

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL
DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA**
ESCUELA DE POSGRADO

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

por

Justo Ezequiel Castro Brenes

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

Magister Scientiae en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas

Turrialba, Costa Rica, 2009

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

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

FIRMANTES:

Francisco Jiménez, Dr.Sc.
Consejero Principal

Jorge Faustino, Ph.D.
Miembro Comité Consejero

Laura Benegas, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

Pedro Pablo Orozco, M.Sc.
Miembro Comité Consejero

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

Justo Ezequiel Castro Brenes
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS por haberme guiado en estos años de vida.

A mis padres Esmeralda Brenes Alemán y Trinidad Castro Barquero, por el indiscutible apoyo brindado en mi formación profesional y enseñarme para ser mejor cada día.

A mis hijos Steven y Verónica por ser ellos la fuente de inspiración para el cumplimiento de esta meta y a quienes quiero darle un ejemplo de superación, a mí esposa Estela Velásquez Méndez por todo el apoyo que me ha dado en estos años y ser pilar para la culminación de esta maestría.

A todas aquellas persona que me han brindado apoyo, aunque sea poco pero muy significativo, mis hermanos Gabriela, Marcelo, Cristian, tía Esperanza, tío Juan y mí querido abuelo Juan (QEPD).

Y a todas aquellas personas que día a día trabajan por la conservación, protección y sostenibilidad del agua.

AGRADECIMIENTOS

Primero a mi DIOS todo poderoso, por ser la guía para ingresar al CATIE y cumplir con este objetivo de mí vida.

Muy especialmente a mi profesor y consejero principal Dr. Francisco Jiménez, por sus sabios consejos, enorme voluntad de enseñar y gran disponibilidad e incondicional, para orientarme en todo el transcurso de esta investigación y finalización de esta tesis.

A los miembros de mi comité asesor PhD. Jorge Faustino, M.Sc. Laura Benegas y M.Sc. Pedro Pablo Orozco, por sus valiosas sugerencias y aportes para la realización del estudio desde los cimientos, etapa de campo (M.Sc. Orozco muy agradecido por toda la ayuda) y la elaboración del documento final. Mis profundos respetos.

Al Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD-*Deutscher Akademischer Austausch Dienst*), por el otorgamiento de la beca, que hizo posible mis sueños, en especial a M.Sc. Neddy Zamora Chacon y todo el personal de la oficina para C. A.

A todos los profesores que me brindaron sus conocimientos en estos dos años de estudio en CATIE, al personal de la Escuela de Posgrado y de la Biblioteca Conmemorativa Orton. Esto no es suficiente para mostrarles mí gratitud.

Al Proyecto Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento (MARENA-PIMCHAS) y su personal técnico (M. Auxiliadora, M. Eugenia, Serge, Diego, José), gracias por el gran apoyo en la fase de campo, igualmente a La Cuculmeca y su personal técnico (Rita, Emir, Moises, Adan, Carlos, Francisco y Erick). A la Alcaldía Municipal de La Concordia en especial a Héctor Pastran por el gran apoyo en los recorridos de campo y aforos y al Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo por permitirme realizar esta investigación en su territorio de acción y los actores locales que apoyaron el estudio.

A toda mí familia en CATIE promoción 2007-2008, en especial a mis compañeros de maestría y la comunidad Nicaragüense.

GRACIAS

BIOGRAFÍA

El autor nació en Masaya, Nicaragua el 13 de agosto de 1980. Curso sus estudios de bachiller en Ciencias y Letras en el Colegio Salesiano “Don Bosco”. Se graduó en la Universidad Nacional Agraria (UNA) en Managua, en 2002 en la Facultad de Agronomía (FAGRO), obteniendo el grado de Ingeniero Agrónomo con orientación en Fitotecnia. En 2003 trabajo como asistente de investigación en el proyecto *Coffee Agroforestry Systems in Central America: coffee quality and environmental impacts* (CASCA) financiado por CIRAD y la Unión Europea, ejecutado por CATIE y la UNA en Nicaragua, hasta el 2004. Trabajo para la Dirección de Estadísticas del Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR), del 2005 al 2006, como encuestador a nivel Nacional. En 2006 curso el I Posgrado Nacional en Cogestión de Cuencas Hidrográficas, facilitado por la UNA y CATIE a través del proyecto FOCUENCAS II. En ese mismo año ingreso al Instituto Nacional Tecnológico (INATEC), como subdirector técnico-docente del Instituto Técnico Agropecuario (ITA-Nandaime). Ingresó a la Escuela de posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en la maestría de manejo integrado de cuencas hidrográficas en enero del año 2007 y se graduó en diciembre del 2008.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
BIOGRAFÍA.....	V
CONTENIDO.....	VI
RESUMEN.....	X
ABSTRACT.....	XI
ÍNDICE DE CUADROS.....	XII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XVI
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	XVII
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Objetivos del estudio.....	4
1.1.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.1.2. <i>Objetivos específicos y preguntas de investigación</i>	4
2. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1. Cuenca hidrográfica.....	6
2.1.1. <i>La cuenca hidrográfica como sistema</i>	6
2.1.2. <i>Manejo de cuencas</i>	7
2.1.3. <i>Gestión de cuencas</i>	8
2.1.4. <i>Cogestión de cuencas</i>	10
2.1.5. <i>Importancia del agua en el manejo integrado de cuencas</i>	11
2.2. Gestión del recurso hídrico.....	12
2.2.1. <i>Las juntas de agua en Nicaragua</i>	13
2.3. Áreas de sensibilidad ambiental y social (ASAS).....	15
2.4. Marco legal para la gestión de recursos hídricos.....	16
2.5. Fuentes de agua.....	17
2.6. Zonas de recarga hídrica.....	18
2.7. Zona de protección de fuentes agua y zonas de recarga hídrica.....	21

2.8.	Planificación del territorio	22
2.8.1.	<i>Finca como una unidad de intervención</i>	23
2.8.2.	<i>Planificación de fincas</i>	23
2.8.3.	<i>Pasos para la planificación de fincas (adaptado de CENTA 2002 y PRODES 2003)</i>	25
2.9.	Vulnerabilidad	32
2.9.1.	<i>Vulnerabilidad global</i>	32
2.10.	Gestión del riesgo	35
2.11.	Mitigación.....	36
3.	METODOLOGÍA.....	37
3.1.	Ubicación del área de estudio	37
3.2.	Descripción del área de estudio	38
3.2.1.	<i>Aspectos biofísicos</i>	38
3.2.2.	<i>Aspectos socioeconómicos</i>	40
3.3.	Metodología del estudio.....	44
3.3.1.	<i>Análisis del marco legal, institucional y de políticas con respecto al manejo, protección, conservación y gestión del recurso hídrico de Nicaragua</i>	44
3.3.2.	<i>Condiciones de las nacientes y las áreas potenciales de recarga hídrica, para proponer planes para las fincas ubicadas en estas zonas</i>	46
3.3.3.	<i>Aplicación de indicadores para determinar vulnerabilidad integral de la fuente de agua y su zona potencial de recarga hídrica</i>	53
3.3.4.	<i>Medidas de mitigación como una manera de reducción de vulnerabilidad en fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica</i>	60
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	61
4.1.	El marco legal, institucional y de políticas con respecto al manejo, protección, conservación y gestión del recurso hídrico de Nicaragua.....	61
4.1.1.	<i>Directrices y políticas vinculadas con los recursos hídricos de Nicaragua</i>	66
4.1.2.	<i>Leyes, reglamentos, normativas y ordenanzas municipales vinculadas con los recursos hídricos</i>	71
4.1.3.	<i>Relaciones institucionales en la microcuenca La Concordia</i>	84

4.1.4. Percepción de los actores locales y nacionales con respecto al cumplimiento de las normativas, vinculación y participación de las instituciones, y problemas y fortalezas en el tema de los recursos hídricos.....	89
4.2. Condiciones de las nacientes y las zonas potenciales de recarga hídrica, para proponer planes para las fincas ubicadas en estas zonas	90
4.2.1. Identificación de fuentes de agua y aplicación de la metodología propuesta por Matus (2007) para ubicar zonas potenciales de recarga hídrica	90
4.2.2. Planificación de fincas ubicadas en zonas potenciales de recarga hídrica y fuentes de agua y aplicación de indicadores para el buen manejo de la microcuenca	106
4.3. Análisis de la vulnerabilidad integral de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica.....	114
4.3.1. Vulnerabilidad física	115
4.3.2. Vulnerabilidad social	118
4.3.3. Vulnerabilidad ecológica	121
4.3.4. Vulnerabilidad económica	125
4.3.5. Vulnerabilidad técnica	127
4.3.6. Vulnerabilidad política	128
4.3.7. Vulnerabilidad educativa	130
4.3.8. Vulnerabilidad institucional.....	132
4.3.9. Vulnerabilidad cultural.....	134
4.3.10. Vulnerabilidad ideológica	136
4.3.11. Vulnerabilidad global.....	139
4.4. Propuestas de acciones para la mitigación de factores que puedan afectar la fuente de agua de consumo humano y las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia	141
4.4.1. Factores claves identificados para la mitigación de la vulnerabilidad del recurso hídrico.....	142
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	146
5.1. Conclusiones	146
5.2. Recomendaciones	148

6. LITERATURA CITADA	150
ANEXOS	157

RESUMEN

Castro Brenes, J.E. 2008. 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. Turrialba, CR. CATIE, Tesis Mag. Sc. 187 p.

La investigación fue realizada en la microcuenca La Concordia, parte alta de la subcuenca del río Viejo, en el departamento de Jinotega, Nicaragua. El objetivo fue analizar la vulnerabilidad de las principales fuentes de agua y de las zonas potenciales de recarga hídrica a fin de plantear medidas de mitigación para reducir dicha vulnerabilidad. Se analizó el marco legal e institucional existente en el país relacionado con la protección, conservación, manejo y gestión del agua; se identificaron de manera participativa, con actores locales, las principales fuentes de agua y sus zonas potenciales de recarga hídrica (ZPRH), se analizó la vulnerabilidad integral de estas desde la perspectiva biofísica y socioeconómica y se propuso un plan de finca donde se localizan las ZPRH tomando como base los enfoques y criterios de manejo y gestión de cuencas. Los resultados indican que los actores locales reconocen de manera muy general la normativa vinculada con el agua, pero se requiere seguir profundizando en el tema. Existe consenso que la Ley General de Aguas Nacionales es la base fundamental para concretar acciones para la gestión del agua bajo el enfoque territorial de cuencas. Con base en el conocimiento local se lograron identificar las ZPRH de las fuentes de agua de uso y consumo humano, siendo los actores locales claves para su gestión. La planificación de fincas es una forma sencilla para coordinar entre todos los actores locales y el productor la sostenibilidad de las acciones en las ZPRH y para su ejecución. La vulnerabilidad técnica resultó la de mayor relevancia, debido a la falta de mantenimiento de las estructuras donde se ubican las fuentes de agua; la vulnerabilidad global encontrada se clasificó como media, por lo que resulta importante ejecutar las medidas o acciones de mitigación propuestas por los actores locales, las cuales se enmarcan en el mejoramiento de las 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, relaciones institucionales, medidas de mitigación, plan de finca, manejo, protección, conservación y gestión de cuencas.

ABSTRACT

Brenes Castro, J.E. 2008. Vulnerability analysis of water for human consumption and the potential areas of water recharge in the micro-watershed La Concordia, Jinotega, Nicaragua. Turrialba, Costa Rica. CATIE, Thesis Mag Sc. 187 p.

The research was conducted in the micro-watershed La Concordia, top of the Viejo river sub-watershed in the department of Jinotega, Nicaragua. The objective was to analyze the vulnerability of the main water sources and the potential areas water recharge in order to establish mitigation measures to reduce vulnerability. The country legal and institutional framework in relation to the protection, conservation and water management was analyzed. The main water sources and the potential areas of water recharge (PAWR) were identified in a participatory manner with information from local stakeholders. The integral vulnerability of these areas as analyzed from a biophysical and socio-economic perspective. Besides, a farm plan, where PAWR are located, was proposed based on the approaches and criteria for the handling and management of watersheds. The results indicated that the local actors recognize the norms related to water in a very general way, but further study on this theme is required. There is consensus to affirm that the General Law of National is the basis for concrete water management actions under the territorial watershed approach. Based on local knowledge, it was possible to identify the PAWRs of the water sources for use and human consumption, being the local stakeholders a key element for their management. Farm planning is an easy way to coordinate among all local stakeholders and the producer the sustainability of the actions in the PAWRs and their implementation. The vulnerability technique resulted to be of particular relevance due to lack of maintenance of the structures where the water sources are located. The global vulnerability found was classified as average. As a result, it is important to implement the mitigation measures or actions proposed by the local stakeholders which are part of the improvement of water resources and PAWRs protection conditions, local inter-agency strengthening and coordination, education and improvement of the population socioeconomic conditions.

