



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**

ESCUELA DE POSGRADO

**Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de
agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí,
Panamá**

Por

Walker del Carmen González Carrasco

**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, 2011

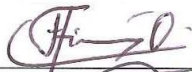
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por la División de Educación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

**MAGISTER SCIENTIAE EN MANEJO Y GESTIÓN INTEGRAL
DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

FIRMANTES:



Jorge Faustino, Ph.D.
Consejero Principal

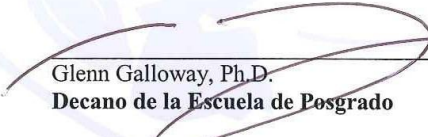


Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Miembro Comité Consejero



Sergio Velásquez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Marta Ramírez, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



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



Walker del Carmen González Carrasco
Candidato

DEDICATORIA

A *Dios Padre Todopoderoso* y a la *Virgen del Carmen*, por ser mis guías espirituales, en todo momento y por darme fuerzas para lograr la culminación de mis estudios.

A mis abuelos *Juan de Dios Carrasco C* y *Magdalena de Carrasco*, mis mejores ejemplos de vida, fortaleza y perseverancia, quienes me enseñaron a creer que hasta el más humilde, puede triunfar, que se puede construir una vida mejor con empeño y dedicación y que sobre todo vale luchar por eso; mis respeto y gracias a mi Papito y Mamita.

A mi madre, *Hilda María Carrasco A*, por haberme dado la oportunidad de vivir, por su amor y esfuerzo que me han permitido llegar hasta aquí.

A los dos grandes amores de mi vida, mi esposa *Maritza E de González*, gracias por ser mi amiga, esposa, amante, asesora, guía, pero sobre todo mi compañera sin su apoyo jamás lo habría logrado y a mi hija *Mia del Carmen González S*, quien es mi motivación para seguir adelante y a quien quiero dejar un legado de vida.

A mi hermana *Yarineth*, sobrinos y primos para que este logro sea inspiración para ellos, en general a toda la familia Carrasco gracias por confiar en mí.

A todos mis amigos, colegas y en especial a la promoción 2009-2010 por su amistad, compañerismo y lecciones aprendidas.

Walker del Carmen González Carrasco

AGRADECIMIENTOS

A *Dios* todo poderoso, por guiarme por el camino del éxito.

A mi profesor consejero *Dr. Jorge Faustino* por su valioso apoyo, durante la ejecución de la investigación, asimismo por sus sabios consejos, paciencia y comprensión para el desarrollo de este trabajo.

A los miembros de mi comité asesor *Dr. Francisco Jiménez*, por su colaboración, consejos permanente y disponibilidad incondicional para orientarme en el desarrollo de la tesis; *M.Sc. Sergio Velásquez* por su orientación y fabulosas ideas que facilitaron este trabajo y *M.Sc.*

Marta Ramírez por sus valiosas sugerencias y aportes al presente documento.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (*CATIE*), por permitirme ser parte de su gran familia y facilitarme las condiciones para alcanzar esta maestría, al personal de posgrado, biblioteca no existen palabras para agradecerle por todo.

Al Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (*IDIAP*) por haberme brindado la oportunidad de realizar estudios de maestría, en especial a la *Ing. Carmen I Bieberach* por confiar en mí.

A mi esposa *Maritza E de González* y familia por todo el apoyo recibido de parte de ellos; y a mi hija quien es mi tesoro, *Mia del Carmen*, gracias por permitirme tomar tiempo que te correspondía.

A los productores y grupos organizados de la subcuenca río Zaratí, que siempre estuvieron anuentes a brindarme información para la realización de este estudio. Al personal del ANAM y MINSA, en especial al *Ing. Okir O Ortega F* y al *Ing. Juan Jaén* por el apoyo brindado durante la etapa de campo.

A todos mis Compañeros en *CATIE* promoción 2009-2010-2011, con quienes compartí momentos muy lindos e inolvidables y quienes siempre me brindaron su amistad y apoyo, en especial a *JT, Héctor, Fulvio, Esteban, Luis, Zanya* en general gracias y los quiero mucho.

“Gracias totales”

BIOGRAFÍA

El autor nació en Ocú, Herrera, Panamá el 16 de julio de 1972, hijo de Hilda María Carrasco y Gerardo Aníbal González.

Se graduó de Licenciatura en Ingeniería Agrícola en la Universidad Tecnológica de Panamá Centro Regional Universitario de Veraguas en 1999. Desde el 2003 hasta 2004 se desempeñó como encargado de grupo y técnico catastral en el proyecto de titulación de tierras de la región occidental de la cuenca del Canal de Panamá.

En el periodo del año 2004 al 2006 trabajó para el Programa de Desarrollo Sostenible de Darién, Ministerio de la Presidencia –BID, donde se desempeñó como supervisor de campo en el proyecto de castro y titulación de tierras de la provincia de Darién

Del año 2006 al 2009 trabajó de Investigador agrícola, en el Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá. IDIAP centro de investigación agrícola CIA-Central. Encargado del subcentro de Guarumal y coordinador del proyecto Innovación Tecnológica de los Sistemas de Producción del Sur de Veraguas y colaborador de los proyectos de mejoramiento genéticos de arroz y maíz.

Ingresó a la Escuela de Posgrado Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en la maestría de manejo y gestión integral de cuencas hidrográficas en enero del año 2009 y se graduó en diciembre del 2010.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA	V
CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE CUADROS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
RESUMEN.....	XVII
ABSTRACT	XIX
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos del estudio.....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos específicos y preguntas de investigación.....	2
2. MARCO REFERENCIAL.....	5
2.1. Conceptos básicos	5
2.1.1. Cuenca hidrográfica	5
2.1.2. Manejo integrado de cuencas hidrográficas.....	5
2.1.3. Gestión de cuencas.....	6
2.1.4. Cogestión de cuencas hidrográficas	6
2.1.5. La cuenca como unidad de planificación.....	7
2.1.6. La cuenca como sistema	7
2.1.7. Gestión del agua al nivel de cuencas hidrográficas	8
2.2. Marco legal e institucional de los recursos hídricos en Panamá.....	9
2.3. Agua para consumo humano.....	11
2.4. Zonas de recarga hídrica	13
2.4.1. Clasificación de las zonas de recarga hídrica.....	15
2.5. Demarcación de fuentes y zonas de recarga hídrica	16
2.6. Análisis de vulnerabilidad integral de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica.....	17
2.7. Oferta y demanda del agua para uso humano	20

2.8. Ordenamiento territorial participativo	21
3. METODOLOGÍA	23
3.1 Ubicación y descripción general del área de estudio	23
3.1.1. Características climáticas.....	24
3.1.2. Aspecto político–administrativo de la subcuenca.....	25
3.1.3. Aspectos socioeconómicos de la subcuenca.....	25
3.1.4. Presencia de instituciones y organizaciones	26
3.2. Descripción del proceso metodológico.....	27
3.3 Descripción de la metodología por objetivos	30
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
4.1. Inducción de la investigación con actores claves de la subcuenca del río Zaratí.....	37
4.2. Resultados por objetivos.....	37
4.2.1. Objetivo 1: Analizar el marco legal, institucional y de políticas para la gestión de zonas de recarga hídrica y para la gestión del agua para consumo humano en Panamá.....	37
4.2.1.1. Leyes y reglamentos relacionados con las zonas de recarga hídricas y agua para consumo humano dentro de la subcuenca del río Zaratí.....	38
4.2.1.2. Problemas, limitaciones, debilidades, fortalezas y oportunidades han existido para la implementación de la normativa existente para lograr el manejo y gestión sostenible de las áreas de recarga hídrica.	44
4.2.1.3. Institucionalidad del agua para consumo humano, nacientes donde se capta y sus áreas aparentes de recarga, existentes en la subcuenca del río Zaratí.....	46
4.2.1.4. Experiencias en el tema de ZRH y agua para consumo humano a nivel de competencia institucional dentro de la subcuenca del río Zaratí.	48
4.2.2. Objetivo 2. Identificar, describir y demarcar, de manera participativa, las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica para consumo de la subcuenca del río Zaratí.	49
4.2.2.1 Evaluación práctica de los elementos metodológicos en sitios identificados por los actores locales	50
4.2.2.2 Determinación de las zonas potenciales de recarga.....	58
4.2.2.3 Determinación de las zonas de recarga hídrica por el método RAS.....	64

4.2.2.4 Análisis de los sistemas de producción en relación al manejo de la subcuenca y lo correspondiente a la protección del agua.	68
4.2.2.5 Prácticas de agricultura conservacionista	72
4.2.2.6 Prácticas de producción y conservación forestal	75
4.2.2.7 Prácticas de manejo y protección del agua en fincas dedicadas a la producción agrícola que contribuyen al buen manejo de la cuenca.....	76
4.2.2.8 Prácticas de manejo y protección del agua en fincas dedicadas a la producción y protección forestal que contribuyen al buen manejo de la cuenca,	78
4.2.3. Objetivo 3. Analizar la vulnerabilidad integral (socioeconómica, biofísica, ambiental) de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas aparentes de recarga hídrica.....	80
4.2.3.1. Vulnerabilidad física.....	80
4.2.3.2 Vulnerabilidad social	84
4.2.3.3. Vulnerabilidad ecológica	86
4.2.3.4. Vulnerabilidad económica	91
4.2.3.5. Vulnerabilidad técnica	92
4.2.3.6. Vulnerabilidad política.....	93
4.2.3.7. Vulnerabilidad educativa	95
4.2.3.8. Vulnerabilidad institucional.....	96
4.2.3.9. Vulnerabilidad cultural	99
4.2.3.10. Vulnerabilidad ideológica.....	100
4.2.3.11. Vulnerabilidad global.....	105
4.2.4.1. Análisis de la cantidad de agua en la subcuenca del río Zaratí.....	107
4.2.4.2. Análisis de la oferta y demanda de agua en los principales acueductos y planta potabilizadora de la subcuenca del río Zaratí.....	109
4.2.4.3. Conflictos por desabastecimiento de agua en la subcuenca.....	115
4.2.5. Objetivo 5: Identificar los factores claves que sustenten el proceso de ordenamiento territorial participativo de las áreas de recarga hídrica aparente y las nacientes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.	116
4.2.5.1. Factores claves para la implementación de un plan de ordenamiento territorial participativo.....	116

4.2.5.2. Factores legales, institucionales, biofísicos y socioeconómicos considerados para la implementación de un POT.....	117
4.2.5.3. Pasos a seguir para la implementación y cumplimiento de un plan de ordenamiento territorial y la institución que debería liderarlo.....	120
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	123
5.1 Conclusiones	123
5.2 Recomendaciones	125
6. LITERATURA CITADA	127
7 ANEXOS	132

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Reglamentos de la Ley General del Ambiente.....	40
Cuadro 2. Resumen de la legislación panameña específica sobre aguas, zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano.	43
Cuadro 3. Normativas jurídicas aplicables a la utilización del agua, zonas de recarga y agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.....	44
Cuadro 4. Limitaciones, oportunidades, debilidades y fortalezas para la implementación de las normativas en el manejo de aguas para consumo humano y zonas de recarga hídrica en Panamá.....	45
Cuadro 5. Evaluación de la pendiente y microrelieve en cada uno de los sitios.	51
Cuadro 6. Evaluación del tipo de suelo por cada sitio.	52
Cuadro 7. Evaluación de la capacidad de infiltración.....	53
Cuadro 8. Evaluación del tipo de roca por sitio de estudio.....	55
Cuadro 9. Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio.....	56
Cuadro 10. Clasificación de uso del suelo.	58
Cuadro 11. Método de clasificación por importancia para determinar el peso relativo de cada variable a utilizar.	60
Cuadro 12. Método de valoración relativa para determinar el peso de cada variable a usar. ...	60
Cuadro 13. Resumen de evaluación de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio.	60
Cuadro 14. Resumen de evaluaciones de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio.	62
Cuadro 15. Coeficientes tipos del suelo RAS.....	65
Cuadro 16. Coeficientes de pendientes RAS.	65
Cuadro 17. Coeficientes de uso del suelo RAS.	66
Cuadro 18. Resumen de los tipos de cobertura vegetal en la subcuenca del río Zaratí.	68
Cuadro 19. Categorías de capacidad de uso del suelo de la subcuenca del río Zaratí.	69
Cuadro 20. Distribución de la tenencia de la tierra en las partes de la subcuenca del río Zaratí.	70

Cuadro 21. Indicadores para la variable asentamientos humanos.	80
Cuadro 22. Indicadores para la variable sistema séptico.	81
Cuadro 23. Indicadores para la variable infraestructura del sistema séptico.	81
Cuadro 24. Indicadores para la variable alcantarillado sanitario.	82
Cuadro 25. Indicadores para la variable basureros ilegales.	82
Cuadro 26. Indicadores para la variable vertederos municipales.	82
Cuadro 27. Indicadores para la variable talleres automotrices.	83
Cuadro 28. Indicadores para la variable recolección de basura.	83
Cuadro 29. Indicadores para la variable carretera o caminos de todo tipo.	83
Cuadro 30. Indicadores para la variable estructura de recolección primaria de la fuente de agua.	83
Cuadro 31. Indicadores para la variable estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica.	84
Cuadro 32. Indicadores para la variable organización comunal.	84
Cuadro 33. Indicadores para la variable servicios básicos.	85
Cuadro 34. Indicadores para la variable salud.	85
Cuadro 35. Indicadores para la variable participación de productores.	86
Cuadro 37. Indicadores para la variable cobertura vegetal.	87
Cuadro 38. Indicadores para la variable uso de suelo.	87
Cuadro 39. Indicadores para la variable práctica de conservación de suelo y agua.	87
Cuadro 40. Indicadores para la variable erosión de suelo.	88
Cuadro 41. Indicadores para la variable contaminación.	88
Cuadro 42. Indicadores para la variable erosión de suelo.	89
Cuadro 43. Indicadores para la variable agricultura.	89
Cuadro 44. Indicadores para la variable ganadería.	90
Cuadro 45. Indicadores para la variable característica de suelo.	90
Cuadro 46. Indicadores para la variable capacidad económica.	91
Cuadro 49. Indicadores para la variable instrumentos económicos.	92
Cuadro 50. Indicadores para la variable tecnología de la construcción.	92
Cuadro 51. Indicadores para la variable mantenimiento.	93
Cuadro 53. Indicadores para la variable apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales.	94

Cuadro 54. Indicadores para la variable participación comunitaria en las decisiones locales..	94
Cuadro 55. Indicadores para la variable liderazgo en la subcuenca.	94
Cuadro 56. Indicadores para la variable normativas.....	95
Cuadro 57. Indicadores para la variable acceso a la educación.	95
Cuadro 58. Indicadores para la variable capacitación o talleres educativos.....	96
Cuadro 60. Indicadores para la variable instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.....	97
Cuadro 61. Indicadores para la variable capacidad del personal técnico.....	97
Cuadro 62. Indicadores para la variable nivel de cumplimiento de la municipalidad e instituciones en la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica.	98
Cuadro 63. Indicadores para la variable aplicación de las leyes relacionadas a los recursos hídricos.	98
Cuadro 64. Indicadores para la variable conocimiento del marco legal.	98
Cuadro 65. Indicadores para la variable implementación de planes.....	99
Cuadro 66. Indicadores para la variable participación de la mujer en acciones o actividades de prevención y mitigación.	99
Cuadro 67. Indicadores para la variable integración comunal para prevenir riesgos.	100
Cuadro 68. Indicadores para la variable actividades culturales.	100
Cuadro 69. Indicadores para la variable participación comunal en la preparación, prevención y mitigación.	101
Cuadro 70. Indicadores para la variable reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable.....	101
Cuadro 71. Indicadores para la variable percepción fatalista.	101
Cuadro 72. Número de indicadores evaluados por cada vulnerabilidad.....	102
Cuadro 73. Resumen de las vulnerabilidades encontradas para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí.	104
Cuadro 74. Contribuciones de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global.	106
Cuadro 75. Resultados de aforos en las fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.	108
Cuadro 76. Oferta y demanda de agua para consumo humano de los principales acueductos, proyectada a los años 2010, 2015 y 2020.....	111

Cuadro 77. Proyección de la población de las comunidades dentro de la subcuenca del río Zaratí, que se beneficia de planta potabilizadora de Penonomé, para los años 2010-2020.....	113
Cuadro 78. Demanda de agua de las poblaciones urbanas y suburbanas de la subcuenca del río Zaratí.	114

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 . Mapa de ubicación de la subcuenca del río Zaratí, en la cuenca del río Grande, provincia de Coclé, República de Panamá.	24
Figura 2. Proceso metodológico general para la investigación	29
Figura 3. Esquema metodológico para determinar zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007).	32
Figura 4. Instrumentos de medición de la pendiente	51
Figura 5. Determinación del tipo de roca.	54
Figura 6. Evaluación de la cobertura vegetal y uso de suelo.	56
Figura 7. Evaluación del uso del suelo.	57
Figura 8. Delimitación participativa de las posibles zonas de recarga hídricas de la subcuenca del río Zaratí.	61
Figura 9. Zonas potencial de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí (método propuesto).	62
Figura 10. Distribución en porcentajes de las zonas posibles de recarga hídrica según la aplicación del método propuesto.	63
Figura 11. Mapa de recarga hídrica subcuenca río Zaratí (método RAS).	67
Figura 12. Distribución porcentual de las áreas, de acuerdo el potencial de recarga hídrica, en la subcuenca del río Zaratí, según el método RAS.	67
Figura 13. Mapa de capacidad de uso de la subcuenca del río Zaratí.	69
Figura 14. Mapa de cobertura vegetal de la subcuenca del río Zaratí.	70
Figura 15. Tenencia de la tierra en la subcuenca del río Zaratí.	71
Figura 16. Tipos de cultivos sembrados en la subcuenca del río Zaratí.	72

Figura 17. Nivel de cumplimiento de las prácticas de agricultura conservacionista en la subcuenca del río Zaratí.....	73
Figura 18. Nivel de cumplimiento de las prácticas de producción conservación forestal en la subcuenca del río Zaratí.....	75
Figura 19. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en fincas agrícolas de la subcuenca del río Zaratí.	77
Figura 20. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en fincas forestales de la subcuenca del río Zaratí.....	79
Figura 21. Tipo de vulnerabilidad y valor existente (%) correspondientes a las fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales de recarga hídrica.	103
Figura 22. Obra en cauce de la toma de agua en el río Sofrito y toma en nacientes u ojos de agua.....	107
Figura 23. Acueductos con deficiencia de agua según la demanda de la población, para el periodo seco del año 2010, en la subcuenca del río Zaratí.....	110
Figura 24. Oferta y demanda actual y proyectada de los principales acueductos de la subcuenca del río Zaratí.....	112
Figura 25. Oferta de agua del río Zaratí y potabilizadora de Penonomé vs la demanda de la población en el año 2010.....	113
Figura 26. Oferta y demanda de agua proyectada para los años 2000 al 2020, en la subcuenca del río Zaratí.	114
Figura 27. Conocimiento de la población sobre el tema plan de ordenamiento territorial.	116
Figura 28. Disponibilidad de la población en participar en un POT.....	117
Figura 29. Distribución de la cobertura vegetal en la subcuenca del río Zaratí.....	119
Figura 30. Institución que debe liderizar el plan de ordenamiento territorial en la subcuenca del río Zaratí.	121
Figura 31. Organigrama para la implementación de un plan de ordenamiento territorial participativo.....	122

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ACP: Autoridad del Canal de Panamá

ANAM: Autoridad Nacional del Ambiente

APRODECA: Asociación de Productores y Productoras de la Cuenca Alta del Canal de Panamá

BDA: Banco de Desarrollo Agropecuario

BID: Banco Interamericano de Desarrollo

CATHALAC: Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe

CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

CEPAL: Comisión Económica para América Latina y el Caribe

COPANIT: Comisión Panameña de Normas Industriales y Técnicas

COSMAZA: Cooperativa de Servicios Múltiples del Zaratí

ETESA: Empresa de Transmisión Eléctrica S.A

FNUAP: Fondo de Población de las Naciones Unidas

FOCUENCAS:

FODA: Fortaleza, Oportunidades, Debilidades y Amenazas

GIRH: Gestión Integrada del Recurso Hídrico

GPS: Sistema de Posicionamiento Global

GTZ: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

GWP: Global Water Partnership

GWP: Global Water Partnership (Asociación Mundial para el Agua)

IDAAN: Instituto de Acueducto y Alcantarillado Nacional

IDIAP: Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá

INAB: Instituto Nacional de Bosques

INADEH: Instituto Nacional de Desarrollo Humano

IPACOOOP: Instituto Panameño Autónomo de Cooperativo

MEDUCA: Ministerio de Educación

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MICI: Ministerio de Comercio e Industria
MIDA: Ministerio de Desarrollo Agropecuario
MIDES: Ministerio de Desarrollo Social
MINSA: Ministerio Nacional de Salud
MIVI: Ministerio de Vivienda
MOP: Ministerio de Obras Publicas
OMS: Organización Mundial de la Salud
ONG: Organismos no gubernamentales
OT: Ordenamiento Territorial
PNGIRH: Plan Nacional de Gestión Integrado de Recursos Hídricos
PNGIRH: Plan Nacional de Gestión Integral de Recurso Hídrico
POT: Plan de Ordenamiento Territorial
PRONAT: Programa de Naturalización de Tierras
SICA: Sistema de Integración Centroamericana
SIG: Sistema de Información Geográfica
SINAPROC: Sistema Nacional de Protección Civil
UICN: Unión Mundial para la Naturaleza
UNICEF: Fondo de Naciones Unidas para la Infancia
UP: Universidad de Panamá
UTM: Universal Transverse Mercator
UTP: Universidad Tecnológica de Panamá
ZPA: Zona Productora de Agua
ZPRH: Zona potencial de recarga hídrica

RESUMEN

González Carrasco, W. del C. 2010. Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá. Turrialba, CR. CATIE, Tesis Mag. Sc. 175 p.

La investigación fue realizada en la subcuenca del río Zaratí, cuyo territorio está inmerso en la cuenca del río Grande, provincia de Coclé, Panamá.

Se analizó el marco legal e institucional existente en la subcuenca del río Zaratí; relacionado con las zonas de recarga hídrica y el agua para consumo humano, dando como resultado el desconocimiento de las leyes y la no existencia de normas relacionadas explícitamente sobre zonas de recarga hídrica (ZRH), por lo que se hace necesario seguir profundizando en el tema. Se identificaron de manera participativa, con actores locales, las principales fuentes de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH) y se compararon con las evaluadas bajo los criterios técnicos y climáticos, dando como resultado que las mejores condiciones geomorfológicas y climáticas para que ocurra una buena recarga hídrica están en la parte alta de la subcuenca del río Zaratí.

Dentro de los objetivos del estudio está analizar la vulnerabilidad global de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales de recarga hídrica a fin de establecer prácticas para reducir dicha vulnerabilidad. Se analizó la vulnerabilidad integral de estas desde la perspectiva biofísica y socioeconómica. Las vulnerabilidades técnica y educativa resultaron las de mayor relevancia, producto del buen mantenimiento y materiales utilizados en las tomas de agua y la disponibilidad que tienen los residentes de asistir a centros de educación a todos los niveles, desde la primaria hasta la universidad. La vulnerabilidad global encontrada se clasificó como media, por lo que resulta importante ejecutar las medidas o acciones encaminadas a mejorar condiciones de protección de las fuentes de agua y ZPRH, fortalecimiento y coordinación interinstitucional local, educación y el mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población.

Palabras claves: marco legal, coordinación institucional, manejo, protección, conservación y gestión de cuencas.

ABSTRACT

González Carrasco, W. del C. 2011. Management and protection of water recharge zones and fonts for human use in the sub basin of the Zaratí river, Panamá. Turrialba, CR. CATIE, Tesis Mag. Sc. 175p.

The investigation was realized in the sub basin of the Zaratí river, territory which is immerse in the Grande river watershed, province of Coclé, Panamá.

The existent legal and institutional framework was analyzed in the sub basin of the Zaratí river; related with the water recharge zones and the water for human use, resulting that there is ignorance about the laws and no existence of explicit norms about water recharge areas (WRA), therefore it becomes necessary to continue deepening in this matter. It was identify in a participative way with key actors, the main water fonts and the potential water recharge areas (WRA), and were compare with the ones evaluated under the technical and climatic criteria, obtaining as a result that the best geomorphologic and climatic conditions that a good water recharge take place must be located in the high part of the sub basin of the Zaratí river. Among the objectives of the study is to analyzed the global vulnerability of the main water fonts for human use and potential water recharge areas, to establish practices to reduce this mentioned vulnerability. Also the integrated vulnerability was analyzed of those areas from the biophysical and socioeconomic perspective. The technical and educational vulnerabilities resulted to be the ones with major relevance, product of the good maintenance and the materials used in the water fonts and the availability of the residents to assist to education centers at all levels, from primary school to university. The found global vulnerability was classified as medium, so it is important to execute measures or actions aimed to improve the protection conditions of the water fonts and the WRA, strengthen and local interinstitutional coordination, education and the improvemen of the socioeconomic conditions of the population.

Keywords: legal framework, institutional conditions, management, protection, and watershed management.

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso y un elemento vital para el desarrollo de las actividades humanas y de los procesos naturales. El manejo y formas de gestión de estas actividades tienen un reflejo directo sobre los atributos de calidad y cantidad de agua; por ello la construcción de indicadores ambientales y sociales en el ámbito de cuencas hidrográficas, se enfoca principalmente en la evaluación de la condición del agua.

Todas las actividades humanas dentro de la cuenca inciden en el recurso hídrico de forma positiva o negativa. Se considera que dirigiendo esfuerzos para resolver las situaciones que amenazan a este recurso y fortaleciendo acciones específicas, se contribuirá a su conservación (ACP 2008).

FNUAP (2001) establece que el agua tal vez sea el recurso que define los límites del desarrollo sostenible. No hay sustituto para el agua y el equilibrio entre las demandas de la humanidad y la cantidad disponible ya es precario. Sólo un 2,5% de toda el agua existente en el planeta es agua dulce, imprescindible para la mayoría de los usos humanos y sólo un 0,5% es agua subterránea o superficial accesible.

La subcuenca del río Zaratí, que conforma la cuenca del río Grande, históricamente, se ha dedicado a la producción de granos básicos con sistemas de producción agrícola de subsistencia y ganadería en pequeña escala. Las malas prácticas agropecuarias y forestales (cultivo de granos básicos en áreas de alta pendiente, deforestación especialmente a orillas de ríos y fuentes de agua, quema, uso excesivo de agroquímicos, sobrepastoreo, uso doméstico indiscriminado) han provocado un desequilibrio ambiental, degradación de los recursos naturales (agua, suelo, plantas) y problemas sociales en las comunidades de la subcuenca (inseguridad alimentaria, problemas de salud pública, emigración en busca de mejores condiciones de vida, disputa por los derechos de agua).

La subcuenca, que tiene una población de 22 475 habitantes, es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua para consumo humano y para actividades agrícolas, ganaderas y agroindustriales. En su parte baja, el río Zaratí abastece la demanda de agua de la pujante ciudad de Penonomé y alrededores, que tiene más de 30 000 habitantes, a través de la moderna planta potabilizadora inaugurada el 2 de septiembre del 2006. En la parte alta, los afluentes y el río Zaratí abastecen las comunidades del área con más de 20 000 habitantes (ANAM 2008 a).

En la actualidad la subcuenca del río Zaratí presenta un proceso de degradación y pérdidas de zonas de recarga hídrica producto de actividades antrópicas que traen como resultado el aumento de los niveles de erosión, compactación, deforestación, y degradación; dando como resultado la disminución en la cobertura vegetal, la infiltración del agua, aumento de la escorrentía superficial y disminución en la cantidad y calidad del agua que recargan los acuíferos subterráneos que abastecen del vital líquido a las comunidades de la parte alta y media de la subcuenca.

La falta de planificación de políticas sociales, de políticas ambientales claras, de políticas de salud que sean efectivas y sostenibles en el tiempo, trae como consecuencia la degradación ambiental y el incremento de la violación de los derechos humanos CATHALAC (2003).

El estudio analiza la situación del manejo y gestión de la zonas de recarga hídrica en la subcuenca del río Zaratí, principalmente de fuentes de agua para consumo humano y propone lineamientos y criterios que apoyen a los decisores a nivel nacional, a los municipios y a las organizaciones e instituciones que tienen relación directa con el tema, ha definir e implementar políticas, estrategias y acciones para la gestión integral de esas zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano.

1.1. Objetivos del estudio

1.1.1. Objetivo general

Analizar el estado y el manejo de las zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para uso humano, de la subcuenca del río Zaratí, Panamá.

1.1.2. Objetivos específicos y preguntas de investigación

1. Analizar el marco legal, institucional y de políticas para la gestión de zonas de recarga hídrica y para la gestión del agua para consumo humano en Panamá.

¿Qué leyes, reglamentos, normativas, ordenanzas y políticas incluyen de manera explícita o implícita el tema de zonas de recarga hídrica de microcuencas y fuentes de agua utilizadas para consumo humano en Panamá?

¿Qué problemas limitaciones, debilidades, fortalezas y oportunidades han existido para la implementación de la normativa existente; que hace falta para lograr el manejo y gestión sostenible de esas áreas?

¿Cuál es el marco institucional existente en la subcuenca del río Zaratí para la gestión del agua para consumo humano, las nacientes donde se capta y sus áreas de recarga aparente?

2. Identificar, describir y demarcar, de manera participativa, las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica para consumo de la subcuenca del río Zaratí.

¿Cuáles son, dónde están ubicadas y qué características biofísicas, ambientales y socioeconómicas tienen las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí?

¿El manejo de las zonas aledañas a las fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica corresponden con los enfoques y criterios de manejo y gestión de cuencas?

¿Cuál es el posible impacto de las intervenciones en las zonas potenciales de recarga hídrica sobre las fuentes de agua?

3. Analizar la vulnerabilidad integral (socioeconómica, biofísica, ambiental) de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas aparentes de recarga hídrica.

¿Cuáles indicadores y variables permiten caracterizar y determinar el nivel de vulnerabilidad específica e integral de las fuentes de agua y las zonas de recarga hídrica potencial?

¿Cuál es la magnitud de cada tipo de vulnerabilidad y de manera integral?

¿Cuáles son los factores que más influyen en la vulnerabilidad de las áreas donde se ubican las fuentes de agua y zonas aparentes de recarga y de qué manera influyen?

4. Determinar la oferta y demanda actual y futura de agua para uso humano, tanto rural y urbano en la subcuenca del río Zaratí.

¿Cuál es el potencial hidrológico (oferta) de la subcuenca del río Zaratí para abastecer las poblaciones aledañas en los próximos 5 ó 10 años?

¿Cuál es la demanda actual y proyectada de agua, tanto en las zonas rurales como de la zona urbana?

¿Existen conflictos en la actualidad producto del desabastecimiento de agua en la subcuenca del río Zaratí?

5. Identificar los factores claves que sustenten el proceso de ordenamiento territorial participativo de las áreas de recarga hídrica aparente y las nacientes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.

¿Las comunidades de la zona alta de la cuenca estarían anuentes a seguir o participar en un proceso de ordenamiento territorial?

¿Qué factores legales, institucionales, biofísicos y socioeconómicos, pueden considerarse para ordenar el territorio en función de proteger y conservar el recurso hídrico?

¿Qué pasos se tendrían que seguir para lograr el ordenamiento territorial y quien lo debería liderar?

2. MARCO REFERENCIAL

2.1. Conceptos básicos

2.1.1. Cuenca hidrográfica

Es un territorio delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de zonas de escorrentía de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. La cuenca hidrográfica, sus recursos naturales y sus habitantes tienen cualidades físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales, que le confieren características propias y especiales. Físicamente, la cuenca hidrográfica representa a un área natural de captación y concentración de agua superficial y subterránea y por lo tanto, tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica. Al mismo tiempo, la cuenca hidrográfica y sobre todo el agua recolectada en la misma, representa una fuente de vida para la humanidad, sin embargo, también puede ser una fuente de peligro, cuando toman lugar los fenómenos naturales extremos asociados al agua o cuando es afectada por la contaminación (Dourojeanni 2001).

La cuenca se divide en subcuenca y microcuencas. El límite de la subcuenca está delimitado por la divisoria de agua de un afluente, que forma parte de otra cuenca, que es la del cauce principal al que fluyen sus aguas. La microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenca o parte de ella (Ramakrishna 1997).

2.1.2. Manejo integrado de cuencas hidrográficas

El manejo integrado de cuencas hidrográficas es el conjunto de acciones que se realizan para proteger, conservar, utilizar, aprovechar, manejar y rehabilitar adecuadamente los recursos naturales en las cuencas hidrográficas de acuerdo a los enfoques sistémico, socioambiental, integral, multi e interdisciplinario, multi e intersectorial 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. (Jiménez 2009).

El manejo integrado de cuencas hidrográficas es un proceso interactivo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que estos tienen en el largo plazo para la sostenibilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos

naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Asimismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto, el concepto integral implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación. Un enfoque básico de manejo de cuencas es reducir la vulnerabilidad socioambiental (Jiménez 2009).

2.1.3. Gestión de cuencas

Según Dourojeanni (1994), la gestión de cuencas es un proceso donde el ser humano realiza un conjunto de acciones planificadas, coordinadas, organizadas y consensuadas, para manejar, proteger, conservar y administrar adecuadamente la unidad hidrográfica, considerando su efecto y que la dinámica de dicho sistema, tienen diferentes connotaciones.

Es un 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, de 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 *et al* 2006).

Según (Jiménez 2009), el proceso de gestión de cuencas, incluye el concepto de manejo integral de cuencas, pero además enfatiza en los procesos y acciones (la gestión) necesarias para lograr los recursos humanos, económicos, logísticos y administrativos requeridos para lograr ese manejo integral o manejo de la cuenca. La gestión tiene como base un conjunto de procesos y acciones, denominado ciclo de la gestión de cuencas que incluye el reconocimiento de la cuenca, la identificación y análisis de los actores e informantes claves, el diagnóstico, el ordenamiento del territorio, el establecimiento de la línea base, la elaboración e implementación del plan de gestión de la cuenca, los mecanismos de gestión financiera y administrativa, el sistema de monitoreo y evaluación, así como la sistematización y comunicación de las experiencias.

2.1.4. Cogestión de cuencas hidrográficas

Se define como el trabajo conjunto, compartido y colaborativo, entre diferentes actores locales, como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, ONG, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes, Todos ellos juntan esfuerzos,

recursos, experiencias y conocimiento para desarrollar procesos que causen impactos favorables y sostenibles en el manejo de los recursos naturales y en el ambiente de las cuencas hidrográficas. Con esto se busca que todos participen en la toma de decisiones, pero también que asuman responsabilidades (Orozco *et al.* 2008).

Según Jiménez (2009), la cogestión de cuenca se enfatiza en la participación plena y real de los actores en la toma de decisiones, en los procesos de empoderamiento comunitario y de organización local, pero armonizados y vinculados a las competencias de los diversos niveles y sectores nacionales relacionados con el manejo y la gestión de cuencas. Un aspecto básico de la cogestión de cuencas es la complementariedad, armonización e integración de los roles, funciones, responsabilidades y relaciones entre los actores internos y externos de la cuenca. La cogestión busca la sistematización de experiencias, la generación e intercambio de conocimientos adaptados a las condiciones de territorio, utiliza mecanismos efectivos de comunicación, retroalimentación, reflexión, alianzas de aprendizaje y formación de capital humano. Con estos procesos se contribuye a lograr un dominio común y apropiación por los actores clave de herramientas, metodologías y conceptos de manejo y gestión de los recursos naturales y las cuencas.

También es pertinente en este enfoque, la búsqueda de alternativas que permitan la articulación entre los actores, para integrar esfuerzos que superen los problemas, aprovechar mejor las oportunidades, optimizar los recursos disponibles y para viabilizar las propuestas de proyectos y planes de cogestión (Faustino *et al* 2006).

2.1.5. La cuenca como unidad de planificación

La cuenca como unidad hidrológica constituye un ámbito biofísico y socioeconómico lógico para caracterizar, diagnosticar, planificar y evaluar el uso de los recursos naturales, el análisis ambiental y el impacto global de las prácticas de manejo. Asimismo la unidad de producción, puede ser el medio adecuado para implementar el manejo de los recursos, según la vocación de la cuenca y de acuerdo a los sistemas productivos en la dinámica de su entorno ecológico y socioeconómico. La integración de todas las unidades de producción e intervención bien manejadas, permitirá lograr el manejo integral de la cuenca (Jiménez 2009).

2.1.6. La cuenca como sistema

El elemento más importante en definir a la cuenca como unidad de planificación y de cogestión es que la misma constituye un sistema. La cuenca hidrográfica concebida como un

sistema significa que la cuenca es un todo, funcionalmente indivisible e interdependiente, conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de diferentes subsistemas. Considerando aspectos como; social, económico, político, institucional, cultural, legal, tecnológico, productivo, físico y biológico, componentes que interaccionan en el tiempo y en el espacio (Jiménez 2009).

La visión de la cuenca como sistema supone el reconocimiento de los siguientes elementos:

- Interacción entre la parte alta, media y baja de la cuenca, y con la zona marino-costera, cuando corresponde.
- El análisis integral de las causas, efectos y posibles soluciones de los problemas.
- La identificación y uso racional de las potencialidades de la cuenca.
- El papel del agua como recurso integrador de la cuenca.

Además, debido a que los recursos humanos y económicos pueden ser limitantes para una intervención a gran escala, el enfoque de cuencas supone iniciar las acciones desde la parte alta hacia la parte baja de cuenca: esto es especialmente relevante en cuencas de montaña (Jiménez 2009).

En la estructura dinámica de una cuenca hidrográfica se encuentran las características físicas de un sistema como: entradas y salidas de energía, límites definidos, estructura interna de subsistemas jerarquizada, partes que no cambian con el tiempo, objetivos, entre otros (Zury 2004).

Con esta orientación sistémica se trata de resaltar que el ser humano interactúa directamente con los demás componentes del sistema cuenca/microcuenca, por lo tanto, se convierte en proveedor de insumos, dinamizador de procesos y usufructuador de productos y servicios, de ahí que se ubica en el centro de las interacciones. De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede concluir que el sistema cuenca se define como un conjunto de elementos que interaccionan de manera regular e interdependiente (Zury 2004).

2.1.7. Gestión del agua al nivel de cuencas hidrográficas

La cuenca, sea en forma independiente o interconectada con otras, es la unidad territorial más aceptada para la gestión integrada de los recursos hídricos. Las políticas para utilizar el territorio de una cuenca como base para la gestión del agua han tenido diferentes enfoques y una desigual evolución en los países de América Latina y el Caribe. A pesar de los obstáculos existentes, se observa un interés generalizado por crear y operar organismos de cuenca para

mejorar la gestión integrada del agua. El tema ha recobrado vigencia en los años recientes, debido a que los países de la región están tratando de lograr metas de gestión integrada de los recursos hídricos y de desarrollo sustentable (Dourojeanni *et al* 2002).

En la actualidad, los proyectos relacionados con manejo de cuencas buscan el objetivo de ejercer una mejor administración y control sobre el recurso agua en sus características físicas (cantidad), químicas (calidad) y biológicas (biodiversidad). Paradójicamente, para tener impacto es estos tres aspectos, todas las acciones se tienen que realizar en el sistema hídrico, en los recursos suelo, bosque y tener gran influencia en los sistemas productivos (agrícolas e industriales) (Jiménez *et al.* 2006).

2.2. Marco legal e institucional de los recursos hídricos en Panamá

El marco jurídico e institucional para la gestión de los recursos hídricos es sumamente complejo, debido al carácter intersectorial del uso y aprovechamiento del agua. Aun así, las líneas generales establecidas por la Constitución Política orientan de manera clara que el agua es un recurso propiedad del Estado, regulado por este en nombre del interés general, con el apoyo de la población en lo que hace a la conservación y uso sostenible (ANAM 2008 b).

La vertiente ambiental del marco legal de los derechos del agua en Panamá está consagrada en la Constitución Política, título III, capítulo 7, sobre régimen ecológico, que establece el deber del Estado de garantizar que la población viva en un ambiente sano y libre de contaminación, en el cual el aire, el agua y los alimentos satisfagan los requerimientos del desarrollo adecuado de la vida humana. El artículo 120, por su parte, establece que las aguas – entre otros recursos - deben ser sometidas a mecanismos que permitan al Estado reglamentar, supervisar y aplicar las medidas oportunas destinadas a su manejo racional, para evitar “su depredación y se asegure su preservación, renovación y permanencia”. El título IX de la Constitución Política contiene otros lineamientos relativos a la pertenencia al Estado de las aguas dentro de su territorio, y haciendo de estas un bien de uso libre y común, sujeto a la reglamentación que establezca la ley, que obligan a que las concesiones para el uso de las aguas deben considerar el bienestar social y el interés público (ANAM 2008 b).

Por su parte, la Ley N° 41, (Ley General de Ambiente) reconoce en su artículo 129, al Decreto Ley N° 35 de 1966 “que reglamenta el uso de las aguas”, como norma complementaria. La misma norma se reglamenta en materia de concesiones, a través del Decreto N° 70 de 1973 y en materia de acceso al agua, mediante servidumbres hídricas,

mediante el Decreto N° 55 del mismo año. Acompañan a esto, una serie de regulaciones destinadas al uso correcto de estos derechos (ANAM 2008 b).

La ANAM, en cumplimiento del artículo 32 de la Ley General del Ambiente, reglamentado por el Decreto Ejecutivo N° 58 de 2000, dirigió el proceso de elaboración de normas de calidad ambiental para formular el Decreto Ejecutivo 75 de 2008, “por el cual se dicta la norma primaria de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo”. Otras disposiciones de relevancia expedidas por la ANAM para mejorar la calidad del recurso hídrico son:

- Resolución AG 1026-2008 de 2 de diciembre de 2008, "Establecer el conjunto de costos por los servicios prestados por el Laboratorio de Calidad Ambiental de la Autoridad Nacional del Ambiente para el análisis de agua".

- Resolución No. AG-0427-2008, “Que modifica el contenido del artículo 2 de la Resolución AG-0842-07, que establece los contenidos mínimos de los Estudios Hidrológicos para proyectos hidroeléctricos”.

- Resolución No. AG-0678-2008, “Por la cual se regula la autorización temporal de los laboratorios encargados de realizar análisis de aguas residuales, de acuerdo a los requerimientos de las resoluciones No. 10, 11 y 12 de 4 de enero de 2008, del Ministerio de Comercio e Industrias”.

