sobre todo cercanas a los ríos Tuis y Reventazón, también en la parte norte de la microregión (Figura 42). Estas áreas representan la mayor extensión del territorio con 22.99 km<sup>2</sup> de superficie (23.59%).

La Ley Orgánica del Ambiente N° 7754 (artículo 30) señala que las actividades agropecuarias deben ser consideradas en los planes de ordenamiento territorial. Estos planes deben contener ciertos criterios para su elaboración, como por ejemplo; los recursos naturales renovables y no renovables, las actividades económicas predominantes, la capacidad de uso de los suelos y la zonificación por productos y actividades agropecuarias. Estos elementos son necesarios que estén contenidos en dichos planes para guiar el aprovechamiento óptimo y conservación de los recursos naturales en los territorios.

El MAG es la institución encargada de promover la actividad agropecuaria, así como también el encargado de fiscalizar, evaluar y realizar cuando considere necesario los estudios básicos de uso de la tierra para definir los de uso agrícola, clasificando por su valor agronómico, socioeconómico y ecológico para definir la zonificación agrícola, acatando los lineamientos de la legislación vigente en materia de ordenamiento territorial (Ley de Conservación, Uso y Manejo de los Suelos N° 7779, artículo 6, inciso a y b).

Con la finalidad de realizar un aprovechamiento óptimo del recurso suelo, existen ciertos incentivos a los propietarios de los terrenos agrícolas que utilicen conforme a su capacidad de uso, y que además apliquen prácticas de manejo y conservación y recuperación de suelos. En estos casos, se les exonerará del pago de impuestos de bienes e inmuebles en un cuarenta por ciento (40%) de los que les corresponde pagar de acuerdo a la valoración del terreno que realice el perito respectivo (Ley Orgánica del Ambiente N° 7574, artículo 49).

***B: Zonas de desarrollo agroforestal, producción forestal y manejo de bosques.***

Esta categoría agrupa áreas con capacidad de uso apta para la producción forestal, cultivos permanentes (Clase VI) y apta para el manejo de bosques (Clase VII). Estas áreas

actualmente se encuentran en condiciones de subuso, uso adecuado, con accesibilidad media y difícil. Dadas estas condiciones se recomienda repotenciar las actividades agroforestales (café con poró, con eucalipto, y frutales, etc.) y la producción forestal con especies nativas e introducidas adaptadas a la zona (pino, botarrama, pilón). En una parte de esta categoría (6.51km<sup>2</sup>), existen parches de bosques que se encuentran en condiciones de uso adecuado, aquí se considera el manejo adecuado de dichos bosques y la regeneración natural en aquellas áreas ya intervenidas. Toda esta categoría representa el 21.21% de la microregión, las que se encuentran concentradas en mayor proporción en la parte noreste de la microregión.

El MINAE es el ente rector para la administración forestal del estado, es quien tiene la competencia legal de promover y conservar los recursos forestales del país, así como las áreas forestales privadas. El aprovechamiento óptimo de los recursos forestales y del bosque, deben hacerse mediante un plan de manejo forestal aprobado por la misma entidad (Ley Forestal, N° 7575, artículo 5 y 6).

Existen ciertos incentivos económicos a propietarios, por los servicios ambientales generados al conservar el bosque, otorgándoles un certificado para la conservación del bosque (CCB). De igual manera, propietarios que propicien la regeneración natural en terrenos de aptitud forestal denudados y a propietarios que reforestan sus áreas, son también sujetos a incentivos económicos, es el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) la entidad que le corresponde decidir los montos a otorgar a los diferentes casos de conservación y producción forestal antes mencionados (Ley forestal N° 7575, artículos 22, 24, y 29).

***C: Zonas de restauración ecológica y protección de recursos naturales.*** Esta categoría agrupa áreas principalmente con capacidad de uso para protección (Clase VIII), en condiciones de uso adecuado y sobreuso. Para aquellas áreas en sobreuso, se considera actividades de restauración ecológica; por ejemplo, las áreas degradadas (sobrepastoreadas) necesitan un manejo adecuado para recuperar su estado natural. Para las áreas que se encuentran en uso adecuado (bosques), se considera necesaria la protección de los mismos,

con fines de conservación de flora, fauna, y recursos genéticos, etc., ya que son de importancia para mantener el equilibrio natural en la microregión. Todas estas áreas están ubicadas en el oeste y parte media de la microregión, donde principalmente predominan relieves muy inclinados, que representan el 20.41% de la microregión.

Con la finalidad de proteger los recursos forestales, la biodiversidad y propiciar la restauración ecológica en la microregión, la Ley Forestal 7575 (artículos 34, 35, 36), menciona que está prohibido talar en áreas protegidas, así como también está prohibido realizar quemas en terrenos forestales o aledaños a ellos, sin haber obtenido permiso de la Administración Forestal del Estado. Así mismo, la ley recae desalojando a quienes invaden terrenos sometidos al régimen forestal, a solicitud del titular o representante; en este caso, el Ministerio Público está en la obligación de acatar dicha norma. La ley de Conservación de la Vida Silvestre N° 7317, también restringe ciertas actividades con la finalidad de proteger los recursos naturales, en este caso indica que está prohibida la caza, la pesca y la extracción de fauna y flora continental o insulares de especies en vías de extinción, salvo que no estén en peligros de extinción, en los bosques sometidos a planes de manejo forestal sostenible, si pueden ser aprovechados (artículo 14).

En terrenos cubiertos de bosque, no se permitirá cambiar el uso del suelo, ni establecer plantaciones forestales. Sin embargo, la Administración Forestal del Estado podrá otorgar permiso en esas áreas a ciertas obras de infraestructura destinadas a la recreación y el turismo, cortar árboles por razones de seguridad y prevenir acciones de incendios forestales, desastres naturales u otras causas análogas a su consecuencia. Todo ello debe estar contemplado en el plan de manejo forestal que incluya el impacto que pueda ocasionar sobre el medio ambiente (Ley Forestal N° 7575, artículo 19).

Cuando exista daño ambiental en un ecosistema, el Estado podrá tomar medidas para restaurarlo, recuperarlo y rehabilitarlo. En este caso, el MINAE y otras instituciones así como las organizaciones locales deben trabajar en conjunto con el fin de restaurar los elementos de la biodiversidad dañados (Ley de Biodiversidad N° 7788, artículos 53, 54)

***D: Zonas de asentamientos humanos y de expansión urbana.*** Esta categoría contempla los asentamientos humanos principales de la microregión y las posibles zonas de expansión urbana. Los asentamientos humanos se encuentran a los bordes de las carreteras principales; las áreas de expansión urbana precisamente rodean las comunidades importantes de la microregión, tales como La Suiza, Pavones y Jabillos. Esta categoría representa el 1.67% de la microregión.

Las municipales tienen las competencias de regular el crecimiento urbano y rural en sus jurisdicción; para ello, según la Ley de Planificación Urbana N° 4240 (artículos 15 y 25) deben contar con los planes reguladores, las cuales son instrumentos de planificación, vinculados al plan nacional urbano, que definen los usos adecuados de la tierra, vías de circulación, servicios públicos, facilidades comunales, construcción, conservación y rehabilitación de áreas urbanas con el objeto de contribuir al mejor uso de los recursos naturales y humanos. Estos planes, deben contener los reglamentos de zonificación donde figuren zonas especiales, las que soporten alguna reserva en cuanto a su uso y desarrollo, como en el caso de los aeropuertos, los sitios con importancia histórica o los recursos naturales conservables y las áreas demarcadas como inundables, peligrosas o necesarias al propósito de contener el crecimiento urbano periférico.

***E: Zonas de protección de márgenes fluviales y captaciones de agua.*** Esta categoría agrupa por un lado, zonas de protección de márgenes fluviales, con un áreas de amortiguamiento de 50 metros horizontales a partir de las márgenes contempladas en la Ley Forestal N° 7585 (artículo 33), en este caso para los principales ríos y riachuelos de la microregión, que representan el 11.59% de la microregión.

Además, se considera una zona de amortiguamiento de 200 metros de radio para las cinco captaciones (trabajadas), que son de importancia en el abastecimiento de agua a las principales comunidades. La Ley de Aguas N° 276 (artículo 31), declara dichas zona a favor de la nación. Estas áreas representan el 0.49% de la microregión.

En ambos casos la propuesta de protección según ley, se refuerza con las aspiraciones de los grupos locales, principalmente de las ASADAS que tienen compradas áreas de terreno alrededor de las nacientes en extensiones variadas (2 a 3 ha), además, de tener planeado comprar más tierras en el futuro, para asegurar su protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico.

La Ley de Aguas 276 (artículo 145), establece prohibiciones en cuanto a la tala de bosques que puedan disminuir las aguas, especialmente las que se encuentran a la orilla de los ríos y las nacientes, así mismo tipifica, que los propietarios de terrenos atravesados por ríos, arroyos o aquellos en los cuales exista manantiales, en cuyo contorno hayan sido destruido los bosques que les servían de abrigo, están obligados a sembrar árboles en los márgenes de los mismos, a una distancia no mayor de 5 metros en todo el trayecto y su curso comprendido en su propiedad.

**F: Zona protectora Balalaica (propuesta).** Esta categoría constituye una propuesta de gestión de un área silvestre protegida, bajo la categoría de manejo de zona protectora. Éste es un resultado de la zonificación territorial que surgió de la necesidad de las organizaciones locales para ser incluido y estudiado para una futura gestión, como una estrategia de manejo y gestión de las áreas potenciales de recarga hídrica que se encuentren allí. La propuesta comprende dos áreas: una zona de amortiguamiento (13.91%) y una zona núcleo (2.52%). Las zonas núcleo están vinculadas a las áreas de muy alto potencial de recarga hídrica ya identificadas. Todo esta categoría representa una extensión de 16.00 km<sup>2</sup>, que representa el 16.43% de la microregión, ubicadas en la parte más alta de la microregión denominado fila Balalaica.

Una zona protectora se crea mediante decreto; es el MINAE quien posee las atribuciones según la Ley Forestal N° 7575 (artículo 2), para establecer áreas silvestres protegidas bajo cualquier categoría de manejo. Dichas áreas son administradas por el MINAE, que a su vez elabora el plan de manejo participativo que va regir los usos y restricciones de en dicho territorio (Ley Orgánica del Ambiente N° 7554, artículo 33).