Key words: legal framework, institutional relations, mitigation measures, farm plan, management, protection, conservation and watershed management.

ÍNDICE DE CUADROS

<i>Cuadro 1. Efecto de la actividad antrópica sobre los acuíferos.</i>	<i>21</i>
<i>Cuadro 2. Precipitación media mensual en la microcuenca La Concordia desde el año 2000 al 2007.</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 3. Caudales de los dos manantiales en la microcuenca La Concordia.</i>	<i>39</i>
<i>Cuadro 4. Población económicamente activa en la microcuenca La Concordia.</i>	<i>40</i>
<i>Cuadro 5. Tipos de pendientes y microrelieves.</i>	<i>48</i>
<i>Cuadro 6. Tipos de textura del suelo.</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro 7. Tipos de roca.</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro 8. Porcentaje de cobertura vegetal.</i>	<i>49</i>
<i>Cuadro 9. Clasificación de uso del suelo.</i>	<i>50</i>
<i>Cuadro 10. Potencial de recarga hídrica.</i>	<i>51</i>
<i>Cuadro 11. Indicadores y variables evaluadas para cada tipo de vulnerabilidad.</i>	<i>54</i>
<i>Cuadro 12. Caracterización y valoración de los indicadores de vulnerabilidad.</i>	<i>58</i>
<i>Cuadro 13. Caracterización de la vulnerabilidad de acuerdo a su valoración porcentual.</i>	<i>60</i>
<i>Cuadro 14. Directrices y políticas que promueven el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos.</i>	<i>62</i>
<i>Cuadro 15. Leyes, normativas y ordenanzas municipales que promueven el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos.</i>	<i>64</i>
<i>Cuadro 16. Grado de intermediación en la red institucional de la microcuenca La Concordia.</i>	<i>88</i>
<i>Cuadro 17. Estimación del grado de cercanía para la red institucional de la microcuenca La Concordia.</i>	<i>89</i>
<i>Cuadro 18. Evaluación de la pendiente y microrelieve en cada uno de los sitios.</i>	<i>94</i>
<i>Cuadro 19. Evaluación del tipo de suelo por sitio.</i>	<i>96</i>
<i>Cuadro 20. Evaluación de la capacidad de infiltración.</i>	<i>97</i>
<i>Cuadro 21. Evaluación del tipo de roca por sitio.</i>	<i>99</i>
<i>Cuadro 22. Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio.</i>	<i>100</i>
<i>Cuadro 23. Evaluación para determinar el uso del suelo por sitio.</i>	<i>101</i>
<i>Cuadro 24. Resumen de evaluación de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio.</i>	<i>102</i>

<i>Cuadro 25. Comparación de la posibilidad de recarga de la microcuenca efectuada por comunitarios y la realizada con ayuda del programa ArcView 3.2 utilizando el modelo de Matus (2007).....</i>	<i>106</i>
<i>Cuadro 26. Limitantes y posibles soluciones encontradas del diagnóstico de la finca.</i>	<i>109</i>
<i>Cuadro 27. Soluciones priorizadas y su planificación para el buen manejo de los recursos naturales y en especial de las ZPRH.....</i>	<i>111</i>
<i>Cuadro 28. Indicadores para la variable asentamientos humanos.....</i>	<i>115</i>
<i>Cuadro 29. Indicadores para la variable sistema séptico.....</i>	<i>115</i>
<i>Cuadro 30. Indicadores para la variable infraestructura del sistema séptico.....</i>	<i>116</i>
<i>Cuadro 31. Indicadores para la variable alcantarillado sanitario.....</i>	<i>116</i>
<i>Cuadro 32. Indicador para la variable basureros ilegales.</i>	<i>116</i>
<i>Cuadro 33. Indicadores para la variable vertedero municipal.</i>	<i>117</i>
<i>Cuadro 34. Indicadores para la variable vertedero municipal.</i>	<i>117</i>
<i>Cuadro 35. Indicador para la variable tren de aseo.</i>	<i>117</i>
<i>Cuadro 36. Indicador para la variable carretera o caminos de todo tiempo.</i>	<i>118</i>
<i>Cuadro 37. Indicador para la variable estructura de recolección primaria de la fuente de agua.....</i>	<i>118</i>
<i>Cuadro 38. Indicadores para la variable estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica.</i>	<i>118</i>
<i>Cuadro 39. Indicadores para la variable organización comunal.....</i>	<i>119</i>
<i>Cuadro 40. Indicador para la variable servicios básicos.....</i>	<i>119</i>
<i>Cuadro 41. Indicadores para la variable salud.....</i>	<i>120</i>
<i>Cuadro 42. Indicador para la variable participación de productores.....</i>	<i>120</i>
<i>Cuadro 43. Indicador para la variable crecimiento poblacional.....</i>	<i>120</i>
<i>Cuadro 44. Indicadores para la variable cobertura vegetal.....</i>	<i>121</i>
<i>Cuadro 45. Indicador para la variable uso de suelo.....</i>	<i>121</i>
<i>Cuadro 46. Indicador para la variable prácticas de conservación de suelo y agua.....</i>	<i>122</i>
<i>Cuadro 47. Indicador para la variable erosión de suelo.....</i>	<i>122</i>
<i>Cuadro 48. Indicadores para la variable contaminación.....</i>	<i>123</i>
<i>Cuadro 49. Indicador para la variable pendiente del terreno.....</i>	<i>123</i>
<i>Cuadro 50. Indicadores para la variable agricultura.....</i>	<i>124</i>
<i>Cuadro 51. Indicadores para la variable ganadería.....</i>	<i>124</i>
<i>Cuadro 52. Indicadores para la variable característica del suelo.....</i>	<i>125</i>
<i>Cuadro 53. Indicador para la variable capacidad económica.....</i>	<i>125</i>
<i>Cuadro 54. Indicador para la variable desempleo.....</i>	<i>126</i>

<i>Cuadro 55. Indicadores para la variable dependencia económica.....</i>	<i>126</i>
<i>Cuadro 56. Indicadores para la variable instrumentos económicos.....</i>	<i>126</i>
<i>Cuadro 57. Indicadores para la variable instrumentos económicos.....</i>	<i>127</i>
<i>Cuadro 58. Indicador para la variable mantenimiento.....</i>	<i>128</i>
<i>Cuadro 59. Indicadores para la variable gestión de riesgos</i>	<i>128</i>
<i>Cuadro 60. Indicador para la variable apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales</i>	<i>129</i>
<i>Cuadro 61. Indicador para la variable participación comunitaria en las decisiones locales</i>	<i>129</i>
<i>Cuadro 62. Indicador para la variable liderazgo en la microcuenca.....</i>	<i>130</i>
<i>Cuadro 63. Indicadores para la variable normativas.....</i>	<i>130</i>
<i>Cuadro 64. Indicadores para la variable acceso a la educación</i>	<i>131</i>
<i>Cuadro 65. Indicador para la variable capacitación o talleres educativos</i>	<i>131</i>
<i>Cuadro 66. Indicadores para la variable educación ambiental.....</i>	<i>132</i>
<i>Cuadro 67. Indicadores para la variable instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.....</i>	<i>132</i>
<i>Cuadro 68. Indicador para la variable capacidad del personal técnico</i>	<i>133</i>
<i>Cuadro 69. Indicador 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</i>	<i>133</i>
<i>Cuadro 70. Indicador para la variable aplicación de la ley general de aguas nacionales (No.620), ley forestal (No. 462) y la ley de delitos ambientales (No. 559), donde vincula la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica</i>	<i>133</i>
<i>Cuadro 71. Indicador para la variable conocimiento del marco legal</i>	<i>134</i>
<i>Cuadro 72. Indicador para la variable implementación de planes.....</i>	<i>134</i>
<i>Cuadro 73. Indicador para la variable implementación de planes.....</i>	<i>135</i>
<i>Cuadro 74. Indicador para la variable integración comunal para prevenir riesgos</i>	<i>135</i>
<i>Cuadro 75. Indicador para la variable actividades culturales.....</i>	<i>135</i>
<i>Cuadro 76. Indicador para la variable participación comunal en la preparación, prevención y mitigación.....</i>	<i>136</i>
<i>Cuadro 77. Indicador para la variable reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable</i>	<i>136</i>
<i>Cuadro 78. Indicador para la variable percepción fatalista</i>	<i>137</i>
<i>Cuadro 79. Resumen de las vulnerabilidades encontradas para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica de la microcuenca La Concordia.....</i>	<i>138</i>

Cuadro 80. Contribuciones de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global 140

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Marco general para la GIRH.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2. La vulnerabilidad global y sus componentes.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3. Mapa de localización del área de estudio microcuenca La Concordia</i>	<i>37</i>
<i>Figura 4. Esquema metodológico para determinar zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007).</i>	<i>46</i>
<i>Figura 5. Jerarquías y niveles jurídicos legales de la República de Nicaragua.</i>	<i>61</i>
<i>Figura 6. Intercambios o relaciones totales entre las instituciones y organizaciones en la microcuenca La Concordia.</i>	<i>86</i>
<i>Figura 7. Ubicación de los manantiales en la microcuenca La Concordia.</i>	<i>92</i>
<i>Figura 8. Instrumento de medición de la pendiente</i>	<i>94</i>
<i>Figura 9. Determinación del tipo de suelo al tacto.</i>	<i>96</i>
<i>Figura 10. Determinación de la capacidad de infiltración del suelo.....</i>	<i>97</i>
<i>Figura 11. Determinación del tipo de roca.</i>	<i>98</i>
<i>Figura 12. Evaluación de la cobertura vegetal y usos del suelo.....</i>	<i>100</i>
<i>Figura 13. Evaluación del uso del suelo</i>	<i>101</i>
<i>Figura 14. Zonas potenciales de recarga hídrica de la fuente de agua de consumo humano en la microcuenca La Concordia</i>	<i>104</i>
<i>Figura 15. Mapa potencial de recarga hídrica utilizando las ponderaciones del modelo propuesto por Matus (2007) y las capas de mapas de la microcuenca.....</i>	<i>105</i>
<i>Figura 16. Mapa actual de la finca.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 17. Mapa de planificación de la finca con mejoras.....</i>	<i>113</i>
<i>Figura 18. Tipo de vulnerabilidad y valor existente (%) para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia, Nicaragua. ...</i>	<i>139</i>

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ANA	: Autoridad Nacional del Agua
ANN	: Asamblea Nacional de Nicaragua
APRODECON	: Asociación de Profesionales de La Concordia
ASAS	: Áreas de Sensibilidad Ambiental y Social
AVAR	: Actividades Vinculadas a Resultados
BID	: Banco Interamericano de Desarrollo
CAPS	: Comité de Agua Potable y Saneamiento
CATIE	: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
CIAT	: Centro Internacional de Agricultura Tropical
CNRH	: Consejo Nacional de Recursos Hídricos
CTPASRV	: Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo
DISNORTE	: Distribuidora de energía del Norte
ENACAL	: Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
FOCUENCAS II	: Programa Innovación, Aprendizaje y Comunicación para la Cogestión Adaptativa de Cuencas Hidrográficas en Centro América.
FISE	: Fondo de Inversión Social de Emergencia
GIRH	: Gestión Integral de Recursos Hídricos
GWP	: Global Water Partnership
INAA	: Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado
INAFOR	: Instituto Nacional Forestal
INEC	: Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censos
INETER	: Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales
INIDE	: Instituto Nacional de Información al Desarrollo
INTA	: Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria
MAGFOR	: Ministerio Agropecuario y Forestal
MARENA	: Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales
MEN	: Ministerio de Energía y Minas
MINSA	: Ministerio de Salud
OG	: Organismo Gubernamental

ONG : Organismo No Gubernamental

PIMCHAS : Proyecto Integrado de Manejo de Cuencas Hidrográficas Agua y
Saneamiento

SOPROCOM : Sociedad de Productores Comunitarios

SIG : Sistema de Información Geográfico

ZPRH : Zona Potencial de Recarga Hídrica

1. INTRODUCCIÓN

Las reservas de agua para consumo humano del planeta están bajo presión creciente (Rees 2006) y se están agotando progresivamente, ya sea por la contaminación, sobreexplotación, o mal uso que recibe, por lo que su protección es un tema de interés global. Para el 2015 se estima que 40% de la población mundial tendrá dificultades para conseguir el agua necesaria para su consumo diario (Pearce 2005), por lo tanto, la evaluación del recurso agua es fundamental para que las decisiones se tomen de forma razonada (UN-WWAP 2006).