- Resoluciones N° 350 o COPANIT, 35 de 2000, sobre descargas de efluentes líquidos directamente a cuerpos y masas de aguas superficiales y subterráneas, y la resolución 351 de 2000, o COPANIT 39 de 2000, sobre descargas a sistemas de recolección de aguas residuales, acogidas por la ANAM mediante la Resolución AG – 0026 de 2002.

Esto se complementa con la normativa para la gestión y utilización del agua cuya ejecución corresponde a instituciones como el Ministerio de Desarrollo Agropecuario, el Ministerio de Salud, el Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales, la Autoridad de los Servicios Públicos, la Autoridad del Canal de Panamá y la Empresa de Transmisión Eléctrica S.A (ANAM 2008 b).

En diciembre de 2006, después de consultas públicas y trabajo institucional, que se extendieron por más de un año, fue presentada a la Asamblea Nacional una propuesta de actualización de la ley de agua, materializada a través del Proyecto de Ley N° 278 de 2006, que señala el marco de la gestión integrada de recursos hídricos de la República de Panamá. El proyecto se encuentra en proceso de construcción de consenso con diferentes actores sociales

en la Comisión de Población Ambiente y Desarrollo de la Asamblea Nacional (ANAM 2008 b).

2.3. Agua para consumo humano

El agua para consumo humano ha sido definida en las guías para la calidad del agua potable de la Organización Mundial de la Salud (OMS 1998), como aquella “adecuada para consumo humano y para todo uso doméstico habitual, incluida la higiene personal”. En esta definición está implícito que el uso del agua no debería presentar riesgo de enfermedades a los consumidores (Rojas 2002).

Las principales fuentes de contaminación de las aguas tanto dulces como del mar son la descarga directa de aguas servidas de origen doméstico e industrial. Hay una falta generalizada de plantas de tratamiento de aguas servidas salvo, en algunos casos, para los desechos industriales más tóxicos. Otro factor importante que contribuye a la contaminación de las aguas es la evacuación directa de desechos sólidos en los cuerpos de agua cercanos a las poblaciones, así como su disposición en vertederos abiertos, sin control alguno (Dourojeanni *et al* 1999).

En vista del incremento de los costos, así como la falta de garantía de poder tratar y eliminar con absoluta seguridad los contaminantes presentes en el agua, existe desde hace ya algunos años, el convencimiento de que la mejor forma de abastecer con seguridad y a menor costo, agua de buena calidad se requiere la protección de las fuentes de captación de agua, tanto superficial como subterránea. Esto implica, por lo tanto, realizar actividades de manejo y regulación de las cuencas de captación (Dourojeanni *et al* 1999).

Independientemente de los agentes que afectan la calidad del agua para consumo humano, es necesario también tener en cuenta los riesgos causados por la pobre protección de las fuentes de agua, el inadecuado manejo del agua durante el proceso de tratamiento y la mala conservación de su calidad a nivel de las redes de distribución (Rojas 2002).

Los tratamientos para potabilizar el agua se basan fuertemente en el uso de tecnologías, tanto mecánicas como químicas, y no en la participación de múltiples actores, usuarios de la cuenca, para que eviten contaminar las fuentes de agua. En la práctica el usuario del agua potabilizada no sabe todos los componentes químicos que trae el agua que toma y es probable que muchas empresas de agua potable tampoco lo investiguen plenamente. Hay muchísimos componentes químicos que pasan sin ser detectados, salvo que se dispongan de avanzados

sistemas de monitoreo, así como de laboratorios de análisis sofisticados que no se encuentran a disposición de pequeñas empresas de agua potable (Dourojeanni *et al* 1999).

Los gobiernos locales, las empresas de agua potable y las autoridades de salud y ambiente tienen como tareas adicionales delimitar las zonas de captación original de agua dulce, realizar inventarios de todas las posibles fuentes potenciales de contaminación que existen en dichos lugares, así como determinar todas las posibles fuentes de contaminación a partir de su desplazamiento, desde sus orígenes hasta las plantas de tratamiento. Esta obligatoriedad en el monitoreo permite informar a la población sobre todas las amenazas posibles de contaminación del agua que van a beber (Dourojeanni *et al* 1999).

Generalmente, se define como agua segura el agua apta para el consumo humano, de buena calidad y que no genere enfermedades. Es un agua que ha sido sometida a algún proceso de potabilización o purificación casera.

Sin embargo, determinar que el agua es segura solo en función de su calidad no es suficiente; la definición debe incluir otros factores como la cantidad, cobertura, continuidad, costo y la cultura hídrica. Es la sumatoria de todos estos factores que logra determinar el acceso al agua segura, dándose así la ecuación propuesta a continuación.

$$\textit{Agua segura} = \textit{Cobertura} + \textit{Cantidad} + \textit{Calidad} + \textit{Continuidad} + \textit{Costo} + \textit{Cultura}$$

hídrica

- Cobertura: significa que el agua debe llegar a todas las personas sin restricciones.
- Cantidad: se refiere a la necesidad de que las personas tengan acceso a una dotación de agua suficiente para satisfacer sus necesidades básicas: bebida, cocina, higiene personal, limpieza de la vivienda y lavado de ropa.
- Calidad: se refiere a que el agua se encuentre libre de elementos que la contaminen y convierten en un vehículo para la transmisión de enfermedades.
- Continuidad: significa que el servicio de agua debe llegar en forma continua y permanente.
- Costo: se refiere a los gastos relacionados con el tratamiento, el mantenimiento y la reparación de las instalaciones, así como los gastos administrativos que un buen servicio exige.
- Cultura hídrica: es un conjunto de costumbres, valores, actitudes y hábitos que un individuo o una sociedad tienen con respecto a la importancia del agua para el

desarrollo de todo ser vivo, la disponibilidad del recurso en su entorno y las acciones necesarias para obtenerla, tratarla, distribuirla, cuidarla y reutilizarla (Giraldo 2003)

El consumo humano total anual de agua es de 408.46 hm³/año, de los cuales el 10% proviene de fuentes subterráneas. El consumo medio por habitante es de 444 l/habitante/día, y el mayor consumo de agua potable ocurre en las provincias de Panamá, Chiriquí y Colón (ANAM 2004).

El 93% del área urbana y el 73% del área rural tienen cobertura de servicio de agua potable. Aun así, en muchos sectores urbanos el suministro de agua se restringe a ciertos días de la semana y aun a ciertas horas del día. En este sentido, existe el Plan de Desarrollo de Infraestructura de Agua Potable y Alcantarillado del Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales, que propone la creación de Juntas de Salud para el manejo de acueductos locales (ANAM 2004).

Aunque gran parte de la población rural se abastece de fuentes de aguas subterráneas para uso doméstico y agropecuario, se conoce poco sobre las capacidades, puntos de recarga, capacidad de abatimiento, recuperación, características hidrogeoquímicas, percolación de fuentes de contaminación, intrusión marina y potencial de explotación de los acuíferos (ANAM 2004).

Un análisis de la dotación del servicio de agua potable realizado en el 2004 por el Programa de Monitoreo Conjunto/2006 de la OMS y UNICEF encontró que en el área urbana el 99% de la población tenía acceso a agua potable y el 89% a saneamiento. Aunque en general se considera que el agua potable es de buena calidad, en diversos lugares se tienen frecuentemente problemas por la continuidad del servicio. Existen 3 245 sistemas de acueductos rurales. De ellos, 1 800 son manejados por Juntas Administrativas de Acueductos Rurales y los otros por Comités de Salud. El estudio realizado por el Programa de Monitoreo Conjunto/2006 de la OMS y UNICEF encontró que en el área rural solo el 79% de la población tenía acceso a agua potable y el 54% a saneamiento (ANAM 2008 b).

2.4. Zonas de recarga hídrica

En términos generales se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero, agua procedente del exterior del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (la más importante en general) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro

acuífero, si los mismos son externos al acuífero o sistemas de acuíferos en consideración (Custodio 1998).

El deterioro de las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas, la baja eficiencia del uso del recurso, la contaminación de ríos, fuentes, zonas de recarga y reservorios de agua, están causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua para usos múltiples. El grado de deterioro de las zonas de recarga está determinado por el grado de erosión de los suelos, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas que favorecen la escorrentía. Esta situación está siendo causada por la intervención del ser humano para desarrollar actividades agrícolas, industriales, extracción de leña, construcción de viviendas y actividades pecuarias, en sitios no apropiados (Faustino 2006).

Los fenómenos más importantes concernientes a los acuíferos desde el punto de vista de la hidrología son la recarga y descarga de ellos. Normalmente los acuíferos se van recargando de forma natural con la precipitación que se infiltra en el suelo y en las rocas. En el ciclo geológico normal el agua suele entrar al acuífero en las llamadas zonas de recarga, atraviesa muy lentamente el manto freático y acaba saliendo por las zonas de descarga, formando manantiales y fuentes que devuelven el agua a la superficie (Faustino 2006).

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. Los resultados son inseguros debido a la incertidumbre de los componentes considerados en las ecuaciones, la naturaleza empírica o semi-empírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración (Carrica *et al* 2004).

La descarga de un acuífero a un río es un fenómeno habitual como también es normal el contrario, la recarga de un acuífero por un río. Existiendo una relación acuífero-río-acuífero muy importante en la cual el sentido del flujo depende básicamente de los niveles de agua en el río y en el acuífero así como de la geomorfología de la zona (Faustino 2006).

La recarga natural tiene el límite de la capacidad de almacenamiento del acuífero, de forma que en un momento determinado, el agua que llega al acuífero no puede ser ya almacenada y pasa a otra área, superficie terrestre, río, lago, mar o incluso a otro acuífero. La

capacidad de almacenamiento de un acuífero depende del espesor y profundidad, esto se refiere a la “geometría de los acuíferos solos, en conjunto o interconectados” (Faustino 2006).

La cantidad de recarga de un acuífero depende en cierto modo de la extensión del área de entrada o de captación. De hecho, los acuíferos más productivos son los lechos permeables situados en áreas extensas. También la infiltración es mayor cuando en la zona de recarga o entrada se da, además de la precipitación local, el escurrimiento superficial de alguna área tributaria. Esto sucede principalmente en pendientes aluviales que reciben aguas superficiales provenientes de áreas montañosas con fuerte precipitación (INAB 2003).

Las áreas de mayor recarga son las que más interesa conservar, tanto en sus características físicas de permeabilidad, que afectan la magnitud de la recarga como en actividades que producen contaminación, que fácilmente se puede infiltrar al acuífero, afectando la calidad de sus aguas. Debido a que parte de la precipitación es de origen orográfico, las montañas y zonas altas, principalmente si su suelo y subsuelo son permeables, debido a su mayor constancia de precipitación son, por lo general, áreas de recarga importantes (Losilla 1986).

2.4.1. Clasificación de las zonas de recarga hídrica

Faustino (2006), citado por Matus (2007) indica que de acuerdo con el movimiento del agua en el suelo, subsuelo y manto rocoso, las zonas de recarga hídrica se pueden clasificar en:

- **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 caso anterior 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 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).

- **Zonas de recarga hídrica subterránea:** es la que corresponde a zonas de la cuenca que presentan fallas geológicas profundas o cuando en el balance hidrogeológico se identifica una pérdida por percolación profunda. Generalmente coincide con las zonas de recarga subterránea.

2.5. Demarcación de fuentes y zonas de recarga hídrica

Para mayor efectividad de las acciones de protección a las fuentes de agua y zonas de recarga es necesario combinar estrategias coadyuvantes, como la vigilancia local organizada, el respeto al marco legal y la denuncia de violaciones (tal vez como última medida), el manejo colaborativo de conflictos, la negociación con compensación, la protección al bosque remanente, el fomento de la reforestación, el cambio positivo en el uso del suelo (de cultivos a bosque), el empleo de prácticas culturales amigables con el ambiente. Las acciones deben empezar donde hay mayor urgencia de protección y donde se den las mejores condiciones. En la medida en que se tenga claridad de cuáles son las zonas más críticas a proteger (por la cantidad de fuentes de agua) y su grado de vulnerabilidad, se puede priorizar la demarcación y saneamiento de una zona más pequeña (León *et al.* 2010).

En forma ideal, el conocimiento local se debe combinar con el conocimiento científico y técnico. Por su experiencia de vida y sabiduría popular la gente sabe mucho, pero ese conocimiento debe complementarse con datos e ideas del mundo científico. Un campo en el que esta aseveración es particularmente válida es la definición de límites de una zona de recarga hídrica y de las zonas de intervención prioritaria. En la ZPA Carrizalón, desde un inicio las juntas de agua sabían muy bien qué áreas son las más importantes para la protección del agua, pero hacía falta un agente que sirviera de “detonante” del proceso y generara entusiasmo. Una vez iniciado el proceso, fueron los propios actores comunitarios quienes

asumieron la responsabilidad por el trabajo. El aporte técnico buscó más que todo promover y generar diálogo y comunicación en las situaciones difíciles que se presentaron (León *et al.* 2010).

En las faldas de los Cerros Turega y Cucuazal, donde nacen varios cursos de agua que suplen los acueductos por gravedad, se libró una intensa batalla por la conservación de las fuentes de agua. Los moradores se movilizaron ante la deforestación incontrolada e irresponsable, realizada por algunos moradores en las faldas de estos cerros, y previendo la inminente extinción de esos manantiales, solicitaron, en repetidas ocasiones, la intervención de las autoridades municipales y nacionales para la preservación de los bosques circundantes al nacimiento de dichos cauces naturales. Esta movilización rindió sus frutos y entre las acciones inicialmente tomadas se menciona la protección legal de las zonas de recarga de estas fuentes que abastecen los sistemas de provisión agua de las comunidades en la parte alta de la subcuenca del Zaratí. Con el apoyo de la municipalidad, ONG locales y la Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), se obtuvo como resultado la creación de dos Reservas Hídricas: la Reserva Hídrica del Cerro Turega con 602 ha y la Reserva Hídrica del Cerro Cucuazal con 294 ha, mediante Acuerdo Municipal 003 de 31 de marzo de 2005 y Gaceta Oficial 25 297 de 12 de mayo de 2005 del Honorable Consejo Municipal de Penonomé (GWP s.f.).

En apoyo a las acciones tomadas a nivel local, la ANAM desarrolla estudio diagnóstico y propuesta de proyecto para la protección de la subcuenca del río Zaratí. El 30 de enero de 2006 el Alcalde de Penonomé presenta al Presidente de la República la solicitud de un proyecto para la restauración y la gestión integrada de la subcuenca Zaratí, el cual responde a la necesidad de proteger este río que es fundamento económico y parte integrante del patrimonio histórico y cultural de esta región (GWP s.f.).

2.6. Análisis de vulnerabilidad integral de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica

Factor de riesgo interno de un elemento o grupo de elementos expuestos a una amenaza, correspondiente a su predisposición intrínseca a ser afectado, de ser susceptible a sufrir un daño, y de encontrar dificultades en recuperarse posteriormente. Corresponde a la predisposición o susceptibilidad física, económica, política o social que tiene una comunidad de ser afectada o de sufrir efectos adversos en caso de que un fenómeno peligroso de origen natural o causado por el hombre se manifieste (Wilches-Chaux, 1993).

Según Jiménez 2009(b), el concepto de vulnerabilidad, se define como, como la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio.

El análisis de vulnerabilidad es un proceso para determinar los componentes críticos, débiles o susceptibles de daño, pérdida o interrupción de los elementos bajo riesgo (edificaciones, instalaciones, sistemas – naturales o artificiales – o de grupos humanos), así como las medidas de emergencia y mitigación que deben implementarse o tomarse ante una amenaza específica o un grupo de ellas (Jiménez *et al* 2004).

Estas medidas incluyen la determinación de áreas críticas a fin de priorizar las acciones y aprovechar mejor los recursos económicos, logísticos y humanos, que casi siempre son limitados. Para efectos facilitar la determinación de la vulnerabilidad de una cuenca, se acostumbra dividir la vulnerabilidad global en varios tipos de vulnerabilidad, aunque sin perder de vista, que cada una de ellas constituye solamente un enfoque para analizar una situación global y que la mayoría están estrechamente interrelacionadas entre si (Jiménez *et al* 2004).

Es necesario anotar que la vulnerabilidad en si misma constituye un sistema dinámico, es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular. El resultado de esa interacción es el "bloqueo" o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente "desastre". A esa interacción de factores y características se le da el nombre de vulnerabilidad global.

Según Wilches-Chaux (1993), la vulnerabilidad global se subdivide en diferentes tipos: social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica.

- Vulnerabilidad natural: es la vulnerabilidad intrínseca a la que está expuesto todo ser vivo, determinada por los límites ambientales dentro de los cuales es posible la vida y por las exigencias internas de su propio organismo.
- Vulnerabilidad física: está referido directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos.

- Vulnerabilidad social: se refiere al nivel de cohesión interna que posee una comunidad. Cuanto mejor y mayor se desarrollen las interrelaciones dentro de una comunidad, es decir sus miembros entre sí y a su vez con el conjunto social, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. La diversificación y fortalecimiento de organizaciones de manera cuantitativa y cualitativa encargadas de representar los intereses del colectivo, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social, así como mitigadores de la misma.

- Vulnerabilidad política: constituye el valor recíproco del nivel de autonomía que posee una comunidad para la toma de decisiones que le afectan, es decir mientras mayor sea la autonomía, mayor será la vulnerabilidad política de la comunidad.

- Vulnerabilidad técnica: viene dada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta.

- Vulnerabilidad educativa: está representada principalmente con la preparación académica en distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones de peligro presentes en la zona que habitan.

- Vulnerabilidad ecológica: la definen las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica. Por ser la naturaleza un sistema en constante actividad que desarrolla dentro de sí ciclos, es posible afirmar que así como ingresa energía a ésta, así mismo expulsará la misma cantidad con el fin de mantener el balance interno e incluso externo.

- Vulnerabilidad económica :viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presentes en una población, pudiéndose incluso afirmar que cuanto más deprimido es un sector, mayor es la vulnerabilidad a la que se encuentra ante los desastres, es importante acotar que el inicio de los desastres viene dado directamente por la presencia de un evento natural, pero son la vulnerabilidad humana, la degradación ambiental, el crecimiento demográfico y la falta de preparación y

educación ante los mismos, los factores que dominan los procesos de desastres, llegándolos a convertir en catastróficos.

- Vulnerabilidad institucional: viene representada por la presencia o ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo y coordinación de las situaciones de emergencias presentes, como consecuencias de un evento o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia.

- Vulnerabilidad ideológica: la respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo que posean sus miembros. Si en la ideología predominante se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres "naturales" corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, contra las cuales nada podemos hacer los seres humanos, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación.

2.7. Oferta y demanda del agua para uso humano

La reducción de la disponibilidad del agua, el aumento de la demanda, la creciente escasez, la sobreexplotación de acuíferos, el sobreconcesionamiento del líquido y la intensa contaminación asociada a los diferentes usos, dan cuenta de la muy grave crisis en el manejo de los recursos hídricos. Además es notorio el empoderamiento todavía muy incipiente de los actores sociales, resultado de un manejo centralizado y poco democrático (Ortiz *et al* 2009).

Los componentes de la interacción entre oferta y demanda indican la forma en que se puede construir un estado de balance de agua para fines de planificación. La cantidad ofrecida está en función de la lluvia generada mediante el ciclo hidrológico, y la cantidad de agua sustraída se refiere a la cantidad (volumen) de agua demandada durante el año (Barrantes y Castro 1999).

El incremento de la demanda de bienes y servicios que requieren uso abundante de agua genera las mayores fuentes de presión sobre la disponibilidad y calidad de este recurso. La concentración de la población y la actividad económica del país en las cuencas del Pacífico inciden sobre el proceso de deforestación, la tendencia al mal uso de la tierra, la aceleración de la erosión y sedimentación, la contaminación de los cursos de agua, y la alteración del régimen hidrológico de las cuencas (ANAM 2004).

2.8. Ordenamiento territorial participativo

Según Jiménez (2009), el ordenamiento territorial constituye tanto una proyección espacial de las políticas ambientales, sociales, económicas y culturales, como una gama de instrumentos de planificación y mecanismos de gestión que facilita una apropiada organización del uso de la tierra y regulación de la vida económica. Mediante este proceso, la acción municipal e institucional logrará una zonificación que favorezca la reducción de la vulnerabilidad y el aprovechamiento racional de los recursos de las cuencas (suelos, bosques y árboles, agua, minería, materiales de construcción, turismo, recreación, infraestructura, entre otros). Este ordenamiento debe contemplar las necesidades futuras y el crecimiento poblacional, de acuerdo a la capacidad de carga y tecnificación posible en la cuenca.

El Ordenamiento Territorial (OT) se concibe como un proceso y una estrategia de planificación de carácter técnico-político, a través del cual se pretende configurar, en el corto, mediano y largo plazo, una organización del uso y ocupación del territorio, acorde con las potencialidades y limitaciones del mismo, las expectativas y aspiraciones de la población y los objetivos sectoriales de desarrollo (económicos, sociales, culturales y ecológicos). Se concreta en planes que expresan el modelo territorial a largo plazo que la sociedad percibe como deseable y las estrategias mediante las cuales se actuará sobre la realidad para evolucionar hacia dicho modelo (Palacio *et al* 2004).

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 2009).

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 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 (GTZ 2005).

Cabe destacar que trabajos como el de Vega (2007) y Vásquez (2008), realizados en las microrregiones hidrográficas del río Sesesmiles, Honduras y Balalaica, en Turrialba, Costa Rica, en los que se elaboraron planes de ordenamiento territorial participativo (POTP) para ambas regiones tomando como base 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.

3. METODOLOGÍA

3.1 Ubicación y descripción general del área de estudio

La subcuenca del río Zaratí, forma parte de la cuenca del río Grande (cuenca 134). Tiene un área de drenaje de 174 km², que representando un 6,6 % del total de la cuenca del río Grande. La altitud máxima es de 1 040 m.s.n.m y se encuentra localizada en la vertiente del Pacífico, Provincia de Coclé (figura 1), cuyos principales afluentes son los ríos Zaratí, Tué, Sofre, Sofrito, Chuí y Membrillo. Desde hace décadas esta subcuenca muestra un paulatino proceso de degradación de la calidad del ambiente, con áreas considerablemente intervenidas con grave erosión y consecuente arrastre de sedimentos; así como también contaminación de las aguas producto de las actividades agropecuarias.

El principal centro poblado es la ciudad de Penonomé. La subcuenca está ubicada entre las coordenadas UTM X: 563000 y 595000 latitud norte, UTM Y: 935000 y 958000 longitud oeste. La longitud aproximada desde su nacimiento hasta la salida es de 38,155 kilómetros. El perímetro es de 107,20 kilómetros. La forma de la misma es alargada, corriendo en dirección de noreste a suroeste, hasta al unirse al río Coclé del Sur afluente del río Grande. La región hidrológica del río Zaratí se puede catalogar como pequeña y del tipo exorreica.

La estación hidrométrica Murcielaguero, que registra los caudales del río Zaratí, cuenta con un periodo de registro de información de 32 años (1968-1990). En este periodo la estación registra caudales máximos instantáneos de 391 m³/s en octubre de 1975 y caudales mínimos instantáneos de 0,446 m³/s en abril de 1987. Los caudales medios anuales registrados son de 6,19 m³/s, lo que genera un volumen anual de 195 207 840 m³.

La topografía de la subcuenca del río Zaratí es ligeramente ondulada. En la parte baja de la subcuenca el relieve varía de plano a ondulado con sectores escarpados y pendientes ligeras a medianamente inclinada. En la parte media de la subcuenca, el relieve va de 150 a 400 m.s.n.m, predominando montañas medias y bajas. En la parte alta de la subcuenca, el relieve contiene montañas medias y altas con elevaciones que pasan los 1 000 m.s.n.m, debido a que se encuentra en la cordillera Central, donde las elevaciones de la subcuenca llegan a los 1 173 m.s.n.m.

Según la clasificación de Zonas de Vida de Holdridge en la subcuenca del río Zaratí se encuentran cuatro zonas de vida: bosque húmedo tropical, bosque muy húmedo tropical, bosque muy húmedo premontano y bosque seco tropical.

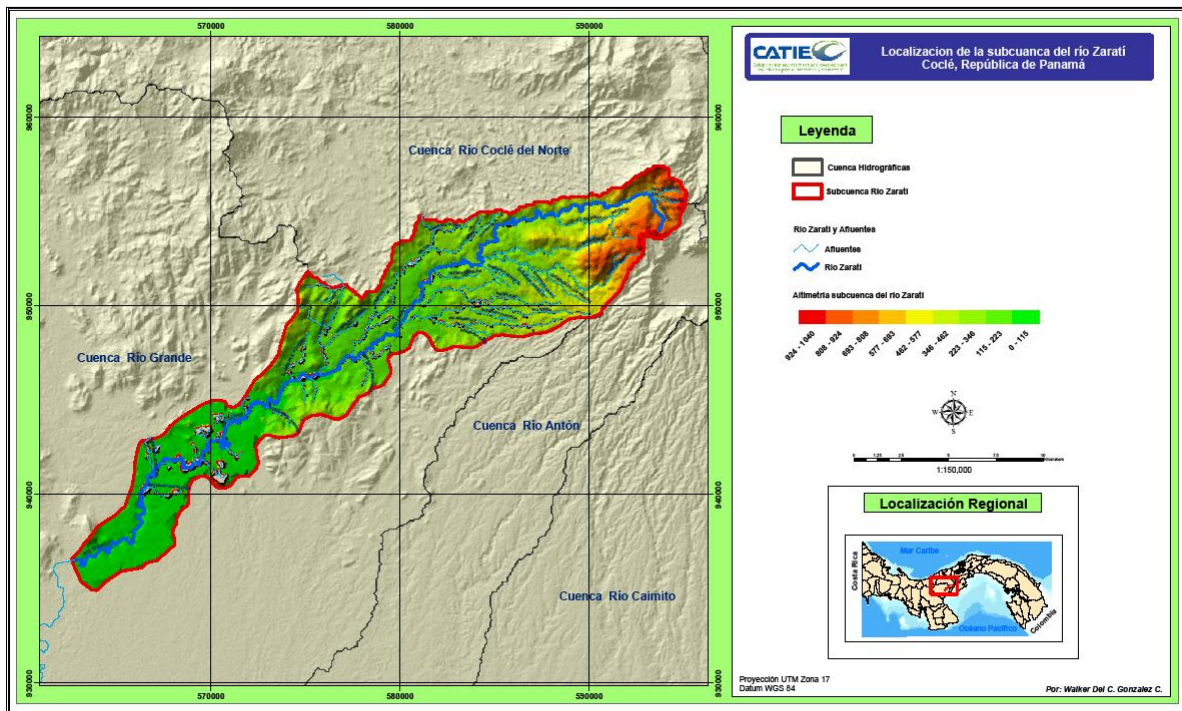


Figura 1 . Mapa de ubicación de la subcuenca del río Zaratí, en la cuenca del río Grande, provincia de Coclé, República de Panamá.

3.1.1. Características climáticas

La precipitación media anual es de 1795 mm; octubre es el mes más lluvioso con una precipitación promedio de 297 mm, mientras que el mes más seco es febrero con 5 mm. La estación seca o de menor cantidad de precipitación se prolonga desde enero hasta abril, mientras que la estación lluviosa inicia en mayo y se extiende hasta finales de diciembre. El 95,56% de la precipitación anual en esta región se da en la estación lluviosa y el 4,4% se da en la estación seca (ETESA 2008).

La temperatura media de la región es de 32,2 °C. La temperatura promedio se mantiene bastante constante a lo largo del año; los meses más frescos son septiembre y diciembre con 31,3 °C y 31,1 °C respectivamente, mientras que los más cálidos son marzo y abril con 33,4 °C y 33,8 °C, respectivamente, justo en los meses de cambio de época seca a lluviosa y viceversa (Censo Panamá 2000).

En los meses secos el promedio mensual es de 236,0 horas sol, mientras que en los meses húmedos es de 118,0 horas sol (Censo Panamá 2001).

Los datos de viento se registran en la estación meteorológica del Caño, y cuyos datos indican valores que 1,76 m/s como velocidad media anual; el mes con mayor velocidad de viento es marzo con una velocidad de 3,75 m/s, mientras que el mes con menor velocidad es septiembre con 0,60 m/s (Censo Panamá 2001).

El valor de humedad relativa promedio anual en esta región asciende a 82,3%, en el mes más seco (marzo) la humedad relativa alcanza un valor promedio mensual de 73,8%, mientras que en el más húmedo (septiembre) la humedad relativa promedio es de 87,21% (Censo Panamá 2000).

3.1.2. Aspecto político-administrativo de la subcuenca

La subcuenca del río Zaratí es de vital importancia para la provincia de Coclé, constituyendo la fuente principal de abastecimiento de agua, utilizadas para consumo humano y para actividades agrícolas, ganaderas e industriales. La subcuenca en aspectos políticos administrativos, comprende los corregimientos de Cañaveral, Penonomé Cabecera, Pajonal, Toabré, Chiguirí Arriba y Coclé en el distrito de Penonomé y los corregimientos de San Juan de Dios y El Valle en el distrito de Antón, ambos distritos pertenecientes a la provincia de Coclé.

3.1.3. Aspectos socioeconómicos de la subcuenca

Las principales actividades socioeconómicas del país se han concentrado en las cuencas hidrográficas de la vertiente del Pacífico en donde se ubican las principales ciudades y centros poblados. Se desarrollan fundamentalmente actividades agropecuarias, industriales y comerciales. En este sentido, el impacto general de estas actividades ha provocado la casi desaparición de la cobertura boscosa en estas cuencas, ha acelerado los procesos de erosión, sedimentación y contaminación de los cuerpos de agua, lo cual ha provocado un desequilibrio o alteración del régimen hidrológico y todo esto ha traído como consecuencia el agravamiento de la escasez de agua en la época seca y el incremento de los caudales pico con riesgos de inundaciones en la época de lluvia (ANAM 2008).

La población actual en la subcuenca del río Zaratí es de aproximadamente 22 475 habitantes, población que está en crecimiento y es abastecida con agua potable de esta fuente natural.

La subcuenca del río Zaratí en su parte alta está formada por las comunidades de Loma Grande, Oaxaca, Cabecera del Zaratí, Pozo Azul, Águila Abajo, Águila Arriba, Guabal, Sofre,

Turega, Caimito y Boquerón, alcanzando una población de 4 653 habitantes, de los cuales 2 436 son hombres y 2 217 mujeres (Censo Panamá 2000).

En su parte media está formada por las comunidades de Churuquita Grande, Churuquita, Chiquita, El Cocal, Barrero, La Negrita, Membrillo, Membrillo Arriba, Membrillo Centro, Monte Grande, Mosquitero, Pajonal Centro, Pajonal Abajo, Seren, Tué, Sonadora, El Potrero, Río Viejo y Salado, alcanzando una población de 6 552 habitantes, de los cuales 3 323 son hombres y 3 229 mujeres (Censo Panamá 2000).

Por último en su parte baja la subcuenca del río Zaratí está formada por las comunidades de Chigoré, Penonomé y Vista Hermosa y según el (Censo Panamá 2000), la parte baja de la subcuenca del río Zaratí, alcanza una población de 16 008 habitantes, de los cuales 7 735 son hombres y 8 273 mujeres.

Tradicionalmente la cuenca del río Zaratí ha sido explotada con diferentes actividades agrícolas, pecuarias y agroindustriales. En la actualidad la actividad agrícola y pecuaria prevalece, mientras que las actividades agroindustriales son en menor escala (producción de pollos y huevos).

En el ramo agrícola, se desarrollan actividades con tecnologías intermedias y avanzadas en los cultivos de frutales, hortalizas y viveros. Sin embargo, en las riberas del río prevalecen las fincas tradicionales conocidas como huertas de poli cultivos, donde el uso de agroquímicos conlleva a la contaminación de los suelos y aguas superficiales y subterráneas (Censo Panamá 2000).

3.1.4. Presencia de instituciones y organizaciones

En la cuenca del río Grande se tiene la presencia de las instituciones gubernamentales del sector privado y de ONG que tienen el interés de coadyuvar en el desarrollo y sostenibilidad económica como ambiental, y que a su vez, guardan injerencia en la subcuenca del río Zaratí. Entre las instituciones están:

- **Gubernamentales:** ANAM, MIDA, MEDUCA, MINSA, MIDES, Universidad de Panamá, Universidad Tecnológica, PRONAT, BDA, IDIAP. MICI, MOP, SINAPROC, Policía Nacional, MIVI, IPACOOOP, INADEH, Bomberos y el municipio de Penonomé.

- **Sector privado y ONG:** ETESA, Cuerpo de Paz, Fundación Natura, Iglesia Católica, La cooperativa de Servicios Múltiples Ambientales del Zaratí (COSMAZA)

3.2. Descripción del proceso metodológico

Para la realización de la investigación se plantearon las siguientes etapas y actividades generales (figura 2):

3.2.1. Etapa I

La etapa inicial del trabajo de investigación se basó en una convocatoria de las comunidades y poblaciones que tienen injerencia dentro de la subcuenca del río Zaratí, y sirvió como base para la inducción del estudio. Entre los distritos que tienen jurisdicción dentro de la subcuenca están los de Penonomé y Antón con sus corregimientos que lo conforman. Las giras de inducción se realizaron por poblado por poblado, ya que la distancia y tipo de trabajo dificultaba reunirlos en un mismo punto.

De igual manera, se invitó a participar a las diferentes instituciones públicas y privadas, ONG y comités, que por su trabajo tuviesen algún tipo de injerencia sobre la gestión y manejo recurso hídrico en la subcuenca. Esta actividad se propuso con la finalidad de presentar el estudio y además aprovechar la misma para recoger de parte de los actores locales las inquietudes y expectativas con relación al manejo y gestión del recurso agua. De forma simultánea, se le presentó al consejo provincial de representantes el proyecto de investigación y se les manifestó el interés de que ellos como autoridades municipales fueran actores del trabajo propuesto.

3.2.2. Etapa II

Producto de las reuniones en las que participaron los actores claves se logró recopilar información de gran valor para el estudio, utilizando diferentes herramientas y metodologías como: talleres participativos, entrevistas semiestructuradas, encuestas, informantes clave y giras a campo, entre otras.

Esta etapa permitió interactuar con diferentes actores y sirvió para extraer información importante para la investigación.

3.2.1. Etapa III

En esta etapa se realizó la organización, sistematización y análisis de la información, que sirvió de base para desarrollar cada objetivo y la elaboración del documento final.

Es importante mencionar, que en esta fase se contó con la asesoría por parte del comité consejero y asesor de tesis para lograr concluir con el documento final.

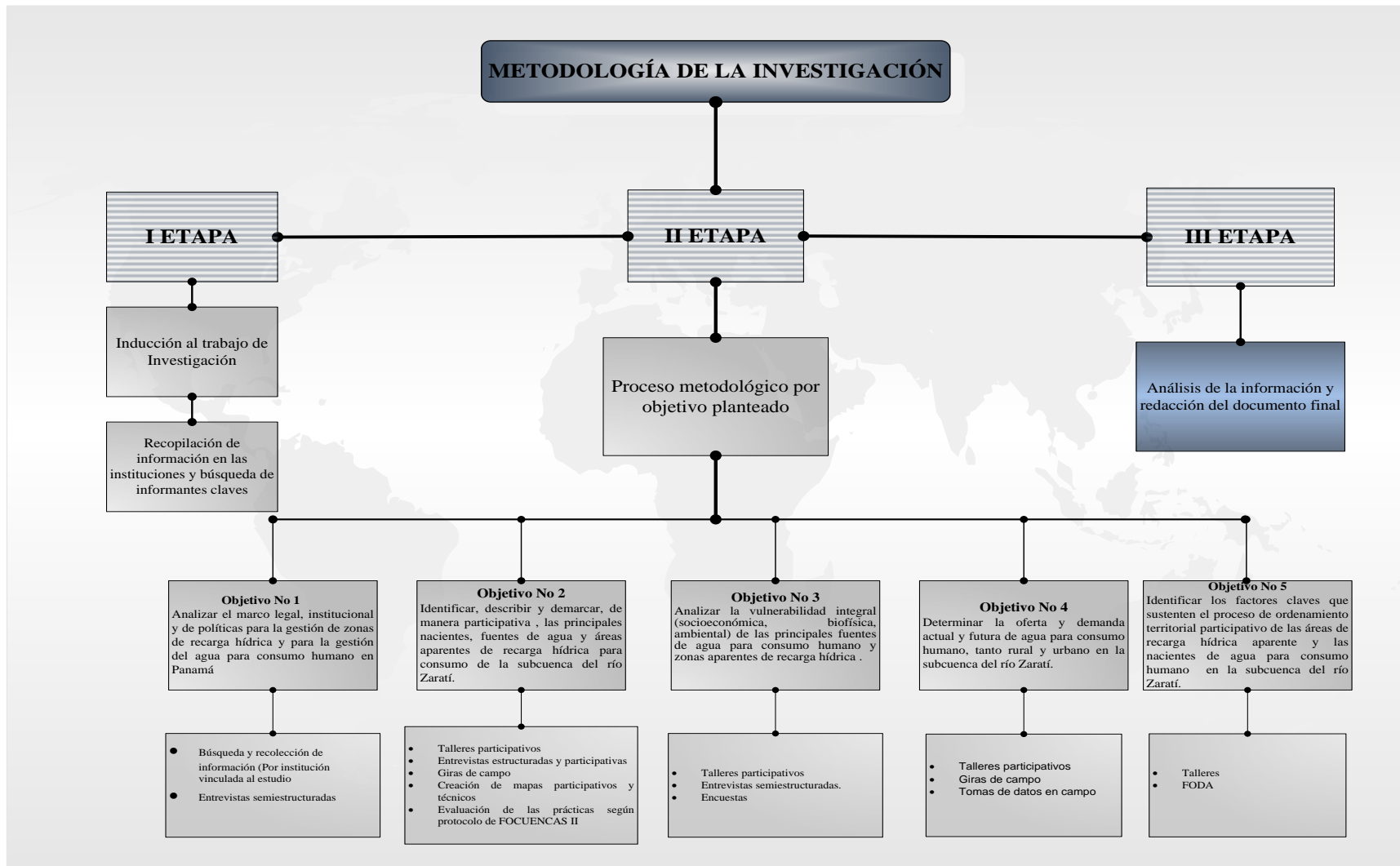


Figura 2. Proceso metodológico general para la investigación

3.3 Descripción de la metodología por objetivos

Objetivo 1

Analizar el marco legal, institucional y de políticas para la gestión de zonas de recarga hídrica y para la gestión del agua para consumo humano en Panamá.

Para cumplir este objetivo se procedió con lo siguiente:

- Búsqueda y recolección de información mediante la revisión de literatura de las leyes o normativas de gestión del agua; visitas a instituciones, aplicación de entrevistas y diálogos semiestructuradas a funcionarios públicos de las principales entidades tanto a nivel nacional, regional y/o municipal, públicas o particulares que tienen injerencia sobre el tema (ANAM, CATIE, MINSA, IDIAP, MIDA, Cooperativa COSMAZA, municipios de Penonomé, entre otros actores).

- Las leyes, políticas, reglamentos y ordenanzas se analizaron de acuerdo a los siguientes elementos:

- Contenido textual sobre el tema de estudio
- Periodo que tiene de estar vigente
- Responsables del cumplimiento y ejecución
- Limitaciones, debilidades, vacíos, fortalezas y oportunidades para la implementación
- El marco institucional se analizó con base en los siguientes aspectos:
 - Nivel de prioridad del tema en el quehacer de la institución
 - Integración del tema en los planes operativos anuales, planes de mediano y largo plazo y planes estratégicos de las instituciones.
 - Limitaciones, debilidades y fortalezas en la planificación e implementación de la acción institucional en el tema de estudio.
 - Lecciones aprendidas en el proceso

Para optimizar la información, se realizaron entrevistas y diálogos semiestructuradas, aplicando la metodología propuestas por (Geilfus 1997).

Objetivo 2.

Identificar, describir y demarcar, de manera participativa, las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica para consumo de la subcuenca del río Zaratí.

Para cumplir este objetivo se realizó lo siguiente:

La identificación de las zonas potenciales recarga hídrica (ZPRH) y fuentes de agua se realizó mediante procesos participativos. Lo primero que se realizó fue una charla de inducción en donde se le explicó a los actores locales los criterios prácticos de cómo se identifican las áreas posibles de recarga hídrica (Anexo 3). De esta manera se unificaron los criterios de identificación de áreas de recarga hídrica y nacientes de agua para consumo humano, lo cual facilitó a la hora de realizar el taller participativo, que tanto los técnicos como actores locales estuviesen sincronizados sobre los mismos parámetros y criterios que se evaluaron. La descripción de las áreas demarcadas se realizó con base en los usos de la tierra, vegetación predominante, ortofotos y con la colaboración de los actores locales, quienes conocen y pueden facilitar la caracterización de las zonas.

El desarrollo de talleres y el acompañamiento de campo por los actores locales fueron fundamentales, ya que son ellos quien conoce y pueden identificar dichas zonas. El resultado de los recorridos de campo y la toma de puntos con GPS fueron corroborados y trabajados mediante el programa ArcGis 9.3, lo que permitió generar los mapas de las zonas en estudio y posteriormente una evaluación y análisis general, en forma participativa, con todos los actores locales de la subcuenca del río Zaratí. La figura 3 detalla el proceso para la determinación de manera participativa las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica por el método práctico adaptado de Matus (2007), anexo 3.

Además se desarrolló el método RAS para corroborar los datos salido de los talleres participativos en donde los actores locales plasmaron según los conocimientos adquiridos las posibles zonas de recarga hídrica. La metodología RAS es la determinación de la recarga de agua subterránea para una zona y se puede decir que es una metodología fácil de aplicar que usa datos disponibles del país. Es una aproximación a la realidad y puede dar el potencial de la recarga acuífera; del agua subterránea disponible en una zona. Para este mapeo se ha considerado como los factores más importantes: el clima, la geología en conjuntos con la vegetación, la topografía y el uso de suelos.