***G: Zonas con riesgo a deslizamientos.*** Esta categoría agrupa zonas con alto riesgo a deslizamientos. En este sentido, se considera restricciones para el desarrollo agropecuario, forestal, y expansión urbana, por constituir espacios vulnerables a sufrir daños que puedan generar pérdidas en las inversiones económicas. También se consideran los poblados que actualmente se encuentran en zonas de riesgo, las cuales merecen una especial atención para su reubicación u otro tratamiento a fin de salvaguardar las vidas humanas. Esta categoría representa el 4.62% de la microregión, ubicados principalmente en el norte de la microregión.

Las municipalidades no permitirán obras de construcción, en tanto lo vede alguna limitación impuesta por reserva, uso público o una declaratoria formal de inhabilitación del área, motivada en renovación urbana o protección contra inundaciones, derrumbes y otros peligros evidentes (Ley de Planificación Urbana N° 4240, artículo 58).

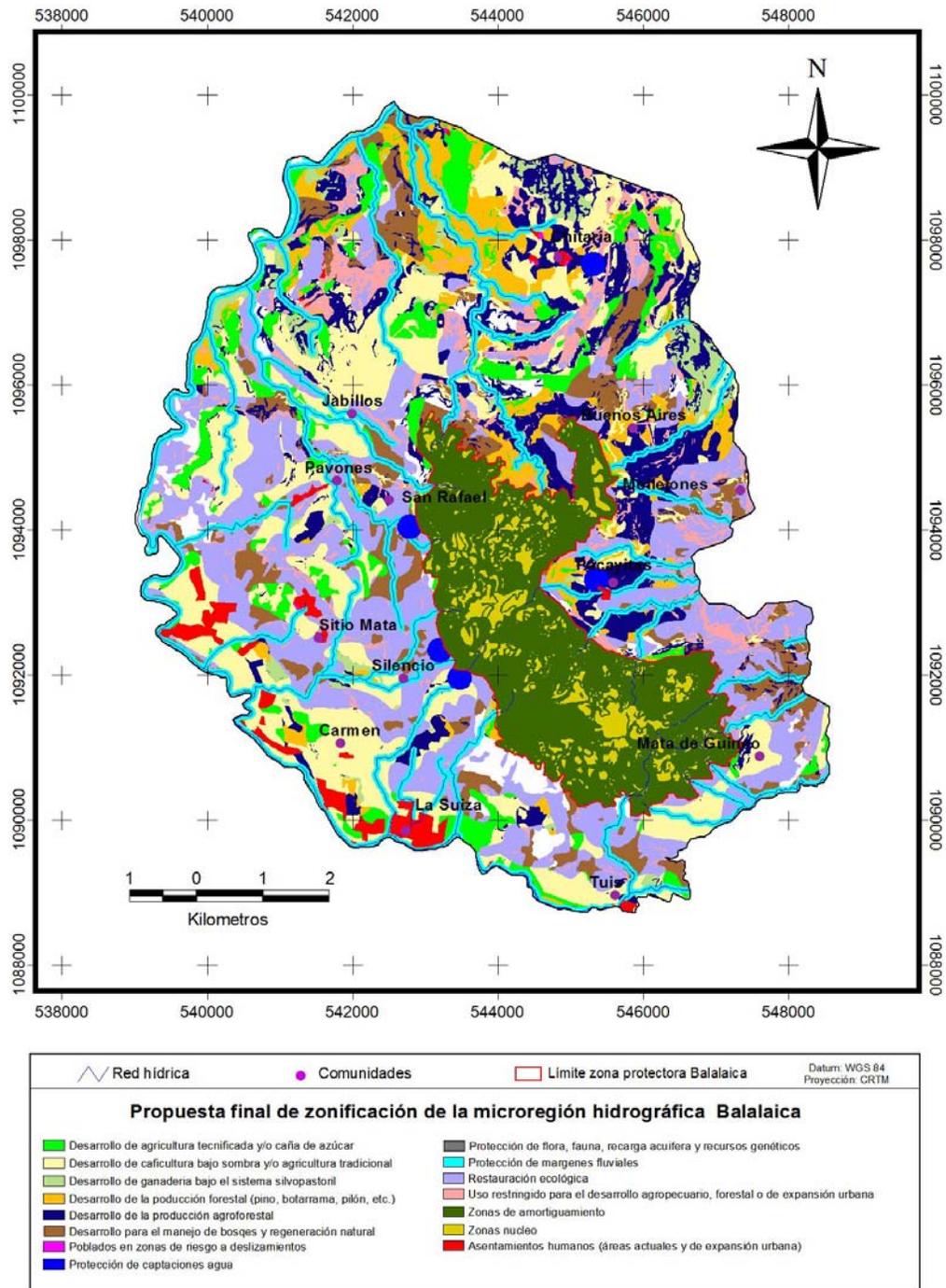


Figura 42. Mapa de propuesta final de zonificación de la microregión hidrográfica Balalaica

#### **4.3.2. Formulación del plan de ordenamiento territorial participativo de la microregión hidrográfica Balalaica**

El presente plan contempla una serie de acciones definidas por ejes estratégicos que orientan las actuaciones para una transformación progresiva del territorio, haciendo un uso adecuado del suelo. Contiene una visión compartida teniendo en cuenta los problemas priorizados, las oportunidades y necesidades básicas de los actores locales, que son conocedores y concientes de vivir en armonía con la naturaleza.

A continuación se detallan algunos aspectos del plan participativo de ordenamiento territorial:

##### **4.3.2.1 Visión del POTP**

La microregión hidrográfica Balalaica es un territorio, donde las actividades económicas, sociales y ambientales se desarrollan en equilibrio, producto de las actuaciones orientados por un plan de ordenamiento territorial elaborado participativamente.

##### **4.3.2.2 Horizonte del POTP**

El horizonte del plan de ordenamiento territorial de la microregión hidrográfica Balalaica, es de 15 años, se estima acciones de corto, y mediano plazo para lograr impactos significativos en el uso y ocupación sostenida del territorio.

##### **4.3.2.3 Objetivos del POTP**

Constituye un instrumento técnico, administrativo y político que oriente las actividades económicas, sociales y ambientales en las comunidades de la microregión hidrográfica Balalaica, con énfasis en la gestión sostenida de las zonas potenciales de recarga hídrica. Además, que sirva de referencia para los demás planes de desarrollo local y regional.

#### **4.3.2.4 Ejes estratégicos del POTP**

Con base en la propuesta final de zonificación territorial realizado y en las categorías definidas para la microregión, se definen los siguientes ejes estratégicos:

##### **4.3.2.4.1 Eje 1. Desarrollo agropecuario**

Contempla estrategias de desarrollo productivo para lograr el aprovechamiento óptimo de los suelos, según su capacidad de uso, considerando la producción de café, caña de azúcar y la actividad ganadera como los rubros económicos y sociales más importantes de la microregión. Las estrategias también van orientadas a lograr incentivos que permitan desarrollar estas actividades con tecnologías más amigables con el medio ambiente.

##### **4.3.2.4.2 Eje 2. Desarrollo forestal**

Las estrategias de desarrollo forestal van orientadas a realizar un aprovechamiento sostenido de la producción forestal de pino, botarrama y pilón, entre otras especies adaptables a la zona. Además, se considera el manejo de los bosques con fines conservacionistas y aprovechamiento óptimo de dicho recurso. Las estrategias del desarrollo forestal van vinculadas a la normativa vigente, además, de tecnologías apropiadas que generen incentivos para este rubro.

##### **4.3.2.4.3 Eje 3. Restauración ecológica y protección de recursos naturales**

Las estrategias se dirigen a corregir y disminuir áreas degradadas producto de las actividades antrópicas, sobre todo aquellas áreas en sobreuso, donde se encuentran áreas sobrepastoreadas, terrenos infértiles y erosionados, los cuales necesitan revertir el daño ocasionado. Las estrategias también van orientadas a promover el cambio de uso de acuerdo a su capacidad propiciado por incentivos económicos, aplicando tecnologías

limpias y programas de educación ambiental que también se orientan para la conservación de remanentes de bosques de importancia ecológica e hidrológica.

#### **4.3.2.4.4 Eje 4. Gestión y protección de recursos hídricos**

Se considera este eje de mucha importancia, por ser de interés común en la mayoría de las organizaciones locales. Este eje estratégico serviría de punto de partida para promover los demás ejes del OT, el cual está orientado a gestionar las zonas potenciales de recarga hídrica, las nacientes de agua, las lagunas naturales y los márgenes fluviales, con la finalidad de asegurar la calidad y cantidad de agua para consumo humano y las actividades productivas de las comunidades. Además, se describen ciertas estrategias que orientan la declaratoria de la propuesta de la zona protectora Balalaica.

#### **4.3.2.4.5 Eje 5. Asentamientos humanos y de expansión urbana**

Las estrategias se orientan al crecimiento de los asentamientos humanos en forma ordenada y sostenida, emanadas del régimen municipal de asentamientos humanos. Se considera también la provisión de servicios básicos y las limitantes de la expansión debido a riesgos naturales (deslizamientos, inundaciones, etc.).

#### **4.3.2.4.6 Eje 6. Gestión de riesgos**

Las estrategias están orientadas a buscar soluciones para la reubicación de los asentamientos humanos que se encuentran en zonas de alto riesgo a deslizamientos, esto debe ser acompañado de un programa de educación que permita comprender la importancia que tienen dichas áreas en la seguridad de las vidas humanas. Además, de concientizar a la población de las restricciones de uso para aquellas áreas con actividades productivas que se encuentran en zonas de alto riesgo a deslizamientos.

#### **4.3.2.4.7 Eje 7. Infraestructura vial**

Este eje está enfocado básicamente al mantenimiento de las vías de acceso existentes, más no a la apertura de nuevas vías, debido a que el 99.6% de la microregión posee una accesibilidad de fácil y media por la gran cantidad de redes viales que posee la microregión.

#### **4.3.2.4.8 Eje 8. Fortalecimiento institucional**

Constituye un eje transversal que funciona para todos los demás ejes, ya que de esto depende en gran medida la implementación del plan. Esto va dirigido a las organizaciones locales presentes y competentes en el territorio, con la finalidad de fortalecer capacidades humanas para la gestión.