En lo particular, América Latina y el Caribe concentran más del 28% de los recursos hídricos del mundo (Guerrero *et al* 2006) y es el área geográfica de mayor cantidad de agua per cápita aproximadamente 3.100 m³ por persona al año, (Planos 2007), constituyendo una veta extremadamente valiosa (y codiciada) para el futuro de toda la humanidad. Es difícil imaginar que una región con tal riqueza, enfrente problemas de agua; no obstante existen alrededor de 77 millones de personas sin acceso a agua potable y 100 millones sin saneamiento (Guerrero *et al* 2006), además del creciente deterioro en la calidad del agua y de prácticas de manejo del agua no sostenibles (Planos 2007).

El istmo Centroamericano, con un área de 530.492 km² (CCAD 2002), posee una enorme riqueza de recursos hídricos superficiales y subterráneos, lo cual contribuye substancialmente al desarrollo económico y social, sin embargo, las acciones y esfuerzos que se han realizado, no han podido cubrir las demandas de agua potable, ni han permitido aprovechar el potencial hídrico en función de objetivos de desarrollo nacional, lo cual ha generado conflictos de uso, deterioro hídrico y degradación ambiental, además de la reacción inducida por un clima económico y comercial más competitivo, que trae consigo mayores demandas de agua en cantidad y calidad y acarrea necesariamente costos ambientales (SG-SICA 2000).

Asimismo, este problema del agua aún recibe una atención insuficiente, si se compara con la importancia de las amenazas recurrentes y crecientes, ocasionadas por la presión cada vez mayor sobre las cuencas hidrográficas (PREVDA 2006).

En términos de inequidad, Nicaragua se ubica entre los países con más inequidad en el mundo con un coeficiente Gini de 56 y donde el 35% de la población no tiene acceso a agua potable, el 15,8% no tiene acceso a agua limpia y el 77,3% de la población rural no tiene acceso a agua potable (BID 2007).

Nicaragua cuenta con 21 cuencas hidrográficas, con recursos hídricos superficiales y subterráneos abundantes con un potencial de 152.596 millones de m³ (Castillo *et al* 2006). Actualmente enfrenta problemas de escasez temporal de agua. El Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), en su informe sobre el estado y análisis ambiental de Nicaragua, reportan que existe degradación de los sistemas hidrológicos, por consiguiente disminución de la oferta de agua causada por la degradación de su calidad y afectación de su disponibilidad (MARENA 2007 y BID 2007).

Teniendo en consideración las dimensiones del deterioro ambiental que sufre Nicaragua y en particular el daño que se ha provocado a los recursos hídricos, tanto los que se localizan en la superficie (lagos, lagunas, ríos, quebradas, ojos de agua, etc.) como aquellos que se encuentran de forma subterránea; y conociendo las graves consecuencias que tendrá para que podamos hacer uso de las fuentes de agua en el futuro, es importante alertar sobre la urgencia de cambiar la forma de gestionar el agua de parte de los usuarios.

Este deterioro influye en las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas y las fuentes de agua, ya que por 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, sobretodo en zonas de pendientes muy fuertes que favorecen la escorrentía. Esta situación está siendo causada por la intervención humana para desarrollar actividades agrícolas, industriales, extracción de leña, construcción de viviendas y actividades pecuarias, en sitios no apropiados (Faustino 2006).

Las causas son muchas, pero encontrar culpables no es prioritario, ya que todos somos responsables; el problema sería mayor si la sociedad fuera incapaz de encontrar respuestas sociales y políticas coherentes a este deterioro desenfrenado de recursos hídricos, pero no es así, ya que existen herramientas para mitigar ese deterioro, una de ellas es mediante el análisis de la vulnerabilidad del recurso hídrico para lograr su sostenibilidad (cantidad, calidad y disponibilidad).

Mediante el análisis de vulnerabilidad del recurso hídrico desde la zona de recarga hasta la fuente de agua, se incide en un mejor manejo de cuencas y microcuencas, para la captación de agua y sus fuentes, con el fin de minimizar los riesgos del recurso para hacerlo sostenible. Se mantiene la seguridad del recurso hídrico, debido al manejo integrado de todos los usos que se le dan a la tierra y al agua, que se aplican en las cuencas hidrográficas (UICN 2000).

Esta seguridad del recurso hídrico exige un análisis y manejo participativo en las cuencas, zonas de recarga y fuentes de agua, para alcanzar la utilización y manejo sostenible del recurso. Además, deben cambiar las actitudes y roles de las personas y los actores principales con nuevas responsabilidades en cuanto a este tema.

Rees (2006) afirma que si partimos de que los riesgos son un fenómeno cultural y no físico y que son generados por la población, se deduce que la participación de los interesados debe desempeñar un papel importante en la gestión de riesgos; sólo con tal participación podemos abordar asuntos claves.

Según el Plan de Acción de los Recursos Hídricos (PARH) de Nicaragua, elaborado por el MARENA (1998) en el estudio de áreas focales, en particular de la subcuenca del río Viejo, de la que forma parte la microcuenca La Concordia, la situación actual en relación a la cantidad y a la calidad del agua en las fuentes, es peor que en años anteriores y la tendencia al deterioro es creciente. Pobladores rurales, grandes productores y otros sectores señalan que la cantidad y flujo de las fuentes ha disminuido notablemente en los últimos años.

Algunas de las causas que señala el estudio, pero que no han sido evaluadas e investigadas, sobre el problema de escasez, es la deforestación enorme que ha sufrido el territorio en los últimos años, especialmente en las partes altas y en las riberas de ríos y quebradas; otra causa importante asociada a la disminución del agua, es el aumento de la demanda debido al crecimiento poblacional y las migraciones hacia lugares sensibles de las cuencas y centros poblacionales urbanos (MARENA 1998).

En tercer lugar se señalaron causas administrativas, y en igual orden de importancia, se señaló la pobreza y la falta de alternativas económicas, que inducen al uso irracional del bosque y del resto de recursos naturales, además, del potencial hidroeléctrico que está siendo aprovechado en la subcuenca (MARENA 1998).

Por lo que resulta importante evaluar la vulnerabilidad del recurso agua en la microcuenca La Concordia en particular aquellas fuentes que sirven de abastecimiento de consumo humano, para tomar acciones y medidas que aseguren el agua en calidad, cantidad y sostenibilidad a la población presente en la microcuenca. Vinculando los resultados e incorporarlos en el plan ambiental municipal y que sirva como modelo para el escalamiento a las demás microcuencas de la subcuenca del río Viejo donde tiene intervención del Proyecto de Manejo Integral de Cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento (MARENA-PIMCHAS) en Nicaragua.

1.1. Objetivos del estudio

1.1.1. Objetivo general

Analizar la vulnerabilidad de las principales fuentes de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia en Nicaragua y plantear que medidas de mitigación se pueden aplicar para reducir dicha vulnerabilidad.

1.1.2. Objetivos específicos y preguntas de investigación

1. Analizar el marco legal, institucional y de políticas nacionales con respecto a la protección, conservación, manejo y gestión de las aguas en Nicaragua y sus implicaciones en las zonas de recarga hídrica.
 - ✓ ¿Qué políticas, leyes, decretos y normativas regulan el manejo y protección de las fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica?
 - ✓ ¿Cuál es el nivel de cumplimiento de las normativas existentes sobre las fuentes de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica?
 - ✓ ¿Qué instituciones están vinculadas en la protección, conservación, administración y manejo de las fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica?
 - ✓ ¿Cuáles son las principales dificultades, problemas o fortalezas en la aplicación de normativas vigentes?
 - ✓ ¿Cuál es el grado de participación de las instituciones, organizaciones, la población civil, la municipalidad y actores claves en el manejo y protección de las fuentes de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica?

2. Describir las condiciones de cobertura de las nacientes y las áreas potenciales de recarga hídrica y proponer planes para las fincas en las cuales se encuentren las fuentes de agua.
 - ✓ ¿Cuáles son las condiciones de manejo y el estado de protección de las fuentes de agua y las zonas potenciales de recarga hídrica?
 - ✓ ¿El manejo de las zonas aledañas a las fuentes de agua y de recarga hídrica potencial 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 fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales 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 potenciales de recarga y de qué manera influyen?
- ✓ ¿Cuál es la vulnerabilidad social, política, cultural, física, ideológica, económica, ecológica, educativa, institucional y técnica que se presentan en la población vinculadas directamente en las zonas donde se ubican las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica y cual es la influencia de estas vulnerabilidades en las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica?

4. Proponer medidas o acciones de mitigación de factores que puedan afectar las fuentes y zonas potenciales de recarga hídrica.

- ✓ ¿Qué medidas están tomando los pobladores, las instituciones u organismos responsables y los dueños de las zonas donde se ubican las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica para proteger, conservar, gestionar y manejar estas zonas?
- ✓ ¿Cuáles medidas de mitigación de vulnerabilidad son viables para ser implementadas por los pobladores?
- ✓ ¿Cuáles serían las condiciones habilitadoras para implementar esas medidas de mitigación?
- ✓ ¿Cuáles son los beneficios que puede obtener la población al adoptar esas medidas de mitigación?

2. MARCO CONCEPTUAL

2.1. Cuenca hidrográfica

En términos sencillos, una cuenca hidrográfica es un área natural en la que el agua proveniente de precipitación forma un curso principal de agua. La cuenca hidrográfica es la unidad fisiográfica conformada por el conjunto de cursos de agua definidos por el relieve. Los límites de la cuenca o divisoria de aguas se definen naturalmente y corresponden a las partes más altas del área que encierra un río (Ramakrishna 1997).

Dourojeanni (1994) define a la cuenca hidrográfica como un territorio que es delimitado por la propia naturaleza, esencialmente por los límites de las zonas de escurrimiento de las aguas superficiales que convergen hacia un mismo cauce. La cuenca, sus recursos naturales y sus habitantes poseen condiciones físicas, biológicas, económicas, sociales y culturales que les confieren características que son particulares a cada una.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales (agua, suelo, biodiversidad), la infraestructura que se ha creado; allí el ser humano desarrolla sus actividades económicas y sociales, generando diferentes efectos favorables y no favorables para su bienestar. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Visión Mundial 2004).

La cuenca se divide en subcuencas y microcuencas. El área de la subcuenca está delimitada por la divisoria de las aguas 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 (Ramakrishna 1997).

2.1.1. La cuenca hidrográfica como sistema

El elemento más importante en definir a la cuenca como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales es que la misma constituye un sistema. La cuenca hidrográfica concebida como un sistema está conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y en el espacio de diferentes subsistemas: social, económico, político, institucional, cultural, legal, tecnológico, productivo, físico y biológico (Jiménez 2007a), de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Ramakrishna 1997).

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).

Según Vásquez (1997) citado por Zury (2004) menciona que en la dinámica sistémica de una cuenca hidrográfica todos sus componentes interactúan entre sí; por lo que en el análisis es de gran importancia considerar la interacción de cada uno de sus elementos constitutivos como un conjunto de partes, esto llevará a conocer y comprender la dinámica real de la cuenca, en donde el funcionamiento de cada uno de los elementos depende de lo que ocurra con los otros.

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 (Zury 2004).

De acuerdo a lo expuesto anteriormente se puede concluir que el sistema cuenca se define como un conjunto de elementos que interactúan de manera regular e interdependiente (Zury 2004).

2.1.2. Manejo de cuencas

El manejo de cuencas, según Zury (2004), enfatiza la parte técnica del uso de suelos, agua, bosques y vida silvestre. Se centra en la ejecución del conjunto de acciones que posibilitan el acceso y uso de los recursos naturales, en particular del agua, tendientes a beneficiar a los habitantes de la cuenca y de las poblaciones ubicadas aguas abajo.

El objetivo primordial del manejo de cuenca es alcanzar un uso racional de los recursos naturales, en especial el agua, la vegetación y el suelo, considerando a la población humana como el agente protector o destructor. Consiste en aprovechar y conservar los recursos naturales en función de las necesidades del ser humano, para que pueda alcanzar una adecuada calidad de vida en armonía con su medio ambiente. Se trata de hacer uso apropiado de los recursos naturales para el bienestar de la población, teniendo en cuenta que las generaciones futuras tendrán necesidad de estos mismos recursos, por lo que habrá que conservarlos en calidad y cantidad (Ramakrishna 1997).

En términos formales, la cuenca, microcuenca o subcuenca son las unidades de planificación y análisis, mientras que la finca o conjunto de fincas son unidades de intervención y manejo. Por otra parte, se debe tener en cuenta que los procesos de intervención humana en las cuencas, implican con frecuencias, graves problemas y que las condiciones de uso de la tierra no sólo tienen que ver con el manejo, de modo que previamente hay que restaurar las condiciones de producción. Por esta razón, la modalidad de intervención más frecuente es la rehabilitación de los recursos naturales, en función del desarrollo de los sistemas locales de producción y conservación (Ramakrishna 1997).