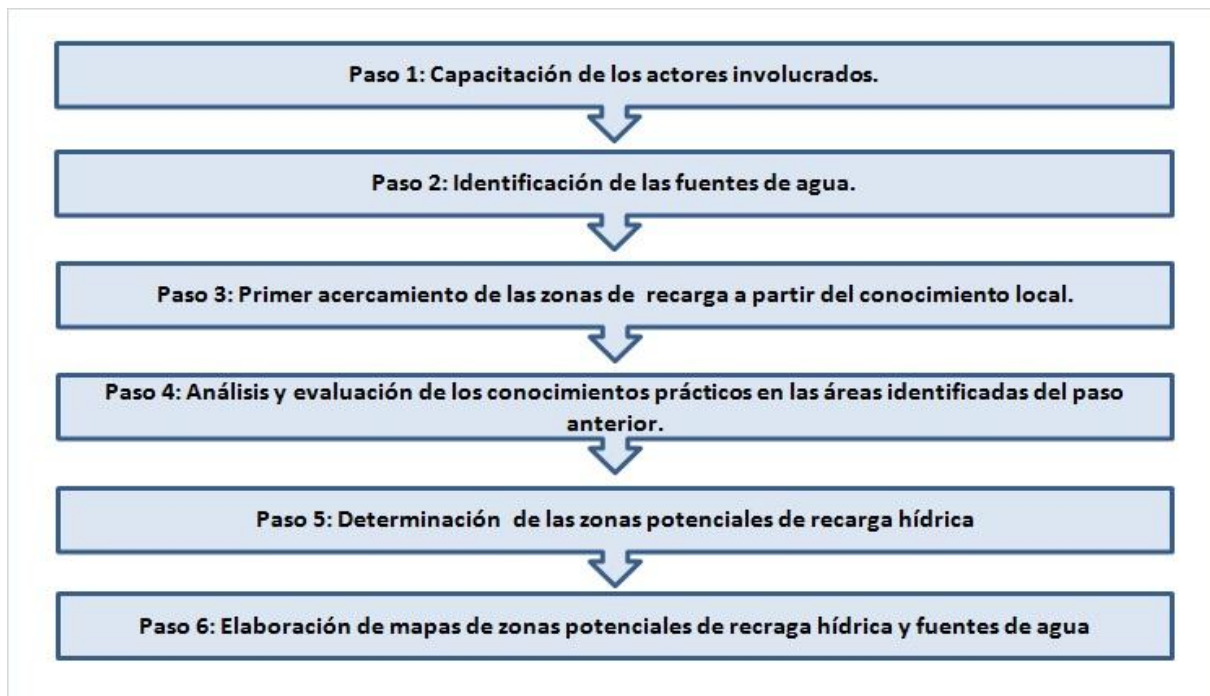


Figura 3. Esquema metodológico para determinar zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007).

Luego de identificadas las fuentes de agua y posibles zonas de recarga hídrica, se analizó los sistemas de producción, describiendo las actividades que podrían influir en el recurso hídrico. Para lograr esto se realizó, en conjunto con los propietarios, giras de campo y entrevistas estructuradas y participativas.

Para dicho análisis se implementó la metodología establecida en los protocolos para la medición de los indicadores de manejo y cogestión de las cuencas modelo, propuestos por el programa FOCUENCAS II, realizando una selección y adecuación de las guías establecidas en dicha metodología, según las características y condiciones propias del lugar.

- Fincas con prácticas de agricultura conservacionista y de manejo y protección del agua.
- Fincas con prácticas de producción pecuaria conservacionista y de manejo y protección del agua.
- Fincas con prácticas de producción y conservación forestal, de utilización bioenergética y de manejo y protección del agua (Anexo 2).

Los indicadores que se proponen están acordes a las variables referentes al uso de prácticas agrícolas, pecuarias o forestales y de manejo y protección del agua, parten de una visión

negativa en el sentido de que buscan determinar el número de fincas que tienen pocas o ninguna de esas prácticas, la cual estaría interfiriendo con un manejo adecuado de los recursos naturales en la cuenca. El manejo o disminución, en el futuro, del número de fincas bajo esa clasificación, será entonces indicativo del manejo que está recibiendo la cuenca y será fundamental para la planificación y toma de decisiones por parte de los actores locales y externos con participación y responsabilidad en su gestión (Jiménez 2009).

Objetivo 3

Analizar la vulnerabilidad integral (socioeconómica, biofísica, ambiental) de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas aparentes de recarga hídrica.

Se realizaron talleres con personal de las instituciones comprometidas con el uso y manejo del agua, para analizar la vulnerabilidad integral de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas aparentes de recarga hídrica, se aplicó la metodología propuesta por Wilches-Chaux (1993), donde para cada tipo de vulnerabilidad (social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica) se establecen variables y sus indicadores. Las variables e indicadores que se evaluaron para determinar la vulnerabilidad, se apoyó en información de las leyes, normativas, reglamentos, información secundaria sobre la vulnerabilidad de los sistemas de agua potable y otras que se consideraran de mucha importancia para su evaluación, tomando en cuenta el impacto que puedan tener sobre el recurso hídrico.

La calificación para cada tipo de vulnerabilidad estará determinada por el promedio de los indicadores de cada tipo calificado; por lo que a cada indicador se evaluará en el siguiente rango, de 0 a 4, donde 0 corresponde a vulnerabilidad nula o muy baja, 1 a vulnerabilidad baja, 2 a vulnerabilidad media, 3 a vulnerabilidad alta y 4 a vulnerabilidad muy alta (anexo 1).

Objetivo 4

Determinar la oferta y demanda actual y futura de agua para uso humano, tanto rural y urbano en la subcuenca del río Zaratí.

Para cumplir este objetivo se realizó lo siguiente:

Para determinar los puntos en donde se captan agua para el consumo humano se realizó un taller participativo en las diferentes comunidades de las zonas de la subcuenca, con el objetivo de ubicar las nacientes de agua y principalmente puntos de captación del vital líquido que sirve de abastecimiento para las comunidades. Esto permitió, luego, realizar giras de campo con los actores locales en donde se tomaron puntos con GPS y el correspondiente aforo. La práctica de aforo de las fuentes de agua para consumo humano se realizó en las dos épocas bien establecidas en Panamá, que son la seca y lluviosa. Los aforos correspondientes a la época seca se realizaron en los meses entre febrero y abril, que está considerado como los más secos y para la estación lluviosa se tomaron en los meses de junio y julio que es cuando las lluvias se estabilizaron. Dadas las características de las fuentes de la subcuenca se utilizó el método de aforo volumétrico, para determinar la oferta del agua para consumo humano, mismo que consiste en hacer llegar a la corriente, un depósito o recipiente de volumen (V) conocido, y medir el tiempo (T), requerido para llenar el depósito (Villón 2002):

$$Q = V/T$$

Donde:

Q = caudal, en l/s ó m³/s

V = volumen del depósito, en l ó m³

T = tiempo en que se llena el depósito, en s

Este método es el más efectivo, para el caso de caudales pequeños. Para los caudales de la cuenca se contó con información proveniente de la estación hidrométrica Murcielaguero (134 - 04 -01) localizada en el camino que conduce a Sardinias, aproximadamente a 3,0 km de Penonomé, en la margen derecha del río, aguas abajo del puente murcielaguero; la estación está equipada con un limnógrafo tipo Stevens A 35. Para estimar la demanda de la planta potabilizadora y oferta de la ciudad de Penonomé, se contó con información del IDAAN. Para dicho estudio se tomaron datos en las dos épocas predominantes de la zona (seca y lluviosa). Lo ideal en este indicador es obtener una información mensual, de tal forma que refleje el comportamiento de la cantidad a lo largo del año, sin embargo, para este estudio sólo incluyeron las dos épocas mencionadas.

Se realizaron mediciones de caudal del acueducto que son: caudal total y caudal aprovechado. El primero se refiere a la cantidad total que tiene el manantial, mientras el segundo a la cantidad aprovechada, medida en la entrada del tanque de almacenamiento.

Con respecto al cálculo de la demanda de agua, se analizó en función a los datos de población, considerando el índice de crecimiento anual para Panamá. Para el caso de la subcuenca del río Zaratí se realizó en función a la tasa de crecimiento poblacional, de acuerdo a los datos de la Contraloría Nacional de la República, específicamente del departamento de censos nacionales, correspondientes para la provincia de Coclé, específicamente para los distritos de Penonomé y Antón, comprendidos en la zona de estudio.

Según Chaves (2004) los análisis más utilizados en demografía parten del supuesto que la población sigue cierto modelo matemático y el procedimiento consiste en estimar la relación funcional que lo explica. Generalmente se consideran tres modelos básicos: modelo aritmético, geométrico y exponencial, pero para nuestro trabajo se manejó el método aritmético.

Modelo aritmético: es el más simple de todos, supone que la población tiene un comportamiento lineal y por ende, la razón de cambio se supone constante, es decir, se incrementa en la misma cantidad cada unidad de tiempo considerada (Chaves 2004).

$$P = P_i + (r * k) \quad r = \left[\frac{P_2 - P_1}{t_2 - t_1} \right]$$

Donde:

P = Población a estimar

P_i = Población base

r = Tasa de crecimiento entre dos censos

K = Número de años a estimar

Una vez obtenida la información se determinó la oferta y demanda del recurso hídrico para la población de la subcuenca del río Zaratí en los próximos 5 ó 10 años.

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la cantidad mínima de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) es de 200 litros/habitante/día. A estas cantidades debe sumarse el aporte necesario para la agricultura, la industria y, por supuesto, la conservación de los ecosistemas acuáticos, fluviales y, en general, dependientes del agua dulce.

Objetivo 5.

5. Identificar los factores claves que sustenten el proceso de ordenamiento territorial participativo de las áreas de recarga hídrica aparente y las nacientes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.

Para cumplir con este objetivo se utilizó la información generada en los objetivos anteriores y los resultados de los talleres participativos realizados por el ANAM, en donde se elaboraron mapas de las diferentes zonas (alta, media y baja) de la cuenca del río Zaratí.

Los actores claves, a través de dichos mapas, plantean la situación actual y futura de dichas zonas. También se utilizaron las metodologías de recorridos y diagramas de cuencas (Geilfus 1998).

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).

Con base en lo antes expuesto, la primera actividad fue determinar si la comunidad estaba dispuesta a iniciar un proceso de ordenamiento territorial, por la cual aplicaron 69 encuestas semiestructuradas a los actores locales, de las diferentes comunidades de la parte alta y media de la subcuenca, tratando de evaluar la posibilidad de la aplicación de un POT.

Tomando como base de partida las informaciones recopiladas en los objetivos 1, 2, 3, 4, se obtuvo información útil para determinar con el consenso de los actores claves la importancia de implementar un plan de OT. Tal es el caso de si existen políticas o leyes que faciliten la implementación del POT; como están las zonas de recarga, su manejo y el grado de vulnerabilidad a que están enfrentadas, la oferta y demanda del agua proveniente de estas zonas de recarga, su potencial hidrológico y la existencia o no de los conflictos serán factores fundamentales en la toma de decisiones para la implementación de un plan de OT.

De la información recopilada saldrá las bases ya sea de aprobación o desaprobación para la implementación de un plan de ordenamiento territorial participativo con su respectiva metodología.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Inducción de la investigación con actores claves de la subcuenca del río Zaratí

La primera actividad dentro de la programación del trabajo de campo fue la reunión con diferentes estamentos gubernamentales, entre ellos el alcalde de Penonomé, el consejo de representantes de corregimiento e instituciones como: ANAM, MINSA e IDAAN, involucradas directamente con la protección de zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano dentro de la subcuenca del río Zaratí. El objetivo de las reuniones fue presentar formalmente la investigación y recopilar, de parte de ellos, algunas inquietudes y datos útiles para la investigación.

De las reuniones con el personal antes mencionado se obtuvo una lista de dirigentes y de grupos organizados que sirvió de base para realizar los contactos en las diferentes comunidades en los cuales se planteó realizar el trabajo de investigación. Cabe destacar que las reuniones se realizaron en cada una de las comunidades, ya que la distancia y lo inaccesible de los poblados dificultaba reunirlos en un mismo punto.

Como resultado de los trabajos de campo, se logró la aplicación de dos tipos de entrevistas a 69 personas de 20 comunidades, distribuidas en la parte media y alta de la subcuenca del río Zaratí. En dichas actividades se pudo percibir que existen personas comprometidas con la conservación del ambiente y la gestión del agua en la subcuenca y que son las entidades gubernamentales y privadas, quienes deben ser garantes de que el recurso agua se mantenga en cantidad y calidad, ya que es necesidad y prioridad para cada comunidad.

Es importante resaltar que dentro de las inquietudes de los actores locales que participaron en las diferentes reuniones y talleres predomina la necesidad de conocer mejor las leyes y reglamentos en materia de uso del agua, las zonas de recarga hídrica y la manera de cómo ellos puedan contribuir a mejorar el manejo y conservación de dichas zonas.

4.2. Resultados por objetivos

4.2.1. Objetivo 1: Analizar el marco legal, institucional y de políticas para la gestión de zonas de recarga hídrica y para la gestión del agua para consumo humano en Panamá

En la mayoría de las constituciones nacionales de los países latinoamericanos se considera el agua como un bien de interés social, dominio público y propiedad de la Nación, aunque en la

realidad, el derecho consuetudinario y las costumbres pueden diferir de la norma legal estatal (Prins *et al* 2009).

4.2.1.1. Leyes y reglamentos relacionados con las zonas de recarga hídricas y agua para consumo humano dentro de la subcuenca del río Zaratí

A continuación se hace un resumen de la normativa relacionada con las zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano, contenida en la Constitución Política de Panamá, la Ley General del Ambiente, reglamentos de la LGA, Ley de Aguas, reglamentos de la Ley de Aguas, Ley Forestal y la Ley de los Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario.

Con respecto a las zonas de recarga hídricas, dentro de las leyes actuales de la constitución, no se encuentran bien definidas, motivo por el cual en el proyecto de ley del agua o de gestión integrada de los recursos hídricos de la república de Panamá, establece en el capítulo IX, los siguientes artículos relacionados explícitamente sobre las ZRH.

-Artículo 76. Del inventario de aguas subterráneas y de zonas de recarga. La Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas de la Autoridad Nacional del Ambiente, levantará un inventario de todos los acuíferos, áreas de recarga y nacientes del país. Para realizar este inventario se crearán las instancias institucionales y de investigación hidrogeológicas que correspondan y además podrá solicitar información a las demás instituciones que realizan actividades relacionadas, las cuales están en la obligación de suministrarla.

El propietario está obligado a reportar todas las fuentes superficiales de aguas permanentes o intermitentes que se encuentren localizadas en su inmueble, al registro de los derechos adquiridos sobre el recurso hídrico que se crea en esta ley.

-Artículo 77. De las prohibiciones en áreas de recarga. En los terrenos declarados como áreas de recarga acuífera, el Departamento de Recursos Hídricos, de la Dirección de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas de la ANAM, prohíbe las siguientes actividades:

1. En áreas boscosas, se prohíbe la eliminación de la cobertura vegetal y en consecuencia se descartan los aprovechamientos forestales y el cambio de uso de suelo.
2. El desarrollo urbano.
3. Construcción de lagunas de oxidación.
4. Segregación o fraccionamiento de la tenencia.
5. Rellenos sanitarios o vertederos de basura.
6. Canteras o tajos.
7. Actividades agropecuarias que generan materiales peligrosos o aguas residuales.

8. Actividades industriales o agroindustriales que generan materiales peligrosos o aguas residuales.
9. Viveros.
10. Gasolineras.
11. Otras actividades que pongan en peligro el recurso hídrico, que serán determinadas mediante el reglamento a esta ley.

-Artículo 78. De las excepciones a las prohibiciones a las áreas de recarga. Cuando se proponga un proyecto de interés social urgente, que califica como actividades prohibidas a realizar dentro de una zona de recarga, le corresponderá a la ANAM, exigir los estudios de impacto ambiental, la evaluación de sitios alternativos y las consultas ciudadanas correspondientes para dar la autorización correspondiente.

A continuación se presenta una revisión de la constitución y las leyes relacionadas con el manejo y gestión de los recursos hídricos en Panamá, y que de manera implícita o explícita tienen injerencia sobre las zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano.

➤ **La constitución de Panamá**

Dentro de la Constitución Nacional de Panamá se encuentra bien establecido las orientaciones en materia del recurso agua, tomando como referencia los títulos III y IX respectivamente.

• Título III, Capítulo 7. Régimen Ecológico

- Artículo 116. El Estado reglamentará, fiscalizará y aplicará oportunamente las medidas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna terrestre, fluvial y marina así como de los bosques, tierras y aguas, se lleven a cabo racionalmente de manera que se evite su depredación y se asegure su preservación, renovación y permanencia.

• Título IX, Capítulo 1. Bienes y Derechos del Estado

- Artículo 255. Pertenecen al Estado y son de uso público y por consiguiente, no pueden ser objeto de apropiación privada: el mar territorial y las aguas lacustres y fluviales; las tierras y las aguas destinadas a servicios públicos y a toda clase de comunicaciones; las tierras y las aguas destinadas o que el Estado destine a servicios públicos de irrigación de producción hidroeléctrica, de desagües y de acueductos; y los demás bienes que la Ley defina como de uso público.

- Artículo 256. Las concesiones para la explotación del suelo, del subsuelo, de los bosques y para la utilización de agua, de medios de comunicación o transporte y de otras empresas de servicio público, se inspirarán en el bienestar social y el interés público.

➤ **Ley General del Ambiente (LGA).** Ley 41 de 1 de julio de 1998, Gaceta Oficial (GO) 23578, del 3 julio de 1998.

Los principios, normas, estructuras y políticas de la política ambiental de Panamá están contenidos en la Ley 41 del 1 de julio de 1998 (Ley General del Ambiente). Es de destacar que dentro de la LGA se establece el título VI que trata el tema sobre recursos naturales, capítulo VI de recursos hídricos y los artículos desde 80 al 84 en donde se establecen los mandatos sobre la utilización del recurso agua, su regulación por la ANAM y los deberes de quienes se benefician en cuidar y preservar basándose en un plan de manejo ambiental.

Es de destacar que el Artículo 81 establece que “El agua es un bien de dominio público es todos sus estados. Su conservación y uso es de interés social. Sus usos se encuentran condicionados a la disponibilidad del recurso y a las necesidades reales del objeto a que se destinan”.

A partir de este compromiso se generó la Estrategia Nacional del Ambiente, constituida en ley mediante la Resolución No. 36 del 31 de mayo de 1999, que representa un reconocimiento de la situación del ambiente del país mediante el análisis de veintinueve temas ambientales relevantes, incluyendo un análisis de la situación actual de cuencas hidrográficas, suelos y aguas de Panamá.

➤ **Los reglamentos de la LGA**

La LGA se fundamenta en lo relacionado con el factor agua en reglamentos que a continuación se describen.

Cuadro 1. Reglamentos de la Ley General del Ambiente.

Reglamentos	Objetivos	Publicaciones y Fechas
<i>Reglamentos de LGA Decreto Ejecutivo 57, del 16 de marzo del 2000</i>	Reglamenta la conformación y funcionamiento de las Comisiones Consultivas Ambientales	Gaceta Oficial No. 24 014 del 21 de marzo del 2000
<i>Reglamentos de LGA Decreto Ejecutivo 58, del 16 de marzo del 2000</i>	Establece las normas de calidad ambiental y límites máximos permisibles.	Gaceta Oficial No. 24 014 del 21 de marzo del 2000
<i>Reglamentos de LGA Decreto Ejecutivo 57, del 10 de agosto del 2004</i>	Establece los requisitos de estudios de auditorías ambientales.	Gaceta Oficial No. 25115 del 13 de agosto del 2004
<i>Reglamentos de LGA Decreto Ejecutivo 209, del 5 de septiembre del 2006</i>	Establece los requisitos de estudios de evaluación de impactos ambiental.	Gaceta Oficial No. 25625 del 6 de septiembre del 2006

<i>Reglamentos de LGA Decreto Ejecutivo 163, del 22 de agosto del 2006</i>	Reglamenta la estructura organizacional y funciones de la ANAM.	Gaceta Oficial No. 25626 del 7 de septiembre del 2006
--	---	--

➤ **Ley de Aguas**

En el decreto Ley 35 de 1966 se determina que el agua es un recurso finito, por tanto, su uso debe considerar la función social en beneficio de las presentes y futuras generaciones. Por ello, se establece el pago por el uso o aprovechamiento del recurso superficial o subterráneo, de acuerdo con el tipo de uso y usuarios, forma de aprovechamiento, escasez, calidad del recurso y variación de la disponibilidad.

Los objetivos principales y principios del Decreto Ley 35 de 1966 se fundamentan en reglamentar la explotación de las aguas, su aprovechamiento conforme al interés social, procurando el máximo bienestar público en su utilización, conservación y administración. El mismo otorga el carácter de bienes de dominio público del Estado a todas las aguas fluviales, lacustres, marítimas, subterráneas y atmosféricas, comprendidas dentro de todo el territorio panameño, incluso del espacio aéreo. En tal sentido, permite el aprovechamiento libre y común del recurso.

Las disposiciones de este Decreto Ley son de orden público e interés social, cubriendo las aguas que se utilicen para fines domésticos y de salud pública, agrícola, industriales, hidroeléctrico y otras.

➤ **Reglamentos de la Ley de Aguas**

En la LGA se establece dentro del título XII, Artículo 129 correspondiente a las disposiciones finales de dicha ley, que son complementarias las siguientes disposiciones legales: Ley 1 de 1994, “Por la cual se establece la Legislación Forestal de la República de Panamá, y se dictan otras disposiciones”; el Decreto Ley 35 de 1966, “Por el cual se reglamenta el uso de las aguas”.

Otras normas que reglamentan la utilización y usos de las aguas dentro del territorio panameño están: el Decreto N° 55 del 1973, “Por la cual se reglamenta las servidumbres en materia de aguas”, y el Decreto N° 70 de 1973, “Por el cual se reglamenta el otorgamiento de permisos y concesiones para uso de aguas y se determina la integración y funcionamiento del Consejo Consultivo de Recursos Hidráulicos”

➤ **Legislación Forestal de la República de Panamá**

La Ley N° 1, del 3 de febrero de 1994, cuya finalidad es la protección conservación, mejoramiento, acrecentamiento, educación, investigación, manejo y aprovechamiento racional de los recursos forestales de la República de Panamá, instituye dentro del Título III, Artículos 23 y 24 que: “Queda prohibido el aprovechamiento forestal; el dañar o destruir árboles o arbustos en las zonas circundantes al nacimiento de cualquier cauce natural de agua, así como en las áreas adyacentes a lagos, lagunas, ríos y quebradas”. Estableciendo que en las áreas que bordean los ojos de agua que nacen en los cerros conservar los bosques en un radio de 200 m y 50 m si es en áreas planas. Las áreas de recarga acuífera de los ojos de aguas en que las aguas sean para consumo social son de importancia y deben ser preservadas.

➤ **Ley de los Servicios De Agua Potable**

El Decreto Ley N° 2, del 7 de enero de 1997 tiene por objetivo establecer el marco regulatorio al que se sujetarán las actividades relacionadas con la prestación de los servicios públicos de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario, considerados servicios de utilidad pública. También establece las disposiciones de que dicha ley promueva la prestación de estos servicios públicos a toda la población del país, en forma ininterrumpida, bajo condiciones de calidad y precios económicos, utilizando de forma sostenible los recursos naturales y protegiendo el medio ambiente.

➤ **Ley de Cuencas Hidrográficas**

La Ley 41 de 1998 (LGA), en su Artículo 83, faculta a la Autoridad Nacional de Ambiente (ANAM), para crear programas especiales de manejo de cuencas, en las que, por el nivel de deterioro o por la conservación estratégica, se justifique un manejo descentralizado de sus recursos hídricos, por las autoridades locales y usuarios.

La Ley N° 44, del 5 de agosto de 2002, “Por la cual establece el régimen administrativo especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la República de Panamá”

La presente Ley tiene como objetivo principal establecer en el país un régimen administrativo especial para el manejo, la protección y conservación de las cuencas hidrográficas, que permita el desarrollo sostenible en los aspectos sociales, culturales y económicos, manteniendo la base de los recursos naturales para las futuras generaciones, con fundamento en el plan de ordenamiento ambiental territorial de la cuenca hidrográfica.

En el cuadro 2 se presentan las principales leyes y decretos que tienen relación con el tema del agua en Panamá, las zonas de recarga hídricas y aguas para el consumo humano.

Cuadro 2. Resumen de la legislación panameña específica sobre aguas, zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano.

Ley	Objetivo	Publicación
Constitución Política (Título I, Artículo 4)	Establece el deber del Estado panameño de acatar las normas de derechos ambientales internacionales	Acto Constitucional del 11 de octubre del 1972
Constitución Política (Título III, Capítulo 7)	Establece el marco general de deberes del Estado para el ambiente, los recursos naturales y su uso, explotación y preservación en función del desarrollo humano.	Acto Constitucional del 11 de octubre del 1972
Ley General del Ambiente (Ley 41 de 1 de julio de 1998)	Establece las políticas del Estado para la conservación, protección, uso sostenible, recuperación y administración de los recursos hídricos.	Gaceta Oficial N°. 23 578 del 3 de julio del 1998
Ley de aguas (Decreto Ley 35 del 22 de septiembre de 1966)	Reglamenta, la explotación de las aguas del Estado, para su aprovechamiento conforme al interés social.	Gaceta Oficial N°.15 725 de Panamá del 14 octubre del 1966
Legislación Forestal de la República de Panamá. (Ley N° 1, del 3 de febrero de 1994)	“Por la cual se establece la legislación forestal en la República de Panamá y se dictan otras disposiciones”	Gaceta Oficial N°. 22 470 de Panamá del 7 de febrero de 1994
Ley N° 2 (Decreto Ley N° 2 del 7 de enero de 1997)	“Por el cual se dicta el marco regulatorio e institucional para la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado sanitario”	Gaceta Oficial N°.23 201 de Panamá del 11 de enero de 1997
Ley de Cuencas Hidrográficas (Ley N° 44 del 5 de agosto del 2002)	“Por la cual se establece el régimen administrativo especial para el manejo, protección y conservación de las cuencas hidrográficas de la república de Panamá”	Gaceta Oficial No. 24 613 de Panamá del 8 de agosto del 2002

➤ **Normativa panameña específica sobre aguas, zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano.**

El cuadro 3, presenta un resumen de la normativa específica sobre aguas, zonas de recarga y aguas para consumo humano aplicadas a la subcuenca del río Zaratí.

Cuadro 3. Normativas jurídicas aplicables a la utilización del agua, zonas de recarga y agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.

Normativas	Objetivos	Publicación
<i>Decreto N° 55, del 13 junio de 1973.</i>	“Regula las servidumbres en materias de aguas”.	Gaceta Oficial No 17610 del 7 de junio de 1974.
<i>Decreto N° 70, del 27 de julio de 1973.</i>	“Reglamenta el otorgamiento de permisos o concesiones para uso de aguas y se determina la integración y funcionamiento del Consejo Consultivo de Recursos Hidráulicos”	Gaceta Oficial N° 17 429, del 11 de septiembre de 1973.
<i>Decreto ejecutivo N°40, del 18 de abril de 1994</i>	Por la cual se crean las juntas administradoras de acueductos rurales las cuales serán responsables de la administración, operación y mantenimiento de dichas obras sanitarias.	
<i>Resolución N° 28, del 31 de enero de 1994.</i>	Establece las normas para el uso racional del agua de los acueductos rurales para la protección, conservación de sus fuentes de abasto y de sus áreas de influencia.	
<i>Resolución 155, de 7 de junio de 1999.</i>	“Por la cual se modifica la Resolución 248 del 16 de diciembre de 1996, determina que es necesario establecer Normas sobre la Calidad de Agua Potable”.	Gaceta Oficial N° 23 831 de 2 de julio de 1999)
<i>Resolución AG-0527-2005 de 30 de septiembre de 2005</i>	“Establece la conformación de la Dirección Nacional de Gestión Integrada de Cuencas Hidrográficas”	Gaceta Oficial N° 25416, de 27 de octubre de 2005
<i>Acuerdo 003 del 31 de marzo de 2005</i>	“Por medio de la cual se elevan a la categoría de reserva hídrica los globos de tierra nacionales denominadas cerro Turega y Cucuazal ubicados en el corregimiento de Pajonal, distrito de Penonomé, como patrimonio forestal del Estado”.	Gaceta Oficial, N° 25 297, del 12 de mayo del 2005

4.2.1.2. Problemas, limitaciones, debilidades, fortalezas y oportunidades han existido para la implementación de la normativa existente para lograr el manejo y gestión sostenible de las áreas de recarga hídrica.

De las entrevistas y reuniones con actores claves que trabajan dentro del territorio de la subcuenca del río Zaratí, se obtuvo información referente a las limitaciones, oportunidades, debilidades y fortalezas que existen para la implementación de la normativa (cuadro 4).

Cuadro 4. Limitaciones, oportunidades, debilidades y fortalezas para la implementación de las normativas en el manejo de aguas para consumo humano y zonas de recarga hídrica en Panamá.

Limitaciones	Oportunidades
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Falta de personal, por lo que se carecen de asistencia técnica dentro de la subcuenca. ✓ Falta recursos financieros para las instituciones que manejan los recursos naturales. ✓ Se incumplen las normativas propias de la subcuenca del río Zaratí. ✓ Falta voluntad política para hacer cumplir las leyes. ✓ Sistema judicial débil y corrupto, no se procesan los delitos ecológicos y se engavetan aquellos de alto perfil. ✓ No existen aplicaciones directas sobre el concepto de zonas de recarga hídrica excepto la Ley Forestal que aplica regulaciones en los nacimientos de los ríos, quebradas y nacimientos de agua. ✓ Desconocimiento de las leyes ambientales, por parte de los pobladores de la cuenca del río Zaratí ✓ Falta de liderazgo y compromiso por parte de los gobiernos locales e instituciones en la aplicación de las normativa en materia ambiental. ✓ Descoordinación institucional en el tema de manejo y gestión de los recursos hídricos. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La aprobación de la nueva Ley de Agua, en la cual se incorpora el concepto de zonas de recarga hídrica. ✓ Se tiene un proyecto de restauración y gestión integrada de los recursos hídricos en la subcuenca del río Zaratí. ✓ Se busca la interacción entre las instituciones relacionadas a la conservación, manejo y gestión del agua para todos los usos. ✓ El tema del agua es de importancia para todos los estratos sociales de la subcuenca. ✓ Existe un marco legal, con la convicción de mejorarlo con la nueva Ley de Aguas. ✓ La crisis del agua y la degradación del medio ambiente ya es un tema local y se crean grupos para contrarrestar dicha problemática. ✓ El agua en las zonas rurales de la subcuenca es administrada por las juntas de agua o acueductos rurales.
Debilidades	Fortalezas
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los gobiernos locales no aplican la ley por temor a represalias por parte de los diferentes estratos sociales. ✓ Cambio y rotación de personal idóneo por motivos políticos debido a un gobierno presidencialista, dando como resultado el poco empoderamiento de los procesos. ✓ No existe coordinación entre instituciones encargadas de aplicar las leyes y las que regulan y norman la utilización de los recursos naturales. ✓ La falta de personal idóneo y la descoordinación de las instituciones relacionadas con el recurso agua. ✓ Desconocimiento de las leyes por parte de los gobiernos locales, nacional y población en general. ✓ Existen vacíos legales por la dispersión de las diferentes leyes y quienes debieran aplicarlas. ✓ Debilidad en la articulación entre las instituciones y la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La población tiene la disponibilidad de aprender y cambiar su modo de vida. ✓ La creación de la nueva Ley del Agua, incorpora las zonas de recarga hídrica su control, cuidado. ✓ Se reconoce la importancia del cuidado de las cuencas y existe interés por parte de las comunidades de cuidarlas. ✓ Existen leyes y su aplicación es de entera obligatoriedad. ✓ Existe voluntad política para la ejecución y aplicación de las leyes.

Se puede establecer que dentro de la subcuenca existen limitaciones que generalmente están fundamentadas en la no aplicación de las leyes producto de que hace falta presupuestos, personal idóneo, producto del sistema político que se sigue cada cuatro años. Aunado a esta

situación se desconoce las leyes por parte de las instituciones que deben hacerlas cumplir y no se tiene explícitamente el tema de zonas de recarga hídrica sus manejos e impacto ante la mala gestión sobre el recurso hídrico para consumo humano. Todo esto es causante de desequilibrio en el sector de administración de leyes, vacíos legales e inestabilidad laboral por el personal capacitado.

Las oportunidades y fortalezas que se pueden recalcar es que se tiene un borrador de ley en donde se toca el tema de zonas de recarga hídrica de una manera más amplia, además se tiene en ejecución un proyecto de restauración y gestión integrada de los recursos hídricos dentro de la subcuenca, en donde instituciones trabajan mancomunadamente para mejorar la problemática de degradación de las zonas de recarga hídrica y crear mejores entidades administradoras del agua.

Producto de los conocimientos impartidos por instituciones como el ANAM y MINSA, se ha incrementado la conciencia ciudadana para mejorar el sistema vida de los ciudadanos que se reflejarán directamente en la cantidad y calidad del agua.

4.2.1.3. Institucionalidad del agua para consumo humano, nacientes donde se capta y sus áreas aparentes de recarga, existentes en la subcuenca del río Zaratí.

El sistema institucional a cargo de la administración del agua en Panamá está fragmentado y carece de una clara definición de roles, funciones y mecanismos de coordinación entre entidades, que se vinculan por necesidad entre sí en torno a este tema. Esa fragmentación resulta, entre otras cosas, del hecho de que el sistema se ha ido conformando por la agregación de instituciones y de los correspondientes instrumentos legales creada a lo largo de un período que abarca al menos tres etapas del desarrollo nacional (ANAM 2009).

Cabe destacar que cada una de las instituciones nacionales tiene su rol dentro del manejo y gestión del recurso agua, pero trabajan de una manera separada lo cual propicia vacíos tanto en la parte de seguimiento, evaluación y control del uso de dicho recurso. El tema de zona de recarga hídrica está implícito dentro de la Ley N° 1, del 3 de febrero de 1994 pero carece de su aplicación por parte de las autoridades tanto nacionales como locales.

A continuación describiremos las instituciones nacionales presentes en la subcuenca del río Zaratí que están involucradas en el seguimiento, evaluación y conservación de las ZRH y el agua para consumo humano.

Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM)

La Autoridad Nacional del Ambiente se establece como la entidad autónoma del Estado en materia de recursos naturales y del ambiente, comprometida en asegurar el cumplimiento y aplicación de las leyes, los reglamentos y las políticas nacionales de ambiente. Se establece entonces que el ANAM es una institución con amplio rango de acción y responsabilidad ambiental que incluye la coordinación con todos los sectores que de una forma u otra influyen sobre las cuencas hidrográficas, la administración del agua, el medio ambiente y desarrollo de recursos naturales renovables, además del otorgamiento de concesiones de uso del agua, incluyendo el riego.

Ministerio de Salud (MINSAL)

El abastecimiento de agua en el área rural de la República de Panamá está bajo la responsabilidad del MINSAL, con la administración, operación y mantenimiento de los sistemas por parte de la comunidad organizada. La estrategia de participación comunitaria, para el MINSAL, está establecida en el Artículo 112 de la Constitución. En la construcción de acueductos rurales se otorga a las comunidades la capacidad de administración, operación y el pago del mantenimiento de los mismos. Cabe destacar que estos requisitos y garantías están disponibles para el suministro de agua a las poblaciones dispersas de menos de 1500 habitantes, a través de las Juntas Administrativas de Acueductos Rurales (JAAR).

Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAN)

El IDAN es la institución encargada de darle mantenimiento a los sistemas de tratamiento colectivos una vez es entregada la obra a los propietarios particulares por parte de las empresas constructoras. Por lo tanto está comprometida en lograr el mejoramiento del nivel de salud, bienestar y progreso del país, a través de la dotación de los servicios de agua potable y la recolección y disposición inocua de las aguas servidas en aquellas comunidades que superan los 1,500 habitantes y de la comercialización de estos servicios.

Ministerio Público

Establece los principios y normas básicas para la protección, conservación y recuperación del ambiente, promoviendo el uso sostenible de los recursos naturales y se introdujo en el Título IX lo relativo a “La Investigación del Delito Ecológico”, confirmando que, corresponde al Ministerio Público la investigación de los delitos e instrucción del sumario en materia

ecológica, de conformidad con lo que establece el Libro III procedimiento penal del Código Judicial en su artículo 120-121. El texto legal aludido consagró igualmente que el Agente de Instrucción podrá iniciar, investigar y practicar todas las diligencias para el esclarecimiento de los delitos contra el ambiente, cuando por cualquier circunstancia sean afectados los recursos naturales y el ambiente; indagar a los sindicatos y practicar las pruebas y todas las diligencias para el esclarecimiento del hecho punible; colaborar estrechamente con la Autoridad Nacional del Ambiente; y ejercer todas las acciones necesarias y convenientes a fin de descubrir y sancionar los actos ilícitos contra el ambiente para ayudar a mantenerlo sano y libre de contaminación,

Gobiernos locales

Las autoridades municipales regulan la vida jurídica de los municipios por medio de acuerdos municipales, que tienen fuerza de ley dentro del respectivo distrito. En este sentido, se pueden dictar acuerdos municipales relacionados con la materia ambiental. Los alcaldes están facultados para desarrollar dichos acuerdos a través de decretos alcaldicios.

4.2.1.4. Experiencias en el tema de ZRH y agua para consumo humano a nivel de competencia institucional dentro de la subcuenca del río Zaratí.

En la actualidad se cuenta con una ley que data de 1966, por lo que urge la aplicación de una nueva ley en donde se tome como punto importante el establecimiento, delimitación y conservación de ZRH y de las aguas para consumo humano, principalmente aplicada en áreas rurales en donde el recurso agua depende directamente de estas zonas. En los últimos años se ha tratado de aprobar un proyecto de ley de aguas en donde por primera vez explícitamente se trata el tema de ZRH, del inventario de aguas subterráneas y de zonas de recarga, su importancia y prohibiciones en dichas áreas, y las excepciones a las prohibiciones a las áreas de recarga. Instituciones como el ANAM y MINSa, se amparan en la Ley Forestal para evitar la deforestación y utilización para la agricultura de las zonas circundantes a los nacimientos de agua, que generalmente se caracterizan como ZRH.

En la actualidad se maneja un proyecto de manejo y conservación del río Zaratí, encaminado a fortalecer las capacidades locales, conservar, reforestar y ser vigilantes del entorno en que viven. El proyecto manejo y gestión integrada de la subcuenca del río Zaratí, se enmarca en los siguientes módulos: reforestación y restauración de cuencas, organización comunitaria, producción más limpia, fortalecimiento de capacidades locales, agroforestería y

mejoramiento de fincas. Su propósito es contribuir a la regulación del flujo del recurso hídrico y la conservación del agua en cantidad y calidad en las fuentes que abastecen los acueductos rurales, planta potabilizadora y sistemas de riego que se sirven de ellas.

Esta afinidad de los actores locales con la preservación de las ZRH y fuentes de agua para consumo humano se vio concretada con la movilización y solicitud tanto a los gobiernos locales como nacional la aplicación legal de establecer las áreas del cerro Turega y Cucuazal reserva hídrica y entre las acciones inicialmente tomadas se menciona la protección legal de las zonas de recarga de estas fuentes que abastecen los sistemas de provisión de agua de las comunidades en la parte alta de la subcuenca del Zaratí.

4.2.2. Objetivo 2. Identificar, describir y demarcar, de manera participativa, las principales nacientes, fuentes de agua y áreas aparentes de recarga hídrica para consumo de la subcuenca del río Zaratí.

La primera parte para el desarrollo de este objetivo, fue la de un taller participativo, con todos los actores locales, trabajadores de instituciones involucradas con el recurso agua y autoridades de gobiernos locales, donde se explicaron los conceptos básicos de cuencas, entre los que figura zonas potenciales de recarga hídrica y se complementó con la explicación de la metodología, paso a paso, con la cual se busca involucrar a los actores locales en la identificación participativa de las posibles zonas de recarga hídrica.

Lo que se busca con este paso de la metodología es que exista una participación interactiva de los diferentes actores, comités u cualquier otro tipo de organización que exista en la comunidad, que se dé este proceso de enseñanza – aplicación – aprendizaje y que sean ellos los que tomen la iniciativa en la identificación de las zonas de recarga hídrica, así como en la gestión y manejo de los recursos hídricos, es decir, que sean ellos mismos los agentes de cambio dentro de su comunidad, con miras al empoderamiento y el auto desarrollo comunitario (Matus 2007).

Los seminarios se desarrollaron en cada comunidad de la subcuenca del río Zaratí, en las que se destacan la participación de actores locales o campesinos comprometidos con el agua, grupos de conservación y reforestación organizados por el ANAM, juntas de agua y acueductos rurales (JAAR); de las comunidades de la parte alta y media de la subcuenca. Entre las comunidades que participaron en los seminarios taller están: Loma Grande, Oajaca, Cabecera

del Zaratí, Águila Abajo, Águila Arriba, Guabal, Sofre, Turega, Caimito, Churuquita Grande, Membrillo, Pajonal, Serén, Río Viejo Salado, entre otras.

4.2.2.1 Evaluación práctica de los elementos metodológicos en sitios identificados por los actores locales

La recarga hídrica depende del régimen de precipitación, de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, asimismo varía de acuerdo con la permeabilidad del suelo y de los otros materiales a través de los cuales debe percolar para alcanzar la zona de saturación (Orozco *et al* 2003).

La infiltración del agua depende en mucho de la condición del suelo, su contenido de humedad y de la duración de la lluvia y del patrón de drenaje en la cuenca. Asimismo, la pendiente de la superficie constituye un factor importante, la escorrentía superficial es favorecida por pendientes muy fuertes, por lo que la infiltración se puede ver afectada.

La textura del suelo juega entonces un papel muy importante en el proceso de infiltración puesto que está influida por la pendiente del terreno, sin obviar la cobertura vegetal y los usos que se le dan al suelo (Orozco *et al* 2003). Matus (2007) menciona que existen muchos autores y metodologías que incorporan diferentes elementos para determinar la recarga hídrica, pero existen algunos que siempre se evalúan y que son los más prácticos y fáciles de medir, como lo son la pendiente, microrelieve, textura de suelo, capacidad de infiltración, tipo de roca, cobertura vegetal y el uso del suelo.