#### **4.3.2.5 Programas y proyectos por eje estratégico del POT**

Con base en el diagnóstico de la microregión (priorización de problemas socioeconómicos y ambientales), construcción de escenarios, definición de las categorías de zonificación y los ejes estratégicos establecidos, se plantea algunos programas y proyectos (Cuadro 50), cuya ejecución, encaminarían el manejo sostenible de los recursos naturales y el desarrollo social y económico de la microregión. Esta cartera de proyectos constituye una guía para la gestión de la microregión y en particular de los recursos hídricos, donde las organizaciones locales e institucionales puedan orientar las inversiones de acuerdo a las prioridades establecidas.

Es importante indicar, que aparte de los proyectos planteados en el eje de fortalecimiento institucional, existen otros elementos que son transversales como la equidad de género y gestión del conocimiento. Así también, el fortalecimiento propio de las organizaciones locales ligados a la gestión de la zonas potenciales de recarga, el recurso hídrico y el desarrollo comunal, que aún la relación es débil, frente a un interés amplio de trabajar en conjunto, y de esta forma en paralelo gestionar la solución a problemas importantes como la atención médica deficiente en Pavones, desperdicios del agua, contaminación ambiental, etc.

Cuadro 50. Programas y proyectos por eje estratégico de la microregión hidrográfica Balalaica

Eje estratégico	Programas	Proyectos	Intervención del proyecto
Desarrollo agropecuario	Producción agropecuaria	1. Difusión de tecnologías agroforestales amigables con el medio ambiente, para la producción de café, caña y otros cultivos de importancia económica y social.	Sitio Mata, Pavones, El Carmen, El Silencio, Jabillos y Chitaria
		2. Difusión de tecnologías silvopastoriles para la producción de ganado de carne y leche.	La fila Balalaica, Cien Manzanas, Mata de Guineo, Mollejones y Pacayitas
		3. Capacitación en tecnologías de producción orgánica de cultivos hortícolas y estímulos a la producción limpia.	Chitaria, Buena Vista y Jabillos
	Microcréditos agropecuarios	4. Implementación de un sistema de créditos agropecuarios para la producción conservacionista y repoblamiento forestal.	Comunidades de la microregión
Desarrollo forestal	Producción Forestal	1. Difusión de tecnologías para el manejo y aprovechamiento forestal sostenible.	Fila Balalaica, Pavones, y Chitaria
		2. Repoblamiento forestal en áreas deforestadas, promocionado por incentivos económicos.	Fila Balalaica, Pavones, y Chitaria
		3. Difusión de la legislación forestal vigente en torno al aprovechamiento adecuado del bosque.	Comunidades de la microregión
		4. Fortalecimiento a organizaciones locales (o COVIRENAS) para la prevención de incendios forestales y monitoreo de la extracción ilegal de madera.	Fila Balalaica, y Chitaria
Restauración ecológica y protección de los recursos naturales	Restauración ecológica	1. Difusión de tecnologías de recuperación de áreas degradadas, con especies nativas.	Pacayitas, Sitio Mata, El Silencio
		2. Difusión de tecnologías de conservación de suelos y agua en los cultivos de café, caña y actividad ganadera.	Fila Balalaica, Pavones, y Chitaria
	Microcréditos para la conservación	5. Implementación de incentivos (PSA) u otro mecanismo de financiamiento, que propicie el cambio de uso en áreas degradadas (sobreuso).	Fila Balalaica, Sitio Mata, El Silencio y Pacayitas

Eje estratégico	Programas	Proyectos	Intervención del proyecto
Gestión y protección de los recursos hídricos	Tecnologías de protección hídrica	1. Difusión de tecnologías conservacionistas aplicadas a fincas en zonas potenciales de recarga hídrica.	El Silencio, Sitio Mata, Chitaría, Pacayitas, San Rafael
		2. Repoblamiento forestal con especies nativas en áreas adyacentes a las lagunas naturales, márgenes fluviales y nacientes de agua.	Fila Balalaica y comunidades de la microregión
		3. Difusión de la metodología de identificación de zonas potenciales de recarga hídrica, para su delimitación y declaratoria.	Comunidades de la microregión
	Investigación y desarrollo	4. Estudio socioeconómico y ambiental de la propuesta de declaratoria de zona protectora Balalaica	Fila Balalaica
		5. Valoración económica del servicio hídrico para la implementación de incentivos en el manejo de las zonas potenciales de recarga hídrica.	Fila Balalaica
Asentamientos humanos y de expansión urbana	Desarrollo urbano	1. Estudio técnico de servicios básicos (luz, agua, letrinas) para satisfacer la demanda poblacional.	La Suiza. Pavones, Chitaría, Jabillos y Pacayitas
		2. Programa de manejo adecuado de los desechos sólidos y líquidos.	Comunidades de la microregión
		3. Delimitación cartográfica de áreas de expansión urbana.	Comunidades de la microregión
Gestión de riesgos	Gestión de riesgos	1. Difusión y sensibilización a la población sobre el análisis de vulnerabilidad y manejo de riesgos.	Comunidades de la microregión
		2. Estudio técnico de reubicación de viviendas fuera de las zonas de alto riesgo a deslizamientos.	Chitaría, Jabillos, La Suiza
		3. Implementación de sistemas de alerta temprana en zonas de alto riesgo a deslizamientos.	Chitarías, Jabillos, La Suiza
Infraestructura vial	Infraestructura vial	1. Mantenimiento y señalización de las carreteras de tipo lastre.	Chitaría, El Silencio, San Rafael, y Pacayitas

Eje estratégico	Programas	Proyectos	Intervención del proyecto
Fortalecimiento institucional	Fortalecimiento de capacidades humanas	1. Fortalecimiento de organizaciones agropecuarias, con fines de articulación en la comercialización local-regional.	Comunidades de la microregión
		2. Fortalecimiento de las ASADA y organizaciones locales para la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica.	El Silencio, Sitio Mata, Chitaría, Pacayitas, San Rafael
		3. Fortalecimiento de capacidades humanas a organizaciones locales e institucionales para propiciar la implementación del POT.	Comunidades de la microregión e instituciones

#### **4.3.2.6 Definición de agentes territoriales impulsoras del POTP**

Vega (2008) de la adecuada identificación, grado de involucramiento y participación de los agentes territoriales dependerá en gran parte el éxito de la implementación del POTP. En este sentido, con base en la identificación de actores locales e institucionales, se pueden agrupar en cuatro grupos de agentes que idealmente deben intervenir:

1. *Organizaciones locales*: Comité local del subcorredor biológico Balalaica (SBB), Asociación ambientalista Balalaica, ASADA, comités locales de aguas, ADI, Seguridad Comunitaria.
2. *Organizaciones instituciones públicas y privadas*: AyA, SENARA, MINAE, MAG, Municipalidad de Turrialba, Empresa ORTUÑO, etc.
3. *Comisiones locales e institucionales*: Comisión de ordenamiento y manejo de la cuenca alta del río Reventazón (COMCURE), Comité gestor CBVCT, Asociación de ASADA del cantón de Turrialba, APOT.
4. *Otras organizaciones de la sociedad civil*: Cooperativa ATIRRO, iglesia, población en general.

El presente proceso de OT se ha desarrollado básicamente al nivel comunal, con organizaciones ligadas a la gestión del recurso hídrico y la biodiversidad, obteniendo un fuerte respaldo del proceso. En este sentido, teniendo en cuenta los grupos de agente territoriales, se plantea como impulsores directos (a nivel comunal) de la implementación del POTP a las siguientes organizaciones; Comité local del subcorredor biológico Balalaica, Asociación ambientalista Balalaica, ASADA, y ADI. Son ellos que interactúan en paralelo con las demás organizaciones locales y las entidades de nivel técnico y político para generar incidencia en el proceso de implementación del POTP y lograr el respaldo social y legal (Figura 43).

Las instancias de nivel político técnico con quienes han venido trabajando las organizaciones locales son: la Municipalidad a través del área de gestión ambiental, el comité gestor del CBVCT, la COMCURE, el AyA, el SENARA, MINAE, entre otras

entidades que las organizaciones locales que vienen tejiendo relaciones para fortalecer el capital social, político y humano, que son esenciales en el proceso de implementación del POTP.



Figura 43. Organizaciones impulsoras del POTP en la microregión hidrográfica Balalaica

#### 4.4. Estrategias de implementación del plan de ordenamiento territorial, para la gestión de zonas potencial de recarga hídrica

Con base en los talleres de diagnóstico participativo realizados (análisis de problemas, causas, consecuencias, y posibles soluciones), talleres de zonificación, y consultas a actores locales claves, se elaboró una matriz FODA (Cuadro 50) orientado a la gestión del recurso hídrico y uso de los recursos naturales en la microregión. Esto permitió plantear algunas estrategias de implementación del POTP para la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica.

Una acción fundamental (transversal) es la comunicación y educación, que sirve de herramienta de apoyo en los proceso de ordenamiento territorial, aun más en el proceso de implementación, que va dirigido a poner en conocimiento y sensibilizar a los grupos sociales más importantes de la microregión, creando una atmosfera de confianza y

colaboración entre los grupos. Las estrategias deben apuntar a buscar un mecanismo de comunicación fluida y sencilla, de acuerdo al lenguaje común de la zona de intervención.

Las estrategias de implementación de POTP se describen teniendo en consideración cinco aspectos: 1) estrategias organizacionales, 2) estrategias operativas, 3) estrategias financieras, 4) estrategias espaciales y 5) estrategias políticas e institucionales. Este último es transversal para encaminar la funcionalidad de los demás ejes estratégicos planteados, considerando la gestión del recurso hídrico como el eje de interés común que permite encaminar las acciones.