En forma resumida se puede decir que manejo de cuencas hidrográficas son todas las acciones técnicas coordinadas, integrales y participativas para manejar, aprovechar y conservar los recursos naturales en las cuencas hidrográficas en función de las necesidades humanas, buscando un balance entre equidad social, sostenibilidad de los ecosistemas y desarrollo económico (Jiménez 2007b).

2.1.3. Gestión de cuencas

La gestión integrada de cuencas tiene como fin favorecer el desarrollo sustentable desde el momento en que con este proceso de gestión se busca conciliar el aprovechamiento de los recursos naturales de la cuenca (crecimiento económico, transformación productiva) así como manejar los recursos con fines de evitar conflictos y problemas ambientales (sustentabilidad ambiental) y la equidad se logra mediante procesos de decisión donde participan los diferentes actores (Dourojeanni 1994).

Es un enfoque que se basa en sostener que el desarrollo humano será sustentable solo en la medida que actúe en forma armónica con el entorno. Es decir, que se parte por determinar el potencial de los recursos naturales para utilizarlos con los conocimientos, tecnologías, recursos económicos y organización disponible, para fijar luego metas sociales, económicas en función de dicho potencial (Dourojeanni 1994).

Según PRONAMACHS-SNV (2002) citado por Zury (2004) la gestión de cuencas es el proceso de administración de los recursos naturales de la zona y la capacidad gerencial para continuar con una visión de futuro, considerando las demandas y necesidades sociales y culturales de la población que, a propósito, tiene que participar activamente. La gestión implica toma de decisiones por actores, con visión de futuro, a nivel individual y colectivo.

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.

Además de ser un proceso, 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 (Jimenez 2007b).

En general el proceso en el cual se efectúa este conjunto de acciones ha sido catalogado como acciones de gestión a nivel de cuencas o simplemente de gestión de cuencas. Estas actividades de gestión tienen diferentes objetivos por lo cual reciben diferentes nombres. Los objetivos más conocidos son:

- Desarrollo de cuencas, desarrollo integrado de cuencas.
- Manejo de cuencas, ordenamiento de cuencas.
- Desarrollo de recursos hídricos, administración del agua.
- Protección de cuencas, recuperación de cuencas.

En todas las cuencas hidrográficas la población ejecuta diariamente miles de acciones. El hecho que ejecute dichas acciones no implica que se constituyan automáticamente en parte de un proceso de gestión a nivel de cuencas y menos de que sean integradas. Para que formen parte de un proceso de gestión de cuencas deben ser previamente planificadas, organizadas, consensuadas y coordinadas entre sí, considerando su efecto conjunto en la dinámica de la cuenca y en sus pobladores (Dourojeanni 1994).

Para que el proceso de gestión a nivel de cuencas sea “integrado” deben ejecutarse acciones que permitan obtener beneficios, tanto en el aspecto productivo como en el aspecto ambiental, considerando el comportamiento de la cuenca. Además es necesario que el sistema de gestión permita que los usuarios participen en las decisiones con el fin de tender a la equidad (Dourojeanni 1994).

La gestión de una cuenca se sustenta en la conjugación de dos grupos de acciones complementarias: un grupo de *acciones orientadas a aprovechar los recursos naturales* (usarlos, transformarlos, consumirlos) presentes en la cuenca para asistir al crecimiento económico, y otro grupo de *acciones orientadas a manejarlos* (conservarlos, recuperarlos, protegerlos) con el fin de tratar de asegurar una sustentabilidad del ambiente (Dourojeanni 1994).

La gestión integral de cuencas la define la Ley General de Aguas Nacionales de Nicaragua como un conjunto de actividades normativas, administrativas, operativas y de control que deben ser ejecutadas por el Estado y la sociedad para garantizar el desarrollo sostenible y la óptima calidad de vida de los habitantes de cada cuenca hidrográfica por un lado, y por otro lado, poner énfasis en la conservación que promoverá el uso sustentable del suelo, agua, bosques, otros recursos asociados y el ambiente (La Gaceta 2007).

2.1.4. Cogestión de cuencas

Si bien el manejo y la gestión convencional en cuencas han intentado desarrollar resultados sostenibles, aún persisten debilidades en los impactos y cambios a diferentes niveles y escalas. Por lo tanto, los procesos de largo plazo requieren de ajustes en sus diferentes fases, las múltiples variables y la acción integrada requiere de un nuevo estilo de gestión.

La búsqueda de nuevas soluciones requiere de una mayor concertación e integración de esfuerzos conjuntos de “todos los actores” valorando las responsabilidades y roles según los intereses y motivaciones para manejar una cuenca. Esta cogestión debe impulsar la innovación basada en aprendizajes conjuntos, que permitan fortalecer la visión y acción integral que se requieren para lograr impactos en manejo de cuencas (Jiménez *et al* 2006).

La cogestión de cuencas, por lo tanto, surge como vía para establecer la gestión conjunta, compartida y colaborativa, mediante la cual, diferentes actores locales como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes integran esfuerzos, recursos, experiencias y conocimientos para desarrollar procesos dirigidos a lograr impactos favorables y sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo (Jiménez *et al* 2006).

La cogestión 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 (Faustino *et al* 2007).

La cogestión también 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 (Jiménez *et al* 2006).

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. Mediante la cogestión, también se contribuye a la toma de mejores decisiones a diferentes niveles y la institucionalización de conceptos, actitudes, valores y herramientas para la gestión sostenible de los recursos naturales y el ambiente (Jiménez *et al* 2006).

El modelo de cogestión es alternativo a las diferentes estrategias posibles en la gestión de cuencas, sin embargo su principal diferencia será el poder integrar esfuerzos, desarrollar una visión y acción colectiva y un nuevo estilo en la toma de decisiones (Faustino *et al* 2007).

2.1.5. Importancia del agua en el manejo integrado de cuencas

Desde hace varias décadas se han ido incrementando las presiones sobre el uso de los recursos naturales en las cuencas. El aumento de la demanda de agua para fines urbanos y productivos, superando en algunos casos, la oferta natural de las cuencas. Igualmente se ha expandido la ocupación territorial creciendo exponencialmente los daños potenciales por inundación y deficiencias en el drenaje urbano, además de graves problemas de contaminación (Iannizzotto 1996).

Frente a esta problemática se han creado metodologías preventivas concomitantes y correctivas para evitar o disminuir el deterioro en los recursos naturales y el ambiente en general. Una de las más difundidas es el manejo integral de cuencas hidrográficas, esta se concreta mediante acciones técnicas y sociales para armonizar el medio ambiente con la población, ha esto se le suman las medidas políticas, legales y de coordinación entre agencias públicas y privadas involucradas en este quehacer (Magnani 1996).

En la mayoría de los países de la región, la responsabilidad de administrar los recursos hídricos está mayormente dispersa, fragmentada y carente de mecanismos de coordinación intersectorial. A su vez, las estructuras tradicionales de administración a nivel nacional tienden a ser centralizadas, con escasa participación de los usuarios, los gobiernos locales y otros actores. Los efectos de esa administración fragmentada, descoordinada y poco participativa se manifiestan con mayor fuerza a nivel de cuencas (Dourojeanni *et al* 2002).

La sociedad percibe aún muy lentamente que ha adquirido un compromiso permanente con el entorno para manejarlo y mucho menos piensa que debe pagar por eso (mejor dicho, dejar de ganar un poco hoy para poder seguir teniendo un ingreso a largo plazo), aun cuando su existencia dependa de mantener las fuentes de agua.

Esta situación la prueban los innumerables casos de sobreexplotación de agua subterránea, sin que aparentemente ni la sociedad ni los propios responsables de la gestión y uso del agua, se preocupen de evitarlo (Dourojeanni 2005).

Para poder tomar acciones, previamente hay que evaluar el peligro de contaminación de un acuífero, es decir la probabilidad de que un acuífero se contamine con concentraciones superiores a los valores guía de la OMS para agua potable. Dicho peligro depende de la vulnerabilidad del acuífero a la contaminación, la cual está determinada por las características naturales intrínsecas de las capas geológicas sobre el acuífero, y de la carga de contaminantes al subsuelo que se genera en la superficie del terreno (Dourojeanni 2005).

El agua es el recurso integrador que une y articula todas las interacciones desde la parte alta, media, baja y costero-marina de la cuenca. En el agua se manifiestan en términos de calidad, cantidad y disponibilidad las acciones que el ser humano realiza en la cuenca, estas acciones pueden contribuir tanto a deteriorar el recurso agua como también a lograr una gestión integral y sostenible del recurso hídrico.

2.2. Gestión del recurso hídrico

La Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) ha sido definida por la Asociación Mundial del Agua (GWP 2000) como un proceso que fomenta el desarrollo y gestión coordinados de los recursos de agua, tierra y los recursos relacionados, con el fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

La definición de la GIRH plantea en forma implícita un primer nivel de gestión que parte de la necesaria coordinación entre los distintos entes competentes en materia de agua, así como de otros recursos naturales. Sin embargo, en Centroamérica, la gestión institucional se caracteriza por la dispersión de competencias entre diferentes entidades que tienen muy poca coordinación entre sí (Ballesteros 2005).

La GIRH es considerada como el medio para proveer seguridad en el abastecimiento del agua, para crear políticas y prácticas hídricas sostenibles, así como para evitar los peligros que comprometen el sistema hídrico (Rees 2006), mediante la planificación coordinada del acceso, aprovechamiento y conservación del recurso agua (Ballesteros 2005).

La GWP (2000) señala que en el marco y enfoque de la GIRH se reconocen elementos complementarios de un sistema de manejo de recursos de agua efectivo, los cuales debieran desarrollarse y fortalecerse concurrentemente. Estos elementos complementarios incluyen (Figura 1):

- El ambiente propicio, el marco general de las políticas nacionales, legislaciones y regulaciones y la información del manejo de los recursos de agua para los interesados.
- Los roles institucionales y las funciones de los varios niveles administrativos y los interesados.
- Los instrumentos de manejo, incluyendo instrumentos operacionales para una regulación efectiva, monitoreo y cumplimiento que permite a los gestores de política realizar elecciones informadas entre distintas alternativas de acción. Estas elecciones deben basarse en políticas acordadas, recursos disponibles, impactos medioambientales y consecuencias sociales y económicas.

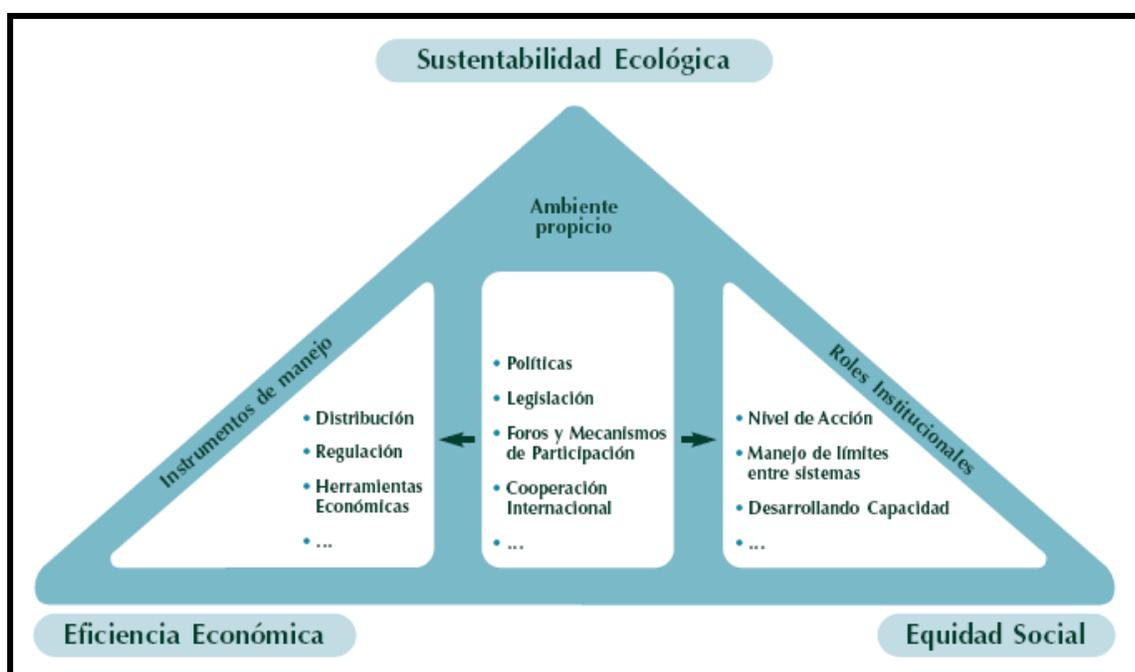


Figura 1. Marco general para la GIRH

Fuente: GWP 2000

2.2.1. Las juntas de agua en Nicaragua

En todos los países centroamericanos existen grupos comunales cogestionarios y/o autogestionarios organizados con el propósito de brindar servicios de agua potable a sus comunidades en zonas donde no se provee dicho servicio por parte de entidades estatales; y generalmente ubicados en zonas periurbanas y rurales. En cada país tienen diferentes denominaciones pero tienen orígenes, estructuras y competencias bastante similares (FANCA 2006).