➤ Pendiente y microrelieve

El proceso de evaluación de la pendiente y el microrelieve se realizó a través de un recorrido por las zonas identificadas correspondiente para cada comunidad, reconociendo y evaluando el microrelieve mediante la observación directa, y a la vez se determinó la pendiente en campo con la ayuda de la cuerda nivel, que es una técnica conocida y manejada por los comunitarios en la determinación de la pendiente (Figura 4); además es el instrumento de medición de menor costo y más fácil de fabricarlo. Los campesinos de Panamá también hacen uso del instrumento llamado nivel A o agronivel, cuya función es establecer puntos a nivel que corroboraron los datos encontrados con el nivel e hilo.

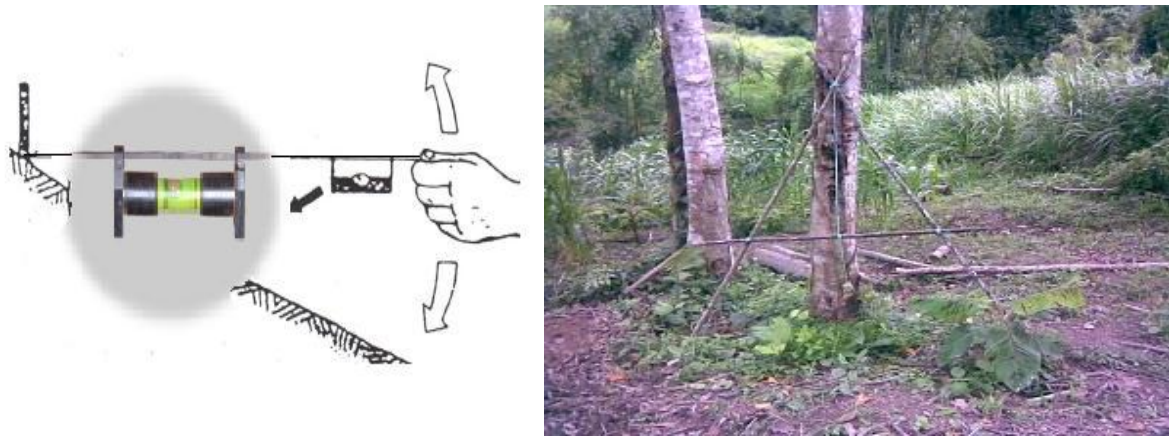


Figura 4. Instrumentos de medición de la pendiente

En el cuadro 5 se presentan los resultados del proceso de evaluación de la pendiente y la forma de microrelieve en los distintos sitios establecidos dentro de la subcuenca.

Cuadro 5. Evaluación de la pendiente y microrelieve en cada uno de los sitios.

Zona	Sitio	Microrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	Escarpado	50	Baja	2
Zona I	Loma Grande	Escarpado	45	Baja	2
Zona II	Oajaca Centro	Escarpado	45	Baja	2
Zona II	Oajaca Arriba	Ondulado/cóncavo	30	Moderada	3
Zona II	Sofre Centro	Ondulado/cóncavo	35	Moderada	3
Zona II	Turega	Escarpado	45	Baja	2
Zona III	Membrillo (río Serén)	Ondulado/cóncavo	20	Moderada	3
Zona III	Cerro Colorado	Ondulado/cóncavo	15	Moderada	3

En el cuadro anterior se puede apreciar que al evaluar la pendiente, de las zonas identificadas como potenciales para recarga tienen microrelieves escarpados (zonas I) y moderadamente ondulados a cóncavos (zonas II y III), con un rango que va de 50% como la

más fuerte hasta 15% la más baja, por lo que presenta una baja a moderada posibilidad para que se dé la recarga en cada sitio evaluado, obteniendo las zonas ponderación de 2 y 3.

Las áreas que se han determinado como posibles ZRH no se presentan con buenas posibilidades de recarga, pero por la condición que se presenta con el relieve de la subcuenca se procedieron a evaluar las demás etapas de la metodología, esperando que estos factores fueran favorables para la recarga de los acuíferos de dicha zona.

➤ **Tipo de suelo**

La textura es una de las características básicas del suelo, que afecta otras propiedades como las relaciones hídricas, la fuerza o succión con que es retenida el agua y la disponibilidad de agua para las plantas. La lluvia que se infiltra integra el agua del suelo parte de la cual puede ser usada por las plantas para la transpiración, otra parte vuelve a la atmósfera a través de la evaporación desde la superficie del suelo y otra si hay suficiente infiltración, puede pasar más abajo de la zona radical como agua subterránea. La cantidad de humedad del suelo que permanece disponible un cierto tiempo para las plantas depende de la textura y la porosidad del mismo, su volumen anterior de humedad, el volumen perdido por evaporación directa, la evapotranspiración y el drenaje profundo.

Se puede establecer que un suelo aireado, su capacidad de infiltración y de depositar agua a los niveles más profundos va directamente relacionado. El proceso de evaluación del tipo de textura e infiltración se realizó en cada sitio seleccionado, en el cual se evaluaron la textura del suelo de forma manual, al tacto y la capacidad de infiltración por medio de infiltrómetro de de anillos simple. En el cuadro 6 se presentan los resultados del proceso de evaluación del tipo de textura de cada suelo.

Cuadro 6. Evaluación del tipo de suelo por cada sitio.

Zona	Sitio	Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	Franco arenosos a arenosos	Muy alta	5
Zona I	Loma Grande	Francos	Alta	4
Zona II	Oajaca Centro	Suelos franco limosos	Media	3
Zona II	Oajaca Arriba	Suelos franco limosos	Media	3
Zona II	Sofre Centro	Suelos franco limosos	Media	3
Zona II	Turega	Francos	Alta	4

Zona III	Membrillo (río Serén)	Francos	Alta	4
Zona III	Cerro Colorado	Suelos francos arcillosos	Baja	2

Tomando como referencia el cuadro anterior y realizando la evaluación del tipo de textura y la posibilidad de recarga para cada una de las zonas, se podría decir que para la zona I está provisto de suelos francos a francos arenosos, con una posibilidad de recarga alta a muy alta, producto de encontrarse un suelo cuya mayor concentración es de arenas volcánicas y con horizonte de suelo profundo, que va más allá de los 90 cm. Para el caso de las zonas II y III, se determinó que de acuerdo a su textura, los tipos de suelo predominantes son francos, francos limosos y francos arcillosos, dándose una posibilidad de recarga de alta, media y baja, respectivamente, con ponderaciones entre 4 a 2, según la tabla establecida. Son suelos de origen volcánico, con altas concentraciones de andesitas y dacitas, lo que permite altas tasas de infiltración. En el cuadro 7 se establecen los valores de infiltración evaluados en los sitios de estudios.

Cuadro 7. Evaluación de la capacidad de infiltración.

Zona	Sitio	Infiltración (cm/hora)
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	25,51
Zona I	Loma Grande	21,12
Zona II	Oajaca Centro	18,27
Zona II	Oajaca Arriba	15,20
Zona II	Sofre Centro	16,31
Zona II	Turega	22,30
Zona III	Membrillo (río Serén)	20,01
Zona III	Cerro Colorado	12,31

Con la evaluación para determinar la capacidad de infiltración de los suelos, se obtuvo que la mayoría de los sitios evaluados presentan rápida capacidad de infiltración, excepto en las zonas I y III, en lugares como Loma Grande Nacimiento y Cerro Colorado, que tienen capacidad de infiltración muy alta y moderada, respectivamente; lo que es una buena señal del potencial de los suelos para que ocurra la recarga en los lugares evaluados.

La velocidad de infiltración encontrada en los diferentes sitios evaluados, varía entre 25,51 cm/h para la zona I, y 12,31 cm/h para la zona III, encontrándose una relación directa entre el tipo de textura encontrado con las velocidades de infiltración, ya que los sitios con mayor velocidad de infiltración en las (Zona I, II y III) poseen textura tipo franco arenosas a franco y los de menor velocidad de infiltración (textura franco arcillosa) se localizan específicamente en Cerro Colorado, en la zona III.

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.

➤ **Tipo de roca**

El análisis y evaluación del tipo de roca se realizó en campo con la participación, el conocimiento y experiencia de los actores locales, realizando un procedimiento que permitió estimar la porosidad y/o permeabilidad de las rocas de una forma fácil y práctica, lo que se obtuvo del resultado de las giras con técnicos, especialistas y observaciones de campo.

En el cuadro 8 se presentan los resultados del proceso de evaluación de las características de las rocas evaluadas en los distintos sitios.



Figura 5. Determinación del tipo de roca.

Cuadro 8. Evaluación del tipo de roca por sitio de estudio.

Zona	Sitio	Tipos de rocas	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	Rocas permeables suaves.	Alta	4
Zona I	Loma Grande	Rocas permeables suaves.	Alta	4
Zona II	Oajaca Centro	Rocas moderadamente permeable	Moderada	3
Zona II	Oajaca Arriba	Rocas moderadamente permeable	Moderada	3
Zona II	Sofre Centro	Rocas moderadamente permeable	Moderada	3
Zona II	Turega	Rocas permeables suaves.	Alta	4
Zona III	Membrillo (río Serén)	Rocas moderadamente permeable	Moderada	3
Zona III	Cerro Colorado	Rocas moderadamente permeable	Moderada	3

De acuerdo con la evaluación del tipo de roca en los diferentes sitios, se obtuvo que las ponderaciones están entre 3 como la más baja y 4 como la más alta; estableciendo para Loma Grande y Turega las zonas con rocas permeables suaves, permitiendo así una alta probabilidad de recarga, mientras que para el resto de las comunidades se determina rocas moderadamente permeable, con probabilidad de recarga media o moderada.

➤ **Cobertura vegetal permanente**

Matus (2007) señala que 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 resequead producto de los rayos del sol, contribuyendo con todo esto, a conservar las características del suelo que favorecen la recarga hídrica.

La evaluación de este elemento se realizó a partir de giras de campo y el uso de ortofotos y mapas de vegetación, levantadas por el ANAM (figura 14), visualizando de esta manera los estratos presentes en los sitios de estudio escogidos como posibles ZRH.



Figura 6. Evaluación de la cobertura vegetal y uso de suelo.

Cuadro 9. Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio.

Zona	Sitio	Porcentaje de cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	80%	Alta	4
Zona I	Loma Grande	70%	Alta	4
Zona II	Oajaca Centro	60%	Media	3
Zona II	Oajaca Arriba	55%	Media	3
Zona II	Sofre Centro	50%	Baja	2
Zona II	Turega	75%	Alta	4
Zona III	Membrillo (río Serén)	60%	Media	3
Zona III	Cerro Colorado	50%	Baja	2

El cuadro anterior muestra que al evaluar (en situ) la cobertura vegetal en las diferentes áreas, obtuvieron puntuaciones desde 2, como la más baja, a 4, la más alta. Para Sofre Centro y Cerro Colorado se obtuvieron las puntuaciones más bajas, (dos), lo que significa que para esas zonas, según este criterio, la posibilidad para que ocurra la recarga hídrica es muy baja. En Membrillo, Oajaca Centro y Arriba se obtuvo una puntuación de tres lo que indica que cuenta con una cobertura vegetal moderada y con moderadas posibilidades para que se dé la recarga hídrica. Loma Grande Nacimiento, Loma Grande y Turega alcanzaron la ponderación más alta

(cuatro), lo que establece que la zona evaluada cuenta con una buena cobertura vegetal y altas posibilidades para que ocurra la recarga hídrica.

➤ **Usos del suelo**

El uso del suelo es un elemento que establece el grado de cómo una determinada actividad o cambio de uso, influye tanto en el deterioro de sus características, como la erosión y la compactación, así como en la reducción de la infiltración y/o recarga hídrica. Según Kiersch (2000), las prácticas de uso de la tierra tienen impactos importantes, tanto en la disponibilidad como en la calidad del agua; estos impactos pueden ser positivos o negativos. Para establecer las relaciones entre los usuarios del agua de la cuenca y los usos del suelo en las partes altas de estas, es importante tener una clara idea de los posibles impactos de los usos que se les están dando a las tierras, tanto sobre el régimen hidrológico (disponibilidad del agua), como sobre la calidad del agua y las escalas a las que estos impactos son relevantes.

La evaluación de este elemento se realizó en campo, con la participación de los diferentes actores locales y personal de las instituciones gubernamentales, a través de un recorrido y visualizando de los diferentes usos realizados en la zona potencial de recarga hídrica (Figura 7). En el cuadro 10 se presentan los resultados del proceso de evaluación de los usos del suelo en las diferentes zonas identificadas y evaluadas.



Figura 7. Evaluación del uso del suelo.

Cuadro 10. Clasificación de uso del suelo.

Zona	Sitio	Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	Bosques con tres estratos con árboles, arbustos y hierbas.	Muy alta	5
Zona I	Loma Grande	Bosques con tres estratos con árboles, arbustos y hierbas.	Muy alta	5
Zona II	Oajaca Centro	Sistema agroforestal o silvopastoriles.	Alta	4
Zona II	Oajaca Arriba	Terrenos cultivados sin obras de conservación de suelo.	Baja	2
Zona II	Sofre Centro	Terrenos cultivados sin obras de conservación de suelo.	Baja	2
Zona II	Turega	Bosques con tres estratos con árboles, arbustos y hierbas.	Muy alta	5
Zona III	Membrillo (río Serén)	Terrenos cultivados sin obras de conservación de suelo.	Baja	2
Zona III	Cerro Colorado	Terrenos cultivados sin obras de conservación de suelo.	Baja	2

El cuadro 10 muestra que para Loma Grande Nacimiento, Loma Grande y Turega el uso del suelo es bosque natural, caracterizándose por presentar los tres estratos desde árboles, arbustos y hierbas, lo que significa que cuentan con muy altas posibilidades para que se de la recarga hídrica en dichas zonas; para el caso de Oajaca Centro predomina el uso de sistemas agroforestales y/o silvopastoriles, es decir, que de acuerdo con el uso que están dando a dicha zona, esta cuenta con altas posibilidades para que ocurra la recarga hídrica. En Oajaca Arriba, Sofre Centro, Membrillo y Cerro Colorado, son sitios que predomina la agricultura de subsistencia sin ningún tipo de práctica de conservación de suelo, motivo por el cual se da alta escorrentía y favorece que en dichas zonas, se tenga baja posibilidad de recarga hídricas.

4.2.2.2 Determinación de las zonas potenciales de recarga

En este punto se aplica la ecuación o el modelo propuesto para determinar la posibilidad de recarga para cada sitio identificado y evaluado por los actores locales de cada comunidad, en conjunto con personal de las instituciones involucradas en el tema de ZRH y agua para consumo humano y en donde se propone la clasificación de los distintos sitios y la posibilidad de recarga hídrica.

Una vez que se identificaron los elementos que integran el modelo, se procedió a darle asignación de pesos relativos o ponderación a cada elemento, en función de la importancia que

cada uno representa en el proceso de infiltración del agua, es decir, qué elemento favorece más la infiltración y darle mayor peso.

El método que se utilizó para realizar la ponderación y ordenar los elementos fue el análisis multicriterio, que utilizó CATIE (2006) en la ponderación de indicadores y análisis multicriterio. La ponderación se basó en la experiencia e información de extensionistas de la zona para asignarle valor a cada elemento. El método permite efectuar un análisis de los diferentes puntos de vista de los extensionistas con relación a la importancia cuantitativa de cada criterio, en función de su influencia en la infiltración.

Se utilizaron simultáneamente dos métodos sencillos para el análisis multicriterio: a) la clasificación según la importancia b) valoración relativa (distribuir, repartir proporcionalmente). A continuación se explica el procedimiento aplicado para cada método.

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 cinco criterios/elementos, el más importante tendrá valor de 5, el siguiente 4, 3, 2 respectivamente y el menos importante un valor de 1.

La valoración relativa consiste en que cada extensionista 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 cinco elementos, al más importante 30, al siguiente 25, 20, 15 y al último 10.

Para obtener el peso final de cada elemento se realizó el procedimiento siguiente:

Después que los extensionistas dieron a cada elemento una clasificación y un valor relativo, se obtiene una sumatoria por cada elemento y se procede a sumar todos los valores (de todos los elementos), para luego sacar un peso promedio de cada elemento, tanto en la clasificación por importancia (Cuadro 11) como por valoración relativa (Cuadro 12). Una vez que se obtuvieron los pesos promedios para cada elemento, por cada uno de los métodos empleados se procede a obtener un promedio entre el peso obtenido por importancia y valoración relativa (Cuadro 13), obteniendo así el peso relativo promedio final para cada elemento.

Cuadro 11. Método de clasificación por importancia para determinar el peso relativo de cada variable a utilizar.

Variable	Extensionistas								Sumatoria	Peso promedio
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		
Pendiente y microrelieve	3	2	3	3	5	2	4	3	25	20,83
Tipo de suelo	4	4	5	4	4	4	3	4	32	26,67
Tipo de roca	1	1	1	1	2	1	1	1	9	7,50
Cobertura vegetal	5	5	4	5	3	5	5	5	37	30,83
Uso de suelo	2	3	2	2	1	3	2	2	17	14,17
Total	15	15	15	15	15	15	15	15	120	100

Cuadro 12. Método de valoración relativa para determinar el peso de cada variable a usar.

Variable	Extensionistas								Sumatoria	Peso promedio
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)		
Pendiente y microrelieve	15	15	20	15	40	25	20	20	170	21,25
Tipo de suelo	35	20	40	20	20	30	30	25	220	27,50
Tipo de roca	10	15	5	15	15	5	5	5	75	9,38
Cobertura vegetal	30	30	30	30	15	30	30	25	220	27,50
Uso de suelo	10	20	5	20	10	10	15	25	115	14,38
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	800	100

Cuadro 13. Resumen de evaluación de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio.

Variable	Peso promedio por clasificación	Peso promedio por rateo	Peso promedio final	Factor de peso
Pendiente y Microrelieve	20,83	21,25	21,04	0,21
Tipo de suelo	26,67	27,50	27,08	0,27
Tipo de roca	7,50	9,38	8,44	0,09
Cobertura vegetal	30,83	27,50	29,17	0,29
Uso del suelo	14,17	14,38	14,27	0,14

Con los pesos promedios finales de cada elemento, se procedió a agregarlos en la ecuación, dando como resultado los factores de peso de cada elemento con relación a su importancia, aportes o influencia en la infiltración y escritas en la siguiente ecuación.

$$ZRH = [0,21(Pend) + 0,27(Ts) + 0,09(Tr) + 0,29(Cve) + 0,14(Us)]$$

Por ejemplo para el caso del sitio de Loma Grande Nacimiento se tiene:

$$ZRH = [0,21(2) + 0,27(5) + 0,09(4) + 0,29(4) + 0,14(5)]$$

$$ZRH = 4,00$$

En el cuadro 14 se muestra la ponderación de cada elemento evaluado, la puntuación alcanzada de cada sitio y la posibilidad de recarga de dichos lugares, mediante la aplicación del modelo. Estableciéndose que los sitios de la zona I se caracterizan por presentar alta posibilidad para que ocurra la recarga hídrica, producto que sus características presentan características que favorecen la infiltración del agua en el suelo. Para la zona II la posibilidad de la recarga hídrica es moderada, excepto el sitio de Turega, que por sus condiciones de suelo y vegetación, favorece la recarga hídrica en la zona. La zona III tiene posibilidad de recarga es moderada a baja y se estima que con un buen manejo de dichas zonas se podría mejorar su capacidad de recarga (Figura 8).

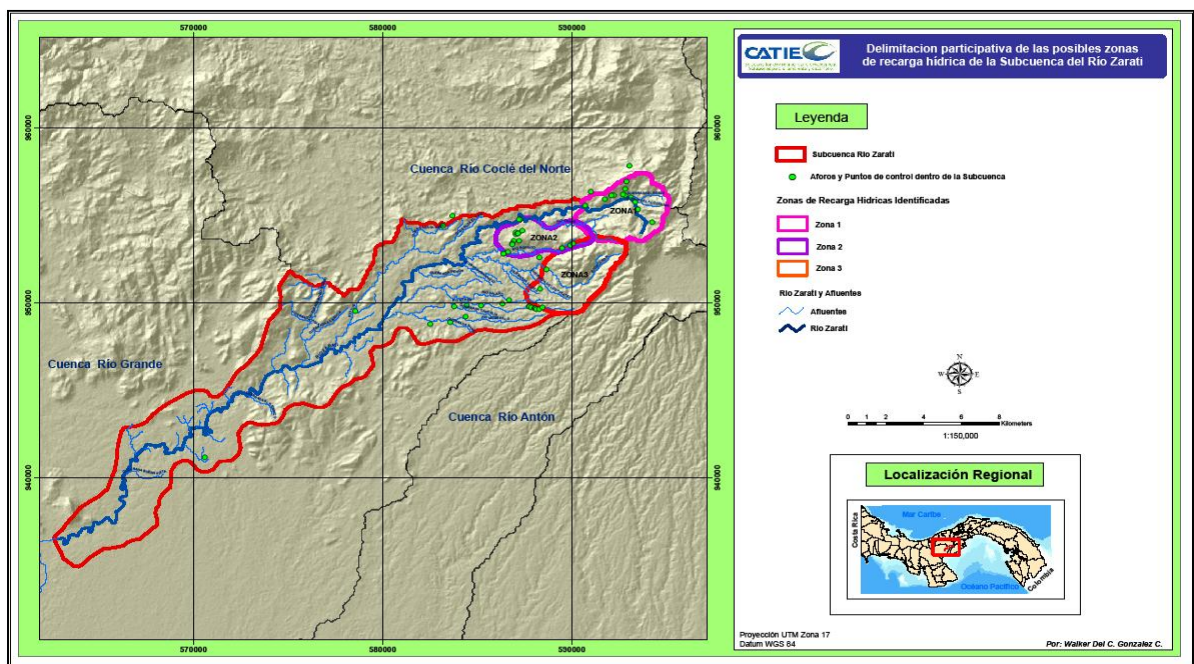


Figura 8. Delimitación participativa de las posibles zonas de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí.

Cuadro 14. Resumen de evaluaciones de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio.

Zona	Comunidad	Criterios evaluados					Sumatoria	Posibilidad de recarga
		Pendiente	Tipo de suelo	Tipo de roca	Cobertura vegetal	Uso de suelo		
Zona I	Loma Grande (Nacimiento)	0,42	1,35	0,36	1,16	0,7	4,0	Alta
Zona I	Loma Grande	0,42	1,08	0,36	1,16	0,7	3,7	Alta
Zona II	Oajaca Centro	0,42	0,81	0,27	0,87	0,56	2,9	Moderada
Zona II	Oajaca Arriba	0,63	0,81	0,27	0,87	0,28	2,9	Moderada
Zona II	Sofre Centro	0,63	0,81	0,27	0,58	0,28	2,6	Moderada
Zona II	Turega	0,42	1,08	0,36	1,16	0,7	3,7	Alta
Zona III	Membrillo (río Serén)	0,63	1,08	0,27	0,87	0,28	3,1	Moderada
Zona III	Cerro Colorado	0,63	0,54	0,27	0,58	0,28	2,3	Baja

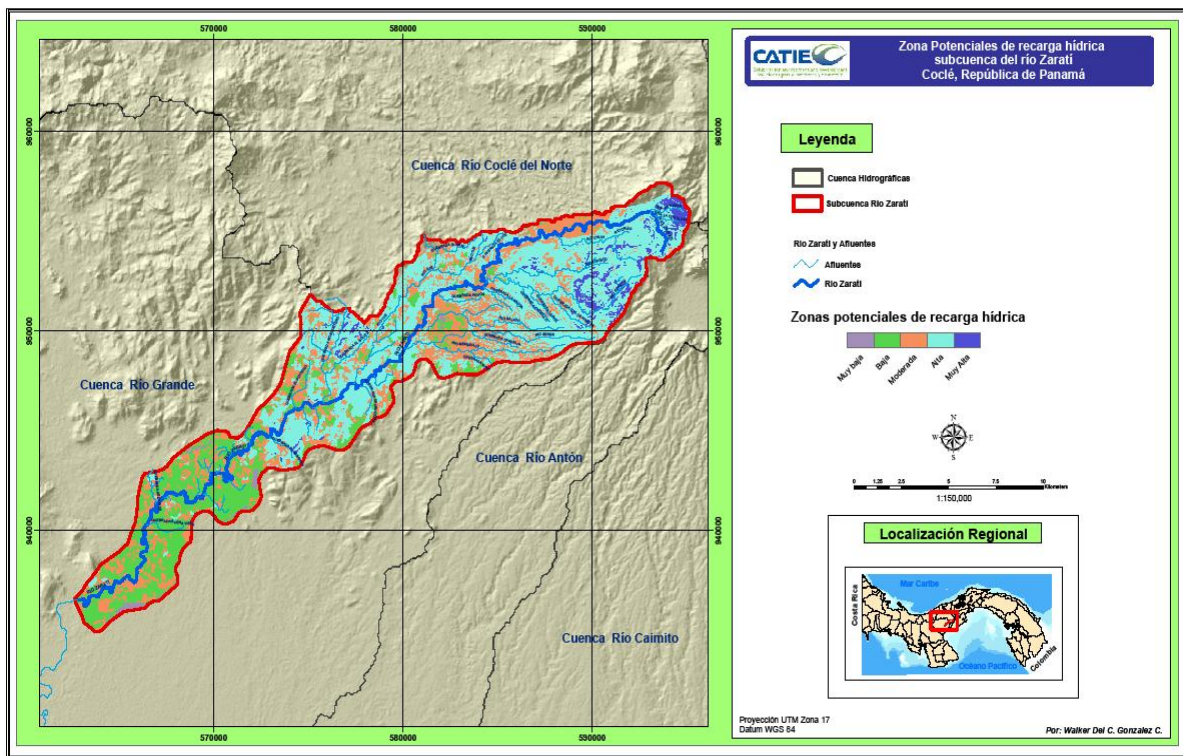


Figura 9. Zonas potencial de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí (método propuesto).

En el mapa de la figura 9 se puede apreciar que cuando se aplica la ecuación propuesta, para las diferentes capas implicadas para establecer las posibles zonas de recarga hídrica, dentro de la subcuenca del río Zaratí, se obtuvieron las cinco categorías de posibilidad de

recarga, de las cuales predomina la categoría de alta posibilidad de ocurrencia de recarga hídrica, con un 46,28% del área total, seguido de una moderada posibilidad de recarga hídrica con un 28,08% del área total, seguido por un 20,86% de áreas con baja posibilidad de ocurrencia de recarga, en cuarto puesto están las áreas con una muy alta posibilidad de ocurrencia de recarga hídrica con 3,80% y el 0,98% se presenta con muy bajas posibilidades de recarga. Se puede establecer que según el mapa, la cantidad de zonas entre moderada a alta capacidad de recarga hídrica tienen casi el 75%, haciendo que en la subcuenca del río Zaratí, el agua que se precipite y quede disponible se infiltre y posiblemente, al menos gran parte, recargue los acuíferos.

Es importante recalcar que los actores locales plasmaron luego de participar en diferentes talleres, las posibles zonas de recarga; áreas enmarcadas por un polígono en la parte alta de la subcuenca del río Zaratí como zonas potenciales de recarga hídrica.

Cuando se comparan las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas de una manera participativa (actores locales), figura 8, con las zonas potenciales de recarga hídrica, producto de la aplicación del método propuesto (figura 9), ponderada por los comunitarios y procesado por el programa ARG GIS 9,3 se tiene que existe concordancia y similitud entre las zonas, estableciéndose que para ambos criterios las áreas se enmarcan de moderada a muy alta posibilidad de ocurrencia recarga hídrica.

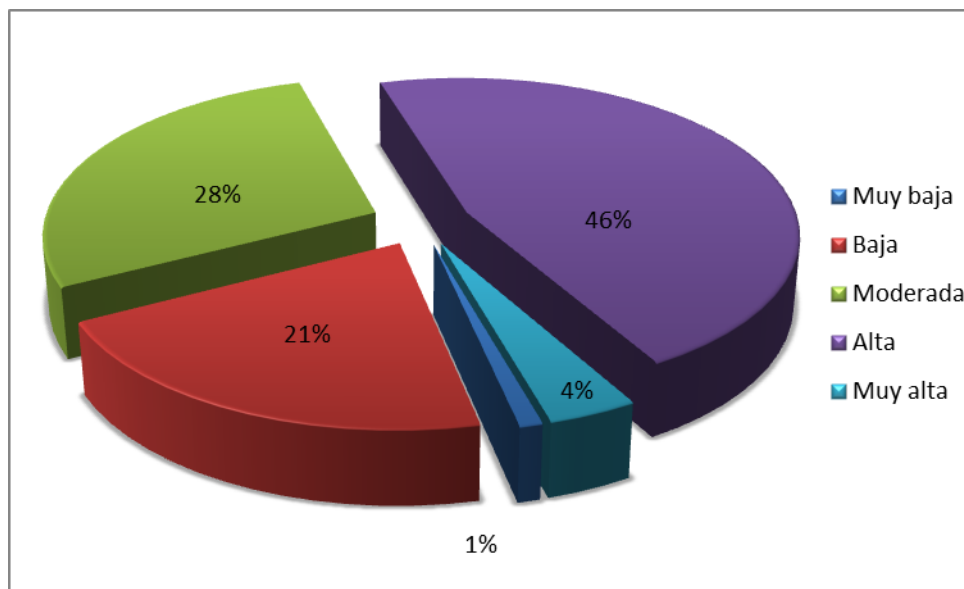


Figura 10. Distribución en porcentajes de las zonas posibles de recarga hídrica según la aplicación del método propuesto.

4.2.2.3 Determinación de las zonas de recarga hídrica por el método RAS

Existen diferentes métodos que se han desarrollado para evaluar la recarga hídrica, los niveles varían desde el regional (país) y hasta microcuencas, naturalmente la información y escalas hacen considerar evaluaciones generales (promedio o indicativas) y evaluaciones detalladas que por la limitante de información en algunas etapas consideran factores generales o estimados (basados en consideraciones técnicas).

El método RAS es un procedimiento científico, teórico para elaborar el mapa de la recarga de agua subterránea, que puede servir como una herramienta para apoyar a tomar decisiones en la protección y el manejo sostenible del recurso hídrico, como también en el ordenamiento territorial. Elaborado por FORGAES (2005), para El Salvador calcula el agua que se infiltra en el subsuelo, basado en los principios de Schosinky y Losilla (2000). Es una aproximación a la realidad y puede dar el potencial de la recarga acuífera; del agua subterránea disponible en una zona. Para este mapeo se ha considerado como los factores más importantes: el clima, la geología en conjuntos con la vegetación, la topografía y el uso de suelos.

Requiere de coeficientes para calcular la infiltración. Este coeficiente se multiplica por un coeficiente climático, para lo cual se realiza un balance climático (BC).

La ecuación para determinar la recarga acuífera de una zona es:

$$R = BC * C$$

R = Recarga acuífera

BC = Balance climático

C = Coeficiente de infiltración

$$C = k_{fc} + k_p + k_v$$

K_{fc} = Coeficiente del tipo del suelo

K_p = Coeficiente de pendiente

K_v = Coeficiente del uso del suelo

➤ Balance climático (BC)

El balance climático permite obtener la información de la cantidad de agua que está disponible en la zona de investigación.

$$BC = P - ET \text{ real}$$

Donde:

P = Precipitación (mm)

ET real = Evapotranspiración real (mm)

➤ **Cálculo del kfc**

Se relaciona con la permeabilidad del subsuelo (rocas impermeables o suelos arcillosos impiden la recarga, las gravas y fallas facilitan la recarga). Hay que considerar también la situación geológica tal como fallas tectónicas que facilitan la infiltración. Ver cuadro 15 en donde se plantean los coeficientes empleados.

Cuadro 15. Coeficientes tipos del suelo RAS.

Tipo de suelo	Kfc
Suelos arcillosos, latosoles de altura, zonas urbanas, suelos o rocas compactas e impermeables.	0,10
Suelos de combinación de limo y arcilla, litosole y regosole de valle, zonas con fallas tectónicas.	0,15
Suelos arenosos, recientes, suelos de cause de ríos, suelos no muy compactos, zonas con muchas fallas.	0,20

➤ **Cálculo de kp**

La pendiente es un factor sumamente importante que influye sobre la recarga, porque se relaciona directamente con la escorrentía de agua superficial, que no llega al acuífero. El mapa topográfico es fundamental para esta determinación, (cuadro 16).

Cuadro 16. Coeficientes de pendientes RAS.

Pendiente	Kp
Muy plano	0,40
1 – 15 %	0,15
15 – 30%	0,10
30 – 50%	0,07
50 –70%	0,05
> 70%	0,01

➤ **Cálculo de kv**

El uso del suelo es un factor importante y más cambiante en el cálculo de la recarga. Para obtener el coeficiente se parte del cálculo de la evapotranspiración sobre los suelos con diferentes usos. Un uso inadecuado del suelo puede bajar la recarga acuífera hasta en 50%. A continuación algunos coeficientes más comunes (Cuadro 17).

Cuadro 17. Coeficientes de uso del suelo RAS.

Uso del suelo	kv	Uso del suelo	kv
Vegetación espinosa	0,30	Hortalizas	0,15
Tejido urbano, zonas comerciales	0,30	Cultivos anuales	0,15
Cultivo de piña	0,30	Bosque de coníferas	0,15
Árboles frutales	0,20	Tierras sin bosque	0,15
Bosque de galería	0,20	Zonas verdes urbana	0,15
Bosque latifoliado	0,20	Pastos cultivados	0,10
Plantaciones de bosques mono específicos	0,20	Caña de azúcar	0,10
Sistemas agroforestales	0,20	Lagos, lagunas	0,00
Vegetación arbustiva baja	0,20	Praderas pantanosas	0,05

Para elaborar el mapa de recarga hídrica de la subcuenca, haciendo uso del método RAS, primeramente se elaboraron las unidades de mapeo precipitación y evapotranspiración a partir de información obtenida de 10 estaciones meteorológicas cercanas a la subcuenca del río Zaratí; con dichas unidades de mapeo se procedió a estimar el balance hídrico climático, para lo cual se restó del mapa de precipitación el mapa de evapotranspiración con la ayuda del programa ARC GIS 9,3; luego realizando el uso de las tablas se revaluaron las capas de pendiente y se realizó una nueva capa designada (kp), luego la capa de tipo de suelo se reclasificó según la tabla establecida para el método RAS y se obtuvo la capa de (kfc); para el uso del suelo se procedió a su reclasificación, según el cuadro 17, y se obtuvo la nueva capa (kv); luego haciendo uso del programa ARC GIS 9,3 se procedió a sumar las tres capas para sacar el coeficiente de infiltración “C” para la subcuenca, que luego sería multiplicado por el balance climático “BC” (modelo del método RAS), obteniéndose de esta forma, el mapa de recarga para la subcuenca del río Zaratí (Figura 11).

En el mapa se puede observar que la zona con mayor recarga hídrica según el método RAS, se encuentra dispersas en la parte alta y media de la subcuenca, debido a que, según el balance climático, la parte alta está sujeta a mayor agua disponible. En la figura 12 se presenta la distribución en porcentajes de área para cada capacidad de recarga dentro de la subcuenca del río Zaratí, siendo las zonas de recarga alta y media las más predominantes, con 32,12% y 29,24%, respectivamente y se ubican en la parte alta de la subcuenca. Las zonas con baja a muy baja capacidad de recarga hídrica se ubican en la parte media y baja de la subcuenca, con porcentajes de área de 15,73% y 21,62%, respectivamente, dejando solo un 1,29% del área para

zonas de muy alta capacidad de recarga hídrica, que se encuentran distribuidas en pequeñas áreas en la parte alta y media de la subcuenca.

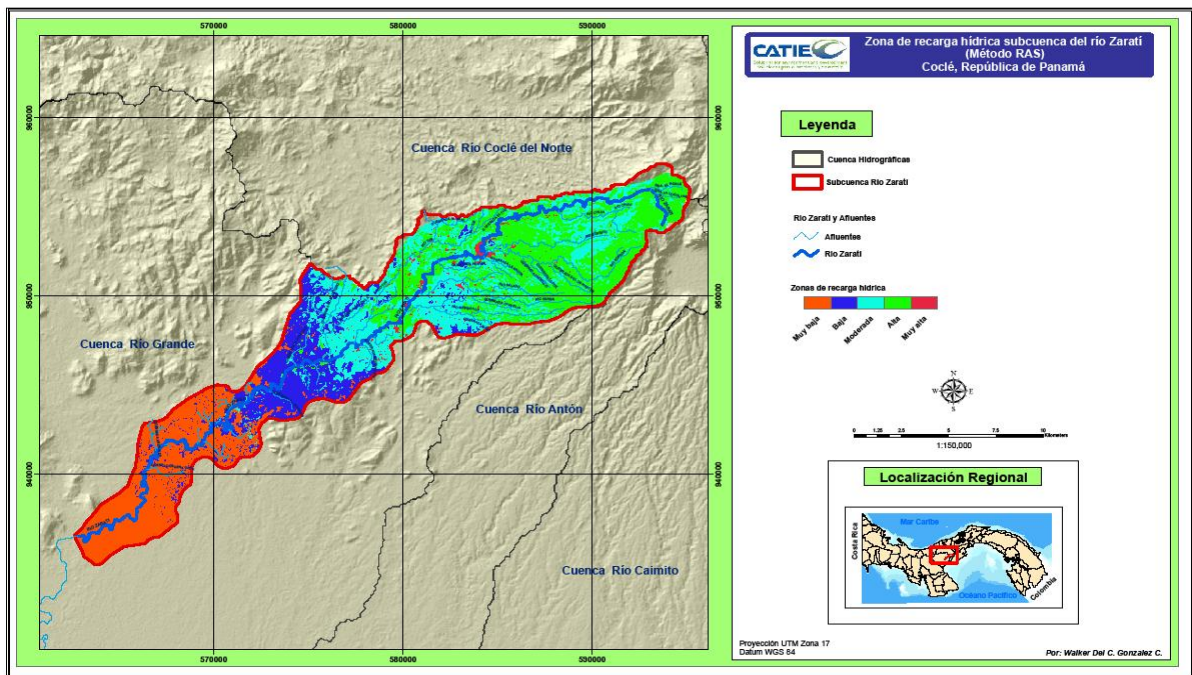


Figura 11. Mapa de recarga hídrica subcuenca río Zaratí (método RAS).

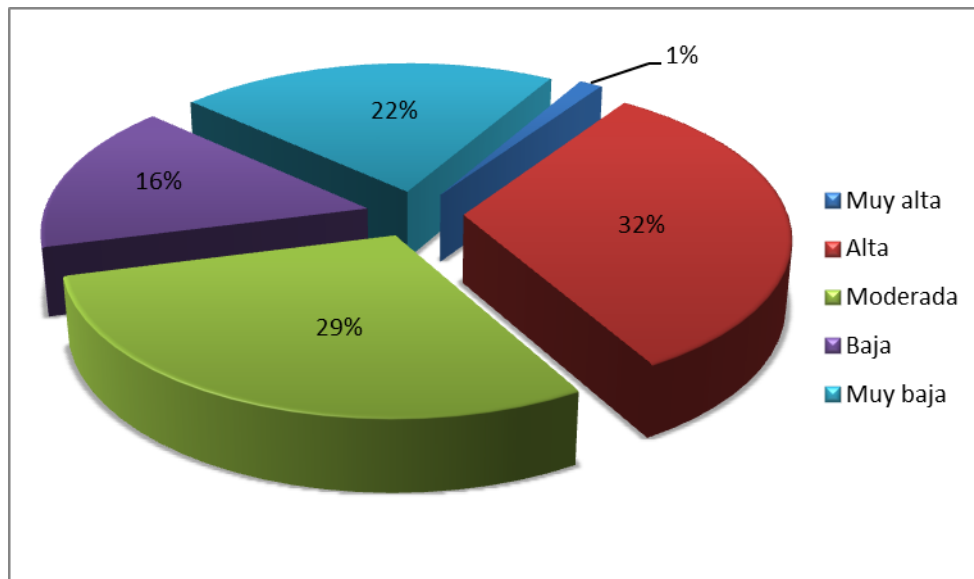


Figura 12. Distribución porcentual de las áreas, de acuerdo el potencial de recarga hídrica, en la subcuenca del río Zaratí, según el método RAS.

4.2.2.4 Análisis de los sistemas de producción en relación al manejo de la subcuenca y lo correspondiente a la protección del agua.

Según ANAM (2008), la cobertura vegetal del suelo en la subcuenca del río Zaratí está caracterizado por seis patrones donde predomina el bosque intervenido con el 56,63 %, lo que equivale a 9905 hectáreas (Cuadro 18), Se establece que la cuenca cuenta con más del 75% de su territorio bajo algún tipo de vegetación; mientras que el uso agrícola une los suelos con agricultura de subsistencia y tecnificada congregando el 23%, equivalente a 4014 hectáreas,

Otro punto de vista y con mucha importancia es la capacidad de uso (Cuadro 19 y figura 13), que está restringida en un 71,53% para la subcuenca y que establece suelos no arables, con severas limitaciones, aptos para bosques y reservas forestales, con un total de 12 510 hectáreas. El resto del área de la subcuenca, a pesar que se puede arar, el 28,07% está limitado en la selección del tipo del cultivo y requiere de un buen manejo para su uso, dejando solamente el 0,40% del territorio de la subcuenca propicio para la agricultura, correspondiente a 70 hectáreas, y que en la actualidad, se cultivan de arroz bajo secano favorecido.

Los datos anteriores muestran que no existen zonas ganaderas bien definidas y la agricultura que se practica es de subsistencia, esto es determinado por el tipo de topografía accidentada que prevalece en la subcuenca y no permite el desarrollo de las prácticas.

Datos proporcionados por el ANAM indican que el 86,86% de los propietarios de las fincas, en la parte alta, tienen menos de 5 hectáreas cada uno y solo el 0,55% tiene más de 10 hectáreas, mientras que para la zona media, solo contestó el 52,73%, dando como resultados que el 43,51% de las fincas tienen menos de 5 hectáreas y que solamente el 4,9% de las fincas sobrepasan las 10 hectáreas, Se trata de pequeños productores, que trabajan sobre terrenos con altas pendientes.

Cuadro 18. Resumen de los tipos de cobertura vegetal en la subcuenca del río Zaratí.

Tipo de cobertura vegetal	Ha	%
Bosque intervenido	9905	56,63
Bosque maduro	142	0,81
Rastrojos (bosque pionero)	3429	19,61
Uso agropecuario	75	0,43
Uso agropecuario de subsistencia	3940	22,52
Total	17491	100

Cuadro 19. Categorías de capacidad de uso del suelo de la subcuenca del río Zaratí.