Es importante indicar, que las estrategias que aquí se plantean deben ser sometidas a un proceso de ajuste y validación por la población e instituciones. A continuación se describe cada una de ellas:

#### **4.4.1. Estrategias organizacionales**

- Aprovechar la presencia de las organizaciones locales e instituciones presentes en el medio vinculadas al manejo de los recursos naturales en la microregión para cohesionar esfuerzos, recursos, etc.
- Con las organizaciones locales e institucionales presentes, es necesario establecer una plataforma institucional para facilitar y coordinar acciones de manejo y gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica como punto de partida.
- El conocimiento amplio de la problemática de la microregión por parte de las organizaciones locales e intereses comunes encontrados, tales como la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica en la fila Balalaica constituyen elementos fundamentales para iniciar la implementación del POTP

Cuadro 51. Análisis FODA, en torno a la gestión del agua y uso de los recurso naturales en la microregión hidrográfica Balalaica

Fortalezas	Oportunidades	Debilidades	Amenazas
Organizaciones locales presentes, vinculadas a la conservación de los recursos naturales y a la gestión del agua, con conocimiento amplio de las problemática de sus comunidades.	Presencia institucional vinculada al manejo de los recursos naturales y al desarrollo local (MINAE, MAG, Municipalidad, etc.) tienen incidencia en la microregión.	Escasa comunicación entre las organizaciones locales de las diferentes comunidades de la microregión. La cohesión de grupos aún es débil.	Expansión de la frontera agrícola, sobre todo el cultivo de caña en los bordes de la fila Balalaica, amenaza la cobertura boscosa existente.
Presencia de la organización ambientalista Balalaica, y del comité local del subcorredor biológico, quienes, vienen tejiendo relaciones de comunicación en torno a la conservación del recurso hídrico.	La presencia del corredor volcánica central Talamanca, constituyen un puente para la resolución de problemas vinculados al manejo de los recursos naturales en Balalaica	Organizaciones locales con escaso recurso económico, dificultan la ejecución de actividades programadas.	Venta de tierras a extranjeros que vienen con visión no conservacionista e implementación de infraestructura en las zonas altas de la microrregión, amenazan con sellar las zonas de recarga hídrica.
Las ASADA muestran liderazgo y eficiencia administrativa en la gestión del agua en sus comunidades.	Existencia de una política gubernamental centrada en el desarrollo en armonía con la naturaleza, permite el desarrollo de iniciativas ambientales.	Algunos comités locales de agua y acueductos administrados por la Municipalidad de Turrialba, muestran ciertas deficiencias en la administración del agua	Algunos ASADA se sienten presionados por el AyA y ARESEP para cobrar las tarifas de agua establecidas según ley. La población muestra rechazo a esta medida.
La mayoría de las ASADA posee terrenos propios alrededor de la naciente, que aseguran en parte la conservación del agua.	Existencia de algunos propietarios con visión de conservación constituyen aliados a la cuidado de las lagunas naturales en la fila Balalaica	Las organizaciones no tienen control de las actividades productivas que se realizan encima de las nacientes, donde ellos asumen que es la recarga de sus nacientes	Los pobladores manifiestan una disminución paulatina del caudal de agua en ciertos acueductos, por lo que se limitan atender a nuevos usuarios
Los ASADA manifiestan aun tener agua en cantidad moderada para abastecer la demanda poblacional, pero dudan de la calidad de sus aguas		No todos los acueductos muestran tener acceso a los análisis de calidad de la aguas lo cual crea cierta incertidumbre en algunos poblados	Presencia de cultivos encima de las nacientes como la caña, café con alto uso de insumos químicos
Amplio interés de las organizaciones locales en la gestión de las zonas de recarga hídrica en la fila Balalaica, a través de la declaratoria como zona protectora	Existencia de la confederación de ASADA del cantón de Turrialba, pueden ayudar a la gestión del recurso hídrico en Balalaica	El liderazgo de la asociación ambientalista Balalaica, aun es débil para promover la gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica en la fila Balalaica	Actividades como la ganadería extensiva y la extracción de madera ilegal, amenazan con disminuir la cobertura vegetal y la degradación de los suelo.
Las organizaciones locales tienen amplio conocimiento de los dueños de las fincas y de sus actividades productivas en la fila Balalaica, de cierto modo permiten intercambiar intereses en torno a la conservación del recurso hídrico	Marco legal vigente promueven la gestión de la zona protectora de los recursos hídricos a través de la declaratoria de áreas silvestres protegidas.	Fincas en su mayoría privado con escasa presencia de dueños en sus predios, esto no es un buen panorama inicial para realizar futuras negociaciones en torno al uso adecuado de los recursos naturales	Secamiento de lagunas naturales en la fila Balalaica, preocupan a los pobladores, por lo que dudan del futuro abastecimiento de agua a las comunidades de la microregión.
La existencia de casi el 50% de la cobertura boscosa en la microregión, es un indicativo de la alta biodiversidad existente.	Algunas empresas y finqueros, están poniendo la mirada en la inversión en turismo comunitario	No existe un plan regulador urbano rural que oriente la ocupación adecuada del territorio	Crecimiento no planificado de las urbanizaciones en la parte baja de la microregión, amenaza la disminución de cultivos de caña y café

- La presencia de la asociación ambientalista Balalaica y el comité local del subcorredor biológico, ASADA, ADI, son organizaciones locales que poseen conocimiento amplio de la zona y con cierta incidencia en las comunidades. Se considera estas organizaciones las impulsoras del proceso de implementación del POTP, que buscan la conciliación entre la producción y conservación del agua para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la fila Balalaica
- Las ASADA con su amplia experiencia en la administración del acueducto comunal, constituye la organización base para propiciar la gestión de las zonas de recarga a nivel comunal
- Para encaminar el proceso de implementación, es necesario fortalecer las organizaciones locales, potenciando las capacidades humanas del grupo, generando comunicación fluida y confianza entre las organizaciones, a fin de potencial el capital humano y social en la microregión para crear capacidades de gestión e información.
- En el proceso de gestión de las zonas potenciales de recarga hídrica, aprovechamiento forestal, áreas de conservación, entre otras, deben ser negociadas teniendo en cuenta los marcos legales vigentes.

#### **4.4.2. Estrategias operativas**

- El nivel de intervención iniciaría por las zonas críticas o áreas de interés común, en este caso las zonas de muy alto potencial de recarga hídrica encontrados, teniendo en cuenta la finca como espacio de intervención y aprendizaje.
- La aplicación de tecnologías conservacionistas debe ser priorizada para propiciar el mantenimiento del potencial de recarga de agua, además, como alternativas a la producción agropecuaria y restauración ecológica en áreas degradadas. Estos procesos obedecen a un acompañamiento técnico para generar empoderamiento local y asegurar la replicabilidad de las tecnologías.
- Propiciar la investigación acción participativa a nivel de finca, guiados por los planes de de finca como base para la acción.

#### **4.4.3. Estrategias financieras**

- Fomentar el pago por servicios ambientales a través del otorgamiento de certificado para la conservación de los bosques.
- Evaluar la posibilidad de establecer un canon o cuota de agua a nivel de las comunidades administrados por las ASADA, con la finalidad de incentivar a las producción amigable con el ambiente a propietarios de fincas ubicadas en las zonas potenciales de recarga hídrica y de las áreas circundantes a las lagunas naturales.

#### **4.4.4. Estrategias políticas e institucionales**

- El proceso de ocupación adecuada del territorio, implica un proceso de negociación con los propietarios de tierras, donde es necesario que se establezca una mesa de resolución de conflictos que integren tanto organizaciones locales como instituciones públicas y privadas.
- Gestionar el respaldo legal e institucional del POT, además, que sirva de referencia o inserción en los demás planes de desarrollo, tanto locales como institucionales.

#### **4.4.5. Estrategias espaciales**

- Centrar la mirada de acción en la parte más alta de la microregión (fila Balalaica) como la zona de intervención inicial, debido a la concentración de las zonas de muy alto potencial de recarga hídrica.
- Las ASADA y demás organizaciones están apostando a que un buen manejo de las zonas de recarga hídrica constituye una estrategia importante para garantizar los recursos hídricos y que este se podrá materializar en la medida que todos los actores participen y tomen las decisiones correctas, garantizando una gestión conjunta y compartida con los niveles institucionales y comunitarios.

## 5. CONCLUSIONES

### Conclusiones

*Respecto al diagnóstico participativo mediante la caracterización biofísica y socioeconómica*

1. El desarrollo de talleres participativos y prácticas de campo, como herramientas de recopilación de información permitió la caracterización de la microregión, en aspectos biofísicos y socioeconómicos, despertando el interés de los pobladores en la interpretación de su realidad y propiciando el acercamiento de las organizaciones locales.
2. Las condiciones geográficas, geomorfológicas y climáticas de la microregión, proporcionan las condiciones propicias para permitir la captación de agua de lluvia en las partes más altas de la microregión y la existencia de muchas nacientes. Estas zonas constituyen un gran potencial proveedor de agua subterránea, lo cual es aprovechada, tanto para consumo humano como para actividades productivas.
3. Las actividades productivas de mayor importancia económica y social para el poblador rural en la microregión hidrográfica Balalaica, es la producción de café, caña y ganado.
4. La diversidad de actores locales existentes y el interés común encontrado en la gestión del recurso hídrico, constituye el puente de integración comunal para lograr esfuerzos y propiciar el acondicionamiento territorial en la microregión Balalaica.

*Respecto a la identificación y evaluación de las zonas potenciales de recarga hídrica*

1. Las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas mediante el método participativo, brinda una aproximación de los posibles lugares con mayor posibilidad de infiltración de agua, y permite orientar las acciones de gestión del recurso hídrico. En adición a esto, el método constituye es una herramienta

poderosa de sensibilización y apropiación del proceso metodológico, dado al intercambio del conocimiento local y técnico, generando el interés en la auto gestión del recurso hídrico.

2. Hay zonas con moderado potencial de recarga hídrica en El Silencio, Sitio Mata, San Rafael y Pacayitas, y con alta posibilidad de recarga hídrica en Chitaría. Los elementos favorables que predominaron en esta zona con respecto a los otros sitios, fueron el uso del suelo y tipo de roca, generando condiciones más propicias para la ocurrencia de la recarga hídrica.
3. De acuerdo a la aplicación del modelo (con el apoyo del programa “Arc View”), las zonas con muy alto potencial de recarga hídrica, representan el 4.25% de la microregión y están concentrados en la parte alta (fila Balalaica) y en la zona norte de la microregión. Dichas zonas son las de mayor importancia para la gestión del recurso hídrico por las organizaciones locales.

*Respecto a la identificación y evaluación de las zonas de riesgo a deslizamientos*

4. Las zonas potenciales de alto riesgo a deslizamientos están ubicadas al norte de la microregión, donde las características topográficas favorables (accidentadas) y la alta precipitación en esas zonas definieron dicho potencial.
5. Los pobladores son concientes de las implicancias del riesgo en las zonas vulnerables a deslizamiento, sin embargo, la coyuntura socioproductiva, hacen que dichas poblaciones convivan con el riesgo.

*Respecto al análisis de escenarios, zonificación y formulación del POTP*

6. En la microregión hidrográfica Balalaica, según el uso actual predomina la actividad agropecuaria (58%), siendo este rubro de importancia económica para la población rural, sin embargo, según la capacidad de uso del suelo la microregión es de vocación forestal y cultivos permanentes, lo que genera divergencias en el uso, encontrándose áreas en sobreuso (36%), el cual indica realizar una poner atención prioritaria para la restauración y manejo adecuado de dichas zonas.