Generalmente han sido los gobiernos centrales o los municipios quienes han construido y administrado los acueductos en las principales ciudades, así como en los centros de población que funcionan como cabeceras municipales. Sin embargo, otros poblados o caseríos, por su tamaño o su ubicación geográfica, simplemente quedaban sin acceso a estos sistemas (FANCA 2006).

En Nicaragua los comités de agua tienen sus orígenes en los años 70, con el Plan Nacional de Saneamiento Ambiental Rural (PLANSAR) del Ministerio de Salud, donde las obras se realizaban en las comunidades rurales sin preparar ni organizar a la población para darles seguimiento y garantizar la sostenibilidad de los acueductos.

Con el fin de institucionalizar el apoyo a las comunidades, el Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA) crea la Dirección de Acueductos Rurales (DAR) en 1982. Posteriormente se crea la Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL) y la Dirección de Acueductos Rurales (DAR) como unidad ejecutora centralizada, se impulsa la implementación de tecnología adecuada, con carácter de participación comunitaria, alcanzando una cobertura del 17% de la población rural. En 1990 inició el proceso de transferencia de responsabilidades y tareas de operación y mantenimiento de agua potable y saneamiento hacia los gobiernos municipales. La entidad clave en el proceso de ejecución y gestión de los sistemas es el Comité de Agua Potable y Saneamiento (CAPS), organizado en cada comunidad, estos son capacitados y fortalecidos durante este proceso (FANCA 2006).

Parte de las funciones de los CAPS son vigilar y proteger las fuentes de abastecimiento del sistema, evitar su contaminación y ayudar a la protección de las cuencas hidrográficas de la localidad. Los proyectos de protección de cuencas, microcuencas o subcuencas que han desarrollado algunas instituciones han permitido que las fuentes de agua mantengan la producción en época seca y sigan abasteciendo a las comunidades (FANCA 2006).

Por lo tanto, se ha avanzado en la organización de las comunidades beneficiadas, lo que ha facilitado la capacitación de los mismos comunitarios para hacer sostenibles los proyectos de acueductos. Así mismo se han capacitado técnicamente para manejar no solo el acueducto, sino el suelo y el bosque, construyendo obras sencillas de retención de escorrentías, muros de contención para proteger las áreas de influencia y afectaciones de las fuentes de agua, también para evitar los desastres por inundación que afectan a las comunidades y sus bienes dentro de las microcuencas o subcuencas (FANCA 2006).

2.3. Áreas de sensibilidad ambiental y social (ASAS)

Un área de sensibilidad ambiental y social es una porción del paisaje que contiene rasgos naturales o culturales que son importantes para el funcionamiento del ecosistema, y que puede ser afectada negativamente por actividades humanas. Un ASAS puede incluir rasgos físicos, biológicos, culturales o sociales. El principal objetivo del análisis y mapeo de ASAS es contribuir a la planeación proactiva a través de la asignación de áreas sensibles. Los tipos de ASAS incluyen: humedales, zonas ribereñas, especies raras o amenazadas, hábitats de vida silvestre, áreas inundables, pendientes inestables y zonas de recarga de acuíferos subterráneos (Brown *et al* 2008)

Mapas de inventario de recursos naturales aportan la base para un análisis de ASAS. Las unidades de suelo se ordenan de acuerdo con criterios usualmente identificados por un grupo interdisciplinario. Ejemplo de criterios incluyen: tamaño, rareza, riesgo geológico, diversidad, productividad, salud pública e importancia histórica. La participación pública en la designación de ASAS es un factor crítico para su éxito y aporta un conocimiento valioso sobre la cuenca.

Los sistemas de información geográfica se utilizan para sobreponer mapas en los que cada unidad de suelo tiene una clase de ASAS asignada. Los mapas de ASAS son útiles para desarrollar un plan comunitario completo, ordenamiento de zonas, diseño de zonas de vivienda, identificación de áreas de conservación y guías específicas de manejo (Brown *et al* 2008).

Esta metodología es muy importante para determinar zonas ambientalmente sensibles y así priorizar acciones para su manejo y gestión, dentro del marco del Programa Integrado de Manejo de Cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento (PIMCHAS) adscrito al MARENA, desarrollado en Nicaragua y en particular en la subcuenca del río Viejo, la microcuenca en estudio presentó una alta sensibilidad en el indicador de acceso a agua potable, por consiguiente se tienen que orientar acciones para lograr uno de los objetivos del milenio “llegar para el 2015 a la mitad de las poblaciones el servicio de agua potable y saneamiento”, asegurándoles el agua a la población estaríamos asegurando tanto en calidad, cantidad y sostenibilidad el recurso, esta es una incógnita para lograr la gestión integral del recurso hídrico que desarrolla MARENA-PIMCHAS.

2.4. Marco legal para la gestión de recursos hídricos

Distintos sistemas de políticas, legislación y administración de los recursos naturales, demuestran una gran variedad de regímenes, formas y conceptos fundamentales. Esto nos refiere a la administración de los recursos naturales y régimen legal de los recursos hídricos, a la reglamentación de su aprovechamiento y al marco institucional necesario para el gobierno y controlador de los usos individuales y su función comunitaria (Magnani 1996).

Las deficiencias de los sistemas existentes actualmente, constituyen herencias de un pasado que reguló la legislación y administración de los recursos naturales en forma sectorial. Concretamente se enfatizó en el recurso hídrico y dentro de éste los enfoques se orientaron a regular cada caso, esto llevó a la proliferación de cuerpos legales sectoriales y a la abundancia de agencias administradoras de los distintos usos del recurso hídrico (Magnani 1996).

Por lo cual el manejo integrado de los recursos hídricos plantea la necesidad de desarrollar marcos jurídicos e institucionales adecuados que integren, armonicen y coordinen las competencias y funciones de los distintos entes del Estado con atribuciones sobre el agua a través de autoridades rectoras de carácter nacional, que puedan establecer los grandes lineamientos estratégicos, así como las políticas, planes y programas desde una perspectiva integral (Ballesteros 2005).

Se requiere un marco jurídico que permita el ejercicio eficiente de las competencias de los distintos entes del Estado, separando aquellos con funciones operadoras de los que tienen atribuciones rectoras y de planificación, pero que además permita un esquema de manejo descentralizado. Resulta fundamental en este esquema, la adecuada interrelación y articulación entre los distintos niveles de gestión, diferenciando y delimitando las competencias y atribuciones de los entes nacionales de aquellos estructurados en función de las cuencas hidrográficas o de unidades territoriales menores como son los gobiernos locales (Ballesteros 2005).

Dentro del contexto de la gestión integrada del recurso hídrico (GIRH), el marco legal son las reglas a seguir para cumplir las políticas y metas en el manejo del recurso hídrico. Considera los derechos de uso y acceso al agua, la legislación con relación a la calidad del agua y la reforma a la legislación existente que se deba realizar en caso necesario.

La existencia de un marco legal permite reconocer los derechos y responsabilidades de los usuarios y proveedores del recurso hídrico y el rol del estado, además se facilita la asignación del recurso procurando su sostenibilidad. El contar con un marco legal permite realizar reformas cuando los derechos del recurso hídrico son asignados de manera injusta,

cuando estos no reflejan el valor de la provisión, o el papel administrativo de grupos sociales específicos (GWP 2000).

En el caso de Nicaragua el marco legal principal para el manejo y gestión del recurso hídrico lo constituye el Decreto 107-2001 Política Nacional de los Recursos Hídricos publicado en la Gaceta No. 233 del 7 de diciembre del 2001, la Ley 620 Ley General de Aguas Nacionales publicada en la Gaceta No. 169 del 4 de septiembre del 2007 y su reglamento Decreto 106-2007 publicado en la Gaceta No.214 del 7 de noviembre del mismo año.

2.5. Fuentes de agua

La creciente disminución de fuentes de agua de calidad para los diferentes usos (consumo humano, riego, etc.) resalta la importancia de la conservación del agua además de la del suelo. Debido a la estrecha relación entre suelos y cantidad y calidad del agua se justifica que el uso, manejo y conservación de suelos y recursos hídricos se enfoque en forma integrada (Pla Sentís 2005).

La demanda creciente para uso doméstico, municipal e industrial, agota las fuentes de agua cercanas a los grandes centros urbanos e impone la necesidad de aprovechar fuentes de agua, cada vez más distantes y costosas, a menudo privando de este recurso a las zonas rurales próximas y causando graves efectos económicos, sociales, culturales y ambientales sobre las zonas desde las cuales el recurso se transfiere (Dourojeanni y Jouravlev 1999).

Los sistemas de captación de agua dulce dependen en gran parte de lagos, ríos y embalses superficiales así como de aguas subterráneas como fuentes primarias de obtención de agua. Cuando estas fuentes de agua se contaminan la inversión para el control de dicha contaminación, para mantener la salud pública, así como para proteger otros usos, se incrementa grandemente debido a los costos adicionales de monitoreo, tratamiento de la contaminación y eliminación de sedimentos (Dourojeanni y Jouravlev 1999).

En general una fuente de agua es todo cuerpo de agua superficial y subterráneo, disponible o potencialmente disponible para poderla utilizar en cantidad suficiente y de calidad aceptable, en un emplazamiento determinado y durante un período de tiempo adecuado para satisfacer una demanda identificable (UNESCO y OMM 1998).

2.6. Zonas de recarga hídrica

El marco legal de Nicaragua define este término según la reforma a la ley 217 Ley del Medio Ambiente y los Recursos Naturales como la parte alta de la cuenca donde se origina el ciclo hidrológico fundamental, mediante los mayores aportes de infiltración del agua de lluvia en el subsuelo (La Gaceta 2008).

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 o de un acuitardo (Carrica y Lexow 2004).

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 semiempírica de las fórmulas utilizadas, la simplificación de las variables y de los procesos y errores en las mediciones de calibración (Carrica y Lexow 2004).

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 sistema acuífero en consideración (Custodio 1998).

Los acuíferos se recargan principalmente a través de la precipitación en “suelos de alta capacidad de infiltración” o rocas superficialmente permeables. Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son explotados (Losilla 1986).

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 descarga de un acuífero a un río es un fenómeno habitual como también es frecuente lo contrario, la recarga de un acuífero por un río. Existe, por tanto, 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 dependerá del espesor y profundidad; esto se refiere a la “geometría de los acuíferos solos, en conjunto o interconectados” (Faustino 2006).

Los acuíferos recargan en cualquier área en que: a) exista suelo o roca permeable en superficie, b) que esté en comunicación hidráulica con los acuíferos, y c) que esté temporalmente en contacto con agua. Todos estos factores definen la recarga, ocurren en diferentes grados relativos en las capas que sobreyacen a los acuíferos. Para conocer y delimitar las principales zonas de recarga de un acuífero y su mecánica de funcionamiento, se necesitan muy variados y específicos estudios hidrogeológicos (Losilla 1986).

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

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

Zonas de recarga hídrica superficial: prácticamente es toda la cuenca hidrográfica, excluyendo las zonas totalmente impermeables. Es la zona 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: 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 de igual manera que en el caso anterior y puede ocurrir después de las lluvias y en épocas secas, cuando el agua proviene de los 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: corresponde a las zonas de la cuenca (sitios planos o cóncavos y rocas permeables), en la 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 sobterránea: 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.

Según la condición hidrogeológica (calidad del acuífero) las zonas de recarga se pueden clasificar en (Faustino 2006):

Zonas de buen acuífero: tiene buena capacidad de almacenamiento y conducción.

Zonas de acuífero pobre: tiene poca capacidad de almacenamiento.

Zonas acuitardas: almacenan agua, pero no favorece su aprovechamiento.

Zonas impermeables: no tienen ninguna capacidad de almacenamiento de agua.

El mal manejo de los recursos naturales consecuentes del desarrollo, el crecimiento demográfico, urbanístico, industrial y la expansión de las fronteras agropecuarias conducen a los siguientes efectos e implicaciones en los acuíferos (Cuadro 1):

Cuadro 1. Efecto de la actividad antrópica sobre los acuíferos.