Descripción capacidad de uso	Código	Ha	%
Arable, algunas limitaciones en la selección de las plantas, requiere conservación moderada	II	70	0,40
Arable, muy severas limitaciones en la selección de plantas, requiere un manejo muy cuidadoso o ambas cosas	IV	4910	28,07
No arable, poco riesgo de erosión, pero con otras limitaciones, apta para bosques y pastos	V	169	0,97
No arable, con limitaciones severas, apta para pastos, bosques, tierras de reservas	VI	3286	18,79
No arable, con limitaciones muy severas, apta para pastos, bosques, tierras de reserva	VII	7742	44,26
No arable, con limitaciones que impiden su uso en la producción de plantas comerciales	VIII	1313	7,51
Total		17491	100,00

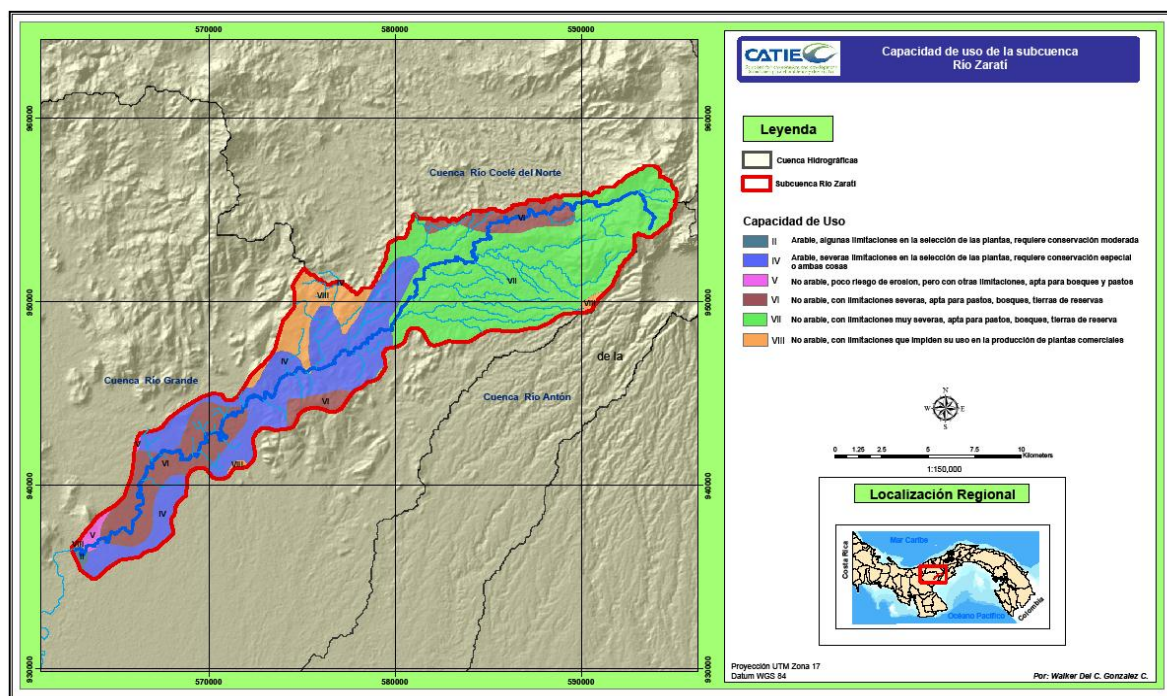


Figura 13. Mapa de capacidad de uso de la subcuenca del río Zaratí.

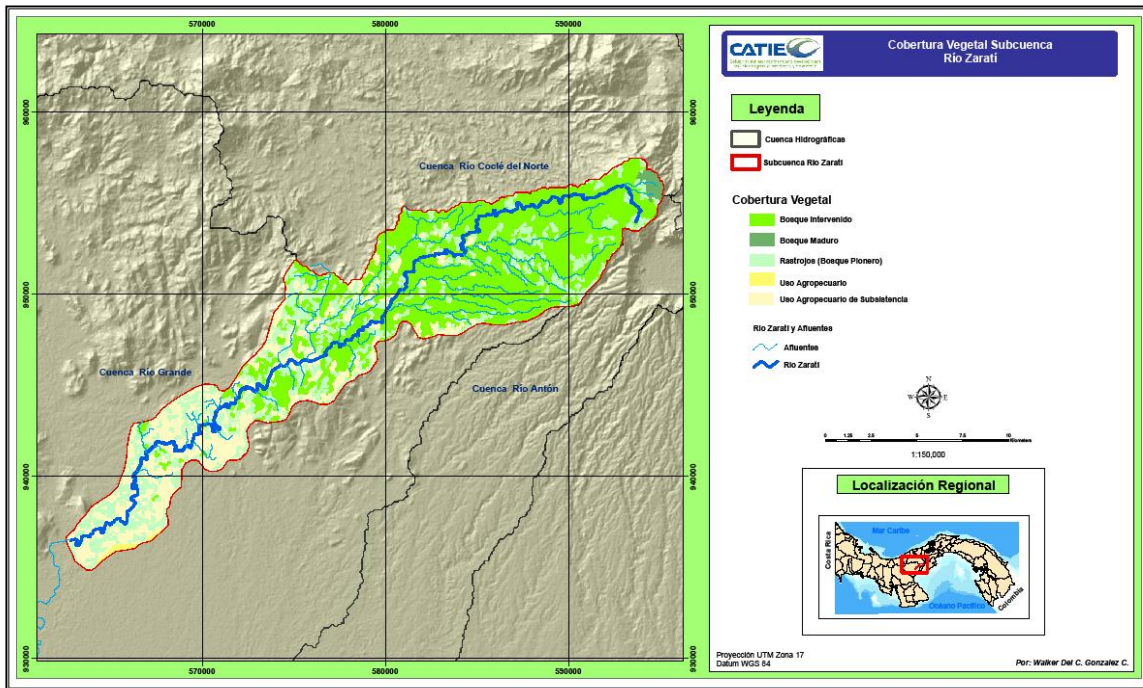


Figura 14. Mapa de cobertura vegetal de la subcuenca del río Zaratí.

La figura 15 muestra la tenencia de la tierra, estableciendo que sólo el 50,78% de los moradores de la subcuenca tienen título de propiedad, en donde el 21,47% en la parte baja, 45,63% en la parte media y 78,95% en la parte alta, ostenta título de propiedad. En la subcuenca, solo el 2,71% tiene terrenos arrendados y el 11,7% tiene derechos posesorios, prevaleciendo los mismos en la parte media, con 16,73% y en la parte baja 13,36% (cuadro 20).

Cuadro 20. Distribución de la tenencia de la tierra en las partes de la subcuenca del río Zaratí.

Parte de la cuenca	Alta	Media	Baja
Con título	21,47	45,63	78,95
Sin título	73,2	34,6	5,26
Arrendados	2,71	3,04	2,43
Derecho posesorios	2,62	16,73	13,36
Total	100	100	100

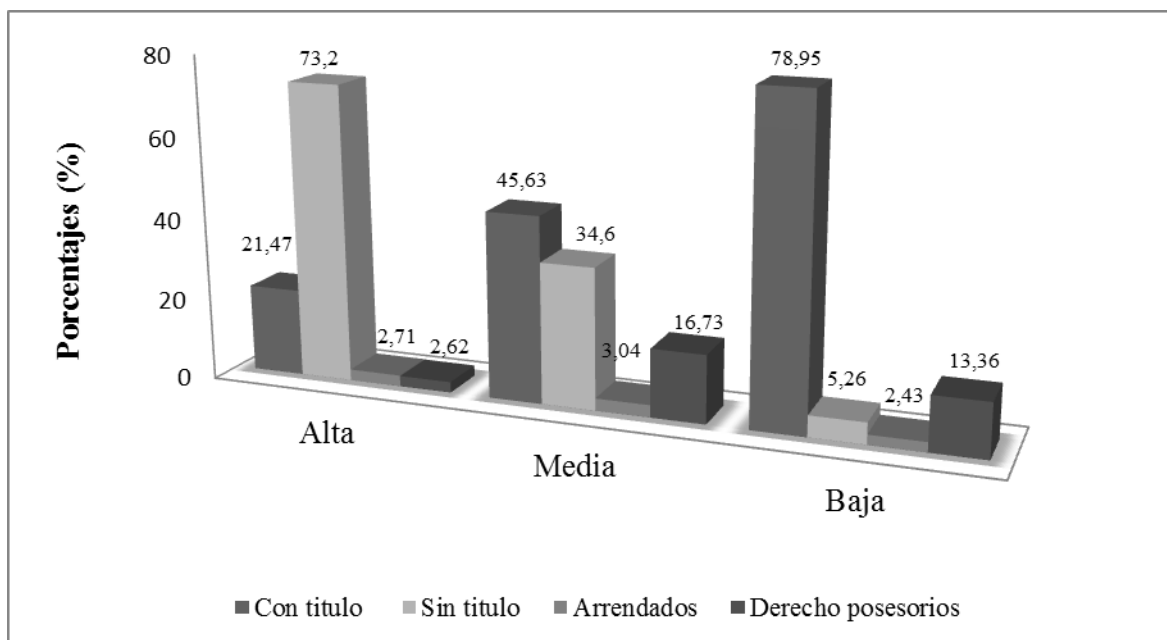


Figura 15. Tenencia de la tierra en la subcuenca del río Zaratí.

Se establece que los principales cultivos de la subcuenca son la yuca, maíz, arroz y frijol, que el principal sistema de producción es de subsistencia y que en su totalidad se utiliza la práctica de rosa y quema para preparación del terreno. La producción agrícola se da en dos épocas denominadas “primera coa” y “segunda coa” o de postrera, y está directamente relacionada con la precipitación de la zona, La primera se extiende desde abril o inicio de las lluvias y se extiende hasta agosto, y la de postrera a partir de septiembre y se extiende hasta febrero, cuando se realizan las cosechas de maíz y frijol.

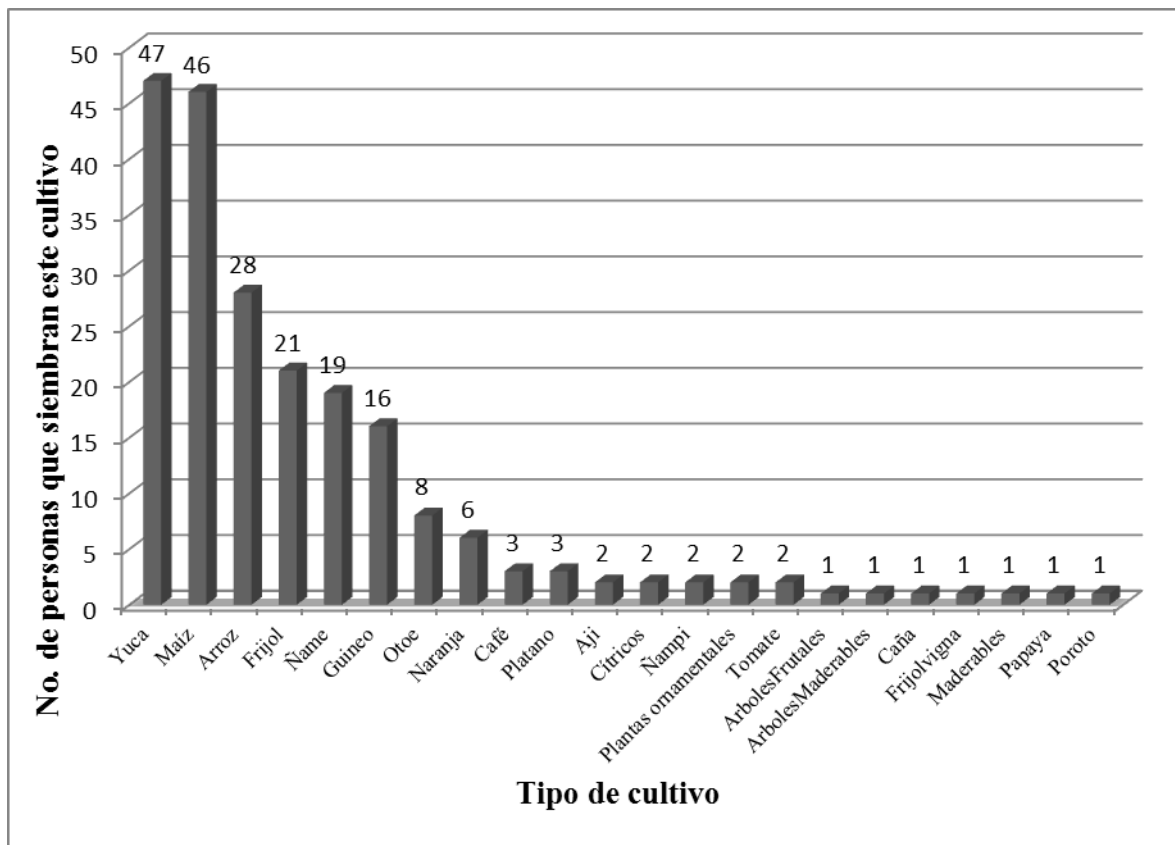


Figura 16. Tipos de cultivos sembrados en la subcuenca del río Zaratí.

4.2.2.5 Prácticas de agricultura conservacionista

El análisis general de las actividades de producción agrícola con base a las prácticas establecidas por FOCUENCAS II para el monitoreo de los patrones de producción contribuyentes a la gestión sostenible de las cuencas, se obtuvieron los siguientes resultados,

Para un total de 20 preguntas aplicadas a 66 personas, enfocadas para la agricultura conservacionista se clasificaron las prácticas en cuatro clases de acuerdo al nivel de cumplimiento en la finca: 0= no se cumple, 1= se cumple a medias, 2 =sí se cumple y na= no aplica, para la finca específica que se está analizando. Luego de obtenido el total de respuestas por los actores locales se obtuvo la ponderación de cumplimiento, según las clases establecidas (Figura 17).

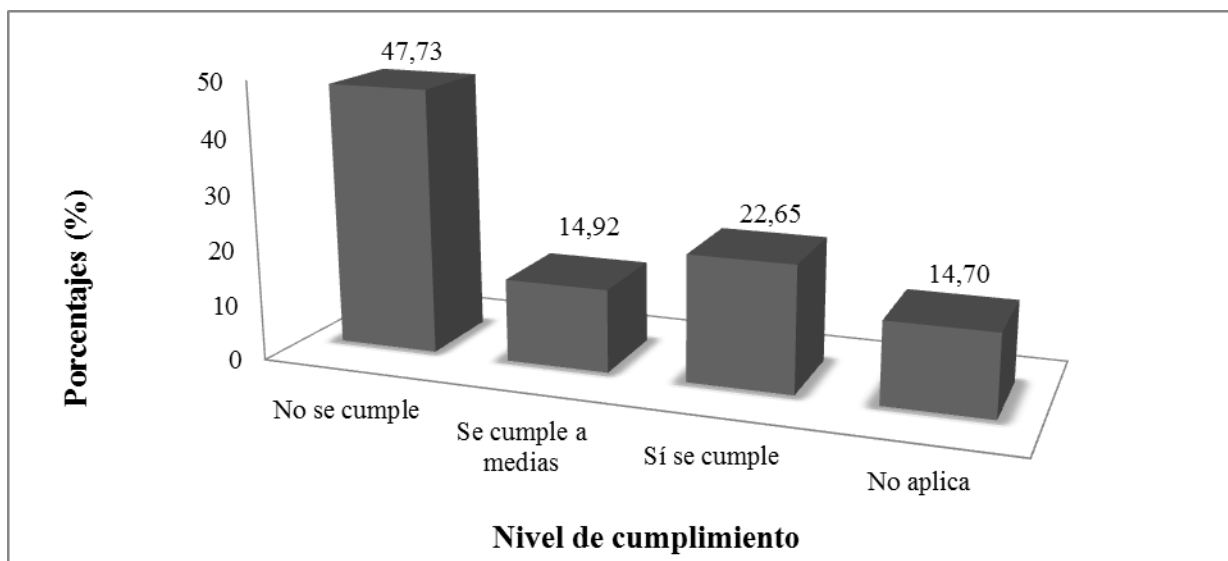


Figura 17. Nivel de cumplimiento de las prácticas de agricultura conservacionista en la subcuenca del río Zaratí.

Prácticas que no se cumplen

El 75,75% de los productores no utilizan cultivos de cobertura permanente o cobertura temporal que luego sean incorporados al suelo para aportar nutrientes. Esto indica que los productores de la subcuenca dependen de la fertilidad de los suelos o utilizan abonamiento inorgánico. La degradación de los suelos ha ido en aumento, ya que las densidades de siembra que se utilizan no son las adecuadas ya que el 86,36% de los productores siembran en desorden y no aplican un ordenamiento en su sistema de siembra.

La práctica de barbecho mejorado y de mantener el suelo cubierto con materiales vivos o secos productos de las limpiezas o cosechas del cultivo son muy bajas ya que el 87,87% de los productores utilizan la quema de la vegetación y residuos de cosecha, como práctica para la limpieza del terreno.

No existe prácticas de manejo y conservación de suelo, más del 90,90% hace uso irracional de fertilizantes y pesticidas, dejando en segundo plano las buenas prácticas de control biológico. Solo el 34,84% hace buenas prácticas de recolección y eliminación de los envases de los productos químicos, y el 56% de los cultivos están en terrenos con altas pendientes, sin ningún tipo de prácticas de conservación de suelo y agua.

Las divisiones y los linderos entre las parcelas están demarcadas con cercas muertas y alambrados y el establecimiento de barreras rompevientos no es una práctica regularmente

utilizada; sólo el 50% de los productores han participado en eventos de capacitación sobre agricultura conservacionista.

Prácticas que se cumplen parcialmente

El 72,72% de los productores de la subcuenca del río Zaratí realiza a media la siembra bajo el sistema de labranza mínima o cero labranzas del suelo, y 27 de los 66 productores entrevistados, (40%) aseveraron que realizan prácticas de rotación de cultivo pertenecientes a diferentes familias botánicas, en donde se dan asociados de arroz con maíz, arroz con yuca y maíz con frijol en la segunda coa, siendo estas combinaciones, las más predominantes.

Existen áreas con pendientes mayores al 70%, en donde el 27% de los encuestados estiman que las zonas son dejadas con cobertura boscosa y sí son utilizadas la siembran con buenas prácticas de producción, como lo son cultivos en contorno.

Solo el 21% de los productores encuestados aseveran que utilizan las dosis y equipos recomendados para la aplicación de agroquímicos utilizados en sus cultivos.

Menos del 20% tienen barreras vivas en sus fincas y es producto de la falta de capacitación, ya que solo un 31% ha participado de algún tipo de orientación sobre agricultura conservacionista.

Según Sosa (2007) este tipo de análisis muestra la tendencia de cuáles son las prácticas que los productores han adoptado, que son las más fáciles de aplicar y que demandan menos costo, pero que sobre todo, son de interés para los productores. Sin embargo, se debe mantener el interés por el mantenimiento y seguimiento de al menos las prácticas mencionadas, de tal forma que no se pierda de vista que hay inversiones en tiempo y trabajo que se reflejan en beneficios a largo plazo, y no regresar al estado inicial de pensamiento, donde el único interés es obtener beneficios en producción a corto plazo, sin considerar el deterioro paulatino de los recursos suelo y agua.

Prácticas que sí se cumplen

Existe rotación de cultivos y de parcelas, ya que la práctica que por muchos años se ha venido realizando es, que luego de la utilización de un área, se deja descansar por periodos de tres o más años, permitiendo la generación espontánea y el descanso del suelo, El 80% de los campesinos utiliza asociados de cultivos, que forman parte de su canasta básica de alimentos, tales como yuca, arroz, maíz y frijol, y en menor escala, hortalizas y cítricos.

En los huertos de los encuestados se dejan al menos 20 árboles, siendo esta una práctica aplicada por al menos el 65% de los encuestados. Esto determina que los cultivos como café y

cacao tienen sombra de especies arbóreas, que generalmente están asociadas con plantas medicinales, frutales u ornamentales; siendo esta práctica seguida por el 90% de los productores.

4.2.2.6 Prácticas de producción y conservación forestal

En la actualidad, en la subcuenca del río Zaratí, no existen proyectos de aprovechamiento forestal y lo único permitido y bajo regulación, según leyes forestales de Panamá, es para la construcción de viviendas. La extracción de madera es revisada por la ANAM u autoridades asignadas por la alcaldía de Penonomé y los árboles a procesar no deben estar en las riberas de los ríos, ni pertenecen especies en peligro de extinción.

El hecho de no realizarse un aprovechamiento con fines comerciales, no determina el nivel de cumplimiento de las prácticas evaluadas, las cuales en su mayoría no se cumplen (Figura 18).

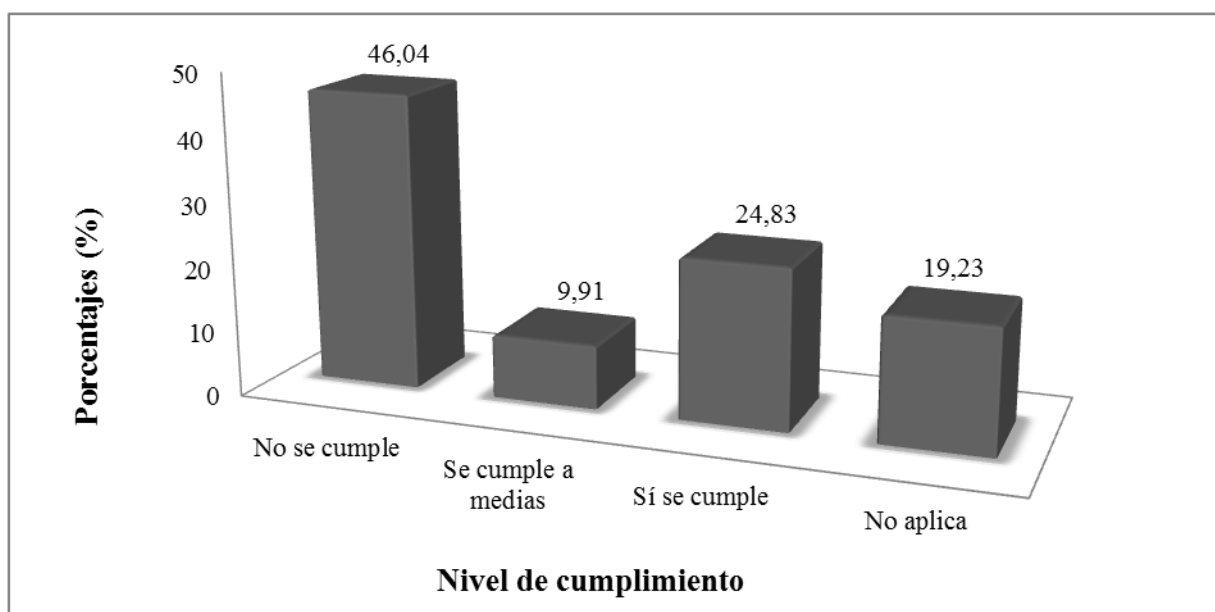


Figura 18. Nivel de cumplimiento de las prácticas de producción conservación forestal en la subcuenca del río Zaratí.

Prácticas que no se cumplen

En la subcuenca del río Zaratí existen lugares poblados que carecen de energía eléctrica, y aunque el 87,9% de las personas encuestadas cuentan con cocinas ahorradas con leña, por lo que la presión hacia el bosque para la extracción de la materia prima es alto.

La venta de leña o carbón no es una práctica que se tiene como actividad productiva importante dentro de la cultura de los campesinos de la cuenca. No existe un control de incendios, ya que a menudo en la época seca se practican eventos de quema sin ninguna restricción para la limpieza de los terrenos que servirán para la siembra de los cultivos.

No existen mecanismos de cobro y pago de servicios ambientales a los dueños de las fincas en las partes boscosas de la microcuenca y el uso o desarrollo de actividades e infraestructuras ecoturísticas en los bosques, no es consecuente, motivo por el cual, el 83,3% de los encuestados interpretan que la falta de programas de capacitación sobre silvicultura conservacionista y manejo de los bosques, son el motivo principal de la degradación de los recursos naturales de la subcuenca.

Prácticas que se cumplen parcialmente

El 21,2% de los terrenos con pendiente mayor de 70% tienen cobertura de bosques natural, aunque en algunas zonas de la subcuenca son utilizadas para terrenos con cultivos anuales, aumentando el grado de erosión de la región. Se estima que en el 37,9% de las zonas con pendiente mayores al 10%, predominan plantaciones mixtas de especies nativas latifoliadas.

En los centros poblados de la subcuenca 31,8% de la población no cuentan con energía eléctrica, por lo que todavía dependen directamente de la extracción de leña para la preparación de sus alimentos.

Prácticas que sí se cumplen

El 31,8% de los terrenos con pendientes mayores al 70% no están siendo utilizadas para plantaciones forestales, en la actualidad existe un proyecto del ANAM sobre manejo integral de la subcuenca del río Zaratí que está orientando a las comunidades a formar grupos para la creación y manejo de viveros, encaminados a promocionar y ejecutar programas de reforestación.

No existe extracción de productos no maderables del bosque, como son las plantas medicinales, cacería de animales o plantas ornamentales y existen restricciones por parte de la ANAM sobre la extracción forestal y de leña para las cocinas.

4.2.2.7 Prácticas de manejo y protección del agua en fincas dedicadas a la producción agrícola que contribuyen al buen manejo de la cuenca.

Se seleccionaron nueve prácticas de manejo y protección del agua que fueron evaluadas con 66 productores en las fincas aledañas a las zonas de recarga aparente de la subcuenca del

río Zaratí, obteniendo que un 41,75% del total de respuestas sobre las prácticas no se cumplen y sólo 11,28% de las prácticas se cumplen (Figura 19).

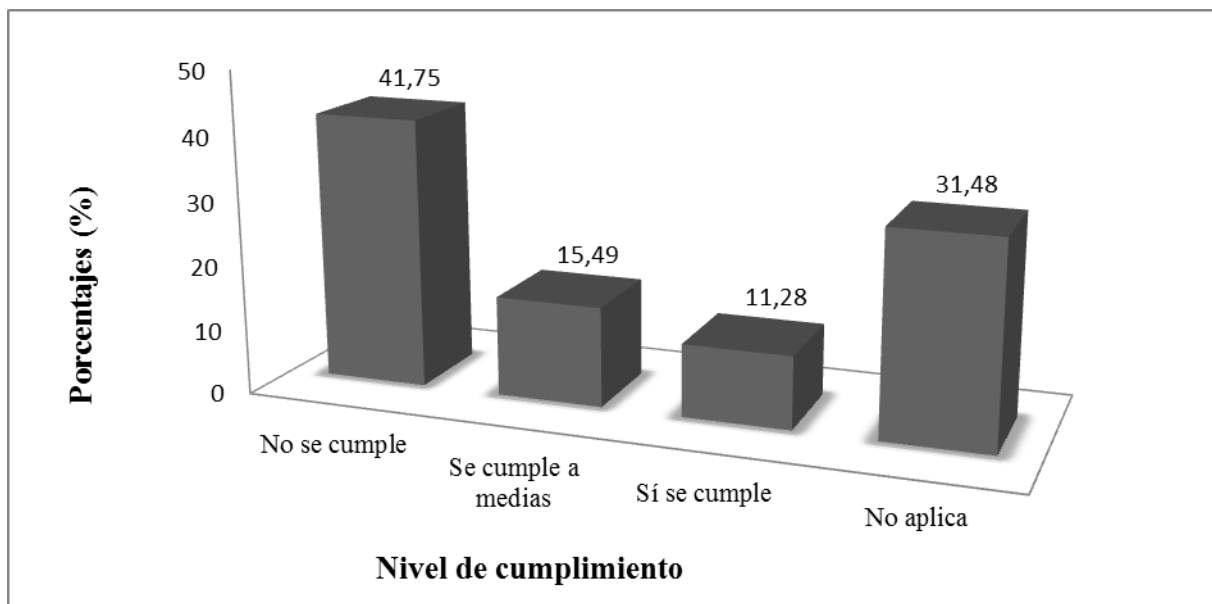


Figura 19. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en fincas agrícolas de la subcuenca del río Zaratí.

Prácticas que no se cumplen

A pesar de que en Panamá, entre las restricciones que establece la Ley Forestal, está dejar un radio de 200 m alrededor de las nacientes u ojos de agua, si es en relieve quebrado, y 50 m si el terreno es plano; además en los cursos de agua, dejar una franja de bosque no menor de 10 metros sin ningún tipo de aprovechamiento forestal, en la subcuenca, el 84,8% de los encuestados respondió que no realiza ni respeta dicha norma, dejando las zonas de recarga evidente o aparente de nacientes de agua sin cobertura boscosa.

El 72,7% de los encuestados establecen que no existe ningún tipo de práctica de manejo de aguas como acequias, zanjas de infiltración o canales de guardia. Para las redes viales dentro de las fincas como las comunales, están desprovistas de taludes y sistemas de disipadores de la velocidad que eviten las escorrentías y disminuyan la erosión.

El 46,9% de los encuestados aseveran no haber participado de eventos de capacitación sobre manejo y gestión del agua y/o cuencas y su relación con la producción agrícola.

Estos factores antes descritos contribuyen a que la evaluación de las practicas que no se cumplen para el buen manejo y protección del agua en las fincas agrícolas estén categorizados con un porcentaje de 41,75% (figura 19).

Prácticas que se cumplen parcialmente

El 47% de los encuestados afirma que dentro de sus fincas, en donde existen cauces de ríos o son limítrofes con sus parcelas, se dejan los 10 metros reglamentados por la Ley Forestal con vegetación ribereña, a ambos lados del cauce. Para las nacientes o zonas posibles de recarga, solo el 37% de las fincas dejan un radio de 200 metros con cobertura boscosa como protección.

Prácticas que sí se cumplen

Los desechos sólidos y líquidos producto de las actividades domésticas no se observan a orillas o en los cauces de las quebradas, lo que indica que la misma es tratada o es enterrada cerca de las viviendas, estableciendo que 39% de los campesinos no lanzan la basura ni desechos orgánicos a las quebradas, aunque se encuentren secas.

Las actividades agrícolas, a pesar de darse en pequeñas escalas, su procesamiento no implica la utilización del cauce de las quebradas y ríos, por lo que no constituye un foco de contaminación para la subcuenca.

4.2.2.8 Prácticas de manejo y protección del agua en fincas dedicadas a la producción y protección forestal que contribuyen al buen manejo de la cuenca,

El resultado de la aplicación de 10 prácticas seleccionadas para evaluar el manejo del agua en las fincas forestales o que se dedican a la conservación forestal, dio como resultado que el 42,12% no cumplen con estos parámetros y que solo el 4,09% cumple a cabalidad con los mismos (Figura 20).

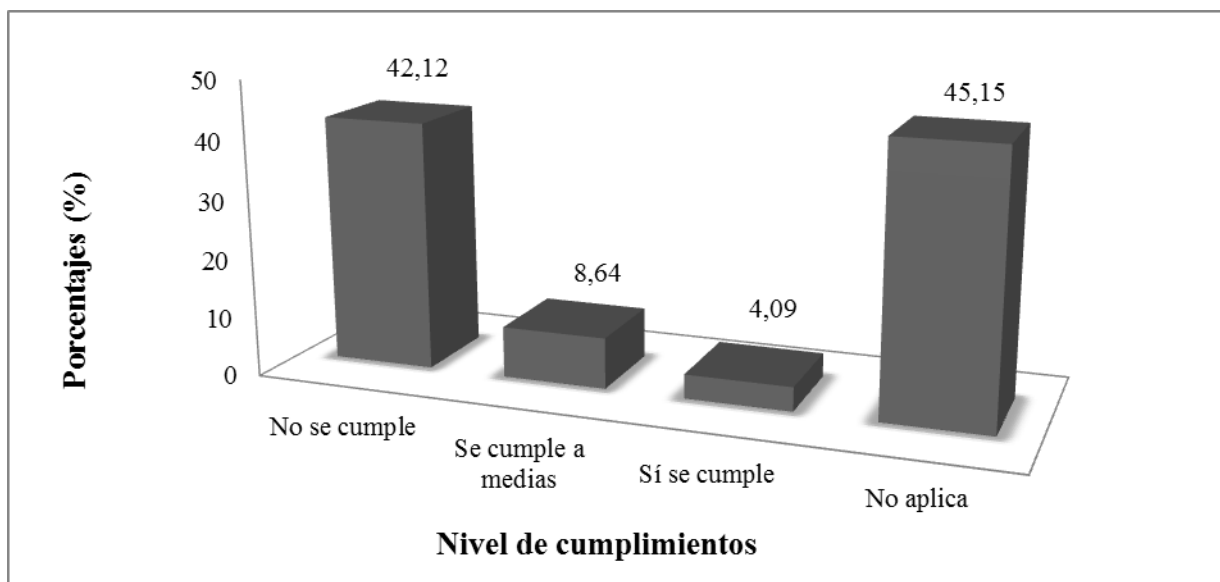


Figura 20. Nivel de cumplimiento de las prácticas de manejo y protección del agua en fincas forestales de la subcuenca del río Zaratí.

Prácticas que no se cumplen

El 51,5% de los encuestados afirman que tienen terrenos dedicados a conservación forestal, pero no se respetan los bosques ribereños; la mayoría están intervenidos, dejando transeptos del río sin cobertura vegetal. En las zonas de nacientes de las quebradas y ríos que debiesen dejarse con vegetación nativa, el 46,9% de las fincas la utilizan y no se respeta la Ley Forestales de Panamá.

No existe ningún tipo de mecanismo de cobro y pago de servicios ambientales hídricos a los actores locales que lo brindan y más del 50% de los productores desconocen o no han participado de algún evento de capacitación sobre manejo y conservación del agua en fincas de producción y conservación forestal.

Prácticas que se cumplen parcialmente

Solo el 22,7% de los productores afirman haber participado de capacitación forestal y que a la fecha de la entrevista pertenecen a grupos organizados para reforestar y preservar las áreas de la subcuenca del río Zaratí y los pequeños reductos de bosques que aún se mantienen.

También, el 48,4% de los desechos sólidos o líquidos de actividades domésticas, o de otras actividades silvoindustriales o industriales no se lanzan al cauce de las quebradas o ríos, aunque estén secos.

Prácticas que sí se cumplen

Un dato importante es que solo 12 de los 66 encuestados ha participado de seminarios o talleres de capacitación sobre manejo de agua en zonas de producción y conservación forestal, y que en cada una de sus comunidades son agentes multiplicadores para demostrar y ser ejemplo de atención y cuidado del medio ambiente.

4.2.3. Objetivo 3. Analizar la vulnerabilidad integral (socioeconómica, biofísica, ambiental) de las principales fuentes de agua para consumo humano y zonas aparentes de recarga hídrica.

Para el análisis de la vulnerabilidad de las fuentes de agua para consumo humano y zonas de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí, se aplicaron encuestas estructuradas a técnicos de entidades comprometidas con la conservación manejo y cuidado con el agua para consumo humano y la preservación de las áreas en que estas tomas se encuentran. En instituciones como el ANAM, MINSA, UTP e IDIAP fueron aplicadas encuestas, dando como resultado evaluaciones promedios, para cada uno de los parámetros propuestos para el estudio.

4.2.3.1. Vulnerabilidad física

Se refiere a la localización de los asentamientos humanos con respecto a las fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales de recarga hídrica y la influencia de las estructuras con respecto a la conservación, manejo y uso de los recursos hídricos.

- **Asentamiento humano (V1):** es importante conocer y establecer la distancia que se encuentran las viviendas de las tomas de aguas para consumo humano y las posibles zonas de recarga hídrica, ya que su cercanía a dichas zonas implica actividades antropogénicas que puedan desmejorar la calidad del agua de estas zonas.

Cuadro 21. Indicadores para la variable asentamientos humanos.

Indicadores	Calificación
Número de casas ubicadas dentro de un radio de 200 m de la fuente de agua	1,17
Número de casas ubicadas dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0,83

- **Sistema séptico (V2):** el tratamiento y donde se depositan las heces humanas tiene gran importancia, ya que es determinante de focos de contaminación. La presencia de coliformes fecales en las aguas, tanto superficiales o subterráneas, es el principal indicativo de

que existe contaminación de las aguas producto del contacto de las aguas con heces. La cultura en la zona de la subcuenca del río Zaratí es la construcción de letrinas para la acumulación de las heces de las familias.

Cuadro 22. Indicadores para la variable sistema séptico.

Indicadores	Calificación
Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de los 200 m a la fuente de agua	3,17
Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	2,83

- **Infraestructura del sistema séptico (V3):** es importante tomar en cuenta el tipo de construcción y materiales que se usan para realizar las diferentes estructuras que tendrán como objetivo coleccionar las heces fecales y su tratamiento, ya que de estos dependerán si existen o no la contaminación superficial y subterránea de las aguas para consumo humano en las zonas de recarga hídrica.

Cuadro 23. Indicadores para la variable infraestructura del sistema séptico.

Indicadores	Calificación
Número de letrinas y/o tanque séptico construidas con los materiales adecuados dentro de los 200 m a la fuente de agua	3,17
Número de letrinas y/o tanque séptico construidas con los materiales adecuados dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	2,5

- **Alcantarillados sanitarios (V4):** los sistemas de tratamientos de excretas, desechos sólidos y líquidos productos del uso domestico, comerciales e industriales generalmente no se dan en la parte alta y media de la subcuenca, ya que el nivel de vida es de clase baja y los lugares que presentan este tipo de estructura están comprendidos en la ciudad de Penonomé, en donde el sistema séptico está administrado por el IDAAN, que es una institución del estado.

Las lagunas de oxidación de estas aguas servidas están en zonas con baja capacidad de infiltración y antes de ser vertidas, son tratadas para su mejor manejo (cuadro 24).

Cuadro 24. Indicadores para la variable alcantarillado sanitario.

Indicadores	Calificación
Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de los 200 m de la fuente de agua	0
Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0

- **Basureros ilegales (V5):** el manejo de los desechos sólidos proveniente de las residencias, industrias, comercios y hospitales es de alta peligrosidad, ya que son focos de infección; manejarlos de forma irregular o clandestina podría convertirse en contaminantes de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica.

Cuadro 25. Indicadores para la variable basureros ilegales.

Indicadores	Calificación
Números de basureros ilegales existentes en la microcuenca	2,0

- **Vertederos municipales (V6):** la ubicación y existencia de vertederos dentro de la subcuenca es de gran importancia, y se debe monitorear y determinar si dichas áreas son propicias para funcionar como relleno sanitario. La práctica más sobresaliente en la subcuenca para el tratamiento de la basura es la de crear un hoyo de aproximadamente un metro de profundidad, en el cual se quema los desechos producto de los hogares.

Cuadro 26. Indicadores para la variable vertederos municipales.

Indicadores	Calificación
Distancia del vertedero municipal a la zona de protección de la fuente de agua	0
Distancia del vertedero municipal a la zona de recarga hídrica	0

- **Talleres de metalúrgica, automotrices, o cualquier otro que pueda verter productos como esmaltes, aceites, combustibles al suelo (V7):** los talleres automotriz y de pinturas están ubicados principalmente en la zona en donde se cuenta con sistema de tratamiento de aguas servidas y su impacto en las zonas de toma de agua y recarga hídrica es nula.

Cuadro 27. Indicadores para la variable talleres automotrices.

Indicadores	Calificación
Número de talleres dentro de los 200 m de la zona de protección de la fuente de agua	0
Número de talleres dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0

- **Recolección de la basura (V8):** la recolección de la basura es de gran importancia, ya que de esto depende para evitar la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas. La frecuencia con que se realice esta práctica evitará que la basura sea vertida en lugares donde afecte las aguas y las zonas de recarga hídrica.

Cuadro 28. Indicadores para la variable recolección de basura.

Indicadores	Calificación
Número de recolecciones de basura por semana en las casas ubicadas dentro de los 200 m de protección de fuentes de agua	3,67

- **Carretera o caminos de todo tiempo (V9):** la creación de caminos o carreteras cerca de las fuentes de agua o zonas de recarga hídrica implica riesgo de contaminación, pero para la subcuenca del río Zaratí, el factor más riesgoso es la creación de un camino de penetración que fue creado paralelamente al cauce del río en su nacimiento, sin ningún tipo de estudio de impacto ambiental y técnicas de mitigación de la erosión.

Cuadro 29. Indicadores para la variable carretera o caminos de todo tipo.

Indicadores	Calificación
Distancia de la carretera o camino a la fuente de agua y zona de recarga hídrica	0,83

- **Estructura de recolección primaria de la fuente de agua (V10):** la estructura y mantenimiento de las tomas de agua es de gran importancia, ya que de ellas depende la calidad y cantidad de agua para consumo humano. Dentro de la subcuenca del río Zaratí se presentan estructuras arcaicas con poca tecnificación y que dificulta su mantenimiento.

Cuadro 30. Indicadores para la variable estructura de recolección primaria de la fuente de agua.

Indicadores	Calificación
Estado de la estructura de recolección primaria del nacimiento de agua	2,17

- **Estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica**

(V11): las estructuras que resguardan las zonas de recarga hídrica y tomas de agua para consumo humano son importantes, ya que de ellas dependen el cuidado de la calidad y cantidad del vital líquido. Saber si existe y en qué estado está dicha estructura es importante determinarlo.

Cuadro 31. Indicadores para la variable estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica.

Indicadores	Calificación
Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de la fuente de agua	2,00
Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de las zonas potenciales de recarga hídrica	2,50

4.2.3.2 Vulnerabilidad social

Vulnerabilidad social se refiere al conjunto de características sociales y económicas de la población que limita la capacidad de desarrollo de la sociedad, en conjunto con la capacidad de prevención y respuesta de la misma frente a un fenómeno y la percepción local del riesgo de la misma población. Las variables tomadas en cuenta para esta vulnerabilidad fueron:

- **Organización comunal (V1):** la interacción de los actores locales y la participación de estos en organizaciones comunales son indicativos de qué tanto una comunidad es vulnerable y su potencialidades en el cuidado de los recursos naturales. Según un estudio realizado por el ANAM (2009), solo el 16,75% de la población participa en asociaciones y los trabajos en grupo solo refleja que el 18,83% de la población participa.

Cuadro 32. Indicadores para la variable organización comunal.