7. En el escenario tendencial se visualiza una disminución de 3.2% de la cobertura boscosa en la microregión, esto constituye una potencial amenaza de pérdida de la biodiversidad y la vulnerabilidad de dichas áreas, a ser limitada a la capacidad de infiltración de los suelos por actividades antrópicas.
8. Partiendo del análisis del escenario ideal y los elementos socioeconómicos evaluados, se determinó un escenario intermedio (de consenso) que constituye la propuesta final de zonificación, resultando siete categorías, y logrando una distribución superficial con aproximación a la equidad entre la producción (44.80%) y conservación (48.92%), que orientan al uso y ocupación adecuado de la microregión hidrográfica.
9. Como una estrategia posible de producción y conservación de los recursos hídricos en la fila Balalaica, se propone gestionar como una *zona protectora*, con una extensión de 1,600 hectáreas donde se encuentran las zonas núcleos, con características de muy alto potencial de recarga hídrica, las cuales es prioritaria su gestión.
10. La formulación del POTP queda estructurado en ocho ejes estratégicos; 1) desarrollo agropecuario, 2) desarrollo forestal, 3) restauración y protección de recursos naturales, 4) gestión y protección de recursos hídricos, 5) asentamiento humanos y de expansión urbana, 6) gestión de riesgos, 7) infraestructura vial y 8) fortalecimiento institucional. Cada una con sus programas y proyectos, cuya ejecución, encaminarían el manejo sostenible de los recursos naturales y el desarrollo social y económico de la microregión.

*Referente a las estrategias de implementación del POTP para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica*

11. Las estrategias propuestas para la implementación del POTP consideran aspectos de organización con fines de fortalecer capacidades de gestión, estrategias operativas que definen los aspectos técnicos de intervención, financieras para agilizar acciones,

estrategias espaciales para focalizar y priorizar actuaciones y estrategias políticas e institucionales para obtener el respaldo y lograr la cogestión a fin de lograr la implementación del POT.

12. Los impulsores directos de implementación del POTP, lo constituyen el comité local del subcorredor biológico Balalaica, la Asociación Ambientalista Balalaica, ASADA, y la ADI, quienes interactúan a nivel local y técnico político con la Municipalidad, el comité gestor del CBVCT, COMCURE, AyA, SENARA y MINAE, para encontrar el respaldo institucional y legal del proceso de implementación del POTP para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica.

## 6. RECOMENDACIONES

*Respecto al diagnóstico participativo mediante la caracterización biofísica y socioeconómica*

1. Se recomienda generar información primaria en aspectos socioeconómicos y ambientales a nivel de la microregión hidrográfica Balalaica para fortalecer el diagnóstico elaborado. La información encontrada es muy general y esta a nivel de distritos y/o municipios.
2. Propiciar un estudio socioeconómico de las actividades productivas y de conservación con fines de generar información para futuras negociaciones en el ámbito de la propuesta de la zona protectora Balalaica.

*Respecto a la identificación y evaluación de zonas potenciales de recarga hídrica y zonas de riesgo a deslizamientos*

3. Propiciar un material educativo a nivel comunitario de identificación y manejo de las zonas potenciales de recarga, que pueda servir de guía para replicar el proceso metodológico.
4. Reforzar la metodología de zonas de riesgo a deslizamiento, considerando aspectos de sismología y deslizamientos históricos ocurridos en el ámbito de estudio.
5. Promover la enseñanza en la gestión de riesgos a nivel comunal, propiciando la participación de la población y diseñando estrategias de prevención ante los desastres naturales

*Respecto al análisis de escenarios, zonificación y formulación del POTP*

6. Fortalecer y actualizar el escenario tendencial con otros elementos que vislumbren información más ajustada y en diferentes periodos.

7. Propiciar el fortalecimiento y el liderazgo de las organizaciones locales, para articularse en el proceso de implementación.
8. Reforzar las reglamentaciones por cada unidad de ordenamiento propuesto, que permitan una adecuada implementación en el futuro. En vista que no hay una ley y/o reglamento específico de ordenamiento territorial en el país, dichas categorías deben vincularse al marco legal que hace referencia la ocupación y aprovechamiento sostenible de los recursos.

*Referente a las estrategias de implementación del POTP para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica*

9. Impulsar una mesa de coordinación local para incidir en la negociación con los propietarios que se encuentran impactando con sus actividades agropecuarias en las zonas potenciales de recarga hídrica.
10. El POT se implementa mediante programas y proyectos, en este sentido se recomienda que los proyectos planteados se desarrollen a nivel de perfiles y factibilidad
11. El presente POTP, es flexible, sujeto a ser revisado y actualizado durante su ejecución. Es importante que las organizaciones locales gestionen para lograr el respaldo por instancias gubernamentales, no gubernamentales y empresas privadas para lograr encaminar dicho plan, mediante el proceso de cogestión.

## 7. LITERATURA CITADA

- Aguilar, J. 2003. La situación socioeconómica del cantón de Turrialba, San José, CR. 60 p.
- Aparicio, M; Lafraga, C; Gutiérrez, A; Aguilar, E; Mejía, R; Sánchez, L. s.f. Evaluación de los recursos hídricos: elaboración de balances hídricos por cuencas hidrográficas. UNESCO. México. 94 p.
- AyA (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillado). 2007. Acueductos rurales; reglamento de ASADA (en línea). Consultado 14 nov. 2007. Disponible en <http://www.aya.go.cr/informacion/rectoria/>
- ..... 2008. Lista de ASADA de Cartago 2006. Oficina Regional de Cartago. Cartago, CR. (Información digital)
- Baker, A. 2007. Un paseo por el corredor biológico cordillera volcánica central; análisis de actores. Turrialba, CR. 12 p.
- Brenes Q, LG; Wesselman, S; Solano, S, F; McHugh, A, Segura, S, S; Retana, G. s.f. Resumen diagnóstico del sistema socio ambiental que caracteriza a las regiones de Turrialba y Jiménez, provincia de Cartago, San José, CR. 34 p.
- Carrica, JC y Lexow, C. 2004. Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación Geológica Argentina. Abr./jun. 2004. 59(2):281-290.
- Canet, L. 2003. Ficha técnica del corredor biológico Turrialba Jiménez. San José, CR. 75 p.
- ..... 2005. Ficha Técnica para el diseño y oficialización del corredor biológico Alexander Skutch. San José, CR. CCT. 102 p.

Calder, R. 2000. Land-Water Linkages in Rural Watersheds Electronic Workshop. (en línea). Consultado 22 Set. 2008. Disponible en: [http://www.cluwrr.ncl.ac.uk/related\\_documents/camp/calder.pdf](http://www.cluwrr.ncl.ac.uk/related_documents/camp/calder.pdf)

CATIE (Centro Agronómico Tropical de investigación y Enseñanza). 2002. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Valle de Ángeles. Turrialba, CR. CATIE. 59 p.

..... 2006. Uso de principios, criterios e indicadores para monitorear y evaluar las acciones y efectos de políticas en el manejo de los recursos naturales. Turrialba, CR. CATIE. 70 p.

Cervantes, J.F. 1989. Base geológico para los análisis geotécnicos del proyecto hidroeléctrico Siquirres, provincia de Limón, Costa Rica., San José, C.R. UCR. 105 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 2001. Modelación de la accesibilidad en Arc View. Tegucigalpa, HN. CIAT. 22 p.

CCSS (Caja Costarricense de Seguro Social). 2007. Análisis demográfico (en línea). San José, CR. Consultado 4 set.2008. Disponible en <http://www.ccss.sa.cr/html/transparencia/estadisticas/actuarial/demogra/andemes.htm>

CEDARENA (Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales). 2008. Guía para la protección del recurso hídrico. San José, CR. 29 p.

CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Bases conceptuales para la formulación de programas de manejo de cuencas hidrográficas. Santiago de Chile, CH. CEPAL. 53 p.

CNE (Comisión Nacional de Emergencias). 2003. Amenazas naturales del cantón de Turrialba (en línea). San José, CR. Consultado 16 set. 2008. Disponible en <http://www.cne.go.cr/Atlas%20de%20Amenazas/TURRIALBA.htm>

..... 2008. Deslizamientos (en línea). San José, CR. Consultado 02 oct. 2008. Disponible en [http://www.cne.go.cr/CEDO/Texto\\_Completo.htm#DESLIZAMIENTOS](http://www.cne.go.cr/CEDO/Texto_Completo.htm#DESLIZAMIENTOS)

Comisión para la protección y conservación de las áreas de recarga acuífera y nacientes de Los Santos (COPROARENAS). 2006. Definición y actividades de COPROARENAS. Boletín informativo. Los Santos, CR. 4 p.

Cortes, G. 2005. Economía de los Recursos Naturales y del Medio Ambiente. Separata del Curso. San José, CR. UCR. 15 p.

Custodio, G. 1998. Recarga a los acuíferos: aspectos generales sobre el proceso, la evolución y la incertidumbre. Boletín Geológico y Minero (109-4):13-29.

Dengo, J; Cotera, J; Lucke, O; Orlich, D. 1998. Escenarios de uso del territorio para el año 2025 (en línea). Consultado 21 Set. 2008. Disponible en [http://www.mideplan.go.cr/sinades/Proyecto\\_SINADES/sostenibilidad/armonizacion/index-9.html](http://www.mideplan.go.cr/sinades/Proyecto_SINADES/sostenibilidad/armonizacion/index-9.html)

Domínguez, A, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. 177 p.

Dourojeanni, A. 2006. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: La gestión integrada de cuencas. Santiago de Chile, CH.CEPAL. 241 p.