Actividades	Implicaciones en el acuífero
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Mayor explotación de las aguas subterráneas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Descenso de niveles de agua. ➤ Mejoramientos del drenaje en tierras bajas (control de inundaciones). ➤ Aumento en costos de bombeo. ➤ Intrusión de aguas salinas en zonas costeras (degradación). ➤ Disminución de descargas naturales (manantiales, flujos base).
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Impermeabilización de suelos (zonas de recarga). ➤ Deforestación (compactación de los suelos por lluvia y erosión por mayor escorrentía superficial). ➤ Construcciones (urbanizaciones, carreteras). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Menor recarga (menor potencial de los acuíferos, aumento de la escorrentía superficial y erosión en zonas de recarga).
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Intensificación de actividades humanas. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Contaminación de agua y suelo.

Fuente: Losilla 1986

2.7. Zona de protección de fuentes agua y zonas de recarga hídrica

La protección y conservación integral de los sistemas de abastecimientos de agua, desde las zonas de recarga y captación hasta los efluentes finales, provocan un impacto positivo que repercute de manera importante en la salud de la población (Castro *et al* 2004).

Las áreas de protección constituyen limitaciones de uso cuyo objetivo es el de garantizar el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado mediante la protección de las fuentes de agua (Aguilar y Jiménez 2005).

Las zonas o áreas de protección son espacios de importancia para la conservación, renovación, aprovechamiento y desarrollo del recurso hídrico, dadas sus características físicas, geográficas, geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, o de cobertura vegetal. La creación o declaratoria de estas áreas se da en nuestro ordenamiento a través de leyes y decretos (Aguilar y Jiménez 2005).

Estas se crean cuando se busca la protección del suelo, la regulación del ciclo hidrológico y la conservación del ambiente y de las cuencas hidrográficas (CEDARENA 2004).

La protección de las fuentes de aguas se está convirtiendo en motivo de creciente preocupación mundial (UN-WWAP 2006). El valor de la protección de la zona de captación para los usuarios de aguas - abajo y el valor de las áreas de recarga de aguas subterráneas, no ha sido incorporado adecuadamente por las metodologías de planificación (GWP 2000).

Para consolidar una zona de protección es necesario diseñar e implementar un plan de manejo, el cual tiene que hacerse respetar, con el fin de cumplir objetivos que se tuvieron a la hora de declarar la zona (CEDARENA 2004).

Las áreas de protección fueron creadas con el objetivo de asegurar que se mantengan las condiciones químicas, físicas y biológicas adecuadas para la continuidad del ciclo hidrológico en tanto, son áreas en las que se debe conservar la cobertura boscosa y la vegetación y en las que no se pueden realizar actividades humanas que pongan en peligro la calidad del agua. Estas son áreas que bordean nacientes, ríos, las áreas de recarga acuífera, así como otros cuerpos de agua con el fin de protegerlos (CEDARENA 2004).

El marco legal de Nicaragua (La Gaceta 2007a) define a la zona de protección como la faja de terreno que rodea la infraestructura hidráulica de propiedad nacional e instalaciones conexas, cuando dichas obras se consideren estratégicas o de seguridad del Estado, en la extensión que en cada caso determine la ANA o el Organismos de Cuenca, respectivo. Además define las zonas de reserva como la limitación de derechos de uso y aprovechamiento de una porción de los recursos hídricos para implantar programa de restauración, conservación o preservación del recurso hídrico u otra causa que considere el Estado.

2.8. Planificación del territorio

Los límites de vertientes no suelen coincidir con los socioculturales y políticos, y por esta razón, las vertientes en general no se pueden gestionar como una unidad. Existen muchos límites humanos dentro y a través de una vertiente, como fincas individuales, pueblos, tierra sagrada, grupos étnicos y límites provinciales. Dada la disonancia entre la perspectiva a partir de la vertiente y las realidades políticas y económicas, es importante involucrar a los grupos interesados que representen todos los puntos de vista (UICN 2000).

Las comunidades locales, incluyendo hombres, mujeres y niños, gobiernos provinciales, instituciones técnicas, organizaciones no gubernamentales (ONG) y (en circunstancias pertinentes) agencias donantes, deberían trabajar juntos para definir el problema y para planificar y gestionar la base de recursos naturales. De este modo, los objetivos globales de conservación, manejo sostenible y mitigación de la pobreza se entrelazan tanto con objetivos locales como con el desarrollo de sistemas de manejo adaptados y localmente pertinentes (UICN 2000).

La planificación es un instrumento para la gestión y no un fin por si mismo. La planificación tradicional suele basarse en grandes metas cuantitativas de producción o de ejecución de ciertas obras o acciones. El desarrollo de cuencas de montaña debe basarse más en la búsqueda de equilibrios que en el alcance de metas prefijadas. Por ello la planificación debe ser un proceso continuo al servicio de la gestión (CEPAL 1987).

2.8.1. Finca como una unidad de intervención

En primera instancia es necesario clarificar que se mantiene la visión integral de la cuenca como sistema, como unidad de análisis para la planificación y sobretodo para evaluar los efectos e impactos globales. En términos prácticos, una unidad de intervención importante es la finca, ya que este es el lugar principal de encuentro con el dueño y productor de esta unidad, allí es donde se implementan las prácticas de conservación y producción y es el lugar de comienzo para la valoración de los resultados del manejo de cuencas.

En otros casos la unidad de intervención es el marco legal, institucional, político, organizativo, gobernabilidad, de los cuales se intervendrá de acuerdo a las circunstancias u objetivos del estudio o investigación.

En la finca se aplican las decisiones tomadas para manejar el uso de la tierra y de ella dependen las subsistencia de las familias. La integración de fincas bien manejadas en un marco de planificación de los sistemas de producción permitirá avanzar hacia el proceso sostenible de manejo de las cuencas (Faustino 1999).

2.8.2. Planificación de fincas

La causa primordial de la pérdida de agua dulce es la degradación del medio ambiente (en particular la urbanización, la deforestación, la erosión de los suelos, las obras de ingeniería en gran escala, tales como las presas y la contaminación generalizada), impulsada por el rápido aumento de la población y por tendencias de desarrollo, tanto planificado como no planificado, poco prudentes (Bucher *et al* 1997). Se considera que muchos ecosistemas de agua dulce carecen de utilidad; esta ignorancia ha contribuido y promovido la destrucción y degradación de estos ecosistemas, además, hay una falta de conocimiento del vínculo que existe entre la utilización del recurso hídrico y los ecosistemas que abastecen del agua (Bucher *et al* 1997).

La planificación de la finca es una herramienta importante para incrementar la producción, mejorar el bienestar de nuestra familia y conservar los recursos naturales. Con la planificación podemos mejorar el manejo de lo que tenemos e introducir actividades nuevas que mejorarán el bienestar de los hogares y comunidades rurales (Mora e Ibrahim, en línea).

La planificación de finca puede ser definida como el ordenamiento del uso, manejo y conservación del suelo y agua, en las dimensiones de espacio y tiempo, tomando en cuenta los recursos disponibles y condiciones del entorno, orientado a una optimización de las condiciones socioeconómicas y ambientales (CENTA 2002). Este se elabora conjuntamente con toda la familia, respetando sus intereses, sus necesidades y sobretodo, potenciando lo que tiene en el terreno (Visión Mundial 2004).

En la planificación se toma como base al factor humano y los materiales disponibles y necesarios; en este sentido es muy importante tener en cuenta los recursos localmente disponibles y no los que más escasean. En la planificación se debe tener en cuenta las alternativas de solución a bajo costo, ir de lo pequeño a lo más grande y solucionar los problemas progresivamente (Paredes 2003).

La introducción de mejores prácticas de producción, manejo de microcuencas, protección y conservación de fuentes de agua y manejo sostenible de suelos, en el ámbito de fincas de pequeños y medianos productores, ha sido concebida como una prioridad por los actores locales (Pérez *et al* 2005).

Los objetivos que percibe la planificación de fincas según el CENTA (2002) son:

- Mejorar el uso de la tierra según criterios biofísicos y socioeconómicos.
- Proyectar en el espacio y tiempo las diferentes actividades a implementar y visualizar sus costos, beneficios, ubicación y áreas, entre otros factores.
- Aprovechar mejor el espacio disponible y optimizar el uso y manejo del agua para múltiples finalidades.
- Integrar los rubros del sistema de producción y reciclar la materia orgánica y los nutrientes, todo ello con el fin de mejorar el suelo, conservar el agua y reducir la dependencia por insumos externos.
- Generar productos en la finca con posibilidades en el mercado.
- Aumentar y distribuir los ingresos y el empleo de mano de obra durante la mayor parte del año.
- Facilitar la aplicación de sistemas simples de registros de rendimientos y costos de producción de cada rubro, que permita contar con la información mínima para orientar la actividad productiva y la toma de decisiones.

Paredes (2003) menciona que para planificar la finca, se necesita responder las siguientes preguntas:

- ¿Qué características agroecológicas y biofísicas tiene las diferentes partes de la finca?
- ¿Qué se produce en la actualidad y con que tecnologías?
- ¿Qué se desearía producir en el futuro?
- ¿Cómo mejorar lo que se hace actualmente?
- ¿Qué recursos e insumos son necesarios?
- ¿Se puede contar con todos los recursos e insumos requeridos?
- ¿Qué alternativas existen si los recursos son insuficientes?
- ¿Cuáles son los recursos estratégicos que tiene la finca?
- ¿Cuáles son las mejores opciones para combinar producción, protección y sostenibilidad?

Luego de responder estas interrogantes se recomienda seguir con los pasos de la planificación, estos varían de acuerdo a la metodología que quiera establecer el investigador o extensionista, en general cualquier metodología busca los mismos objetivos.

2.8.3. Pasos para la planificación de fincas (adaptado de CENTA 2002 y PRODES 2003)

La planificación de finca se realiza a través de los siguientes pasos:

- Identificación de la finca.
- Realización de un diagnóstico socioeconómico y biofísico.
- Análisis de la información recolectada y asignación del uso óptimo de la tierra, considerando oportunidades de mercado, relaciones de producción, protección y conservación.
- Planificación de prácticas de manejo del suelo y agua y la cobertura vegetal.
- Ejecución del plan.
- Seguimiento y evaluación.

Identificación de la finca

Se refiere a información general de la finca, la cual incluye aspectos como el nombre del propietario, ubicación (departamento, municipio, microcuenca, cantón y caserío), se debe incluir un plano o mapa de la finca.

Diagnóstico de la finca

Un requisito previo para la planificación de una finca es disponer de información sobre las características del productor o productora y su familia (número de hijos/as, edades, ingresos, acceso al crédito, etc.), sobre los recursos naturales disponibles (clima, suelo, agua, vegetación), el sistema de producción que tiene (cultivos, crianzas, tecnología, mano de obra, etc.), ya que para proponer cambios en el uso y manejo de los recursos naturales hay que conocer, analizar e interpretar lo que se dispone en la unidad productiva.

También es necesario saber las oportunidades de mercadeo y comercialización, las oportunidades de integrarse a cadenas de valor. Esta información se obtiene a través de un levantamiento de las variables socioeconómicas y biofísicas, las cuales servirán como base para las recomendaciones de cambio en el sistema de producción existente.

Diagnóstico socioeconómico

El propósito del diagnóstico es identificar las características económicas más sobresalientes de la finca acompañado de aspectos sociales de la familia. A continuación se mencionan las variables socioeconómicas más importantes que necesitan ser caracterizadas en el diagnóstico, las cuales servirán para conocer y proponer soluciones para el cambio y desarrollo de los sistemas de producción.

Tamaño de la propiedad: permite tener una noción sobre los rubros que pueden ser desarrollados y su intensidad de manejo o forma de explotación (extensiva, semi-extensivo, semi-intensivo o intensiva), permite conocer las áreas en las cuales se pueden efectuar los cambios.

Tenencia de la tierra: esta variable da ha conocer el estado de legalidad de la finca, ya que si el productor/a es propietario las opciones productivas se amplían, además, surgen las posibilidades de inversión en infraestructura, tales como: galeras, sistemas de riego, captación y almacenamiento de agua.

Al contrario, si los productores/as son arrendatarios, las opciones productivas se reducen a los cultivos de ciclo corto y no existen mayores compromisos con la conservación y mejoramiento de los recursos naturales. En el caso de las fincas que cuentan con un propietario y arrendatarios, el plan debe ser concertado entre ambas partes, puesto que las formas de uso y manejo son decisiones de ambos, dependiendo de la variable. La cantidad, calidad y ubicación de la tierra otorgada en alquiler la define el propietario, el cual también llega a definir qué sembrar, principalmente cuando se trata de producir rastrojo para el ganado. El cómo manejar el rubro normalmente lo define el arrendatario.