Indicadores	Calificación
Número de organizaciones comunales vinculadas en el manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca	1,67
Porcentaje de la población de la microcuenca que integra las organizaciones comunales	3,67

- **Servicios básicos (V2):** son las obras e infraestructuras necesarias para una vida saludable y que la presencia de estos en una subcuenca puede repercutir en la conservación, protección y manejo de los recursos naturales. Se establece que para cada lugar poblado de la

subcuenca se cuenta con escuelas hasta el sexto grado de primaria, con colegios en la parte media y baja de la subcuencas y centros universitarios que preparan profesionales en carreras técnicas y licenciatura.

El 45,02% de la población considera que la salud es buena y que es producto de que se cuenta con un hospital, centros médicos y puestos de salud dentro de la subcuenca. La electrificación de la parte baja y media está en un 100%, dejando a la parte alta con desabastecimiento de electricidad por las condiciones de esparcimiento de las viviendas y condiciones no apropiadas del terreno.

Cuadro 33. Indicadores para la variable servicios básicos.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población de la microcuenca que cuenta con los servicios básicos (salud, educación, agua potable, electricidad)	2,83

- **Salud (V3):** el Ministerio de Salud vierte todo su empeño en mejorar la calidad de vida de los pobladores de la subcuenca del río Zaratí, teniendo abierto y en constante trabajo personal de los centros de salud y hospitales, monitoreando la calidad del agua en cada comunidad de la subcuenca. El número de personas afectadas por enfermedades de origen hídrico es mínimo producto que existe una coordinación entre las JAAR, comités de agua y el MINSA, para darle mantenimiento a las tomas de agua y sistemas de conducción.

Cuadro 34. Indicadores para la variable salud.

Indicadores	Calificación
Tipo de servicio de salud en la microcuenca	1,00
Número de pobladores con enfermedades de origen hídrico en la microcuenca durante los últimos 3 años	0,50

- **Participación de productores (V4):** la participación de los actores locales en actividades de capacitación referentes a zonas de recarga hídrica, protección de los acueductos y conservación de suelo y agua, es una manera práctica de medir la situación actual y futura de dichas zonas. La participación de los productores repercuten en el mejoramiento de las ZRH, ya que lo aprendido es puesto en práctica y mejoran las características de suelo y la cantidad de agua en las fuentes.

Cuadro 35. Indicadores para la variable participación de productores.

Indicadores	Calificación
Número de productores ubicados por encima del manantial, en zonas de recarga hídrica y en la parte alta de la microcuenca que han participado en capacitaciones de protección y conservación de suelos y agua	2,50

- Crecimiento poblacional (V5):** la tasa de crecimiento es un factor que determina la magnitud de las demandas que un país o región debe satisfacer por la evolución de las necesidades de su pueblo, en cuestión de infraestructura (por ejemplo, escuelas, hospitales, vivienda, carreteras), recursos como por ejemplo (alimentos, agua, electricidad) y empleo. El índice de crecimiento poblacional estimado por la UNICEF para Panamá entre el 2000 y 2008 es del 1,8%.

Cuadro 36. Indicadores para la variable crecimiento poblacional.

Indicadores	Calificación
Índice de crecimiento poblacional en la microcuenca por año	2,17

4.2.3.3. Vulnerabilidad ecológica

Nuestro modelo de desarrollo, no basado en la convivencia, sino en la dominación por destrucción de los recursos del ambiente, dirige necesariamente a los ecosistemas por una parte altamente vulnerables, incapaces de autoajustarse internamente para compensar los efectos directos o indirectos de la acción humana, y por otra, altamente riesgosos para las comunidades que los explotan o habitan. Los indicadores tomados para este tipo de vulnerabilidad ecológica fueron:

- Cobertura vegetal (V1):** la cobertura vegetal puede ser definida como la capa de vegetación natural que cubre la superficie terrestre, comprendiendo una amplia gama de biomásas con diferentes características fisonómicas y ambientales que van desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques naturales maduros. También se incluyen las coberturas vegetales inducidas que son el resultado de la acción humana como serían las áreas de cultivos. En la cuenca del río Zaratí se presentan un 56,83% de la cobertura es bosque intervenido, 0,81% es bosque maduro y 19,61% es rastrojo, productos de terrenos que han tenido una generación espontánea, luego de ser cultivados bajo prácticas de subsistencias.

Cuadro 37. Indicadores para la variable cobertura vegetal.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de cobertura vegetal en el nacimiento de la fuente de agua	1,17
Porcentaje de cobertura vegetal en la zona de recarga hídrica	1,33

- **Uso de suelo (V2):** los diferentes usos del suelo están relacionadas con el tipo de cobertura y pendiente que estén dados para la zona en estudio, por lo que es de gran importancia establecer, bajo que estado o práctica están siendo usados los suelos en la parte alta o zona de recarga hídrica, ya que se estima que un suelo bajo cobertura boscosa, y con presencia de tres estratos, facilitaría la infiltración del agua y disminuiría la erosión de los suelos.

Cuadro 38. Indicadores para la variable uso de suelo.

Indicadores	Calificación
Uso de suelo en la zona de recarga hídrica	1,67

- **Prácticas de conservación de suelo y agua (V3):** las prácticas de conservación de suelo y agua (PCSA) sirven para el control del escurrimiento; no solamente tienen como función frenar la velocidad del agua que escurre sobre la superficie del suelo, sino que su efecto va muy ligado al mejoramiento de la infiltración, por consiguiente, al aumento de la humedad en el suelo. Por lo tanto, estas prácticas no solo son estructuras físicas ubicadas en forma permanente en el terreno, sino que incluyen también otras prácticas que se realizan en forma periódica en el suelo. Una de estas prácticas utilizadas en la subcuenca, por los agricultores, es arreglar los desechos de la cosecha del maíz en líneas de contorno transversal a la pendiente que ayuda a retener humedad y el suelo erosionado.

Cuadro 39. Indicadores para la variable práctica de conservación de suelo y agua.

Indicadores	Calificación
Prácticas de conservación de suelos y agua en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	2,5

- **Erosión de suelo (V4):** la erosión es un fenómeno geológico natural causada por el movimiento y deposición de partículas de suelo en otro lugar, producto de la lluvia o el viento.

El arrastre de materiales como basura, excretas o productos químicos hasta los cuerpos de agua, es uno de los principales focos de contaminación. En la parte alta de la subcuenca del río Zaratí, como en las áreas trabajadas por arriba de las zonas de recarga hídrica, se presenta con mayor intensidad la erosión laminar y surcos de forma moderada.

Cuadro 40. Indicadores para la variable erosión de suelo.

Indicadores	Calificación
Tipo de erosión de suelo en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	1,83

- Contaminación (V5):** los agentes contaminantes tienen relación con el crecimiento de la población. La contaminación ocurre cuando se depositan, descargan y lixivian productos provenientes de la contaminación antropogénicas (casa, talleres o industrias). Todos los agentes contaminantes provienen de una fuente determinada y pueden provocar enfermedades respiratorias y digestivas. Es necesario que la sociedad tome conciencia del problema, y para ello se hayan establecido tres indicadores importantes para su evaluación. El MINSA realiza un seguimiento de la calidad del agua de los acueductos rurales, estableciendo que no existe contaminación de los acueductos de la subcuencas y el grado de presencia de basura en el cauce del río es casi nulo.

Cuadro 41. Indicadores para la variable contaminación.

Indicadores	Calificación
Presencia de residuos sólidos o basura en el área de protección de la fuente de agua	1,33
Presencia de residuos sólidos o basura en la zona de recarga hídrica	1,50
Número de muestreos con niveles no permitidos de coliformes fecales en la fuente de agua en los años 2009-2010	3,0

- Pendiente del terreno (V6):** uno de los factores más importantes para que se de recarga hídrica es el grado de pendiente que se tiene en dichas zonas; cuanto más sea el tiempo de contacto del agua con la superficie, mayor será el grado de infiltración que pueda ocurrir. En la parte más alta de la subcuenca la pendiente está entre los rangos de 20 a 61% de pendiente.

Cuadro 42. Indicadores para la variable erosión de suelo.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de pendiente de las áreas ubicadas por encima de la naciente y zonas de recarga hídrica	3,0

- **Agricultura (V7):** los sistemas de producción desarrolladas en un territorio repercuten directa o indirecta en la capacidad de infiltración, especialmente si estas prácticas están encaminados a la conservación, manejo y protección del recurso suelo y agua. En la parte alta de la cuenca se tienen bosques maduros e intervenidos y pocas áreas están bajo cultivos agroforestales como café y cítricos. Es importante establecer cuántos de los pequeños productores que tienen parcelas por arriba de las tomas de agua y las zonas de recarga hídrica, le dan un seguimiento a los envases de pesticidas, si es que lo usan, y cuántas veces, por cada cultivo o ciclo son aplicados. Los indicadores que a continuación describimos son importantes de evaluar para determinar qué tipo de agricultura se da en la parte alta de la subcuenca.

Cuadro 43. Indicadores para la variable agricultura.

Indicadores	Calificación
Área con cultivos limpios ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	1,17
Número de productores que utilizan agroquímicos en los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	1,67
Cultivos con aplicaciones de agroquímicos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	2,33
Número de aplicaciones de agroquímicos por ciclo en los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	1,67
Sistema de labranza de los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	0
Porcentaje de los productores que dejan los recipientes de agroquímicos en las áreas de cultivo y las aledañas	1,17

- **Ganadería (V8):** la ganadería en menor o mayor escala puede ser factor influyente en la modificación del tipo de suelo, producto de la compactación que realizan los animales en su

pastoreo, ya que no se tiene en cuenta la carga animal que puede soportar un terreno bajo un tipo de pasturas.

En la subcuenca del río Zaratí, las prácticas pecuarias han ido decayendo producto de que la ganadería no fue rentable y que las condiciones de clima y suelo no era propicia, lo que sí se está proliferando son las galeras de criaderos de pollos y porquerizas, pero cuentan con estudios de impacto ambiental, son monitoreadas por las instituciones de salud y lo más importantes es que fueron ubicadas en zonas de poca influencia con las zonas de recarga hídricas y afluentes, como quebradas o ríos.

Cuadro 44. Indicadores para la variable ganadería.

Indicadores	Calificación
Número de gallineros, porquerizas y corrales existente en los 200 m de radio de la fuente de agua y 50 m de la zona de recarga hídrica	0,83
Distancia de los potreros respecto a la zona de recarga hídrica	0,33

- **Características de suelo (V9):** es importante conocer características físicas de los suelos presentes por arriba de las zonas de recarga hídricas y las tomas de agua para consumo humano. Características como textura, capacidad de infiltración y porcentaje de compactación, son variables importantes de evaluar. Los suelos característicos en la parte alta de la subcuenca están determinado por una textura de franco arenosa a franca limosa, con capacidad de infiltración promedio de 18,87 cm/hora y con poca compactación, ya que no tienen presencia de actividades como la ganadería, además en la actualidad están bajo cobertura de bosque maduro e intervenido.

Cuadro 45. Indicadores para la variable característica de suelo.

Indicadores	Calificación
Textura predominante de los suelos con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	1,83
Capacidad de infiltración de los suelo con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	0,83
Porcentaje de compactación de los suelos ubicados dentro de los 200 m de radio de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	2,0

4.2.3.4. Vulnerabilidad económica

El tipo de vulnerabilidad económica está directamente relacionada con el grado de desarrollo, por lo que se establece que las zonas económicamente más deprimidas son más vulnerables a riesgos naturales.

- **Capacidad económica (V1):** la capacidad de ingreso per cápita de una población, influye directamente en la presión sobre los recursos naturales del área que lo rodea. Las familias ubicadas en las zonas de protección hasta la parte alta de la subcuenca tienen un ingreso promedio de menos de \$1200 anuales, ya que se dedican a la agricultura de subsistencia y los pequeños ingresos se dan por la venta de verduras o animales de corral.

Cuadro 46. Indicadores para la variable capacidad económica.

Indicadores	Calificación
Ingreso promedio anual (\$) per cápita de los pobladores ubicados en la zona de protección hasta la parte alta de la microcuenca	4,0

- **Desempleo (V2):** el desempleo es un factor importante para tomarlo en cuenta, ya que es determinante para luego analizar el índice de pobreza de los corregimientos incluidos en la subcuenca. Según la Contraloría Nacional de la República para el año 2000, en Panamá, el 59,9% de la población es económicamente activa (PEA) y la tasa de desempleo rondaba los 13,3%. Para el año 2008 se estableció una tasa de desempleo del 5,6%.

Cuadro 47. Indicadores para la variable desempleo.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población desempleada en la microcuenca	3,67

- **Dependencia económica (V3):** para el análisis de esta variable se utilizaron dos indicadores, los cuales se detallan en el cuadro 48. Según CEPAL (2006) se estableció que el 19,5% de la población económicamente activa se dedica al sector agropecuario.

Cuadro 48. Indicadores para la variable dependencia económica.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población económicamente activa que se dedica a actividades agropecuarias en la microcuenca	2,83
Número promedio de actividades productivas que realiza la población económicamente activa	2,67

- **Instrumentos económicos (V4):** se refiere a la población de la subcuenca que ha tenido acceso a préstamos bancarios, compensaciones o servicios de pagos ambientales. De las personas encuestadas y que están dentro de la población económicamente activa, ninguna contestó que ha tenido acceso a préstamos o algún tipo de pagos ecosistémicos.

Cuadro 49. Indicadores para la variable instrumentos económicos.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población de la microcuenca que ha accedido a crédito financiero	0,50
Porcentaje de los productores con áreas boscosa dentro de la microcuenca que han tenido acceso a un mecanismo de compensación por cualquier servicios ambientales	4,0

4.2.3.5. Vulnerabilidad técnica

En esta vulnerabilidad determinamos el grado de capacidad y eficiencia de las estructuras, diseños de las estructuras de captación y almacenamiento; tomando en cuenta la gestión del riesgo del tipo natural que pueda influir en la cantidad y calidad del agua que se recolecta y se conduce para uso humano. En el análisis de este tipo de vulnerabilidad se consideraron las siguientes variables.

- **Tecnología de la construcción (V1):**

En este parámetro evalúan las técnicas con que se han construido las estructuras de captación y protección, si cumplen con las especificaciones del IDAAN o MINSA que tienen parámetros establecidos para estructuras correspondientes a recolección, traslado y almacenamiento de agua para consumo humano. Se puede establecer que entre el 60 y 80% de las estructuras están construidas bajo los parámetros establecidos por las instituciones de salud y agua potable. En lo concerniente a las estructuras de retención que sirven de protección a las estructuras de captación y almacenamiento, se estima que el 58,3% de las estructuras cuentan con muros de contención y drenajes perimetrales, pero solo el 54% cuenta con cerca o algún tipo de estructura para proteger de los animales u otro tipo de contaminante físico o entrópico.

Cuadro 50. Indicadores para la variable tecnología de la construcción.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de las estructuras de almacenamiento y distribución de agua que cumplen con las especificaciones del IDAAN o MINSA	1,0
Protección de la estructura de captación y	2,33

almacenamiento de agua ante desastres naturales como muros de retención de corrientes, cerco perimetral, drenaje perimetral, etc.	
Porcentaje de las estructuras y obras físicas de protección construidas con técnicas adecuadas	2,17

- **Mantenimiento (V2):** para este parámetro frecuencia semanal, quincenal, mensuales o anuales con que son objeto de mantenimiento, las estructuras de captación conducción y almacenamiento de agua para consumo humano, incluyendo las limpiezas, que son fundamentales para establecer la calidad del agua con que son abastecidas las distintas comunidades.

Cuadro 51. Indicadores para la variable mantenimiento.

Indicadores	Calificación
Mantenimiento de la estructura de protección como de captación de la fuente de agua por año	0,83

- **Gestión de riesgos (V3):** es de gran importancia crear mapas en donde se establezcan parámetros de riesgos, tanto de inundación, deslizamiento y sismología que ayuden en momentos de tomar decisiones ante posibles desastres naturales. Para la subcuenca del río Zaratí se cuentan solo con mapas generados para todo el país y la realidad es que se desconoce o no se tiene un plan de contingencia para posibles desastres naturales que puedan afectar los acueductos proveedores de agua para el consumo humano.

Cuadro 52. Indicadores para la variable gestión de riesgo.

Indicadores	Calificación
Tipos de mapas o estudios de riesgos ante amenazas naturales que puedan incidir en la zona de protección de la fuente de agua o en la fuente de agua	1,33
Número de años de existencia de un plan de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan incidir en la fuente de agua,	4,0

4.2.3.6. Vulnerabilidad política

Este tipo de vulnerabilidad es la que hace referencia acerca del alto grado de centralización en la toma de decisiones en la organización gubernamental y su debilidad en los niveles de autonomía para decidir en los niveles regionales, locales y comunitarios, lo cual impide una mayor adecuación de las acciones a los problemas sentidos en estos niveles territoriales.

Entonces se puede decir, que cuanto mayor sea la autonomía, menor será la vulnerabilidad política de una región o comunidad.

- **Apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales (V1):** el número de proyectos existentes en una zona o región determina el grado de inversión y el interés que se tiene por resguardar los recursos naturales su conservación y protección. En la actualidad solo se cuenta con un proyecto encaminado a restaurar y reforestar zonas de importancia en la subcuenca del río Zaratí.

Cuadro 53. Indicadores para la variable apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales.

Indicadores	Calificación
Número de proyectos ambientales ejecutados por año	1,5

- **Participación comunitaria en las decisiones locales (V2):** este tipo de parámetros tiene el interés de evaluar que tanta participación dentro de los comités municipales y distritales tiene la población, y el grado de influencia en las decisiones municipales, para que tengan algún efecto sobre los intereses propuestos por la comunidad.

Cuadro 54. Indicadores para la variable participación comunitaria en las decisiones locales.

Indicadores	Calificación
Número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales	2,33

- **Liderazgo en la subcuenca (V3):** el liderazgo de los actores claves dentro de la subcuenca del río Zaratí se hace importante establecer, ya que de ellos depende el grado de intercambio de conocimiento y solicitud, de parte de las comunidades, para con las autoridades. El porcentaje de aceptación de los líderes escogidos por votación popular es de un 62,5%.

Cuadro 55. Indicadores para la variable liderazgo en la subcuenca.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes	2,50

- **Normativas (V4):** la normativa se refiere al establecimiento de reglas o leyes, dentro de cualquier grupo u organización. Siempre son necesarias las reglas, leyes y políticas, debido a que debe existir un orden y común acuerdo de los integrantes de los grupos u organizaciones; la vinculación de estas en el tema ambiental o recursos naturales, forman parte de los procesos participativos de proyectos y programas, como la forma de llegar al sustento de las acciones y lograr la sostenibilidad. En el presente trabajo se plasma que instituciones como el ANAM, ente regulador de los recursos naturales, se basa en diferentes leyes como la Ley Forestal y Ley

General del Ambiente para establecer normas para la utilización y explotación de los recursos naturales.

Cuadro 56. Indicadores para la variable normativas.

Indicadores	Calificación
Número de instituciones que aplican normativas ambientales para el manejo, protección y conservación de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica en la microcuenca	2,00
Número de políticas, leyes, ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo, protección, conservación y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica aplicadas	1,83

4.2.3.7. Vulnerabilidad educativa

La ausencia de programas educativos que proporcionen información sobre el medio ambiente, sobre el entorno, los desequilibrios y las formas adecuadas de comportamiento individual o colectivo en caso de amenaza o de situación de desastre, hace de esta vulnerabilidad de gran importancia, ya que dependiendo del grado de educación de la población, así mismo estarán en capacidad de enfrentar los embates de la naturaleza.

- **Acceso a la educación (V1):** en esta variable se evaluó el grado de educación de la subcuenca, las oportunidades que se tienen para acceder a escuelas superiores y universidades, ya que una población con oportunidad de estudio es libre de analfabetismo. La percepción evaluada por los expertos encuestados estima que el 33% de la población en la subcuenca tiene dificultades de analfabetismo, pero no es por falta de centros de estudios, ya que en cada pueblo de la subcuenca se cuenta con escuelas primarias y colegios que imparten educación básica y en la cabecera de distrito se tienen universidades y centros de estudios de carreras técnicas y de licenciatura.

Cuadro 57. Indicadores para la variable acceso a la educación.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de analfabetismo en la subcuenca	1,33
Nivel máximo de educación disponible en la microcuenca	0,67

- **Capacitación o talleres educativos (V2):** este tipo de eventos es propio de entidades gubernamentales y no gubernamentales, en donde se plantean situaciones con alta priorización para el sector ambiental. Se estima que dentro de las actividades del proyecto de mejoramiento

para la subcuenca del río Zaratí, se han impartido seminarios de conservación de suelo, agricultura sostenible, seguimiento de viveros y reforestación, todos estos con el interés de que los campesinos sean autosostenibles y que ayuden a recuperar zonas con alto valor de producción de agua para consumo humano.

Cuadro 58. Indicadores para la variable capacitación o talleres educativos.

Indicadores	Calificación
Número de eventos realizados en los últimos 3 años a pobladores en tema de protección, conservación y manejo de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	1,83

- **Educación ambiental (V3):** proceso encaminado a crear conocimientos y conciencia sobre el uso de los recursos naturales. Es importante recalcar que el proyecto de manejo y gestión de la subcuenca del río Zaratí ha impartido jornadas ambientales, en donde para cada pueblo, se les ha preparado en manejo de viveros, cursos de cooperativismo, agricultura sostenible entre otros. Durante tres años consecutivos, personal del ANAM, dirigido por el departamento de manejo de cuencas, ha transmitido programas radiales encaminados en educar y concientizar a la población sobre uso del recurso agua y los efectos negativos que se dan por su contaminación.

Cuadro 59. Indicadores para la variable educación ambiental.

Indicadores	Calificación
Número de jornadas ambientales efectuadas en los últimos 5 años	1,17
Porcentaje de la población de la microcuenca que ha recibido capacitación sobre medidas de mitigación y adaptación a la contaminación de fuentes de agua y ZPRH	3,00
Número de mensajes o programas difusivos por año orientados al manejo, protección y conservación de los recursos naturales	2,33

4.2.3.8. Vulnerabilidad institucional

En esta vulnerabilidad se expresa la presencia o ausencia de organizaciones gubernamentales y no gubernamentales encargadas de preservar los recursos naturales, un adecuado manejo, conservación y gestión. Además de la capacidad del personal para dirigir y hacer cumplir los programas y leyes relacionadas con las zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano. Las variables para conocer esta vulnerabilidad fueron:

- **Instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales (V1):** este parámetro permite medir la incidencia de los planes y programas de las diferentes instituciones en el manejo de las zonas de recarga y aguas para consumo humano dentro de la cuenca del río Zaratí. Se logró evaluar producto de consultas hechas a través de encuestas a actores locales de la subcuenca, mostrando que existen un promedio de dos instituciones bien comprometidas, como son el ANAM y MINSA, con el manejo de las ZRH y agua para consumo humano.

Cuadro 60. Indicadores para la variable instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

Indicadores	Calificación
Número de instituciones relacionadas con la protección, conservación, manejo y protección del recurso hídrico y zonas de recarga con presencia activa en la subcuenca	1,83
Número de instituciones con presencia activa en la subcuenca que cuenta en sus programas, proyectos o agendas de trabajo el tema de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	2,33

- **Capacidad del personal técnico (V2):** la capacidad de los técnicos en el manejo de parámetros técnicos, reglamentos y leyes es importante, ya que de esto dependen que se respeten los planes de trabajo y el marco legal de la zona. Según los encuestados el 66,6% de los técnicos han participado en el último año en programas de capacitación encaminados a mejorar los temas de protección, conservación, manejo y gestión de los recursos hídricos, específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica.

Cuadro 61. Indicadores para la variable capacidad del personal técnico.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de técnicos capacitados en el año en temas de protección, conservación, manejo y gestión del recurso hídrico específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	2,67

- **Nivel de cumplimiento de la municipalidad e instituciones en la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica (V3):** la presencia de las instituciones del estado dentro del territorio de la subcuenca son determinante para la ejecución del marco legal propuesto para el control del uso y explotación de los recursos

naturales. La percepción de la población, respecto al cumplimiento de las normas establecidas en el marco legal, es del 54% y considera que es eficiente por las estancias municipales e institucionales.

Cuadro 62. Indicadores para la variable nivel de cumplimiento de la municipalidad e instituciones en la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que considera eficiente el cumplimiento de las instituciones del estado y municipalidad	2,17

- **Aplicación de las leyes relacionadas a los recursos hídricos (V4):** respecto a las leyes que mayor énfasis tiene sobre el tema de agua para consumo humano y zonas de recarga hídrica, en Panamá se cuenta con una Ley General del Ambiente, que es la rectora principal sobre el recurso hídrico y se complementan con la Ley de Aguas (Decreto Ley 35), Legislación Forestal, Ley de los Servicios de Agua potable y la Ley de Cuencas Hidrográficas.

Existe un anteproyecto de ley de aguas que contempla específicamente el tema de zona de recarga hídrica, pero que ciertas partes de dicha ley están aún en consulta pública.

Cuadro 63. Indicadores para la variable aplicación de las leyes relacionadas a los recursos hídricos.

Indicadores	Calificación
Aplicación de las leyes relacionados a los recursos hídricos	2,00

- **Conocimiento del marco legal (V5):** el conocimiento local con respecto al marco legal es de gran importancia, ya que evitaría el incurrimento de delitos que perjudiquen los recursos naturales, en especial las zonas de recarga hídrica y las aguas para consumo humano; además podrían contribuir a velar por los intereses enmarcados dentro de las leyes.

Cuadro 64. Indicadores para la variable conocimiento del marco legal.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que conocen las leyes que vinculan la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	2,5

- **Implementación de planes (V6):** la creación e implementación de políticas, planes y su debida ejecución, en donde su principal objetivo sea la conservación de las aguas para consumo humano, zonas de recarga hídrica y en general los recursos naturales y que estos sean implementados dentro del territorio en estudio y que el enfoque sea el de cuencas es de gran

importancia. De tal manera, que con la inclusión de la subcuenca dentro de los planes nacionales de cuencas prioritaria, da un punto a favor para lograr mejorar las condiciones biofísica de la subcuenca del río Zaratí.

Cuadro 65. Indicadores para la variable implementación de planes.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de implementación/ejecución de planes de protección conservación, manejo, conservación y gestión del recurso hídrico y zonas de recarga en la microcuenca	2,17

4.2.3.9. Vulnerabilidad cultural

El grado de cultura ambiental, el compromiso de la comunidad con el uso adecuado de los recursos naturales; todo esto puede ser factores determinantes en la justa valoración del recurso hídrico. Un territorio culturalmente educado es menos propenso de sufrir embates de parte de la naturaleza, producto que se toman en cuenta a la mujer para la toma de decisiones y existe una integración de la población. Las variables evaluadas fueron:

- **Participación de la mujer en acciones o actividades de prevención y mitigación (V1):** por el papel que juega la mujer dentro de la gestión del agua para consumo humano, es importante evaluar cuánta participación tiene el género femenino en las actividades de prevención y mitigación de los desastres naturales, que puedan repercutir en el sistema de agua potable o zonas de recarga hídrica. Para la subcuenca se estima que solo un 33,3% de la población femenina se interesan por el suministro de agua para la población.

Cuadro 66. Indicadores para la variable participación de la mujer en acciones o actividades de prevención y mitigación.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de participación de la mujer en actividades o acciones de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan repercutir en el sistema de agua potable	2,67

- **Integración comunal para prevenir riesgos (V2):** se refiere a la participación de la población frente algún tipo de desastre, en donde se ponga en riesgo el suministro de agua para la población; se estima que un 45,8% de la población se pone a disposición para contrarrestar el peligro de desabastecimiento del vital líquido y disponibilidad para la protección de los recursos naturales.

Cuadro 67. Indicadores para la variable integración comunal para prevenir riesgos.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación del sistema de agua potable y disponibilidad para la protección de los RRHH	2,17

- **Actividades culturales (V3):** el número de actividades sociales encaminadas a educar la población sobre la conservación del recurso hídrico, específicamente las zonas de recarga hídrica y aguas para consumo humano. En los últimos años solo ha sido posible en dos ocasiones por año. El indicador se presenta en el cuadro 68.

Cuadro 68. Indicadores para la variable actividades culturales.

Indicadores	Calificación
Número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 5 años	2,67

4.2.3.10. Vulnerabilidad ideológica

En este caso, el enfoque va dirigido a la forma y concepción del mundo y el medio ambiente donde se habita y con el cual se relaciona la posibilidad de enfrentar los problemas. La pasividad, fatalismo, presencia de mitos, aumentan la vulnerabilidad de la población. La respuesta que logre desplegar una comunidad ante una amenaza de desastre "natural", o ante el desastre mismo, depende en gran medida de la concepción del mundo -y de la concepción sobre el papel de los seres humanos en el mundo- que posean sus miembros.

Si en la ideología predominante se imponen concepciones fatalistas, según las cuales los desastres "naturales" corresponden a manifestaciones de la voluntad de Dios, contra las cuales nada podemos hacer los seres humanos, o si se piensa que "está escrito" que deben suceder, las únicas respuestas posibles serán el dolor, la espera pasiva y la resignación. Si por el contrario, la voluntad humana encuentra cabida en las concepciones existentes, si se reconoce la capacidad de transformación del mundo que, a veces para bien, a veces para mal, ha desplegado la humanidad a través de su existencia, y si se identifican las causas naturales y sociales que conducen al desastre, la reacción de la comunidad podrá ser más activa, más constructiva, más de "rebelión" contra lo que parece inevitable, Wilches-Chaux (1993).

Las variables evaluadas para obtener esta vulnerabilidad fueron las que se describen a continuación:

- **Participación comunal en la preparación, prevención y mitigación (V1):** la preparación de la comunidad encaminada a la prevención y mitigación de los desastres que pongan en peligro el suministro de agua para consumo humano y las áreas de recarga hídrica es importante, ya que va a depender de ellos la gestión para el suministro hídrico. En la subcuenca del río Zaratí, se tienen participación comunal para hacerle frente al desabastecimiento de agua en época seca, interconectando acueductos de diferentes comunidades.

Cuadro 69. Indicadores para la variable participación comunal en la preparación, prevención y mitigación.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que participa en acciones o actividades prevención y preparación de desastres naturales que puedan repercutir en la zona de protección y fuente de agua	2,83

- **Reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable (V2):** un factor predominante en las poblaciones rurales, es que prácticamente las personas que participan en los talleres o seminarios de prevención de desastres, son los mismos que intervienen para la rehabilitación de estructuras, luego de un desastre natural.

Cuadro 70. Indicadores para la variable reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que participa en acciones de rehabilitación del sistema de agua potable y zona de protección después de un desastre natural	2,50

- **Percepción fatalista (V3):** la percepción de los encuestados, respecto al desabastecimiento del agua no tiene nada que ver con la intervención divina, pero sí es causa de las malas prácticas agrícolas, la deforestación descomunal, contaminación y uso inadecuado del vital líquido, repercutiendo en la cantidad y calidad del agua.

Cuadro 71. Indicadores para la variable percepción fatalista.

Indicadores	Calificación
Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando falta el agua potable	3,50

Resumen de vulnerabilidad

Para la evaluación de cada vulnerabilidad se evaluaron un número de indicadores que fueron calificados de 0 a 4, y luego promediado por cada tipo de vulnerabilidad (cuadro 72).

Los resultados encontrados, producto de la evaluación de los actores principales encargados de instituciones que tienen interés o trabajan directamente con temas relacionados con el agua para consumo humano y zonas de recarga hídricas en la subcuenca del río Zaratí, están contemplados en el cuadro 73 y graficados en la figura 21, Se puede observar que las secciones con mayor vulnerabilidad dentro de la subcuenca corresponden a la sección económica, ideológica y cultural y sobresalen como las de vulnerabilidad más baja la sección técnica y educativa.

Es de comprender que la sección con mayor vulnerabilidad es la parte económica, ya que su población económicamente activa está desempleada, no existen plazas de trabajo y el ingreso per cápita anual es bajo. La mayoría se dedican a la agricultura de subsistencia, en donde los excedentes son intercambiados con otros productores, a manera de trueque, o vendidos en el mercado de la comunidad y por lo general, son propietarios de terrenos que cuentan con reserva de bosque, pero que desconocen o no están amparados bajo un sistema de pago por servicios ambientales. Respecto a la vulnerabilidad más baja, está la técnica, donde se puede notar que existe un buen seguimiento por parte de las entidades rectoras sobre la calidad de los materiales y estructuras de construcción. Además, el mantenimiento se hace periódicamente y se han preparado mapas sobre hidrogeología y deslizamiento, que permiten tener una mejor visión de la subcuenca del río Zaratí.

Cuadro 72. Número de indicadores evaluados por cada vulnerabilidad.

Tipo de Vulnerabilidad	Número de indicadores
Vulnerabilidad física	11
Vulnerabilidad social	5
Vulnerabilidad ecológica	9
Vulnerabilidad económica	4
Vulnerabilidad técnica	3
Vulnerabilidad política	4
Vulnerabilidad educativa	3
Vulnerabilidad institucional	6
Vulnerabilidad cultural	3
Vulnerabilidad ideológica	3

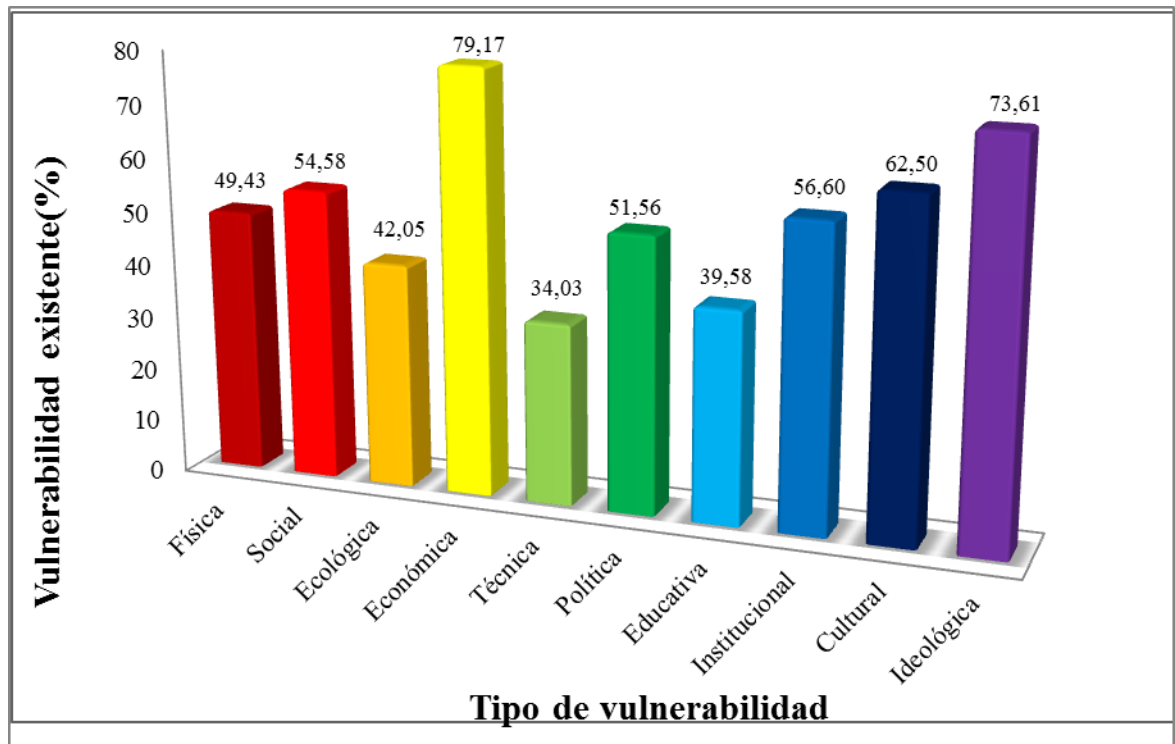


Figura 21. Tipo de vulnerabilidad y valor existente (%) correspondientes a las fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales de recarga hídrica.

Cuadro 73. Resumen de las vulnerabilidades encontradas para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica de la subcuenca del río Zaratí.

Vulnerabilidad	Variables respuestas											Promedio	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente	Vulnerabilidad
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11				
Física	1,00	3,00	2,83	4,00	2,00	0,00	0,00	3,67	0,83	2,17	2,25	1,98	4	49,43	Media
Social	2,67	2,83	0,75	2,50	2,17	---	---	---	---	---	---	2,18	4	54,58	Media
Ecológica	1,25	1,67	2,50	1,83	1,42	3,00	1,33	0,58	1,56	---	---	1,68	4	42,05	Media
Económica	4,00	3,67	2,75	2,25	---	---	---	---	---	---	---	3,17	4	79,17	Alta
Técnica	1,83	0,83	1,42	---	---	---	---	---	---	---	---	1,36	4	34,03	Baja
Política	1,50	2,33	2,50	1,92	---	---	---	---	---	---	---	2,06	4	51,56	Media
Educativa	0,75	1,83	2,17	---	---	---	---	---	---	---	---	1,58	4	39,58	Baja
Institucional	2,08	2,67	2,17	2,00	2,50	2,17	---	---	---	---	---	2,26	4	56,60	Media
Cultural	2,67	2,17	2,67	---	---	---	---	---	---	---	---	2,50	4	62,50	Alta
Ideológica	2,83	2,50	3,50	---	---	---	---	---	---	---	---	2,94	4	73,61	Alta
Promedios												2,17	4	54,31	Media

Nota: ---no hay datos, ya que solamente se evaluaron ese número de variables.

4.2.3.11. Vulnerabilidad global

Según Wilches-Chaux (1993) es necesario anotar que la vulnerabilidad en sí misma constituye un sistema dinámico, es decir, que surge como consecuencia de la interacción de una serie de factores y características (internas y externas) que convergen en una comunidad particular, El resultado de esa interacción es el "bloqueo" o incapacidad de la comunidad para responder adecuadamente ante la presencia de un riesgo determinado, con el consecuente "desastre".

En cuanto a la vulnerabilidad de la población, el propósito ha sido encontrar variables que permitan medir la vulnerabilidad global, entendiendo por ella, el conjunto de características comunes o básicas, que le impiden a dicha población evitar los daños ocasionados por cualquier peligro que se pueda ocasionar en las tomas de agua para consumo humano o las zonas de recarga hídrica.

Lo más importante de esta etapa del estudio es evaluar y analizar las vulnerabilidades por separado y en conjunto, para luego crear planes o estrategias encaminadas a mitigar los problemas, amenazas en los sistemas de aguas para consumo humano y zonas de recarga hídrica.

$$\text{Vulnerabilidad global} = \Sigma (\text{Índices de vulnerabilidad} * F)$$

$$VG = (a*0,15) + (b*0,10) + (c*0,15) + (d*0,10) + (e*0,15) + (f*0,10) + (g*0,10) + (h*0,05) + (i*0,10) + (j*0,05), \text{ donde}$$

a = Vulnerabilidad física

b = Vulnerabilidad social

c = Vulnerabilidad ecológica

d = Vulnerabilidad económica

e = Vulnerabilidad técnica

f = Vulnerabilidad política

g = Vulnerabilidad educativa

h = Vulnerabilidad institucional

i = Vulnerabilidad cultural

j = Vulnerabilidad ideológica

Luego de ponderado cada valor de peso para cada tipo de vulnerabilidad, se procedió a establecer la sumatorias de cada vulnerabilidad multiplicada por cada factor de ponderación dando como resultado la vulnerabilidad global, En el cuadro 74 se establece el valor de cada vulnerabilidad.

Cuadro 74. Contribuciones de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global.

Vulnerabilidad	Vulnerabilidad Existente (%)	Ponderación	Contribución a la VG
Física	49,43	0,15	7,41
Social	54,58	0,10	5,46
Ecológica	42,05	0,15	6,31
Económica	79,17	0,10	7,92
Técnica	34,03	0,15	5,10
Política	51,56	0,10	5,16
Educativa	39,58	0,10	3,96
Institucional	56,60	0,05	2,83
Cultural	62,50	0,05	3,13
Ideológica	73,61	0,05	3,68
Vulnerabilidad Global (VG)			50,95

4.2.4. Objetivo 4. Determinar la oferta y demanda actual y futura de agua para consumo humano, tanto rural y urbana en la subcuenca del río Zaratí.

4.2.4.1. Análisis de la cantidad de agua en la subcuenca del río Zaratí.

Se realizaron monitoreos de las diferentes obras de captación de agua para consumo humano que son encauzados y acumulados en tanques para luego ser distribuidos a las diferentes viviendas. Para cada acueducto se evaluó su caudal, considerándose como caudal total, ya que las tomas son fuentes de caudal pequeñas, la mayoría de los caudales totales corresponden a los caudales encauzados y aprovechados, siendo la excepción la toma del río Sofrito, que por tener la estructura de captación en el curso del río no se logró determinar su caudal total, debido a no contar con estructura de encauzamiento. Esta toma solo es aprovechada en época seca, ya que para el invierno la toma del Cerro es capaz de suministrar lo necesario para las comunidades de Turega, Sofre Abajo, Caimito, Churuquita Grande y Churuquita Chiquita, conectadas a estas dos tomas.

Se realizaron mediciones de caudal en dos sitios: la primera lectura se realizó en la toma al inicio del encauzamiento y la otra medición se realizó antes de entrar al tanque de almacenamiento, dando resultados muy similares y reflejando que los sistemas de conducción no tienen fugas en su recorrido. Se consideró el dato de entrada al tanque como el caudal real de la toma, y con ella se realizó el análisis y proyección de la cantidad de agua para abastecer las poblaciones comprometidas para cada toma de agua.



Figura 22. Obra en cauce de la toma de agua en el río Sofrito y toma en nacientes u ojos de agua.

Cuadro 75. Resultados de aforos en las fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.