EOSL (Laboratorio de información terrestre), CCT (Centro Científico Tropical). 2002. Estudio de cobertura forestal de costa rica con imágenes Landsat tm 7 para el año

2000. (en línea). Consultado 18 Jun. 2008. Disponible en [http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/cobertura/INFORME\\_COBERTURA\\_97\\_00.pdf](http://documentacion.sirefor.go.cr/archivo/cobertura/INFORME_COBERTURA_97_00.pdf)
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 2004. Definamos escenarios (diapositivas). Oficina regional para América Latina y el Caribe. Honduras. 16 diapositivas.
- ..... 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas. Roma, IT. FAO. 141 p.
- Faustino, J. 2006a. Manejo de Cuencas II. Documento base. Turrialba, CR. CATIE. 218 p.
- ..... 2006b. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, SV. CATIE. 113 p.
- Fernández Solórzano, J A. 1987. Geología de la hoja topográfica de Tucurrique (1:50000, I.G.N.C.R., No. 3445 I). Tesis Lic. San José, CR. UCR. 250 p.
- Foster, S; Hiritá, R; Gomes, D; D'Elia, M; Paris, M. 2003. Protección de la calidad del agua subterránea; guía para empresas de agua, autoridades municipales y agencias ambientales. Washington DC, USA. Mundi Prensa. 115 p.
- Geilfus, F. 2002. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. 6ta ed. San Salvador, SV. IICA 208 p.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit). 2005. Ordenamiento territorial: Concepto y metodología para promover la gestión del territorio en el Perú. Lima, PE. Visión PC, Perú 69 p.

- Gómez, O.D. 1992. Metodología y técnicas de ordenamiento territorial. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid, E. 56 p.
- González, JM. 2006. Manejo de una zona de recarga en Valle de Ángeles. Honduras. FOCUENCAS II. 5 p.
- González, G. 2007. Ordenamiento territorial para el desarrollo; caso Costa Rica (ensayo). San José, CR. 5 p. (información digital).
- González Roelants, G. C. 1997. Estudio de las propiedades hídricas luego de utilizar labranzas verticales en un suelo cultivado bajo siembra directa. Tesis, Ing. Agrónomo. Mar de plata, AR. Universidad de Mar de Plata. Argentina. 35 p.
- Gonzalo, D, E. sf. Manual de geología para ingenieros; rocas sedimentarias (en línea). Consultado 28 Oct. 2008. Disponible en [http://www.geocities.com/manualgeo\\_09/](http://www.geocities.com/manualgeo_09/)
- Hidalgo, M. 2006. Sub Corredor Biológico Balalaica (diapositivas). Turrialba, CR. 22 diapositivas.
- Holdrige, L. 2000. Ecología basada en zonas de vida. San José, CR. Colección de libros y materiales educativos. IIC N°. 83. IICA. 216 p.
- Hudson, M. 1982. Conservación del suelo (en línea). Consultado 11 oct. 2008. Disponible en [http://books.google.co.cr/books?id=u137pQPxYGAC&pg=PA107&lpg=PA107&dq=Servicio+de+Conservación+del+Suelo,+Estados+Unidos.&source=web&ots=q91VN8Z7Rj&sig=KR35YPBtZLfwtr9feX7XLX9O7qQ&hl=es&sa=X&oi=book\\_result&resnum=1&ct=result#PPP1,M1](http://books.google.co.cr/books?id=u137pQPxYGAC&pg=PA107&lpg=PA107&dq=Servicio+de+Conservación+del+Suelo,+Estados+Unidos.&source=web&ots=q91VN8Z7Rj&sig=KR35YPBtZLfwtr9feX7XLX9O7qQ&hl=es&sa=X&oi=book_result&resnum=1&ct=result#PPP1,M1)
- MRE (Ministerio de Relaciones Exteriores). 1998. Manual de zonificación económica-ecológica para la amazonía peruana (en línea). Consultado 19 set. 2008. Disponible en <http://www.congreso.gob.pe/comisiones/1999/ciencia/cd/IIAP/IIAP3/iiap3-02.htm#TopOfPage>

- IDA (Instituto de Desarrollo Agrario). 2008. Diagnóstico de asentamientos administrados por IDA en el catón de Turrialba, Turrialba (información digital proporcionada)
- ICE (Instituto Costarricense de Electricidad). 1999. Plan de manejo integral de la cuenca del río Reventazón; caracterización social. San José, CR. IICE. 135 p.
- IGAD (Instituto Geográfico Agustín Codazzi); CAR (Corporación Autónoma de Cundimarca); GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit); KFW (Kreditanstalt Für Wiederaufbau). 1998. Guía simplificada para la elaboración del plan de ordenamiento territorial. Santa Fe de Bogotá, DC, CO. IGAD/GTZ. 69 p.
- IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua); CONAGUA (Comisión Nacional del Agua); UNAM (Universidad Nacional Autónoma de México). 1997. Manual de evaluación social en microcuencas. México DF. Dialogo. 77 p.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 2001a. IX Censo Nacional de Población y V de Vivienda. San José, CR. INWC. 80 p.
- ..... 2002b. IX Censo Nacional de Población, características económicas. San José, CR. INCE. 290 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales), COSUDE (Agencio Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2005. Inestabilidad de laderas; mapas de amenazas, recomendaciones técnicas para su elaboración. Managua, NI. INETER/COSUDE.. 88 p.
- Jiménez, F. 2007. Introducción al Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas. Turrialba, CR. CATIE. 29 p.

- Jiménez, F; Faustino, J; Campos, J. 2006. Bases conceptuales de la cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR. CATIE ASDI. 20 p.
- Jiménez Zúñiga, R. s.f. Uso conforme del suelo; una necesidad para Costa Rica en el uso agrario y su ordenamiento.. San José, CR. INTA. 6 p.
- Junker, M. 2005. Método RAS para determinar la recarga de agua subterránea. SV. FORGAES.40p.
- Lücke Sánchez, O. 1998. Base Conceptual y Metodología para los Escenarios de Ordenamiento Territorial. (en línea). Consultado 18 set. 2008. Disponible en: [http://www.mideplan.go.cr/sinades/Proyecto\\_SINADES/sostenibilidad/armonizacion/ind-ex-2.html#BASE%20CONCEPTUAL%20Y%20METODOLÓGICA%20](http://www.mideplan.go.cr/sinades/Proyecto_SINADES/sostenibilidad/armonizacion/ind-ex-2.html#BASE%20CONCEPTUAL%20Y%20METODOLÓGICA%20)
- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería), 1995. Manual descriptivo de la leyenda del mapa de capacidad de uso de la tierra de Costa Rica. San José. CR. MAG. 77 p.
- ..... 1991. Principales suelos de Costa Rica (en línea), San Jose, CR. Consultado 02 set. 2008, disponible en [http://www.mag.go.cr/biblioteca\\_virtual\\_ciencia/suelos-cr.html](http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/suelos-cr.html)
- Matus, O. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la delimitación de zonas potenciales de recarga hídrica en microcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 227 p.
- Melgar, M. 2004. Guía metodológica general para la elaboración del plan de ordenamiento territorial. Jarabacoa, República Dominicana, RD. 31 p.

- Méndez, V, A. 2001. Uso de los recursos naturales y sus relación con la vulnerabilidad a inundaciones y deslizamientos en la cuenca del río Tuis. Tesis M Sc. Turrialba, CR. CATIE. 98 p.
- MINAE (Ministerio de Ambiente y Energía); ARAUCARIA XXI (Programa de la Cooperación Española para la Conservación y Biodiversidad y Desarrollo Sostenible en Iberoamérica). 2004. Plan de Manejo Integrado de la Cuenca Hidrográfica del Río Savegre. San José, CR. ARAUCARIA de España. 247 p.
- MMA (Ministerio de Medio Ambiente). 1998. Restauración hidrológico forestal de cuencas y control de erosión; ingeniería medio ambiental. 2da ed. Madrid, ES. Mundi Prensa 945 p.
- Mora Ramírez, J.R. 2003. Análisis del Crecimiento Urbano de la Gran Área Metropolitana de Costa Rica Período 1983 Al 2000. Tesis Mag. Sc. San José, CR. UCR. 122 p.
- NCGIA (National Center for Geographic Information and Analysis). 1990. Core Curriculum. Tres volúmenes: I. Introduction to GIS; II. Technical issues in GIS; III. Application issues in GIS. University of California. Santa Bárbara, US. NCGIA. 1:1-3.
- Núñez S. 1981. Fundamentos de Edafología. San José, CR. UNED. 216 p.
- Pérez, M; Alvarado, R. 2003. Los planes reguladores en Costa Rica; Cantonales y costeos. Serie Ordenamiento Territorial. San José, CR. IFAM. 18 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para Desarrollo). 2000. Tendencias y datos relativos al estado del medio ambiente y los recursos naturales en el mundo (en línea). Consultado 30 oct. 2007. Disponible en <http://www.wri.org/wr2000esp/>

- Prins, C. 2007. Capital social e institucionalidad; nociones básicas. Separata del curso: Desarrollo Rural y Creación de Institucionalidad. Turrialba, CR. CATIE. 5 p.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR. IICA. 319 p.
- Ramírez, JR. 2006. Prioridades sociales y arreglos institucionales para la gestión local del Corredor Biológico Volcánica Central Talamanca, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 96 p.
- Ritchers, EJ. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: Hacia el aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR. 439p.
- Retamal Díaz, M, R. 2006. Valoración económica de la oferta del servicio ecosistémico hídrico para consumo humano en el municipio de Copán Ruinas, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 139 p.
- Rodríguez, G. s.f. Estado del Recurso Hídrico en Costa Rica Legislación Europea, Asiática y Americana sobre el uso del Recurso Hídrico (en línea). Consultado 30 oct. 2007. Disponible en <http://www.asamblea.go.cr/Biblio/cedil/estudios/estadoRechidricoCRlegislacion.htm>
- SINAC (Sistema Nacional de Áreas de Conservación). 2008. Áreas silvestres protegidas (en línea). Consultado 02 oct. 2008. Disponible en <http://www.sinac.go.cr/infgeneral.php>
- SOGREAH INGENIERIE SNC – GOMEZ, CAJIAO Y ASOCIADOS S.A. – SINERGIA 69 S.A. 1999. Plan de manejo integral de la cuenca del río reventazón: Diagnóstico, caracterización geológica. San José, CR. 85 p.

Suárez D, J. 1998. Deslizamientos y estabilidad de taludes en zonas tropicales.. Bucaramanga, CO. Universidad Industrial de Santander. 548 p.

TEC (Instituto Tecnológico de Costa Rica). Los bosques de Costa Rica (en línea). Cartago, CR. Consultado 03 set.2007. Disponibles en <http://www.cientec.or.cr/exploraciones/ponencias2007/RupertoQuesada.pdf>

UCR (Universidad de Costa Rica). La Geografía de hoy (en línea). Consultado 07 nov.2007. Disponible en (<http://www.geografia.fcs.ucr.ac.cr/>)

.....2008. Diagnóstico y plan de acción para el desarrollo regional endógeno de Turrialba, San José, CR. UCR. 43 p

Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). sf. Principios de hidrogeografía; infiltración y humedad del suelo (en línea). Consultado 27 Nov. 2008. Disponible en <http://www.google.co.cr/search?hl=es&q=www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/cp4.pdf+-&btnG=Buscar+con+Google&meta=>

Organización de las Naciones Unidas para la Educación Ciencia y Cultura (UNESCO). 1986. Manual de uso y conservación del agua en zonas rurales de América Latina y el Caribe: agua, vida y desarrollo, tomo 2. UNESCO. 120 p.