Localización de la vivienda del propietario: con esto se busca saber si el propietario vive dentro de la finca, ya que si fuese así las opciones del plan son diferentes de cuando el estuviese viviendo lejos de la finca. Por ejemplo, la crianza de animales, el cultivo de especies no tradicionales, la instalación de equipos en el campo se ven limitados si el propietario o productor viviera fuera de la finca.

Mano de obra: con esta variable se conoce la disponibilidad y el tipo de mano de obra (familiar ó no) que posee el propietario tanto dentro como fuera de la unidad de producción.

La planificación debe considerar la disponibilidad de mano de obra familiar como la base del desarrollo del plan de finca. La familia con limitada mano de obra y que carece de posibilidades de pago de jornales debe centrarse inicialmente en rubros que demanden poca mano de obra y presenten buena rentabilidad, que posibilite la contratación en el futuro. Igualmente, se debe considerar la disponibilidad de mano de obra en la zona.

Muchas veces, aunque haya capacidad de contratación, la mano de obra puede no estar disponible, principalmente en lugares cercanos a centros urbanos e industriales, que absorben mano de obra con ventajas comparativas.

En el análisis de la mano de obra familiar debe considerarse la edad de los hijos, asistencia a la escuela y la carga laboral de las mujeres. En este sentido, el plan no debe promover el trabajo infantil, mucho menos privar a los niños de frecuentar la escuela. Tampoco debe aumentar la carga laboral de la mujer, sin tomar en cuenta otras iniciativas que puedan mejorar sus condiciones de trabajo y de vida.

En una finca con poca disponibilidad de mano de obra, se requiere de más tiempo para implementar las acciones de cambio. Al contrario, en las fincas con elevada disponibilidad de mano de obra familiar se pueden ejecutar cambios a más corto plazo.

Sin embargo, no basta solamente disponer de la mano de obra suficiente en términos de cantidad. Es necesario también disponer de capacidades y habilidades para manejar adecuadamente los cambios y nuevos rubros que se introduzcan en los sistemas de producción. De ello dependerá en gran medida el éxito o fracaso del proceso. Si el productor/a no cuenta con suficientes conocimientos o habilidades, el plan de finca deberá empezar con parcelas pequeñas de las prácticas o rubros que ha decidido adoptar y contar con un estrecho seguimiento por parte del técnico.

El mejoramiento del uso, manejo y conservación de los recursos naturales requiere cambios de actitud de los productores y productoras para manejar sus sistemas de producción, nuevos conocimientos y habilidades y hasta modificaciones de algunos de sus hábitos de vida. Por ello, los cambios tecnológicos son lentos y requieren pasar por la conciencia para que los cambios de actitudes puedan darse.

Una forma eficaz de provocar cambios más rápidos es a través de la promoción de acciones que tengan impacto positivo inmediato sobre la calidad de vida de la gente y que traigan incluidos aspectos de mejoramiento ambiental.

Esto último se refiere a la conservación introducida de manera indirecta en el sistema de producción. De esta forma, los cambios tienden a ser más sostenibles, socioeconómica y ambientalmente hablando.

Uso actual de la tierra: el uso actual de la tierra en la finca, representado por las áreas de cultivos, pastos, criaderos, barbechos, bosques, construcciones y otros, confrontado con su capacidad, permite visualizar áreas de uso correcto y áreas con conflictos de uso. Un análisis de los rendimientos, costos y utilidades de cada tipo de uso, así como el estado de deterioro de la tierra, ayuda a definir si el uso es adecuado o no.

La identificación de las prácticas de manejo en cada tipo de uso permite identificar las buenas experiencias, las cuales deben ser extendidas, así como las malas experiencias, que deben ser corregidas y evitadas. Es conveniente realizar un diagnóstico por separado de la parte agrícola, pecuaria y forestal, recolectando información detallada de los aspectos básicos de cada subsistema. En la parte agrícola, la información sobre cada rubro debe incluir:

- Áreas sembradas por rubro.
- Fechas de siembra de cada rubro.
- Variedades utilizadas.
- Lugar de acceso a los insumos.
- Mano de obra familiar o contratada.
- Fertilización: fertilizantes, cantidades, épocas, forma de aplicación.
- Formas de control de malezas, plagas y enfermedades.
- Prácticas amigables con el ambiente.
- Áreas de protección-conservación
- Rendimientos obtenidos.

De igual forma, en el área pecuaria, la información mínima levantada para cada rubro deberá ser la siguiente:

- Tamaño de la explotación: número de animales, hembras, machos, etc.
- Raza, especie o línea.
- Aspectos relevantes de manejo: plan profiláctico, manejo libre o estabulado, alimentación (época lluviosa y seca).
- Tipos de alimentos, autóctonos o comprados fuera.
- Prácticas amigables con el ambiente
- Áreas de protección-conservación
- Productividad obtenida.

En la parte forestal, se debe levantar información sobre:

- Presencia y desarrollo de las especies forestales.
- Manejo que se realiza (podas, desbaste, fertilizaciones, aprovechamiento).
- Tipo de sistema agrosilvopastoril (árboles a contorno, dispersos, linderos, etc.).
- Usos principales (madera, leña, postes, tutores, forraje, flores para miel, etc.).
- Prácticas amigables con el ambiente.
- Áreas de protección-conservación
- Productividad obtenida.

Costos de producción: la determinación de los costos de producción de los rubros actuales es importante para determinar la rentabilidad del sistema de producción y detectar las actividades que más están influyendo en los resultados y en las que vale la pena poner atención. La información detallada de los costos es clave para recomendar acciones orientadas a aumentar la eficiencia del sistema. Igualmente, es importante tomar en cuenta cuándo se realizan los gastos, para poder calcular un flujo de caja para el sistema.

Estrategias de mercado y cadenas de valor: identificar posibles nichos de mercado (convencional, ecológico, orgánico) para los productos generados en la finca, ya que es de vital importancia para los productores, teniendo en cuenta los precios actuales que están influenciados por la falta de alimento en el mundo y por los altos precios de los hidrocarburos. Es importante determinar los niveles de consumo de la microcuenca respecto a los alimentos producidos dentro de ella. Esta información es clave para lograr vender los productos a buen precio y así las familias rurales puedan lograr un mejor nivel de vida y la sostenibilidad de su finca.

Diagnóstico biofísico

Incluye el levantamiento de la información sobre las variables de clima, paisaje, suelo, agua y vegetación, las cuales pueden ser útiles para definir los mejores tipos de uso y manejo de cada unidad de tierra (lote homogéneo) dentro de la finca.

Información climática: al nivel de una pequeña finca, el clima casi nunca es muy variable de un lote a otro, a excepción de cuando hay mucha diferencia de altitud. Además, es muy difícil contar con información climática a nivel de finca, por lo que la información que se puede obtener es para un nivel de zona o región donde la finca está ubicada.

Sin embargo, algunas informaciones pueden ser suministradas por los mismos agricultores, en cuanto a presencia o ausencia de vientos, la duración promedio del periodo seco, la época más común de la canícula y su duración, entre otros aspectos.

Pendiente del terreno: es el grado de inclinación del terreno en relación a un plano horizontal imaginario y se expresa en grados o porcentaje. La pendiente es el factor del paisaje cuyo significado agrícola quizás sea el más importante, ya que influye fuertemente sobre las posibilidades de uso y manejo de la tierra. La pendiente condiciona fuertemente el suelo a la erosión, influye en la posibilidad de mecanización y en el rendimiento de trabajo agrícola. En el anexo 1 se presentan los rangos de pendiente que se sugiere cuantificar en el campo con una ligera interpretación de su significado para fines técnicos.

Fertilidad: es el conjunto de factores de naturaleza física, química y biológica, los cuales actúan de manera interactiva y definen en gran medida el potencial del suelo para la producción vegetal, para determinar las estrategias a implementar y los cultivos para el mejoramiento de la finca.

Sin embargo, un aspecto clave es la introducción de cultivos que mejoren el suelo e influyan positivamente sobre los contenidos de materia orgánica y nutrientes en los sistemas de producción. También es importante considerar el empleo de especies y variedades que aporten mayor biomasa al sistema y la permanencia de sus residuos (rastros) para promover el equilibrio biológico y potenciar el reciclaje de materia orgánica y nutriente.

Las prácticas de manejo orientadas al reciclaje y mantenimiento de la materia orgánica favorecen la biología del suelo, y esta, las condiciones físicas del perfil para crecimiento radicular de las plantas, su desarrollo y producción. A su vez, el mayor desarrollo vegetal significa más biomasa reciclable y mejores condiciones para los organismos del suelo. Por estas razones, es importante planificar prácticas de manejo del suelo que favorezcan los aspectos mencionados anteriormente, dentro de cada sistema.

Lo más recomendable para evaluar la fertilidad del suelo es realizar un análisis de laboratorio para conocer el pH, materia orgánica, aluminio y macronutrientes. Además de la evaluación de laboratorio, algunos aspectos visuales pueden ser identificados en el campo, como, por ejemplo, síntomas de deficiencias y/o toxicidad, presencia marcada de plantas indicadoras de baja o alta fertilidad y la diversidad e intensidad de la actividad biológica del suelo.

Áreas de manejo especial: en cualquier unidad de intervención (cuencas, subcuenca, microcuenca o finca) es preciso identificar aquellas áreas especiales, ya sea estas para protección o conservación de nacientes, zonas ribereñas, zonas de recarga hídrica, ecosistemas endémicos, alto valor de biodiversidad, belleza paisajística, cultural o cualquier otra que la comunidad considere o que mediante las leyes existentes se les de un manejo especial.

Análisis de la información

Analizar la información recolectada permitirá tener una visión más amplia de la situación actual en que se encuentra cada finca, para poder determinar la orientación de cada plan de finca, donde los cambios o mejoras sean los más convenientes a implementar en cada área de la finca. Este análisis debe ser tanto cualitativo como cuantitativo para conllevar a soluciones de los problemas identificados. Debe considerar el entorno local y externo a la finca para asegurar un funcionamiento integral.

Planificación de prácticas de manejo de suelos y agua

Luego de haber realizado el análisis, se procede a discutir y concertar con el productor/a las prácticas que se utilizarán para mejorar y conservar el suelo y el agua a través del plan de finca. En base a lo anterior, la planificación y ejecución de prácticas de mejoramiento y conservación de suelos y agua debe tomar en cuenta estas relaciones.

Se deben tomar en cuenta los cultivos o sistemas productivos que se desarrollan en la finca, ya que si se plantea la introducción de nuevos cultivos se debe tomar en cuenta el mercado de estos.

Un plan de finca debe armonizar los intereses de producir y conservar, para que de esta forma se puedan desarrollar sistemas de producción que sean ambientalmente amigables, socialmente aceptables y económicamente rentables.

Mora e Ibrahim (en línea) mencionan que para cumplir el plan se debe tener claro el escenario que se quiere conseguir, para lo cual, es aconsejable la elaboración de un croquis donde se registre la ubicación de las mejoras y el orden de prioridad, teniendo en cuenta si son compatibles con la capacidad del suelo (Anexo 2) y los objetivos del productor, además, de los recursos que el productor necesita para realizar estas, para de esta forma, poder calcular los costos de la implementación.

Ejecución del plan

Una vez completado el plan, se inicia la fase de ejecución. La ejecución del plan debe seguir el cronograma establecido. Sin embargo, hay que tener flexibilidad, ya que muchas variables entran en juego en este momento: exceso de lluvia, sequía, retraso en la liberación de crédito, problemas de enfermedad en un miembro de la familia, entre otras.

Para la ejecución del plan es fundamental que la asistencia técnica sea continua, cercana y comprometida con los resultados. Mientras los productores y productoras adquieren las capacidades y habilidades para desarrollar y manejar con autonomía los sistemas de producción mejorados, la asesoría del técnico es clave, ya que una decisión equivocada puede conducir la actividad al fracaso.

Seguimiento y evaluación del plan

El o la extensionista debe apoyar al productor o productora a comparar el plan de la finca que juntos han elaborado con la situación actual. El plan debe ser ejecutado sólo si realmente ofrece ventajas comparativas en la óptica del productor o productora, desde el punto de vista económico, ambiental y de condiciones de la familia.

Una vez iniciada la ejecución del plan, se debe apoyar el análisis periódico de la marcha y resultados del plan, a fin de hacer los ajustes que casi siempre son necesarios. La evaluación implica comparar la nueva situación con la situación de partida, tomando en cuenta los aspectos económicos, sociales y ambientales.

Para saber si alguno de estos aspectos está fallado se puede realizar cada año un análisis de los mismos, para ello se deben formular preguntas como: ¿Las mejoras están funcionando?, ¿Estoy ganando dinero?, ¿Ha mejorado el bienestar de familia?, ¿Estoy valorizando mi finca?, ¿Estoy conservando el medio ambiente? ¿Estoy manejando de manera sostenible los recursos naturales de mi finca? (Mora e Ibrahim, en línea).