Lugares beneficiados	Fuente, nombre y ubicación	Caudal total (l/s)	
		Época seca	Época lluviosa
Oajaca	Oajaca Abajo 1 (Cerro Cucuazal)	0,03	0,07
	Oajaca Abajo 2(Cerro Cucuazal)	0,33	0,63
	Oajaca Abajo 3(Cerro Cucuazal)	0,14	0,16
	Oajaca Abajo 4 (Cerro Cucuazal)	0,06	0,09
	Oajaca Centro (EL Mango, Cerro Cucuazal)	0,29	0,85
	Oajaca Centro (EL Alto, Cerro Cucuazal)	0,29	1,09
Pajonal abajo	Pajonal Abajo 2 Quebrada Candelaria	0,46	2,82
	Pajonal Abajo 1 Quebrada Candelaria Abajo	1,32	1,64
Membrillo, Membrillo Centro, Membrillo Arriba, Río Viejo, Salado y Serén	Membrillo Centro 1 (Alto de La Estancia)	0,84	1,69
	Membrillo Centro 2 (Alto de La Estancia)	1,72	3,32
	Membrillo Centro 3 (Alto de La Estancia)	0,61	1,17
Turega, Sofre Abajo, Caimito, Churuquita Chiquita y Churuquita Grande,	Turega Norte (Río Sofrito 1) Cerro Turega	8,04	15,77
	Turega Norte (Río Sofrito 2) Cerro Turega	7,12	12,62
	Turega Norte(El Cerro)Cerro Turega	7,09	16,60
Águila Arriba	Águila Arriba, Quebrada Dos Pilares	9,24	12,62
Águila Abajo	Águila Abajo, Cerro Cucuazal	0,29	0,49
Sofre Centro(Un tercio de la población)*	Sofre Centro, Cerro Cucuazal	0,27	0,47
Loma Grande, Cabecera del Zaratí y La Subida del Coquillo,	Loma Grande, finca de Ambrosio Martínez	0,33	0,49
Guabal	Guabal N°1	0,17	0,26
	Guabal N°2	0,17	0,26
Cerro Colorado	Cerro Colorado N° 1 (El Tambor) Alto de la Estancia	0,45	0,64
	Cerro Colorado N°2 (El Aguacate) Alto de la Estancia	0,45	0,70
	Cerro Colorado N°3 (Chaquira) Alto de la Estancia	0,53	0,80
	Cerro Colorado N°4 (Caimito) Alto de la Estancia	0,18	0,27
	Cerro Colorado N°5 (El Arino) Alto de la Estancia	0,30	0,44

*Este acueducto solo supe un tercio de la población de Sofre, el resto está conectada como Sofre Abajo al acueducto cuya toma esta en el cerro Turega,

Para establecer los caudales de cada acueducto se trabajó en base a que existen comunidades que tienen más de una toma de agua por lo que se realizó 25 aforos,

correspondientes a 10 acueductos que abastecen de agua potable a 24 comunidades de la subcuenca del río Zaratí (cuadro 75).

Es difícil comparar los datos de este estudio, ya que no se cuenta con datos históricos de aforos de los diferentes acueductos de la subcuenca, pero se podría estimar que el caudal total promedio de los acueductos incluidos en el estudio, para el año 2010 y en estación seca determina un caudal de 1,63 l/s, que comparándose con la época lluviosa que tuvo un caudal de 2,92 l/s, existiendo una diferencia de 1,29 l/s, en promedio entre ambas estaciones. Es importante comentar que el caudal incrementa mucho más en meses posteriores a los considerados en el estudio como periodo lluvioso, sin embargo, por razones de tiempo no fue posible prolongar la fecha de muestreo.

En trabajos de aforo del río Zaratí, realizados por el ANAM y la UTP de Coclé, en el año 2005 y que sirvió de base para el desarrollo del diseño de la planta potabilizadora de Penonomé, se estableció para los meses de febrero y abril caudales de 2,83 m³/s y 1,16 m³/s respectivamente. Históricamente se tiene datos de aforo proporcionados por una estación limnigráfica de propiedad de ETESA y cuyos valores históricos de caudal promedio para el mes más seco, que es marzo, se estima en 1,45 m³/s.

4.2.4.2. Análisis de la oferta y demanda de agua en los principales acueductos y planta potabilizadora de la subcuenca del río Zaratí.

Se realizó un análisis de oferta y demanda actual, tomando como referencia el caudal aprovechado en el periodo seco para cada acueducto y planta potabilizadora, ya que se debe considerar el caudal mínimo en el año, para fines de planeación o toma de decisiones. La demanda fue compuesta por la población calculada anteriormente para cada acueducto, ciudad de Penonomé y alrededores y se consideró una dotación de 200 litros diarios por persona según la OMS (1995).

Tomando como base los análisis de oferta y demanda realizados en los principales acueductos de la subcuenca del río Zaratí, se encontró que existen cuatro acueductos que presentan problemas, ya que su demanda excede lo ofertado, al momento de los aforos. Entre los acueductos que tienen déficit de agua están los de Águila Abajo, Sofre Centro, Loma Grande y Guabal. Los acueductos con mayor problema de desabastecimiento, según la proyección de población para el año 2010, es el de Guabal, ya que su demanda se estima en

0,91 l/s y su oferta fue calculada en 0,34 l/s, indicando un faltante de 0,57 l/s para cumplir con el abastecimiento de la población. En igual condición se encuentra la comunidad de Loma Grande, en donde existe un déficit de agua evaluado en 0,65 l/s, producto de que su demanda está por el orden de 0,98 l/s y su oferta, tanto en la toma como en la salida del tanque, solo ofrece un caudal de 0,33 l/s. En la comunidad de Loma Grande se están realizando aforos y pruebas de calidad de otras fuentes, ya que para la estación seca correspondiente al año 2010, se presentó desabastecimiento de agua para las viviendas de los sectores ubicados en las partes más altas.

Los acueductos de Águila Abajo y Sofre Centro, a pesar de presentarse una demanda que sobrepasa las ofertas, su déficit de 0,34 y 0,19 l/s, respectivamente, no son tan alarmantes, ya que para Águila Abajo se tienen una segunda fuente que será conectada para los meses subsiguientes. El caso de Sofre Centro es particular, ya que la línea del acueducto que viene del cerro Turega está interconectada con los acueductos de Sofre Centro y cuando existe escasez, se le provisiona hasta que su tanque de reserva se estabilice.

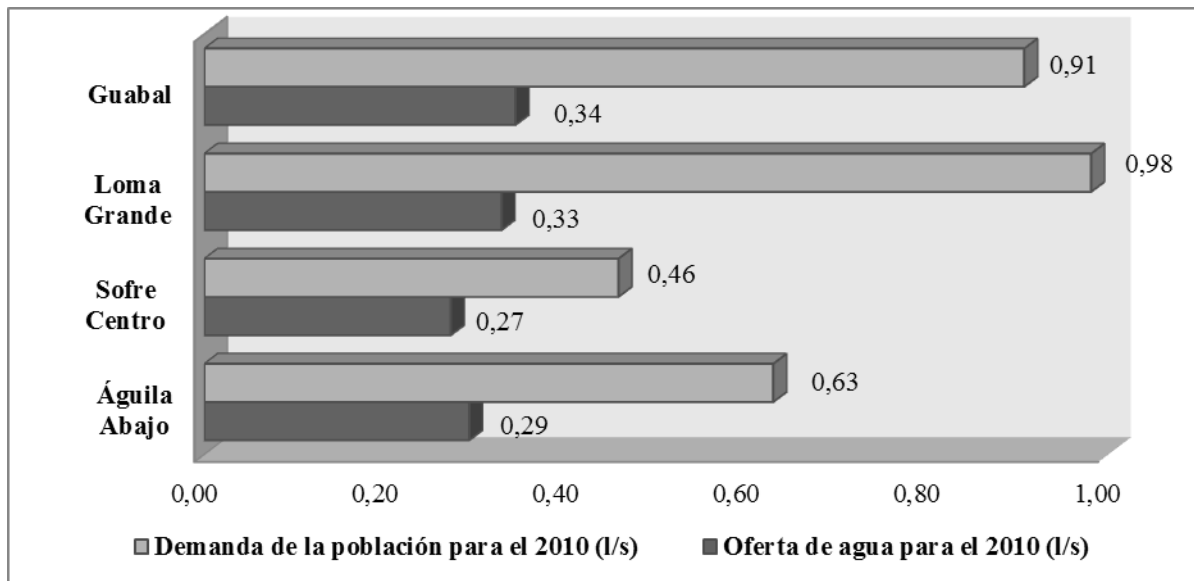


Figura 23. Acueductos con deficiencia de agua según la demanda de la población, para el periodo seco del año 2010, en la subcuenca del río Zaratí.

Según los usuarios de los acueductos que presentan déficit de agua en la época seca, establecen que para la época lluviosa, los caudales en los pozos o tomas de agua que abastecen los acueductos van en aumento, dando como resultado que las comunidades que se proveen de agua proveniente de los acueductos de Águila Abajo y Sofre Centro tengan suficiente agua

para suplir la demanda de su población, quedando solamente las poblaciones de Guabal y Loma Grande desprovistas del vital líquido.

Para cada acueducto y la planta potabilizadora de Penonomé se realizó cálculos de la demanda actual y proyectada con un consumo per cápita de 200 l/día/habitante. La población se estimó utilizando la ecuación del método aritmético, calculándose la población para el 2010, 2015 y 2020, respectivamente. Los resultados se presentan en el cuadro 76, 77 y la figura 24.

El acueducto que abastece a las comunidades de Membrillo, Membrillo Centro, Membrillo Arriba, Río Viejo Salado y Serén, según la proyección de su población, presentarán déficit de agua a partir del 2015, al igual que el acueducto de Pajonal Abajo que para el año 2020 confrontara deficiencia en su caudal de abastecimiento.

Cuadro 76. Oferta y demanda de agua para consumo humano de los principales acueductos, proyectada a los años 2010, 2015 y 2020.

Acueductos	Oferta 2010 (m³/día)	Demanda 2010 (m³/día)	Demanda 2015 (m³/día)	Demanda 2020 (m³/día)
Oajaka	98	87	93	98
Pajonal Abalo	153	135	145	155
Membrillo, Membrillo Centro, Membrillo Arriba, Río Viejo, Salado y Serén	274	271	275	279
Turega, Sofre Abajo, Caimito, Churuquita Grande y Churuquita Chiquita	1922	1107	1197	1287
Águila Arriba	798	205	256	307
Águila Abajo	25	54	68	82
Sofre Centro	24	40	41	42
Loma Grande, Cabecera del Zaratí y La Subida de Coquillo	28	85	85	84
Guabal	30	78	77	76
Cerro Colorado	165	91	97	104

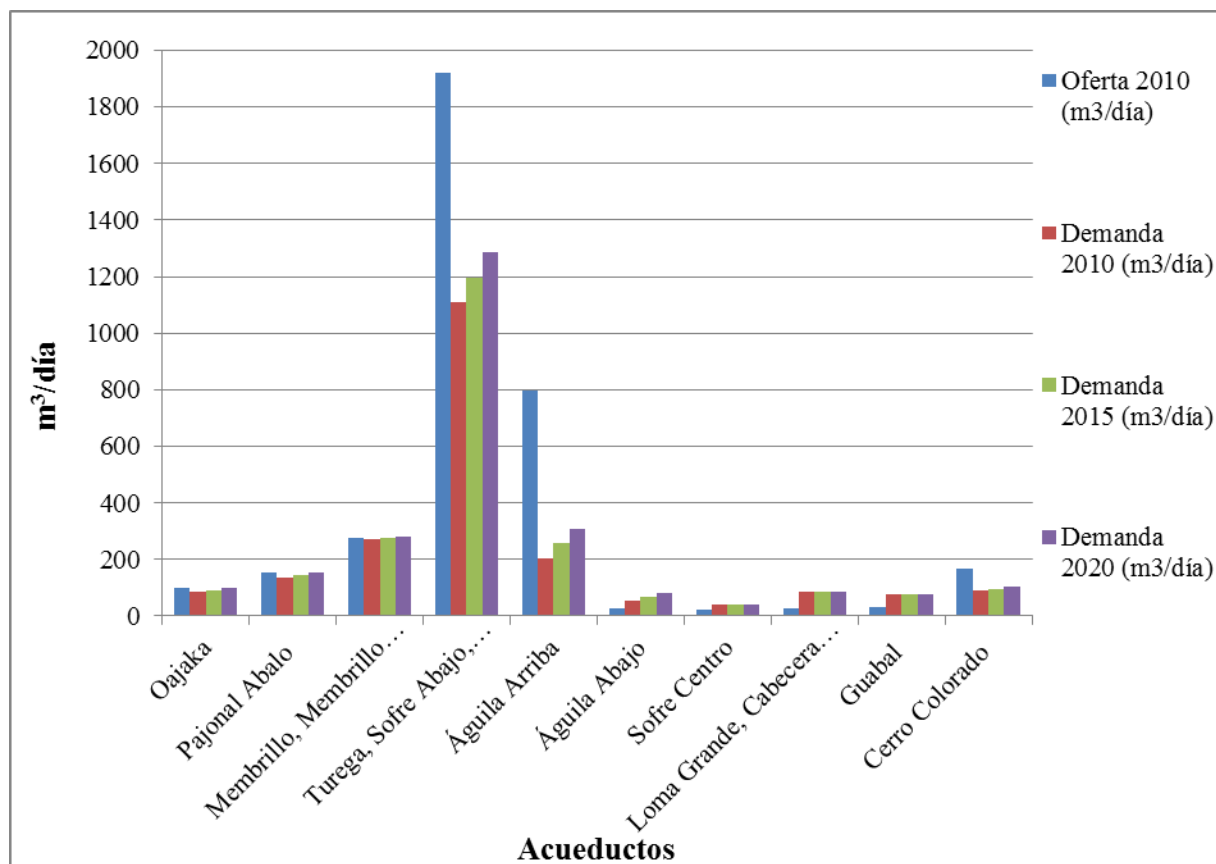


Figura 24. Oferta y demanda actual y proyectada de los principales acueductos de la subcuenca del río Zaratí.

En la parte urbana de la subcuenca del río Zaratí se localiza la ciudad de Penonomé, compuesta con barrios y lugares circunvecinos que se benefician del agua procesada en la planta localizada aguas arriba del balneario Las Mendosas. La planta potabilizadora de Penonomé fue diseñada para abastecer a 28 567 habitantes, proveyendo una oferta de agua de 1,6 millones de galones/día de agua procesada, realizando trabajos constantes 24 horas al día, manejando un volumen de 1,0 millones de galones de capacidad de almacenamiento, capaz de suplir a la población por 24 horas, sin tener problemas de abastecimiento.

Las comunidades urbanas y suburbanas dentro de la subcuenca del río Zaratí que se abastecen del agua procesada de la planta potabilizadora de Penonomé están: El Barrero, Sonadora, Chigoré, Penonomé (cabecera) y Vista Hermosa, con una población, según el censo del año 2000, de 16 781 habitantes con una demanda per cápita de agua potable de 3356,2 m³/día (figura 26). Es importante establecer que la demanda proyectada sobre la potabilizadora y el río Zaratí en los 5 ó 10 años siguientes, son capaces de suplirse siempre

que se le dé un mantenimiento constante a la planta y se continúe con un plan de manejo y protección de las zonas de recarga hídrica de la subcuenca.

Para realizar la demanda a futuro se realizó una proyección de la población, tomando como base la tasa de crecimiento entre dos censos nacionales 1990-2000, dando como resultado para la provincia de Coclé una tasa de crecimiento de 1,57% (cuadro 77).

Cuadro 77. Proyección de la población de las comunidades dentro de la subcuenca del río Zaratí, que se beneficia de planta potabilizadora de Penonomé, para los años 2010-2020.

Nombre de los lugares poblados	POB2000-REG	Población estimada para el 2010	Población estimada para el 2015	Población estimada para el 2020
Chigoré	2043	2650	2954	3257
El Barrero	316	368	394	420
Penonomé	11447	13432	14425	15417
Sonadora	457	485	499	513
Vista Hermosa	2518	3217	3567	3916
TOTAL	16781	20152	21838	23523

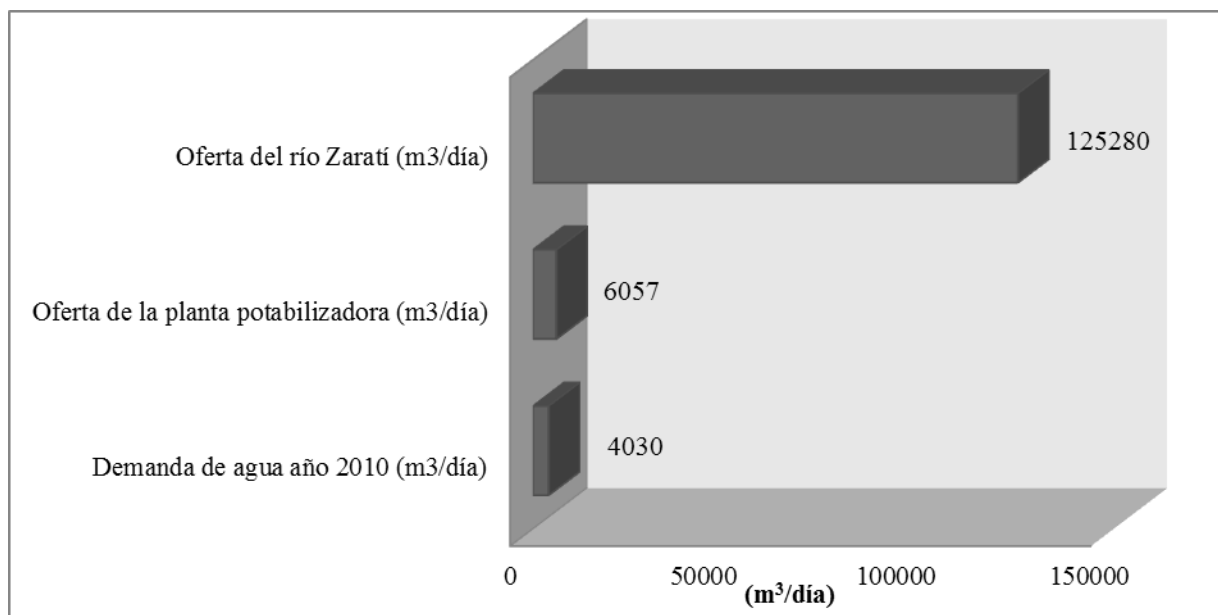


Figura 25. Oferta de agua del río Zaratí y potabilizadora de Penonomé vs la demanda de la población en el año 2010.

Tomando como base la proyección de la población para las zonas urbanas y suburbanas de Penonomé, se realizó el cálculo de la demanda de agua, resultando que la capacidad de agua procesada por la planta y los caudales medios del mes más seco, que es marzo, tiene capacidad de suplirla en los próximos 10 años a toda la población, sin tener déficit en ninguna etapa del año.

Cuadro 78. Demanda de agua de las poblaciones urbanas y suburbanas de la subcuenca del río Zaratí.

Nombre de los lugares poblados	Consumo de agua (m ³ /día) para el 2000	Consumo de agua (m ³ /día) para el 2010	Consumo de agua (m ³ /día) para el 2015	Consumo de agua (m ³ /día) para el 2020
Chigoré	409	530	591	651
El Barrero	63	74	79	84
Penonomé	2289	2686	2885	3083
Sonadora	91	97	100	103
Vista Hermosa	504	643	713	783
TOTAL	3356	4030	4368	4705

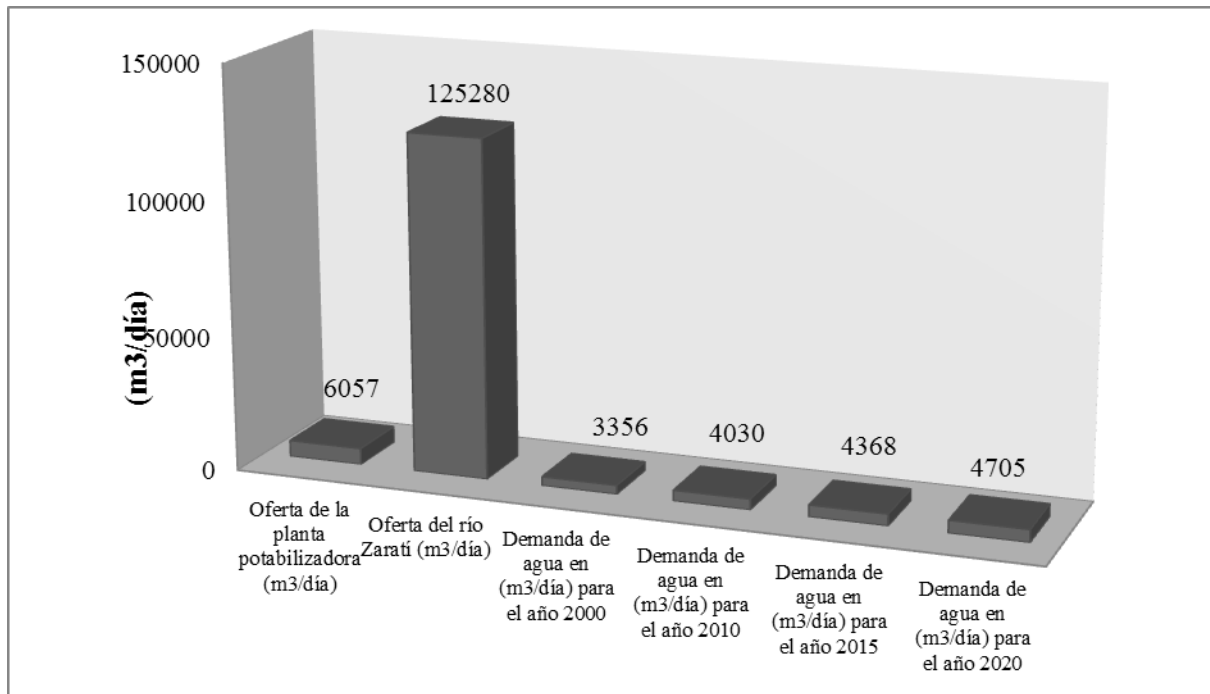


Figura 26. Oferta y demanda de agua proyectada para los años 2000 al 2020, en la subcuenca del río Zaratí.

4.2.4.3. Conflictos por desabastecimiento de agua en la subcuenca.

Es importante recalcar que dentro de la cuenca no se presentan conflicto por el recurso agua; se podría afirmar que existe la cantidad y calidad suficiente, pero que en los últimos años ha venido decayendo en la cantidad. Es un tema que se maneja a manera de percepción de los actores claves y lugareños que se benefician de los acueductos dentro de la subcuenca, en donde más del 90% de la población afirma que es producto de la tala indiscriminada y el avance de la frontera agrícola en las zonas de recarga, aunado las malas prácticas de agricultura que se tienen, tales como la tala, quema y rosa de los bosques, en altas pendientes, produciéndose altas cantidades de sedimentación que van a caer a los cauces, deteriorando la cantidad y calidad del agua, en quebradas, riachuelos y ríos.

Los conflictos por desabastecimiento son tratados entre comunidades y se ha encontrado que en situaciones en que comunidades, como las afiladas al acueducto de Membrillo, carecen de agua en la época seca que es la de estiaje para los pozos de este acueducto, la comunidad de Cerro Colorado que está fuera de la subcuenca del río Zaratí, pero que sus tomas sí se localizan dentro del territorio y cuyo caudal es suficiente y tienen excedentes, interconectan los acueductos y se apoyan logísticamente, hasta que la situación de desabastecimiento sea subsanado.

La otra situación sobresaliente es el acueducto de Loma Grande y comunidades aledañas, producto de que su toma de agua ya no es capaz de abastecer a la población, pero en conjunto con el ANAM y MINSA están realizando estudios a diferentes tomas para analizar su capacidad de caudal y calidad para construir nuevas tomas para aliviar el desabastecimiento de agua en los meses secos. En la zona existen un sinnúmero de afluentes con capacidad para suplir la necesidad, solo que existe la desconfianza de los propietarios en permitir la creación de las tomas, ya que temen por que se les pueda despojar de sus tierras.

4.2.5. Objetivo 5: Identificar los factores claves que sustentan el proceso de ordenamiento territorial participativo de las áreas de recarga hídrica aparente y las nacientes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí.

4.2.5.1. Factores claves para la implementación de un plan de ordenamiento territorial participativo.

Dentro de los puntos más importantes para la planeación y ejecución de un POT están la participación de los actores claves y que estos establezcan la necesidad de planificar y ejecutar un plan de ordenamiento territorial, pero más importante es que ellos sientan la necesidad de que este proceso sea participativo y que cada uno de ellos, desde las organizaciones que lideran o son parte, se empoderen de dicho plan.

A los actores claves de la subcuenca del río Zaratí, se les preguntó si tenían conocimiento sobre que era un plan de ordenamiento territorial POT y la segunda pregunta relacionada al tema, si estarían dispuestos a participar del POT, dando como respuesta que el 78,26% de la población desconoce el termino plan de ordenamiento territorial y 21,74% que respondió que sí, (figura 27).

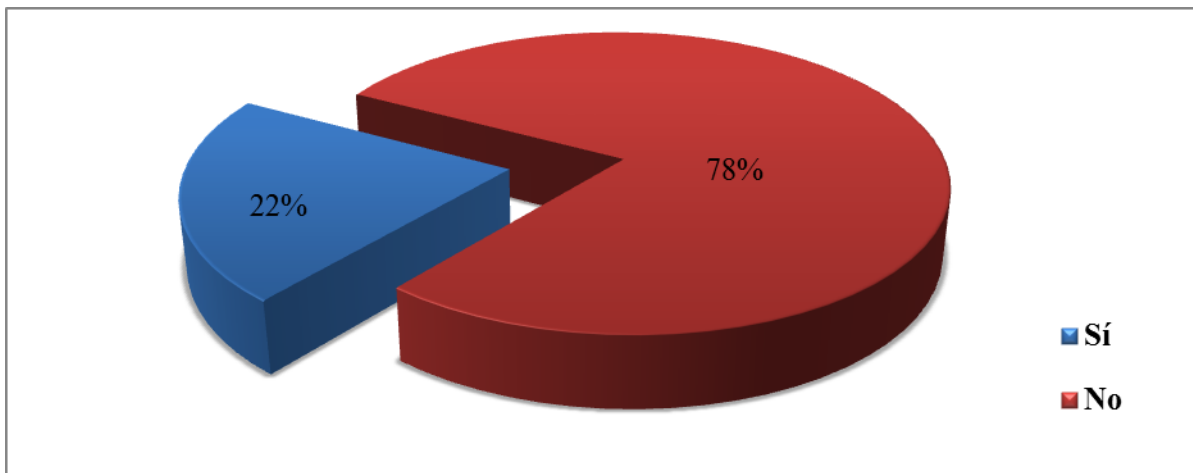


Figura 27. Conocimiento de la población sobre el tema plan de ordenamiento territorial.

Solo el 67% respondió que estaría anuente en participar de un plan de ordenamiento territorial, el 20% dice no estar dispuesto en participar, ya que falta más información y el 13% no sabe, (figura 28).

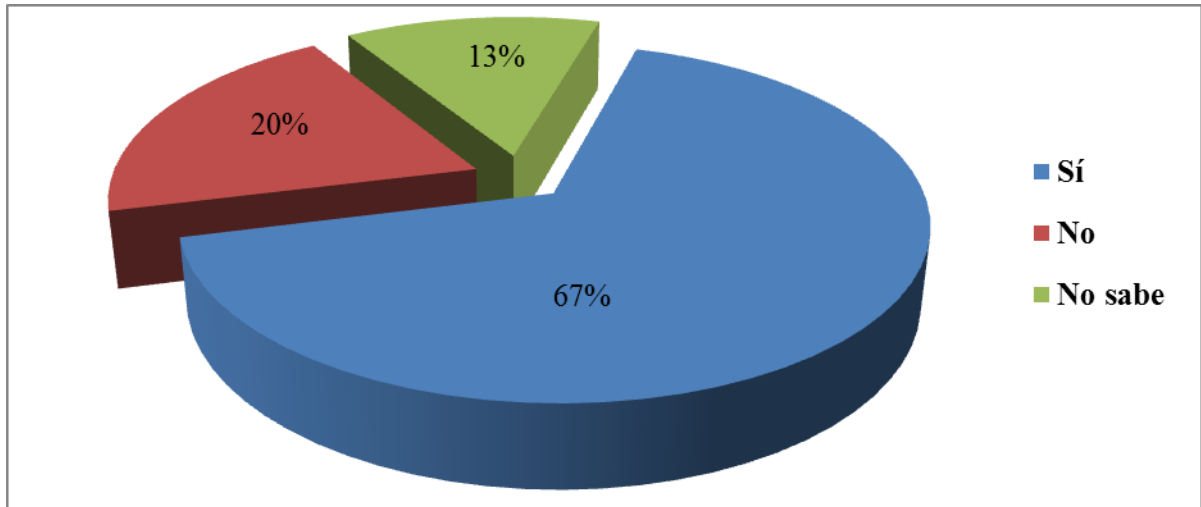


Figura 28. Disponibilidad de la población en participar en un POT.

4.2.5.2. Factores legales, institucionales, biofísicos y socioeconómicos considerados para la implementación de un POT.

Panamá no posee una ley de ordenamiento territorial. Actualmente, diversas leyes definen y norman diferentes modalidades en el uso del territorio, las cuales, por falta de una integración sistémica, se aplican aisladamente en el mejor de los casos, leyes como LGA, Ley Forestal, Ley de Cuencas Hidrográfica y la Ley de Aguas son las más importantes y sus reglamento establecen actividades de ordenamientos y restricciones. La Ley 44, conocida como Ley de cuencas Hidrográfica, establece que:

“La presente Ley tiene como objetivo principal establecer en el país un régimen administrativo especial para el manejo, la protección y conservación de las cuencas hidrográficas, que permita el desarrollo sostenible en los aspectos sociales, culturales y económicos, manteniendo la base de los recursos naturales para las futuras generaciones, con fundamento en el Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de la Cuenca Hidrográfica”.

Las concesiones o permisos otorgados por las autoridades competentes para la explotación y usufructo de los recursos naturales existentes en las cuencas hidrográficas, así como todas las actividades realizadas por personas naturales o jurídicas en fincas particulares, deberán cumplir con el Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial. Para cumplir con lo estipulado,

los beneficiarios de las concesiones y/o permisos otorgados antes mencionados, así como las personas naturales o jurídicas que desarrollen actividades en fincas particulares fuera de la lista taxativa para estudios de impacto ambiental, deberán adecuarse al Plan de Ordenamiento Ambiental Territorial de cuenca hidrográfica, dentro del plazo que establezca la Autoridad Nacional del Ambiente para cada caso,

Un rápido análisis biofísico y socioeconómico de la zona de la subcuenca indica que el uso actual del suelo está distribuido de la siguiente manera: bosques intervenido 56,63%, bosque maduro 0,81%, rastrojo o bosque pionero 19,61%, uso agropecuario 0,43% y uso agropecuario de subsistencia 22,52% (Figura 29). Esta información indica que en esta zona predominan los bosques maduros e intervenidos y que sumándose a estos están los rastrojos lo que indica que la subcuenca del río Zaratí tiene una buena cobertura vegetal, pero que es importante tomar en cuenta el avance de la frontera agrícola, principalmente la de subsistencia, ya que por las malas prácticas hacen que se vaya deteriorando paulatinamente las condiciones de cobertura vegetal de la subcuenca.

Otra información de importancia es la capacidad de uso de estas áreas: el 28,47% son tierras arables que están caracterizadas con algunas limitaciones a muy severas limitaciones en la selección de plantas, requiere un manejo muy cuidadoso o ambas cosas. El resto de los suelos están categorizados como suelos no arables con riesgo de erosión, pero que son aptos para bosques y pastos, con un área de 0,97%. Otra categoría corresponden a suelos no arables con limitaciones severas a muy severas que se recomienda usar para pastos, bosques o tierras de reservas que abarca un territorio de 63,05% siendo este el más predominante. El resto son áreas que impiden por su condición, ser usadas para la producción de plantas comerciales, con un área de 7,51%, por lo que la subcuenca se determina con aptitud para manejo de bosques y sistemas agroforestales.

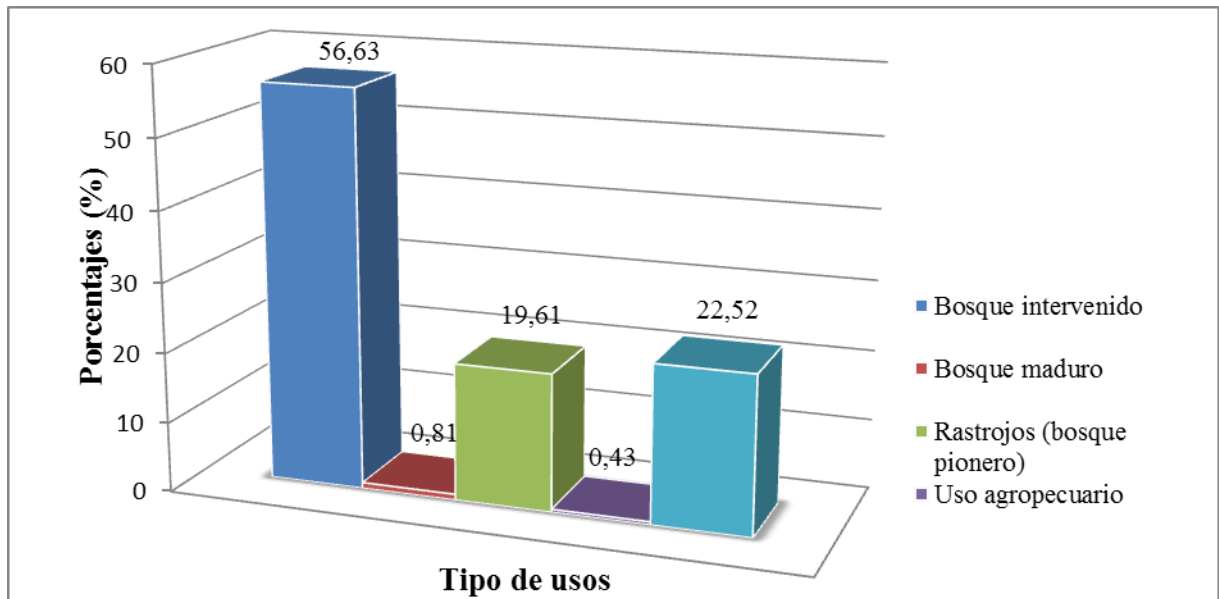


Figura 29. Distribución de la cobertura vegetal en la subcuenca del río Zaratí.

Entre los pasos más importantes y pioneros para que se pueda establecer un plan de ordenamiento territorial en la subcuenca del río Zaratí, cabe destacar el establecimiento de dos reservas hidrológicas que están encaminadas a cuidar las zonas de recarga hídrica comprendidas en el cerro Cucuazal y Turega con un área establecida de 294 y 602 ha, respectivamente, establecida por acuerdo municipal y ratificada por el presidente como acuerdo 003, del 31 de marzo del 2005 y oficializado en GO 25 297,

Según el censo de población del 2000, el porcentaje de personas desocupadas con edades de 10 años o más, en los corregimientos que tienen injerencia sobre la subcuenca del río Zaratí, se estima en 14,34%; el ingreso mensual promedio de los que ejercen algún tipo de empleo es de US \$155,23 por mes.

El promedio de personas por vivienda es de 5 habitantes para una población de 30 864 personas, de los cuales, el 56,15% de la población tiene entre 15 y 64 años, el 37,47% personas menor de 15 años, quedando 6,38% personas consideradas como tercera edad o mayores de 64 años, Cabe destacar que solo el 5,41% de la población mayor de 10 años es analfabeta.

Según la ANAM (2007), el 79,17% de la población de la parte alta y el 34,69 de la parte media de la subcuenca tiene como principal ingreso familiar la producción agrícola; no

así en la parte baja, donde diversas actividades son la fuente de ingresos familiar. Sobre el tema del combustible para la confección de alimentos existen marcadas diferencias en cada área; en la parte alta, el 74,54% de las familias utilizan leña para cocinar y un 22,46% utiliza gas. En la parte media el 52,69% utiliza leña, el 2,05% utiliza carbón, el 1,28% utiliza kerosene y el 43,99% utiliza gas. A diferencia de la parte baja, el 69,35% utiliza gas y solo el 30,24% utiliza leña. Es de gran importancia establecer que el tipo de trabajo predominante y el tipo de combustible que utilizan para la confección de sus alimentos los pobladores de las zona alta y media de la subcuenca pueden ser detonantes para la degradación de los ecosistemas y que urge trabajar en un plan de ordenamiento territorial y que adjunto a ello preparar proyectos forestales encaminados a paliar el alto consumo de madera de los bosques endémicos del área de estudio.

4.2.5.3. Pasos a seguir para la implementación y cumplimiento de un plan de ordenamiento territorial y la institución que debería liderarlo.

Los pasos propuestos para la implementación de un POT en la subcuenca del río Zaratí, se determinan en cuatro fases, siendo la fase preliminar la que corresponde a la planificación del estudio, en donde se fundamenta la ejecución, ya que en esta fase se debe comprometer a las bases de la sociedad con el proceso, ya que de ellos depende la información base de la cuenca. La segunda etapa corresponde al diagnóstico de la subcuenca, en donde se busca recolectar y sistematización de la información, teniendo en cuenta los factores biofísicos y socioeconómicos de la zona; la tercera etapa propuesta para el POT, consiste en la evaluación y determinación de las posibles zonas de recarga hídrica, áreas propensas a derrumbes e inundaciones, cada sitio debe ser establecido por el proceso participativo.

La cuarta fase consiste en plantear e implementar el POT, realizando los análisis de los posibles escenarios partiendo de la evaluación del uso actual de los suelos y sus conflictos, siendo estos elementos de análisis para la zonificación y plan de ordenamiento. Por último se identifican y plantean las estrategias que servirán de base para la gestión del plan de ordenamiento territorial.

Pero todo proceso debe contar con un ente que sea el conductor, conciliador y ejecutor de las políticas y reglamentos que salgan de la conciliación de dicho proceso, motivo por el cual se les preguntó aquellos actores claves que afirmaron conocer que es un POT y que estarían anuentes a participar del mismo, quién debería liderar dicho proceso del POT, en donde se les

propuso ocho entidades estatales y universidades presentes en la subcuenca del río Zaratí,(figura 30).

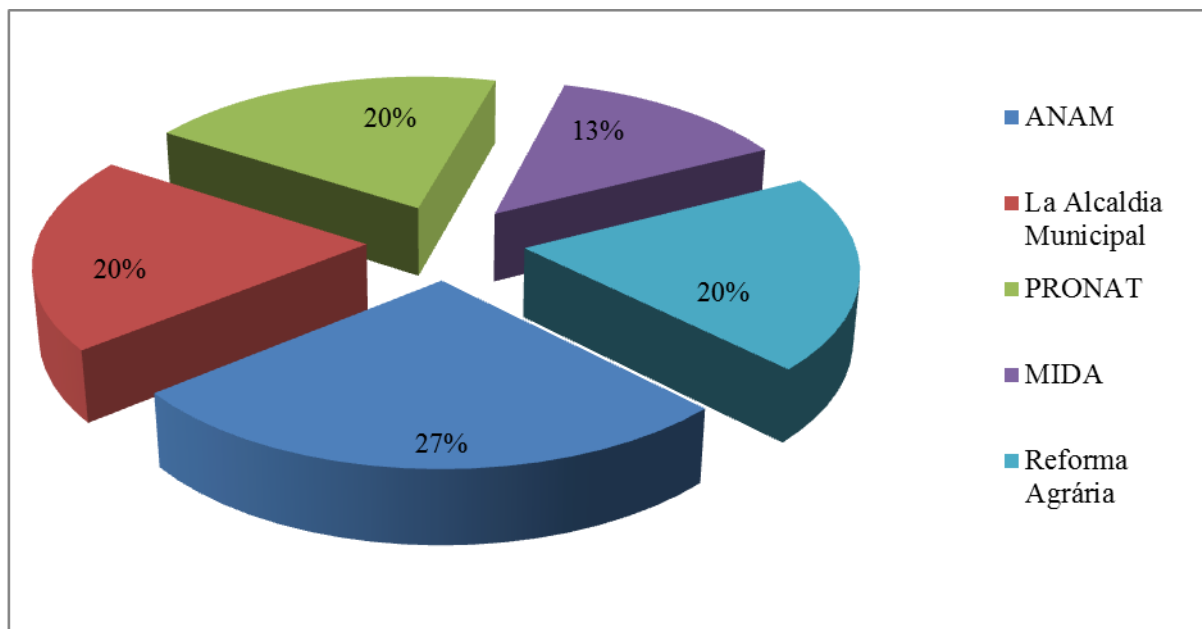


Figura 30. Institución que debe liderar el plan de ordenamiento territorial en la subcuenca del río Zaratí.

En la gráfica se puede notar que no existe una institución que predomine o sobresalga en lo que respecta a planificación y ejecución de un POT, por lo cual se recomienda que sea un comité interinstitucional, el que sirva como base para la confección de un comité encaminado a planear y ejecutar un POT en la subcuenca del río Zaratí.