Ureña, N. 2004. Efectos del aumento poblacional y del cambio de uso del suelo sobre los recursos hídricos en la microcuenca del río Ciruelas, Costa Rica. Tesis Mag Sc. Turrialba, CR. CATIE. 185 p.

Villón, M. 2004. Hidrología. Cartago, CR. ITCR. 475 p.

Vega Isuhuaylas, D, A. 2008. Plan de ordenamiento territorial participativo para la microcuenca del río Sesesmiles, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR CATIE. 229 p.

World Vision, s.f. Por que trabajar con enfoque de cuencas y microcuencas (en línea).  
Modulo 2. El Salvador. Consultado 22 oct. 2007. Disponible en  
[http://www.visionmundial.org.sv/archivos-de-  
usuario/El%20Salvador/File/NUEVO\\_MODULO\\_2\\_fh9.pdf](http://www.visionmundial.org.sv/archivos-de-usuario/El%20Salvador/File/NUEVO_MODULO_2_fh9.pdf)

Zury, W. 2004. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas;  
una propuesta con enfoque de desarrollo local. Quito, EC. SOBOC. 384 p.

## 8. ANEXOS

### Anexo 1. Lista de participantes en los talleres de diagnóstico e identificación de zonas potenciales de recarga hídrica

N°	Nombres	N°. Cédula	Institución y/o Comunidad
1	Rafael Fuentes Oviedo	3240309	Jabillos
2	Lorena Araya Leandro	3227705	Pavones
3	Héctor Fuentes Martínez	3330447	Jabillos
4	Roberto Estrada R.	1548707	Ecorefugio Pavones
5	Jesús Fuentes C.	3139492	Jabillos
6	Leonardo Bejarano Ortega	9090397	IDI Jabillos
7	Mauricio Fuentes Sánchez	3393040	Concejo Distrital de Pavones
8	Macario Fuentes Martínez	3234190	ADI Pavones
9	Buenaventura Gamboa Calderón	3227220	Asociación Balalaica
10	Arturo Hidalgo Jiménez	3237116	ASADA Pacayitas
11	Gerardo Jiménez Zamora	3292583	ASADA Pacayitas
12	Jorge Hidalgo Jiménez	3221696	ASADA Pacayitas
13	Jorge Luis Marín Hernández	3303574	ASADA Pavones
14	Gerardo López Madrigal	3180401	ASADA Pavones
15	Javier Araya Jiménez	3200803	ASADA Sitio Mata
16	Cornelis kees Prins	.....	CATIE
17	Carolina Baker	206055	CATIE
18	DAngelo Sandoval Chacón	11323962	UCR
19	Maricruz Chaverri C.	4172518	Chitaria
20	Oscar Godoy Jiménez	2377226	Chitaria
21	Guillermo Mora Brenes	3244085	ADI Chitaria
22	Cristina Nájera Jiménez	3322721	Chitaria
23	Roxana Rodríguez Valverde	32255490	Chitaria
24	Claricia Solís Solís	2208 864	Chitaria
25	Filiberto Mora Brenes	3193953	Chitaria
26	Gacer Gonzales Jiménez	2377226	Chitaria
27	Susy Roxana Solano Rodríguez	3347657	Chitaria
28	Eliecer Salgado Angulo	3740713	Chitaria
29	Lolita Durán Umaña	3229746	Asociación Balalaica
30	José Ángel Muñoz A.	912 7224	Comité de agua El Silencio

---

31	Luis Miguel Solano Fuentes	304190280	El Silencio
32	Bernardo Solano Romero	3356357	El Silencio
33	Lastenia Núñez Aguilar	3151059	El Silencio
34	Rosalía Solano Fuentes	.....	Comité de agua El Silencio
35	Blanca Del Carmen Solano	3321480	El Silencio
36	Gerardo Barrantes	.....	Municipalidad de Turrialba
37	Alfonso Gamboa Calderón	3281149	Sitio Mata
38	Marco Araya Ulloa	3183539	El Silencio
39	Rosibel Monge Gamboa	3355237	ASADA Pavones
40	Miguel Roberto Hernández Fonseca	3137291	ASADA Pavones
41	Marcelo Hidalgo Jiménez	3405854	Silencio
42	Alfonso Araya Leandro	3399734	Pavones
43	Jeannette Gamboa Chávez	32091000	Pavones
44	Ariana Monge Gamboa	3337597	Pavones
45	Rodrigo Díaz Monge	3234315	Sitio Mata
46	Fernando Mora Miranda	1650462	Sitio Mata
47	Fressy Araya Loaiza	3251469	Asociación Balalaica
48	Roger Loaiza Araya	3175554	Sitio Mata
49	Lucrecia Araya Loaiza	3270693	Sitio Mata
50	Carlos Araya Camacho	3208260	Sitio Mata
51	Oscar García López	3212093	Sitio Mata
52	Jakelin Jiménez Brenes	3294589	Seguridad Comunitaria S. Mata
53	José Miguel Calvo Ribera	3416201	Asociación Balalaica
54	Gerardo Marín A.	3217275	APOT
55	Sergio Calvo Rivera	3434001	Sitio Mata
56	Silvia Elena Madrigal Benavidez	1970070	Asociación Balalaica
57	Liseth Jiménez Brenes	3248054	Sitio Mata
58	Daniel Bustos Araya	3416730	Sitio Mata
59	Alberto Calvo Solano	3401436	San Rafael
60	Marita Salas Salas	11029085	San Rafael
61	Fressy Montenegro Díaz	3312229	San Rafael
62	Walter Aguilar A.	3302149	Seguridad Comunitaria S. Rafael
63	Roy Aguilar Hernandez	3321951	San Rafael
64	Alexis Sabino Leandro	3302057	San Rafael
65	Tania Villalobos Aguilar	3345973	San Rafael
66	Luz Mary Núñez Uraña	9089637	El Silencio

---

## Anexo 2. Determinación de la pendiente de un terreno mediante nivel de cuerda

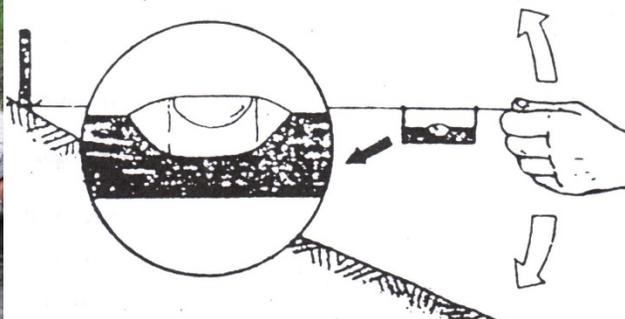
### *Materiales:*

- Una cuerda, o mecate de 2 metros
- Un nivel de burbuja (nivelito)
- Una cinta métrica

### *Procedimiento*

Se busca un lugar relativamente uniforme, si el terreno tiene varias pendientes, entonces se separan las secciones con similar pendiente y se determinan las pendientes de cada sección de la siguiente manera:

- Coloque una estaca donde quiera medir la pendiente
- Amarre en la estaca una cuerda y marca exactamente dos metros de distancia en la cuerda
- Con la ayuda del nivelito, nivele la cuerda para que quede exactamente horizontal como se observa en las siguientes figuras;



- Ponga una regla de madera o una varilla que este recta en el lugar donde llegan los dos metros en la cuerda y haga una marca sobre la regla para determinar la distancia vertical (tiene que ser en centímetros)
- El porcentaje de pendiente será la mitad de la distancia vertical medida en centímetros. Ejemplo; si la distancia vertical mide 50 centímetros entonces la pendiente del dicho terreno o sección es de 25%

### Anexo 3. Procedimiento para determinar textura del suelo a través del tacto

Adaptado de Matus (2007)

- Debido a la heterogeneidad que presentan los terrenos es necesario subdividir la parcela en subparcelas uniformes para obtener una muestra compuesta (mezcla de varias submuestras), donde se asegura la representatividad de las propiedades edáficas de un área homogénea. En cada uno de los sectores o sitios se saca un equivalente a cinco muestras por manzana o hectáreas tomándolas en zig zag.
- En cada sitio donde se sacará la muestra se debe comenzar por la limpieza del área eliminando la cobertura vegetal u hojarasca, luego hacer un hoyo en forma de “V” del ancho de la pala de 20, entre más profundo mejor. Se corta una porción de 1.5 centímetros de la pared del hoyo y se retira la mayor parte de la muestra con la hoja de la pala. Ver figuras



- Se mezcla bien la tierra de cada hoyo para obtener una muestra de suelo homogénea
- Se determina la textura del suelo al tacto por medio del humedecimiento de cierta cantidad del suelo, se toma un puñado de tierra del balde y se evalúa. La muestra se amasa entre los dedos hasta formar una pasta homogénea.
- Posteriormente se toma entre los dedos índice y pulgar, y se presiona sobre este último tratando de que se forme una cinta, bajo esta procedimiento se explica a continuación las características de las texturas de los suelos:
  - Si la muestra es **arenosa**: el tacto es áspero, no tiene brillo ni cohesión, no es pegajosa cuando se humedece y no se forma cinta. Si la tierra está seca se ven los granos y se sienten al tocar.

- Si la muestra es **limoso**: tiene tacto suave y como polvo cuando se frota entre los dedos; se forma una cinta escamosa y no presenta ni pegajosidad ni plasticidad cuando se humedece.
- Si la muestra es **arcillosa**: la cinta que se forma tiene cohesión, es brillante, y es plástica o pegajosa según el contenido de humedad, se puede formar una rosquilla. Puede permanecer suspendida en agua durante largo tiempo. Si la tierra está seca, se forman terrones duros y cuesta quebrarlos con los dedos.

Se describe también de forma similar al anterior, los diferentes tipos de textura de suelo en forma más desglosado, según sea el caso:

*Arena*. El suelo permanece suelto y en granos simples y puede ser amontonado pero no moldeado.

*Franco arenoso*. Puede ser moldeado en forma esférica y se desgrana fácilmente, con más sedimentos.

*Limo*. Puede ser enrollado en cilindros cortos.

*Franco*. Partes iguales de arena, sedimentos y arcilla que pueden ser amasadas en una trenza gruesa de 15 cm de largo que se rompe al doblarse.

*Franco arcilloso*. El suelo puede ser amasado como en D pero puede ser cuidadosamente doblado en U sin romperse.

*Arcilla liviana*. El suelo es suave y al doblarse en un círculo se agrieta un poco.

*Arcilla*. Se maneja como plastilina y puede ser doblado en un círculo sin agrietarse.



#### Anexo 4. Procedimiento para estimar la capacidad de infiltración de los suelos

El procedimiento consiste en aplicar agua por inundación, usando dos anillos de hierro concéntricos como se muestra las figuras abajo, en la que se introdujo en primer lugar el anillo exterior en cinco centímetros, luego se introdujo el anillo interior en 10 centímetros debajo del suelo, se realizó las marcas de cinco centímetros de altura para el anillo exterior y 7.5 centímetros en el anillo interior. Ver figuras abajo.



Posteriormente, se colocó una la regla graduada para las mediciones, y una tela para evitar la compactación, llenando agua en primer lugar al anillo exterior y luego al anillo interior, momento en el cual inicia las mediciones realizadas a diferentes intervalos de tiempo (1, 2, 3, 4, 5, 9, 10, 30, 45, 60, 90, 120 minutos) que fueron registrados en la tablas elaboradas para tal fin, aquí un ejemplo de toma de registros en El Silencio

1 = T Tiempo (minutos)	2 = Altura del Agua		3 = Lectura actual anterior (cm)	4= I* Lecturas acumuladas (cm)
	Lectura	Lectura ajustada*		
		1		
0	7.50		-	-
1	7.50		-	-
2	7.70		0.20	0.20
3	7.70		-	0.20
4	7.70		-	0.20
5	7.80		0.10	0.30
9	7.80		-	0.30
10	8.00		0.20	0.50
20	8.20		0.20	0.70
30	8.20		-	0.70
45	8.60		0.40	1.10

60	8.80	0.20	1.30
90	8.80	-	1.30
120	8.80	-	1.30

\* Altura ajustada al completar al nivel original de ajuste del agua 1) antes de ajustar; 2) después de ajustar

I\* Infiltración acumulada

Para la estimación de la capacidad de infiltración (velocidad de infiltración) se usó la ecuación de Kostyakov, a partir de la infiltración acumulada, la ecuación es la siguiente:

$$I = ab (t)^{b-1}$$

Donde:

I : Velocidad de infiltración (cm/h)

a : Infiltración durante el intervalo inicial

b : Pendiente, e indica la forma que la velocidad se reduce en el tiempo (t)

#### Anexo 5. Infiltración acumulada (cm) promedio, evaluadas en diferentes zonas potenciales de recarga hídrica

Tiempo (min)	Zonas potenciales de recarga hídrica evaluadas				
	<i>El silencio</i>	<i>Sitio Mata</i>	<i>San Rafael</i>	<i>Chitaría</i>	<i>Pacayitas</i>
1	0.03	0.13	0.17	0.17	0.10
2	0.17	0.23	0.33	0.37	0.23
3	0.20	0.27	0.43	0.50	0.27
4	0.20	0.30	0.53	0.63	0.33
5	0.33	0.53	0.73	0.90	0.50
9	0.37	0.57	0.83	1.13	0.53
10	0.57	0.83	1.50	1.80	0.90
20	0.80	1.07	1.97	2.27	1.17
30	0.93	1.23	2.60	2.77	1.50
45	1.30	1.47	3.10	3.30	1.70
60	1.43	1.60	3.53	3.73	1.83
90	1.47	1.67	3.77	4.23	2.00
120	1.47	1.67	3.77	4.23	2.00

#### Anexo 6. Procedimiento para evaluar el tipo de roca

La evaluación del tipo de roca se realizó en campo con la participación, el conocimiento y experiencia de los pobladores, este proceso nos permitió conocer la porosidad y/o permeabilidad de las rocas de una forma fácil y práctica, a continuación se describe el procedimiento:

- Podemos evaluar la permeabilidad y porosidad de las piedras que encontramos en la superficie del suelo y las muestras que podamos obtener de pozos o perfiles profundos de suelo, básicamente vertiendo agua lentamente sobre la piedra y se observa el tiempo en que está absorbe el agua, si lo hace rápidamente es permeable y si lo hace muy lento o no absorbe nada es impermeable. Generalmente las rocas permeables son más livianas.
- Luego podemos observar la apariencia interna de las rocas, pegándolo pequeños golpes (partiéndola), la facilidad que tenga la roca/piedra a que se rompa al ser golpeado denota su dureza y permeabilidad, son blandas/suaves cuando se rompen/fraccionan con facilidad (absorben más agua) y viceversa. Cuando rompe y se logra ver la forma de los granos o partículas es permeable, pero cuando se rompe en forma de concha (cóncava) no es permeable. Ver figuras abajo.



- Al tacto podemos determinar el grado de desmoronamiento (textura) que posea la piedra; piedras que se desmoronan fácilmente o con poco grado de dificultad son permeables y piedras que no se desmoronan y son duras se dice que son poco permeable o impermeables.
- Una vez que partimos la roca podemos ver la homogeneidad y tamaño de sus partículas o agregados, y su porosidad. Piedras que observemos que están formadas

por partículas grandes (como la arena) y/o heterogéneas con una buena distribución aparente, que presenten poros grandes e interconectados son por ende son muy permeables que facilitan el paso del agua sin dificultades

#### Anexo 7. Formato de entrevista a extensionistas y/o especialistas en la determinación de las ponderaciones (o coeficientes) de la fórmula de potencial de recarga hídrica

Estimado Sr (a):

Me dirijo a su persona para saludarlo y a la vez agradecerle por su valioso tiempo en atender esta pequeña entrevista, que servirá de insumo en la investigación que se viene realizando en los ámbitos de Pavones, La Suiza, parte de Tres Equis y Tuis. La tesis se titula “Plan de ordenamiento territorial para la gestión zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica de Balalaica, Turrialba, Costa Rica”.

Uno de los propósitos de la investigación es determinar mediante un método participativo la identificación de la zonas potenciales de recarga hídrica de las nacientes, que alimentan de agua para consumo humano a las comunidades de los ámbitos antes mencionado. Para ello es importante que tenga una idea general del ámbito, a continuación le indico algunas características aproximadas: en cuanto al uso del suelo; predomina el bosque, pastos, café, caña de azúcar, y otros cultivos. La altitud varía desde los 370 (río reventazón) a 1270 msnm (meseta del balalaica), el ámbito es considerada como una microregión de relieve ondulada, y en cuanto al tipo de suelo predominan los inceptisoles.

A continuación presentamos las variables a tomar en cuenta para dicha identificación:

$$PRH = [x_1(P) + x_2(Ts) + x_3(Tr) + x_4(Cve) + x_5(Us)]$$

Donde:

*PRH* : Potencial de recarga hídrica

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5$	: <b>Ponderaciones</b> a encontrar (varían de 0 a 1)
$P$	: Fracción que infiltra por pendiente del terreno
$T_s$	: Fracción que infiltra por el tipo de suelo
$T_r$	: Fracción que infiltra por el tipo de roca
$C_{ve}$	: Fracción que infiltra por la cobertura vegetal
$U_s$	: Fracción que infiltra por el uso del suelo

Para su aplicación completa de la fórmula, se necesita conocer el **valor de las ponderaciones** de acuerdo a su experiencia sobre el tema, conocimiento de la zona u opinión adicional.

A continuación se detalla los criterios a usar para encontrar dicho valor:

- El método que se utilizará para realizar la ponderación y ordenar los criterios es el análisis **multicriterio**, el que permite efectuar un análisis de los diferentes puntos de vista de los extensionistas y/o especialistas con relación a la importancia cuantitativa de cada criterio en función de su influencia en la infiltración.
- Se utilizarán simultáneamente 2 métodos sencillos (tabla 1) para el análisis multicriterio, que son la clasificación según la importación y el rateo.
  - La **clasificación**, consiste en ordenar todos los elementos en una lista por orden de importancia, donde el más importante tiene la clasificación más alta y el menos importante la más baja. Por ejemplo, si hay 3 criterios/elementos, el más importante tendrá valor de 3, el siguiente 2 y el menos importante con valor de 1.
  - El **rateo**, esta técnica consiste en que cada extensionista y/o especialista asigne una puntuación/calificación entre 0 y 100 a los elementos de la

metodología. La suma de todos los elementos debe ser 100. Por ejemplo, siempre con los tres elementos, al más importante 50, al siguiente 40 y al último 10.

- Se presenta a continuación el cuadro en el que usted **llenará** las columnas en blanco, según las indicaciones antes mencionadas;

Cuadro. Análisis multicriterio para extensionistas y/o especialistas

Elemento/criterio	Clasificación de importancia (orden)( de 1 a 5)	Rateo/puntuación ( De 0 – 100)
Cobertura vegetal permanente		
Pendiente en función del relieve		
Tipo de roca		
Tipo de suelo		
Uso del suelo		

Anotaciones adicionales:

.....

.....

.....

.....

Anexo 8. Clasificación por importancia para la ajuste de la ponderación de zonas potenciales de recarga hídrica

Variables	Extensionistas								Sumatoria	Peso promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Pendiente y microrelieve.	2	3	4	4	3	4	4	5	29	24.17
Tipo de suelo.	3	5	3	5	4	5	3	3	31	25.83
Tipo de roca.	1	4	5	3	5	3	3	4	28	23.33
Cobertura vegetal.	5	2	1	2	1	2	1	1	15	12.50
Uso del suelo.	4	1	2	1	2	1	4	2	17	14.17
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>15</b>	<b>120</b>	<b>100.00</b>

Anexo 9. Clasificación de rateo para la ajuste de la ponderación de zonas potenciales de recarga hídrica

Variables	Extensionistas								Sumatoria	Peso promedio
	1	2	3	4	5	6	7	8		
Pendiente y microrelieve.	30	15	25	20	20	30	25	35	200	25.00
Tipo de suelo.	15	10	20	30	15	10	15	20	135	16.88
Tipo de roca.	5	5	30	15	10	30	30	15	140	17.50
Cobertura vegetal.	30	35	10	25	30	5	10	10	155	19.38
Uso del suelo.	20	35	15	10	25	25	20	20	170	21.25
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	800	100.00