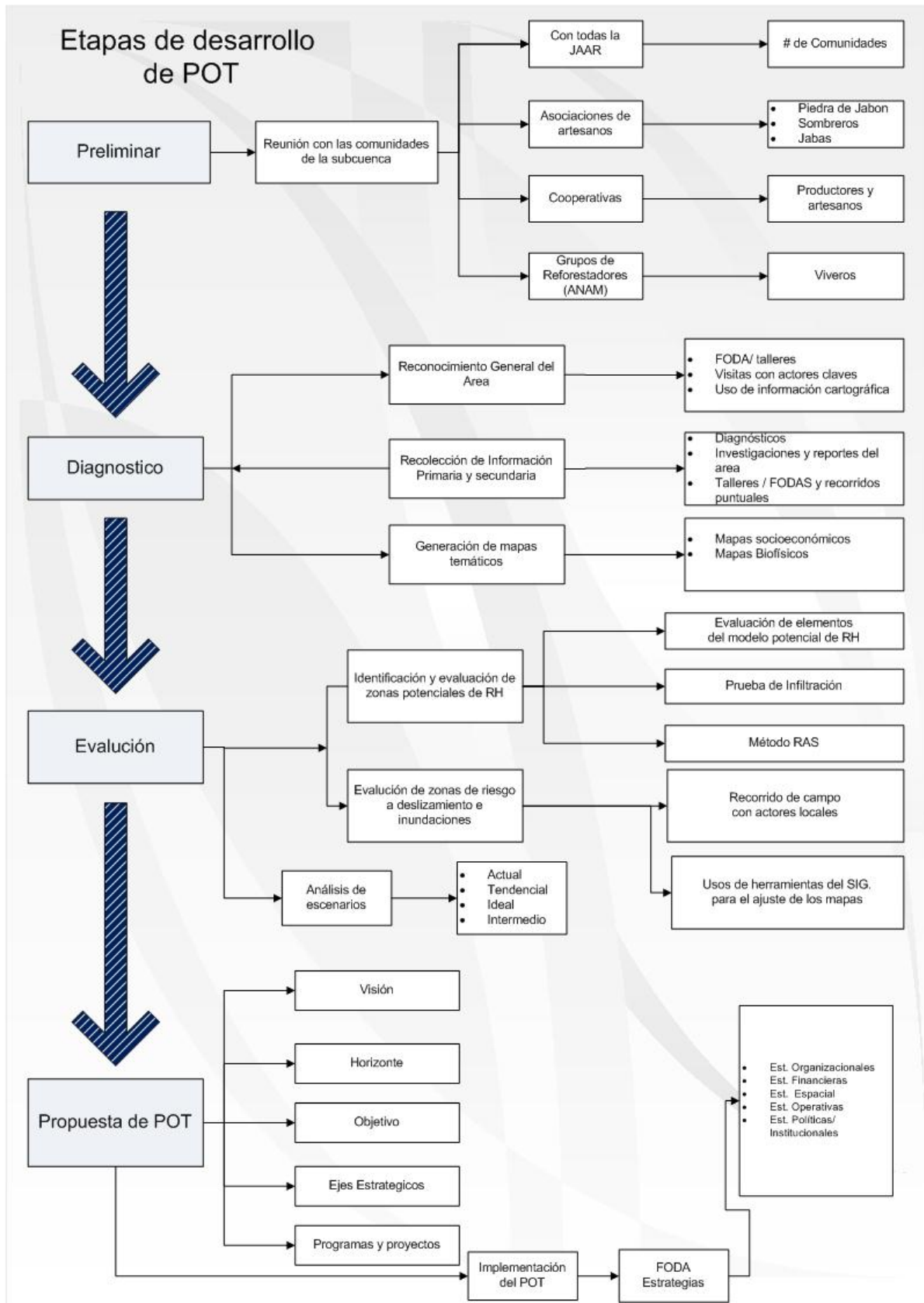


Figura 31. Organigrama para la implementación de un plan de ordenamiento territorial participativo.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

➤ Con relación a las leyes e instrumentos afines para el manejo y gestión de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en Panamá, no existe una ley específica para tal fin, Sin embargo, algunas leyes como la Ley Forestal, Ley de Cuencas Hidrográfica, incluye de manera general, el tema zonas de recarga hídrica. A nivel local de la subcuenca del río Zaratí existe ordenanzas de carácter municipal, destinadas a la protección y conservación de los recursos naturales, incluyendo las zonas de recarga ubicadas en los cerros Cucuazal y Turega, considerándose como reservas hídricas.

➤ Dentro de las limitaciones y debilidades encontradas y recalçadas por los actores locales de la subcuenca del río Zaratí, se puede notar la falta de una ley que contenga explícitamente el tema de zonas de recarga hídrica, lo que hace difícil su control y manejo por parte de los funcionarios de las instituciones, tanto nacionales como municipales.

➤ Con respecto a las fortalezas, se cuentan con grupos organizados que trabajan mancomunadamente con instituciones como el MINSA y ANAM en educar y concientizar sobre el manejo de desechos, buen funcionamiento de acueductos, creación y seguimiento de viveros; encaminados a mejorar las zonas de recarga hídrica y tomas de agua para consumo humano.

➤ El marco legal reconoce a la Autoridad Nacional del Ambiente como ente rector del ambiente y quien lidera todos los protocolos requeridos sobre ley de uso y manejo de suelos y aguas de la república de Panamá; realizando trabajos mancomunados sobre uso y gestión del recurso agua para el consumo humano con el MINSA e IDAAN, tomando como referencia el número de pobladores de cada pueblo o ciudad, contempladas en la ley 2 del 7 de enero de 1997.

➤ Existe una similitud entre las zonas potenciales de recarga hídrica evaluadas por los actores de manera participativa y las zonas establecidas por el modelo propuesto y aplicadas por el programa ARC GIS 9,3, lo que indica que la metodología participativa se ajusta correctamente al evaluado por el modelo técnico.

➤ El comportamiento de los dos mapas en donde se evaluaron las zonas de recarga hídrica y zonas potenciales de recarga hídrica, estimados por el (método RAS) y modelo propuesto, coinciden que en la zona alta de la subcuenca del río Zaratí se localizan las áreas

que mejor se comportan; de moderada a muy alta potencialidad de recarga hídrica, dejando la zona media como de moderada a baja capacidad de recarga hídrica y la parte baja en los rangos de muy baja a moderada potencialidad de recarga hídrica.

➤ Las zonas con potencial de recarga hídrica evaluadas por los tres componentes, participativo, técnico y climático coinciden en que las áreas con mejor condiciones geomorfológicas y climáticas para que ocurra una buena recarga hídrica están en la parte alta de la subcuenca del río Zaratí.

➤ Con base a los 10 tipos de vulnerabilidad analizados y que conforman la vulnerabilidad global, esta resulta con valoración media de (54,31%), estableciendo que en la subcuenca existen potenciales causas antrópicas que trascienden en la protección, conservación y manejo de los recursos en especial las zonas de recarga hídrica y aguas para el consumo humano.

➤ Las vulnerabilidades que presentaron evaluaciones altas fueron la económica con 79,17%, ideológica con 73,61% y la cultural con 62,50%, mientras la técnica y educativa tuvieron valores de calificación bajos, como 34,03% y 39,58% respectivamente.

➤ Los factores que más contribuyen a que la vulnerabilidad económica e ideológica sean las más altas están en que el número de la población económicamente activa PEA está desempleada, estableciéndose un 13,3% la tasa de desempleo para el área y que los salarios de quienes ejercen algún tipo de trabajo es bajamente remunerado. Respecto a la parte ideológica, se puede establecer que la evaluación de esta vulnerabilidad salió alto producto de la poca participación de la población, tanto en faenas de mitigación como de prevención a desastres en las zonas de recarga hídrica.

➤ Las vulnerabilidades que luego de la evaluación salieron bajas y que fortalecen en el buen manejo y gestión de las zonas de recarga hídrica y agua para consumo humano están la técnica y educativa, producto de que los indicadores, como las estructuras, materiales y mantenimiento, se apegan a las normas establecidas, tanto por el IDAAN como el MINSA para su buen funcionamiento. Respecto a la parte educativa, se ve fortalecida por la disponibilidad a la educación en todos los grados, desde la primaria hasta la universitaria.

➤ Las comparaciones entre la vulnerabilidad global obtenida por el promedio de las vulnerabilidades y la determinada con base en las ponderaciones hechas por los actores locales, no reflejan una diferencia relevante entre estas, lo que evidencia la correcta determinación por los actores locales.

➤ El potencial hídrico de la subcuenca del río Zaratí para suministrar agua a las poblaciones suburbanas y urbanas de Penonomé, que se abastecen del agua procesada por la planta potabilizadora tiene la capacidad para suplir a la población actual y proyectada desde el 2010 al 2020.

➤ El 94,65% de la población utiliza agua de acueducto y de la potabilizadora, considerada como agua potable y las fuentes de donde se suplen están ubicadas dentro del territorio de la subcuenca del río Zaratí, incluso para las comunidades de Cerro Colorado y Chorrerita que están fuera de la subcuenca tienen sus obras de captación en el territorio de río Serén y Membrillo afluentes del río Zaratí.

➤ Según la población proyectada para los años 2010 al 2020, los acueductos que se abastecen de agua de las zonas altas y media de la subcuenca tiene capacidad para suplir la demanda, siempre que se realicen ajustes de manejo y gestión de las zonas de recarga hídricas.

➤ Dentro de la percepción de los entrevistados sobre si existen o no conflictos referentes a las áreas de recarga hídrica y agua para consumo humano, establecen que no se presentan, pero el 100% sienten que se le debe dar estabilidad sobre la propiedad en donde se tienen las tomas de agua, para permitir la demarcación y cuidado de dicha zona de recarga hídrica.

5.2 Recomendaciones

✓ Debido a la no existencia de legislación específica sobre zonas de recarga hídrica en Panamá, aprovechar la legislación y normativa general existente sobre recursos naturales e hídricos, para sustentar y fundamentar políticas, estrategias y acciones para este fin, Aunado se debe agilizar una nueva ley de agua en donde se especifique las normativas para el manejo y gestión de las zonas de recarga hídrica.

✓ Las instituciones presentes en la subcuenca del río Zaratí, deben de concertar acciones de intervención a fin de trabajar de manera integral y coordinada para el buen manejo de las zonas potenciales de recarga hídrica y las fuentes de agua para consumo humano, esto para permitir mayores impactos y evitar la duplicación de funciones y esfuerzos.

✓ Crear un material didáctico educativo con un lenguaje entendible a nivel comunitario sobre identificación y manejo de las zonas potenciales de recarga, que pueda servir de guía para replicar el proceso metodológico.

✓ Crear programas de agricultura sostenible con proyectos agroforestales encaminados a mejorar la producción y cuidado de las zonas de recarga hídrica.

✓ La elaboración de medidas o estrategias para reducir la vulnerabilidad existente dentro de la subcuenca, deberá ser una priorización para las autoridades tanto nacionales presentes en el área como municipales a fin de asegurar la sostenibilidad del recurso agua en la actualidad y futuro de la población.

✓ Se debe realizar un inventario de las nacientes de agua aledañas a las comunidades en donde se proyectan desabastecimiento del vital líquido, que sirva para la toma de decisiones para la construcción de nuevos acueductos encaminados a solventar la creciente demanda.

✓ Realizar campañas de concientización y educación ambiental encaminadas a proteger las zonas de recarga hídrica y las tomas de agua para consumo humano, esto debe ir de la mano con la creación de proyectos de reforestación y buenas prácticas de producción agrícola.

✓ Se debe educar a la población sobre la necesidad de realizar un plan de ordenamiento territorial participativos y que sea consensuado entre los usuarios, dueños de las fincas y personal de las instituciones que la ley los asigne.

6. LITERATURA CITADA

- ACP (Autoridad del Canal de Panamá). 2008. Plan de desarrollo sostenible y gestión integrada de los recursos hídricos de la cuenca hidrográfica del Canal de Panamá. Panamá, PA. ACP. 115 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente de Panamá). 2007. Estrategia y plan de acción para la implementación de la política nacional de recursos hídricos. Panamá, PA. ANAM. 36 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2006. Segundo Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua en las Cuencas Hidrográficas de Panamá, Años 2004 - 2005. Panamá, PA, Laboratorio de Calidad Ambiental, Dirección de Protección de la Calidad Ambiental. 204 p. (Publicación N° LCAIM-04-01).
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2004. Informe del Estado del Ambiente de la República de Panamá 2004. Panamá, PA, ANAM. 176 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2008 (a). Plan nacional para gestión de los recursos hídricos de la república de Panamá. Panamá, PA, ANAM. 45 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente). 2008(b). Plan nacional para gestión integrada de los recursos hídricos, Panamá 2008-2014. Panamá, PA, ANAM. 178 p.
- ANAM (Autoridad Nacional del Ambiente); APRODECA (Asociación de Productores y Productoras de la Cuenca Alta del Canal de Panamá). 2007. Diagnóstico participativo de la subcuenca río Zaratí. Coclé, PA, ANAM y APRODECA. 80 p.
- Ballester, M; Brown, E; Jouravlev, A; Kuffner, U; Zegarra, E. 2005. Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Santiago, CL, CEPAL. 76 p. (Serie Recursos Naturales e Infraestructuras No 90).
- Barrantes, G; Castro, E. 1999. Estructura tarifaria hídrica ambientalmente ajustada: internalización de variables ambientales. Heredia, CR. Servicios de Economía Ecológica para el Desarrollo, S.A. 101 p.
- Carrica, J. C; 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 59 (2): 281-290.

- Castro, J. 2009. Análisis de vulnerabilidad de fuentes de agua de consumo humano y de las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia, Jinotega, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 187 p.
- CATHALAC (Centro del Agua del Trópico Húmedo para América Latina y el Caribe). 2003. Segunda feria del agua de Centroamérica y el Caribe y II Cumbre Ministerial del Agua de Centroamérica y el Caribe. Panamá, PA, CATHALAC. 7 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 2001. Administración del agua en América Latina en el umbral del siglo XXI. Santiago, CL, CEPAL. 77 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.
- Dourojeanni, A. 2001. Water management at the river basin level: challenges in Latin America. Santiago, CL, CEPAL. 72 p.
- Dourojeanni, A; Jouravlev, A. 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Santiago, CL, CEPAL. 181 p.
- Dourojeanni, A; Jouravlev, A; Chávez, G. 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Santiago, CL, CEPAL. 83 p. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 47).
- Faustino, J. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, SV, CATIE. 113 p.
- Faustino, J. 2006(b). Manejo de Cuencas II. Documento base. Turrialba, CR. CATIE. 218 p.
- Faustino, J. Jiménez, F. Campos, J. J. 2006. La cogestión de cuencas hidrográficas en América Central. Turrialba, CR, CATIE. 34 p.
- Faustino, J; Rivas, J.A; Quintanilla, R; Casares, F. 2009. Marco referencial de cuencas proyecto mi cuenca El Salvador cosechando agua para la vida. El Salvador, SV, CRS /CARE/UICN/Caritas. p.irr.
- FNUAP (Fondo de Población de las Naciones Unidas). 2001. Estado de la población mundial: población y cambio del medio ambiente (en línea). Consultado 20 Oct. 2009. Disponible en: <http://www.unfpa.org/swp/2001/espanol/ch02.html>. 80 p.
- FOCUENCAS (Proyecto de Fortalecimiento de la Capacidad Local para el Manejo de Cuencas y la Prevención de Desastres Naturales). 2001. Microcuenca del río La Soledad: diagnóstico y línea base. Valle de Ángeles, HN, CATIE/FOCUENCAS. 54 p.

- FORGES 2005. Método RAS para determinar la recarga de aguas subterráneas. San Salvador, El Salvador. 40 p.
- García, L. 1998. Estrategia para el manejo integrado de los recursos hídricos. Washington, US, BID. 37 p.
- Geilfus, F.1997. 80 Herramientas para el Desarrollo Participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación (en línea). Consultado 29 Nov. 2009. Disponible en: http://iserver.ciat.cgiar.org/html/geilfus/geilfus_80herramientas.htm#_Toc41193089
- Giraldo, B. 2003. Agua, no la tenemos tan segura: Día Interamericano del Agua. Lima, PE, CEPIS/OPS. 24 p.
- González, M. 2004. Evaluación de compromisos regionales adquiridos para el PACADIRH, las cumbres mundiales y foros de agua. In: Foro Centroamericano del agua: avances, retos y desafíos para la gestión del agua. San Salvador, SV. 1 disco compacto.
- GTZ (Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, DE). 2005. Ordenamiento territorial: Concepto y metodología para promover la gestión del territorio en el Perú. Lima, PE. Visión PC Perú. 69 p.
- GWP (Global Water Partnership). 2002(a). Teoría desarrollada sobre la gestión integrada de recursos hídricos (definición, principios, herramientas para su implementación). Estocolmo, SE, GWP. 80 p. (Informe preparatorio No. 4).
- GWP (Global Water Partnership). 2002(b). Una gobernabilidad eficaz para el agua. 20 p. Consultado el 19 de Nov. 2009. Disponible en: <http://www.usp.br/govagua-alfa/Documentos/Biblioteca/governan%C3%A7a/AllanHallGovernance.pdf>
- GWP (Global Water Partnership). s.f. Panamá: restauración y gestión integrada de la subcuenca del río Zaratí. Panamá, PA, GWP. 11 p. Consultado el 25 de Nov. 2009. Disponible en: <http://www.gwpcentroamerica.org/uploaded/content/category/909267100.pdf>
- INAB (Instituto Nacional de Bosques). 2003. Metodología para la determinación de áreas críticas de recarga hídrica natural. Manual Técnico. Guatemala, GT, INAB. 106 p.
- INE (Instituto Nacional de Ecología, MX). 2005. Manejo Integral de cuencas. Dirección en Manejo Integrado de Cuencas Hídricas (en línea). México. Consultado 26 oct. 2009. Disponible en <http://www.ine.gob.mx/dgoece/cuencas/conceptos.html#A>

- Jiménez, F. 2009 (b). Gestión del riesgo a desastres. Apuntes del curso: Gestión del riesgo a desastres. Turrialba, CR, CATIE. 253 p.
- Jiménez, F. 2009. Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 31 p.
- Jiménez, F; Velásquez, S; Faustino, J. 2004. Análisis integral de la vulnerabilidad a amenazas naturales en cuencas hidrográficas de América Central. *In: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 2004. VI Semana Científica 2004. Resúmenes. Turrialba, CR, CATIE. p. 50-53.*
- Kammerbauer, H; León, J A; Castellón, N; González, J M; Gómez, S; Prins, K; Faustino, J. 2009. Plataformas de concertación, una apuesta por la gobernabilidad local en cuencas hidrográficas. Tegucigalpa, HN, CATIE, 72 p. (Serie técnica. Boletín técnico No 31).
- Kiersch, B. 2000. Impactos del uso de la tierra sobre los recursos hídricos: una revisión bibliográfica. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Roma, Italia, FAO. 11 p.
- León, J; Prins, C. 2010. Gestión territorial para la protección colectiva del agua. Demarcación participativa de la zona productora de agua, Carrizalón, Honduras. Turrialba, CR, CATIE. 48 p. (Serie técnica. Boletín técnico No 41).
- Losilla, M. 1986. Aguas subterráneas; generalidades, ocurrencia, tipos de acuíferos. In Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Mayo 1987. Turrialba, CR, CATIE. 9 p.
- Losilla, M. 1986. Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Mayo 1987. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.
- Matus, O. 2007. Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 228 p.
- Morales, J. 2001. Texto Básico: planificación y manejo integral de cuencas hidrográficas. Managua, NI. UNA. 345 p.
- Núñez S. 1981. Fundamentos de edafología. San José, CR, EUNED. 216 p.

- OMS (Organización Mundial de la Salud). 1995. Guías para la calidad del agua potable. 2.ed. Ginebra, CH. v.1. OMS. 147 p.
- Orozco, P.P; Jiménez, F; Faustino, J; Prins, C. 2008. La cogestión de cuencas abastecedoras de agua para consumo humano. Turrialba, CR, CATIE. 28 p. (Serie técnica. Boletín técnico No 28).
- Ortiz, G. A; Espinoza, E. 2009. Algunas reflexiones sobre la ley de aguas nacionales, sus modificaciones, alcances, limitaciones y retos para una efectiva gestión integrada del agua. *In* Vargas, S; Soares, D; Pérez, O; Ramírez, A, I. La gestión de los recursos hídricos: realidades y perspectiva.2:15-39.
- Palacio, J; Sánchez, M; Casado, J; Propin, E; Delgado, J; Velázquez, A; Chias, L; Ortiz, M; González, J; Negrete, G; Gabriel, J; Márquez, R. 2004. Indicadores para la caracterización y ordenamiento del territorio. México, MX, SDS, SEMARNAT, INE, UNAM. 161 p.
- Prins, C; Ortiz, M; Staver, Ch; Samper, M; Almendres, R; Castillo, O; Borel, R. 2005. Procesos de innovación rural en América Central: reflexiones y aprendizajes. Turrialba, CR, CATIE. 244 p. (Serie técnica. Informe técnico No 337).
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR, GTZ / IICA. 319 p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible).
- Rojas, R. 2002. Guía para la vigilancia y control de la calidad del agua para consumo humano. Lima, PE, OPS/CEPIS. 353 p.
- SICA (Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericana). 2000. Plan centroamericano para el manejo integrado y la conservación de los recursos del agua. San Salvador, SV, SICA. 63 p.
- UICN (Unión Mundial para la Naturaleza). 2000. Visión del agua y la naturaleza: estrategias mundiales para la conservación y manejo sostenible de los recursos hídricos en el siglo XXI. Cambridge, UK. 52 p.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. *In*: Los desastres no son naturales. A. Maskrey (Comp). Bogotá, CO, La Red. p. 9-50.
- Zury, O. W. 2004. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas: una propuesta con enfoque de desarrollo local. Quito, EC, FAO. 384 p.

7 ANEXOS

Anexo 1. Ponderaciones de los indicadores.

Vulnerabilidad física			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Asentamientos Humanos	Número de casas ubicadas dentro de un radio de 200 m	Ninguna	Muy baja
		5 o menos	Baja
		de 6 a 10	Media
		de 11 a 15	Alta
	Número de casas ubicadas dentro de la zona de recarga hídrica y 50 metros a la redonda	más de 15	Muy alta
		Ninguna	Muy baja
		5 o menos	Baja
		de 6 a 10	Media
Sistema séptico	Número de viviendas con letrina y/o tanques sépticos dentro de los 200 m a la fuente de agua	de 11 a 15	Alta
		más de 15	Muy alta
		Todas	Muy baja
		Ninguna	Muy alta
	Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de la zona potencial de recarga hídrica y 50 la redonda.	3 o menos	Alta
		de 4 a 8	Media
		de 9 a 14	Baja
		Todas	Muy baja
Infraestructura del sistema séptico	Número de letrinas y/o tanques sépticos construidos con los materiales adecuados dentro de los 200 m a la fuente de agua	Ninguna	Muy alta
		3 o menos	Alta
		de 4 a 8	Media
		de 9 a 14	Baja
	Número de letrinas y/o tanques sépticos construidos con los materiales adecuados dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	Todas	Muy baja
		Ninguna	Muy alta
		3 o menos	Alta
		de 4 a 8	Media
Alcantarillado sanitario	Número de casas con sistemas de alcantarillado sanitario dentro de los 200 m de la fuente agua	de 9 a 14	Baja
		Todas	Muy baja
		Ninguna	Muy alta
		3 o menos	Alta
	Número de casas con sistemas de alcantarillado sanitario dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	de 4 a 8	Media
		de 9 a 14	Baja
		Todas	Muy baja
		Ninguna	Muy alta

Continuación de vulnerabilidad física

Basureros ilegales	Número de basureros ilegales existentes en la microcuenca	más de 3	Muy alta
		3	Alta
		2	Media
		1	Baja
		Ninguno	Muy baja
Vertedero municipal	Distancia del vertedero municipal a la zona de protección de la fuente de agua	menos de 1 km	Muy alta
		hasta 1 km	Alta
		hasta 2 km	Media
		hasta 3 km	Baja
		más de 3 km	Muy baja
	Distancia del vertedero municipal a la zona de recarga hídrica	menos de 1 km	Muy alta
		hasta 1 km	Alta
		hasta 2 km	Media
		hasta 3 km	Baja
		más de 3 km	Muy baja
Talleres de metalúrgica, automotrices o cualquier otro que pueda verter productos como esmaltes, aceites, combustibles al suelo	Número de talleres dentro de los 200 m de la zona de protección de la fuente de agua	mayor o igual a 5	Muy alta
		3 o 4	Alta
		2	Media
		1	Baja
		ninguno	Muy baja
	Número de talleres dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	mayor o igual a 5	Muy alta
		3 o 4	Alta
		2	Media
		1	Baja
		ninguno	Muy baja
Recolección de basura	Número de recolecciones de basura por semana en las casa ubicadas dentro de los 200 m de protección de fuentes de agua	ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		más de 4	Muy baja
Carreteras o caminos de todo tiempo	Distancia de la carretera o camino a la fuente de agua y zona de recarga hídrica	menos de 50 m	Muy alta
		de 51 a 150 m	Alta
		de 151 a 300 m	Media
		de 301 m a 1 km	Baja
		más de 1 km	Muy baja
Estructura de recolección primaria de la fuente de agua	Estado de la estructura de recolección primaria del nacimiento de agua	Deteriorada mas del 50%	Muy alta
		Deteriorada de 31% al 50%	Alta
		Deteriorada de 11% a 30%	Media
		Deteriorada 10 %	Baja
		Ningún deterioro	Muy baja
Estructura de protección de las zonas de recarga hídrica	Existencia de un buen estado de la estructura que delimitan las zonas potenciales de recarga hídrica de la fuente de agua	menor del 15%	Muy alta
		16% a 30%	Alta
		31% a 60%	Media
		61% a 80%	Baja
		81% a 100%	Muy baja

Continuación de vulnerabilidad física

Estructura de protección de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de la fuente de agua	menor del 15%	Muy alta
		16% a 30%	Alta
		31% a 60%	Media
		61% a 80%	Baja
		81% a 100%	Muy baja
	Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de las zonas potenciales de recarga hídricas	menor del 15%	
		16% a 30%	
		31% a 60%	
		61% a 80%	
		81% a 100%	

Vulnerabilidad social			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Organización Comunal	Número de organizaciones comunales vinculadas en el manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca	0	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
	Porcentaje de la población de la microcuenca que integra las organizaciones comunales	menos del 20%	Muy alta
		de 16% a 30%	Alta
		de 31% a 45%	Media
		de 46% a 60%	Baja
		más de 60%	Muy baja
Servicios básicos	Porcentaje de la población de la microcuenca que cuenta con los servicios básicos (salud, educación, agua potable, electricidad)	menos del 15%	Muy alta
		de 21% a 40%	Alta
		de 41% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		de 81% a 100%	Muy baja
Salud	Tipo de servicio de salud de la microcuenca	Ninguno	Muy alta
		promotor de salud	Alta
		Puesto de salud	Media
		Centro de salud	Baja
		Hospital	Muy baja
	Número de pobladores con enfermedades de origen hídrico en la microcuenca durante los últimos 3 años	más de 200	Muy alta
		de 150 a 200	Alta
		de 101 a 150	Media
		de 51 a 100	Baja
		menos de 50	Muy baja
Participación de productores	Número de productores ubicados por encima del manantial, en las zonas de recarga hídrica y en la parte alta de la microcuenca que han participado en las capacitaciones de protección y conservación de suelos y agua.	2 o menos	Muy alta
		de 3 a 6	Alta
		de 7 a 10	Media
		de 11 a 13	Baja
		14 o más	Muy baja
Crecimiento poblacional	Índice de crecimiento poblacional en la microcuenca por año	más de 4%	Muy alta
		de 3.1% a 4%	Alta
		de 2.1% a 3%	Media
		de 1.1% a 2%	Baja
		de 0% a 1%	Muy baja

Vulnerabilidad Ecológica			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Cobertura vegetal	Porcentaje de cobertura vegetal en el nacimiento de la fuente de agua	1% a 20%	Muy alta
		21% a 40%	Alta
		41% a 60%	Media
		61% a 80%	Baja
		81% a 100%	Muy baja
	Porcentaje de la cobertura vegetal en la zona de recarga hídrica	1% a 20%	Muy alta
		21% a 40%	Alta
		41% a 60%	Media
		61% a 80%	Baja
		81% a 100%	Muy baja
Uso del suelo	Uso de suelo en la zona de recarga hídrica	terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Muy alta
		Terrenos cultivados sin ninguna obra de CSA	Alta
		Terrenos cultivados con obras de CSA	Media
		Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Baja
		Bosque con 3 estratos(arboles, arbustos y zacate denso	Muy baja
Prácticas de CSA	Prácticas de conservación de suelos y aguas en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
Erosión del suelo	Tipo de erosión del suelo en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	Cárcavas profundas / densas	Muy alta
		Surco / cárcavas superficiales	Alta
		Laminar o surcos (moderada)	Media
		Surcos ligeros (baja)	Baja
		Sin evidencia	Muy baja
Contaminación	Presencia de residuos sólidos o basura en el área de protección de la fuente de agua	Mucha	Muy alta
		regular	Alta
		Poca	Media
		Muy poca	Baja
		Sin evidencia	Muy baja
	Presencia de residuos sólidos o basura en la zona de recarga hídrica	Mucha (agroquímicos)	Muy alta
		regular (plásticos)	Alta
		poca (metales)	Media
		Muy pocas (telas)	Baja
		Sin evidencias	Muy baja

Continuación de vulnerabilidad Ecológica

Pendiente del terreno	Porcentaje de pendiente de las áreas ubicadas por encima de la naciente y zonas de recarga hídrica	Más de 50%	Muy alta
		de 31% a 50%	Alta
		de 16% a 30%	Media
		de 6% a 15%	Baja
		1% a 5%	Muy baja
Agricultura	Área con cultivos limpios ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	10 o más	Muy alta
		7 mz a 9 mz	Alta
		4mz a 6 mz	Media
		1 a 3 mz	Baja
		Ninguna	Muy baja
	Número de productores que utilizan agroquímicos en los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	8 o más	Muy alta
		de 6 a 7	Alta
		de 4 a 5	Media
		menos de 3	Baja
	Cultivos con aplicaciones de agroquímicos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	Hortalizas	Muy alta
		Anuales	Alta
		Semiperennes	Media
		Perennes	Baja
	Número de aplicaciones de agroquímicos por ciclo en los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	Orgánico	Muy baja
		4 o más	Muy alta
		3	Alta
		2	Media
		1	Baja
	Sistema de labranza de los cultivos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	Ninguna	Muy baja
		Intensiva con tractor	Muy alta
		de 1 a 2 pases con tractor	Alta
		Mínima labranza (2 pase con bueyes)	Media
		Mínima labranza (1 pase con bueyes)	Baja
	Porcentaje de los productores que dejan los recipientes de agroquímicos en las áreas de cultivo y las alledañas	Cerro labranza (espeque)	Muy baja
		de 50% a más	Muy alta
		de 21% a 50%	Alta
		de 6% a 20%	Media
		menos de 5%	Baja
Ganadería	Número de gallineros, porquerizas y corrales existentes en los 200 m de radio de la fuente de agua y 50 m de la zona de recarga hídrica	Ninguno	Muy baja
		6 o más	Muy alta
		4 a 5	Alta
		2 a 3	Media
		1	Baja
	Distancia de los potreros respecto a la zona de recarga hídrica	ninguno	Muy baja
		menos de 10 m	Muy alta
		de 11 m a 20 m	Alta
		de 21 m a 40 m	Media
		de 41 m a 60 m	Baja
61 m o más	Muy baja		

Continuación de vulnerabilidad Ecológica

Características de suelo	Textura predominante de los suelos con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	Arcilloso	Muy alta
		Arcillo limoso	Alta
		Franco	Media
		Franco arenoso	Baja
		Arenosos	Muy baja
	Porcentaje de compactación de los suelos ubicados por encima de la fuente de recarga hídrica	de 71% o más	Muy alta
		de 51% a 70%	Alta
		de 31% a 50%	Media
		de 11% a 30%	Baja
		menos de 10%	Muy baja
	Capacidad de infiltración de los suelos con cultivo limpio ubicados dentro de los 200 m de radio de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	25 cm/hora o más	Muy alta
		19 a 24 cm/hora	Alta
		13 a 18 cm/hora	Media
		7 a 12 cm/hora	Baja
		6 cm/hora o menos	Muy baja

Vulnerabilidad Económica			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Capacidad económica	Ingreso promedio anual (Dolares \$) per cápita de los pobladores ubicados en la zona de protección hasta la parte alta de la microcuenca	menos de \$ 1200	Muy alta
		\$ 1200 - \$ 2400	Alta
		\$ 2400 - \$ 3600	Media
		\$ 3600 - \$ 4800	Baja
		de \$ 4800 o más	Muy baja
Desempleo	Porcentaje de la población desempleada en la microcuenca	20.1% o más	Muy alta
		15.1% - 20%	Alta
		10.1% - 15%	Media
		5.1% - 10%	Baja
		0 - 5%	Muy baja
Dependencia económica	Porcentaje de la población económicamente activa que se dedica a actividades agropecuarias en la microcuenca	71% o más	Muy alta
		de 41% a 70%	Alta
		de 26% a 40%	Media
		de 11% a 25%	Baja
		menos del 10%	Muy baja
	Número promedio de actividades productivas que realiza la población económicamente activa	1	Muy alta
		2	Alta
		3	Media
		4	Baja
		5 o más	Muy baja
Instrumentos económicos	Porcentaje de la población de la microcuenca que ha accedido a crédito financiero	71% o más	Muy alta
		de 41% a 70%	Alta
		de 26% a 40%	Media
		de 11% a 25%	Baja
		0 a 10%	Muy baja
	Porcentaje de los productores con áreas boscosa dentro de la zona de la microcuenca que han tenido acceso aun mecanismo de compensación por cualquier servicio ambiental	20% o menos	Muy alta
		21% a 40%	Alta
		41% a 60%	Media
		61% a 80%	Baja
		81% o más	Muy baja

Vulnerabilidad Técnica			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Tecnología de la construcción	Porcentaje de estructuras de almacenamiento y distribución de agua que cumplen con las especificaciones de IDAAN O MINSA	Menos de 20%	Muy alta
		de 21% a 40%	Alta
		de 41% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		más del 80%	Muy baja
	Protección de la estructura de captación y almacenamiento de agua ante desastres naturales como muros de retención de corrientes, cerco perimetral, drenaje perimetral, etc.	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
	Porcentajes de las estructuras y obras físicas de protección construidas con técnicas adecuadas	4 o más	Muy baja
		0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
Mantenimiento	Mantenimiento de la estructura de protección como de captación de la fuente de agua por año	60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
		Ninguno	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
Gestión de riesgos	Tipos de mapas o estudios de riesgos ante amenazas naturales que puedan incidir en la zona de protección de la fuente de agua o en la fuente de agua	3	Baja
		4 o más	Muy baja
		Ninguno	Muy alta
		Sísmico	Alta
		Inundación	Media
	Número de años de existencias de un plan de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan incidir en la fuente de agua	Deslizamiento	Baja
		Hidrogeológico	Muy baja
		5 años o más	Muy alta
		4 años	Alta
		3 años	Media
		2 años	Baja
		1 año o menos	Muy baja

Vulnerabilidad Política			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Apoyo municipal y estatal en los proyectos ambientales	Número de proyectos ejecutados por año	0	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		más de 3	Muy baja
Participación comunitaria en las decisiones locales	Número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales	ninguno	Muy alta
		Una para toda la microc.	Alta
		Dos para toda la microc.	Media
		Más de 3 para toda la microc.	Baja
		Una por barrio o comunidad	Muy baja
Liderazgo en la microcuenca	Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Normativas	Número de instituciones que aplican normativas ambientales para el manejo, protección y conservación de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica en la microcuenca	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
	Número de políticas, leyes, ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo, protección, conservación y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica aplicadas	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja

Vulnerabilidad Educativa			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Acceso a la educación	Porcentaje de analfabetismo en la microcuenca	20% o más	Muy alta
		de 15% a 19.9%	Alta
		de 10% a 14.9%	Media
		de 5% a 9.9%	Baja
		menos del 5 %	Muy baja
	Nivel máximo de educación disponible en la microcuenca	Pre-escolar	Muy alta
		Escuela hasta 3° grado	Alta
		Escuela hasta 6° grado	Media
		Colegio	Baja
Capacitación o Talleres educativos	Número de eventos realizados en los últimos 3 años a los pobladores en tema de protección, conservación y manejo de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	Instituto	Muy baja
		Ninguno	Muy alta
		de 1 a 2	Alta
		de 3 a 6	Media
		de 7 a 9	Baja
Educación ambiental	Número de jornadas ambientales efectuadas en los últimos 5 años	más de 9	Muy baja
		Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2 o 3	Media
		4 o 5	Baja
	Porcentaje de la población de la microcuenca que ha recibido capacitación sobre las medidas de mitigación y adaptación a la contaminación de FA y ZRH	más de 5	Muy baja
		Menos del 20%	Muy alta
		del 21% a 40%	Alta
		de 41% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
	Número de mensajes o programas difusivos por año orientadas al manejo, protección y conservación de los recursos naturales	más del 80%	Muy baja
		Ninguno	Muy alta
		1	Alta
2		Media	
3		Baja	
4 o más	Muy baja		

Vulnerabilidad Institucional			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Instituciones vinculadas o relacionadas con la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales	Número de instituciones relacionadas con la protección, conservación, manejo y protección del recurso hídrico y zonas de recarga con presencia activa en la microcuenca	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
	Número de instituciones con presencia activa en la microcuenca que cuenta en sus programas, proyectos o agenda de trabajos el tema de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
Capacidad del personal técnico	Porcentaje de técnicos capacitados en el año en temas de protección, conservación, manejo y gestión del recurso hídrico específicamente fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Nivel de cumplimiento de la municipalidad e instituciones en la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	Porcentaje de la población que considera eficiente el cumplimiento de las instituciones del estado y municipalidad	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Aplicación de las leyes	Aplicación de las leyes relacionadas a los recursos hídricos	No se cumple	Muy alta
		Muy poca	Alta
		Poca	Media
		Regular	Baja
		Por completo	Muy baja
Conocimiento del marco legal	Porcentaje de la población que conocen las leyes que vinculan a la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	0% - 10%	Muy alta
		11% - 20%	Alta
		21% - 30%	Media
		31% - 40%	Baja
		más de 40%	Muy baja
Implementación de planes	Porcentaje de implementación/ejecución de planes de protección, conservación y gestión del recurso hídrico y zonas de recarga en la microcuenca	0% - 10%	Muy alta
		11% - 20%	Alta
		21% - 30%	Media
		31% - 40%	Baja
		más de 40%	Muy baja

Vulnerabilidad Cultural			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Participación de la mujer en acciones o actividades de prevención y mitigación	Porcentaje de participación de la mujer en actividades o acciones de prevención y mitigación de desastres naturales que pueden repercutir en el sistema de agua potable	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Integración comunal para prevenir riesgos	Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo, en la medida de prevención y disponibilidad para la protección de los RRHH	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Actividades culturales	Número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 5 años	Ninguna	Muy alta
		1 o 2	Alta
		3	Media
		4 o 5	Baja
		más de 5	Muy baja

Vulnerabilidad Ideológica			
Variable respuesta	Indicador	Ponderación del indicador	Caracterización de la vulnerabilidad
Participación comunal en la preparación, prevención y mitigación	Porcentaje de la población que participa en acciones o actividades de prevención y preparación de desastres naturales que puedan repercutir en la zona de protección y fuente de agua	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable	Porcentajes de la población que participa en acciones de rehabilitación del sistema de agua potable y zona de protección después de un desastre natural	0% - 19.9%	Muy alta
		20% - 39.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		60% - 79.9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Percepción fatalista	Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando falta el agua potable	80% - 100%	Muy alta
		60% - 79.9%	Alta
		40% - 59.9%	Media
		20% - 39.9%	Baja
		0% - 19.9%	Muy baja

Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.

Caracterización	Valoración
Muy alta	4
Alta	3
Media	2
Baja	1
Muy baja o nula	0

Fuente: Jiménez et al 2004


Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a su valoración porcentual.

Vulnerabilidad (%)	Caracterización
0-19,9	Muy baja
20-39,9	Baja
40-59,9	Media
60-79,9	Alta
80-100	Muy baja

Fuente: Jiménez et al 2004

Anexo 2.

Encuestas socioeconómicas

	Num. Encuesta	<input type="text"/>	Encuestado	<input type="text"/>	Comunidad:	<input type="text"/>
	Encuestador	<input type="text"/>	Edad:	<input type="text"/>	Sexo:	<input type="text"/>

Información General y Familiar:	
Estado Civil:	<input type="text"/>
Grado de escolaridad:	<input type="text"/>
¿Cuántos años tiene de vivir en la comunidad?	<input type="text"/>
Su familia reside de forma permanente	<input type="text"/>
Emigra en alguna época del año a otra comunidad	<input type="text"/>
Distrito	<input type="text"/>
comunidad	<input type="text"/>
Zona	<input type="text"/>
¿Cuántos miembros forman su familia	<input type="text"/>
Número de Hijos	<input type="text"/>
Número de Hijas	<input type="text"/>
¿Cuántos de sus hijos van a la escuela?	<input type="text"/>
Primaria	<input type="text"/>
Secundaria	<input type="text"/>
Universidad	<input type="text"/>
¿Existen en su comunidad grupos organizados	<input type="text"/>
¿Pertenece usted a alguno de estos grupos?	<input type="text"/>
Cual:	<input type="text"/>
¿Participan las mujeres dentro de estos grupos	<input type="text"/>

Formas de comunicación con otras comunidades	<input type="text"/>
Otras	<input type="text"/>
¿Tiene servicios de agua y alcantarillado en su casa	<input type="text"/>
¿Cómo se abastece del agua?	<input type="text"/>
Información de actividades económicas	
¿Tiene usted terrenos dentro de la subcuenca del río Zarate?	<input type="text"/>
Bajo qué condición?	<input type="text"/>
Otra especifique	<input type="text"/>
¿Cuál es la principal actividad que usted desarrolla como fuente de ingreso	<input type="text"/>
Cual?	<input type="text"/>
¿Cuáles son los cultivos que más siembra	<input type="text"/>
¿Dónde comercializa sus productos?	<input type="text"/>
Otro especifique	<input type="text"/>
¿En cuánto estima su ingreso familiar mensual (dólares)	<input type="text"/>



Num. Encuesta

Encuestado

Comunidad:

Encuestador

Edad:

Sexo:

Información de Actividades ambientales:

¿Existen fuentes de agua dentro de su finca?

¿Qué tipos de fuente de agua?

¿Conoce usted qué es una Zona de recarga Hídrica?

Cantidad de cobertura vegetal que se tiene alrededor de las zonas de Recarga Hídrica

¿Conoce usted que es una naciente u ojo de agua?

Cantidad de cobertura vegetal que se tiene a ambos lados de las nacientes y fuentes de agua

Mencione al menos 5 de estas nacientes ubicadas en la zona donde usted reside, que desemboquen en el cauce del río Zarafí

¿Cuál es el sistema de producción predominante?

¿Qué tipo de prácticas agrícolas se dan en esta zona o región?

¿Utiliza usted Agroquímicos para realizar las labores agropecuarias dentro de su finca?

¿Qué clase de químicos utiliza?

¿Ha reforestado áreas en su finca?

Qué tipo de árboles reforestó

¿Cuáles problemas ambientales, considera usted que contribuyen o desmejoran las zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano, dentro de la subcuenca del río

¿Qué considera usted que se puede hacer para mejorar estos problemas?

¿Paga usted por el agua que consume su familia?

¿Cuanto?

¿Es justo el pago por el volumen de agua que usted consume?

¿Porqué?

¿Recibiría usted pagos por mantenimiento y conservación del agua para consumo humano?

¿Conoce usted que es un Plan de ordenamiento territorial?

¿Estaría dispuesto a participar en un Plan de ordenamiento territorial?

¿Quien cree usted que debe liderizar dicho plan de ordenamiento territorial?

¿Cuáles serían las estrategias y acciones a seguir para su implementación

¿Qué estrategias y acciones concretas se debería implementar y a quienes les correspondería hacerlo, para una buena gobernanza del agua para consumo en la subcuenca del río Zarafí?

Anexo 3.

Mapas