2.9. Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere al grado de daño o pérdida que puede sufrir un elemento o grupo de elementos bajo riesgo (personas, edificaciones, instalaciones, ecosistemas, bienes, servicios públicos, ambiente) resultado de la probable ocurrencia de un evento de una magnitud e intensidad dada, expresada en una escala desde 0 o sin daño a 1 o pérdida total (Jiménez *et al* 2004; Jiménez 2007c).

La diferencia de vulnerabilidad de los elementos expuestos ante un evento peligroso determina la severidad de las consecuencias de dicho evento sobre los mismos. El análisis y evaluación de la vulnerabilidad contribuye en forma fundamental al conocimiento del riesgo, el cual es producto de la interacción entre la amenaza y la vulnerabilidad (Jiménez *et al* 2004).

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; INAA 2006).

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 sí (Jiménez *et al* 2004).

Jiménez (2007c) propone algunas razones para analizar la vulnerabilidad:

- Es un componente fundamental del riesgo: $\text{Riesgo} = \text{amenaza} \times \text{vulnerabilidad}$.
- Es el componente del riesgo más factible de manejar y gestionar.
- No puede ser enfrentada si no se conocen sus causas.
- Para conocer el estado del sistema: ¿Quiénes son vulnerables? ¿Por qué son vulnerables? ¿A qué son vulnerables?
- Para poder priorizar los componentes y áreas críticas
- Para diseñar las estrategias de preparación, prevención, mitigación más convenientes.
- Para planificar y ejecutar las acciones requeridas de manera oportuna.

2.9.1. Vulnerabilidad global

La vulnerabilidad global se subdivide en diferentes tipos (Wilches-Chaux, 1993): social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica (Figura 2). Para cada uno de estos tipos de vulnerabilidad se identifican indicadores representativos para cada cuenca (Cáceres, 2001).

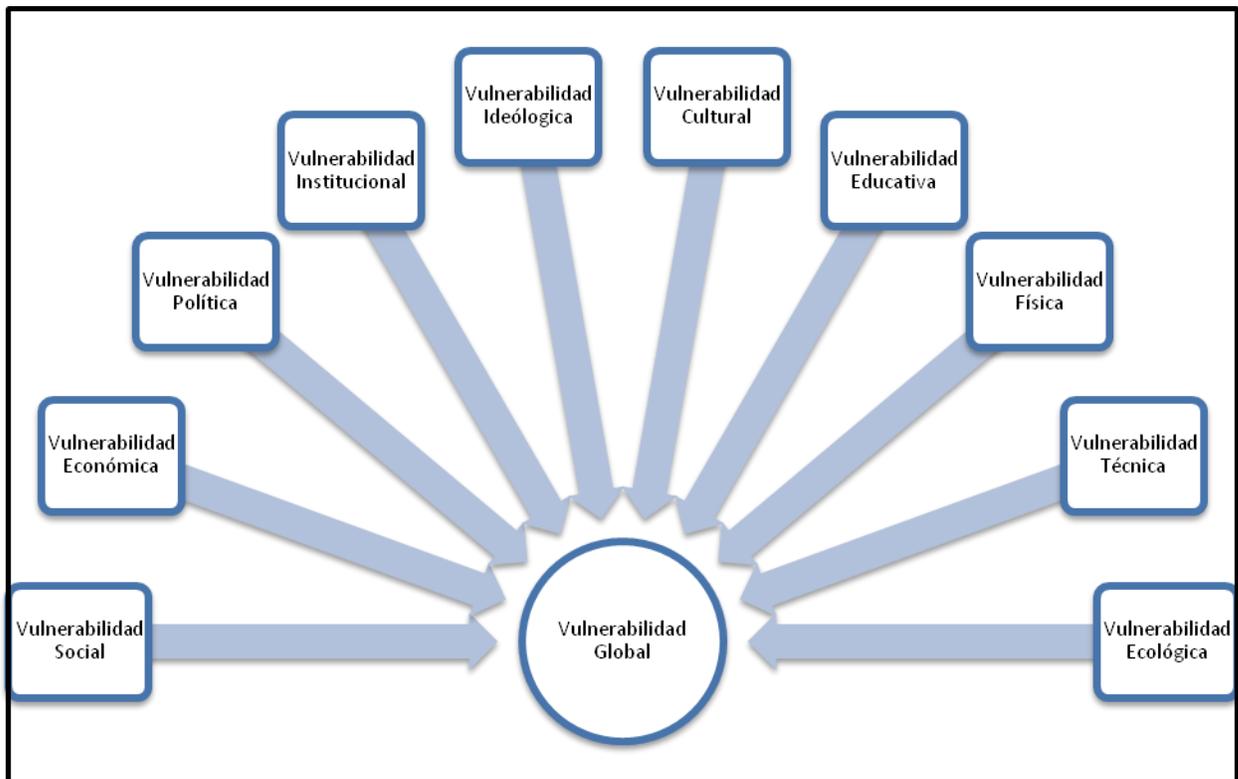


Figura 2. La vulnerabilidad global y sus componentes.

La vulnerabilidad global está interpretada por diferentes vulnerabilidades (Wilches-Chaux, 1989):

➤ 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.

2.10. Gestión del riesgo

Gestionar el riesgo es actuar sobre la amenaza o la vulnerabilidad o ambos componentes, analizándolos para determinar cuales son sus causas, dinámica e interrelaciones. Se refiere a todas las acciones destinadas a reducir el riesgo de desastres. Incluye la creación de capacidades humanas, de organización, de preparación, prevención y mitigación para manejar y transformar las condiciones que permiten o favorecen un desastre (amenazas y vulnerabilidad) antes de que el mismo ocurra (Jiménez, 2007c).

La reducción del riesgo no ha estado bien integrada al manejo de recursos, el cual sigue siendo considerado fundamentalmente como un problema de orden técnico que solamente tiene consecuencias económicas, siendo a menudo ignorados sus aspectos socioculturales y medioambientales (Brüschweiler 2003).

La comunidad internacional está muy preocupada por la creciente competencia por los recursos hídricos, pero está mucho menos preocupada por la presión que ejerce el ser humano sobre los ecosistemas que aseguran el suministro y la regeneración del agua. La contaminación de lagos y ríos, la agricultura intensiva y la deforestación hacen disminuir la disponibilidad de agua (Brüschweiler 2003).

Se debe destacar también que el fracaso en la implicación de la población afectada en el análisis de riesgos y en el desarrollo de estrategias de reducción de riesgos puede derivar en acciones inapropiadas al ignorarse un valioso conocimiento local a cargo de expertos en riesgo no familiarizados con la zona objeto de estudio (Wynne 1991).

2.11. Mitigación

Corresponde al conjunto de medidas y acciones estructurales y no estructurales que buscan disminuir los niveles de riesgo ya existentes. Es una visión correctiva, identificando escenarios, manifestaciones y niveles de riesgo existente o de aspectos sustantivos que están expuestos a sufrir daños. La mitigación se realiza en la etapa de operación de los sistemas de abastecimiento de agua y alcantarillado sanitario (INAA 2006).

La implementación de medidas de mitigación no sólo mejora la capacidad de atención de emergencias, sino que favorece la operación rutinaria y hace que los sistemas sean más confiables. Las medidas de redundancia que se ejecuten para atender situaciones de emergencia son deseables porque favorecen la operación rutinaria. Estas son un conjunto de medidas y obras a implementar antes del impacto de las amenazas para disminuir la vulnerabilidad de los componentes y de los sistemas (INAA 2006).

Las medidas de mitigación afectarán lógicamente a los elementos identificados como más vulnerables, ya sean aspectos operativos, administrativos o físicos. Tendrán relación con el reforzamiento del sistema para reducir el impacto de los fenómenos naturales, o con las previsiones necesarias que el sistema deba realizar para reaccionar adecuadamente a una emergencia (OPS 1998).

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación del área de estudio

El estudio fue realizado en la microcuenca La Concordia, la cual se localiza en el municipio del mismo nombre, departamento de Jinotega, Nicaragua (Figura 3). Esta pertenece al sistema de microcuencas de la parte alta de la subcuenca río Viejo, afluente de la cuenca del río San Juan. La microcuenca tiene una superficie aproximada de 520 ha (5,20 km²), siendo sus coordenadas geográficas 13° 11' latitud norte y 86° 10' de longitud oeste. Limita con las siguientes microcuencas: al norte Las Chichiguas, al suroeste Wiscanal y al este La Peña. Dentro de la microcuenca se ubica el casco urbano del municipio La Concordia y dos comunidades: Los Calpules y Canta Gallo.

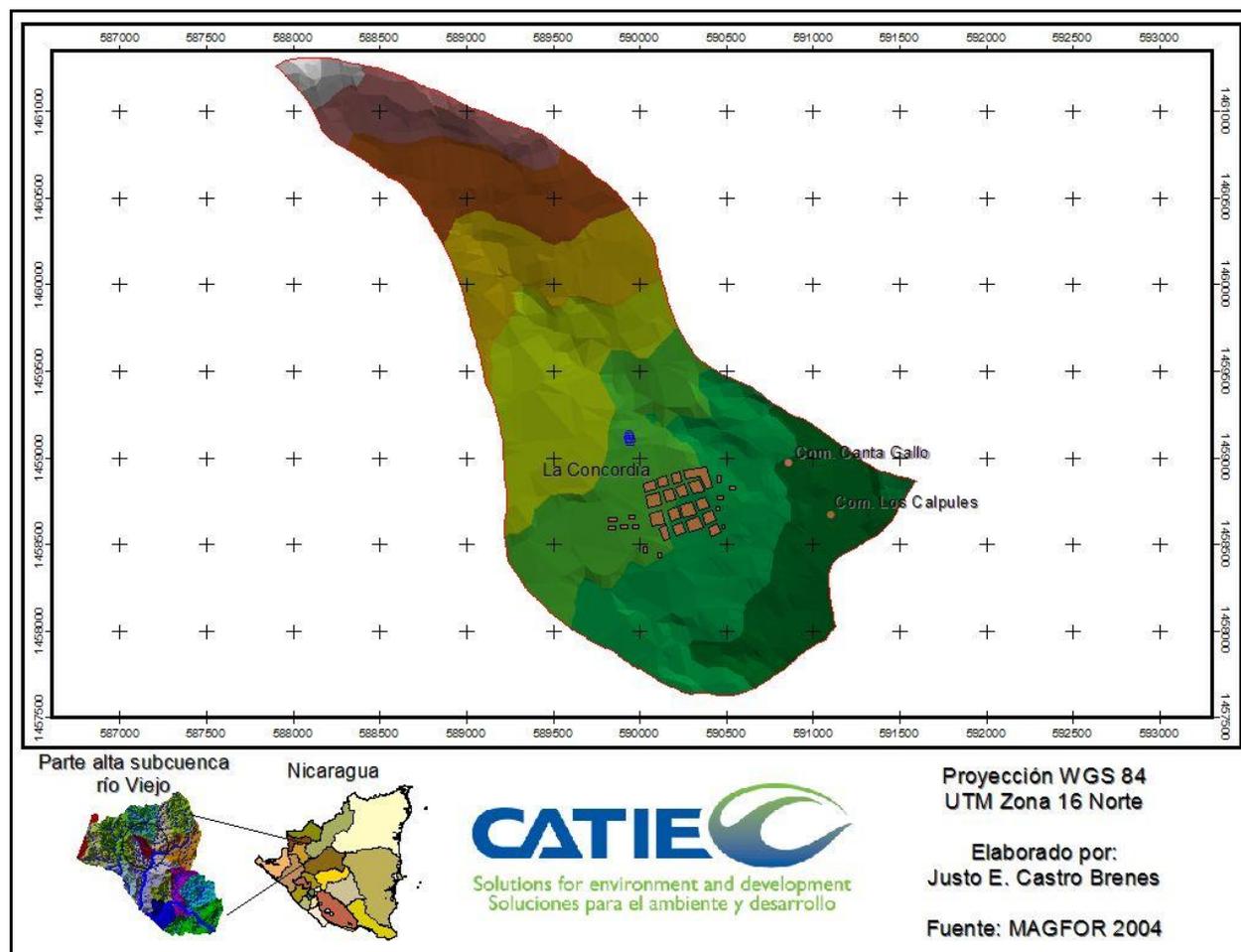


Figura 3. Mapa de localización del área de estudio microcuenca La Concordia

3.2. Descripción del área de estudio

3.2.1. Aspectos biofísicos

Fisiografía y clima

La microcuenca La Concordia pertenece a la subcuenca río Viejo y está enclavada en la provincia geomorfológica de las tierras altas del interior, cadena montañosa centro-norte de Nicaragua, específicamente en el macizo montañoso de Estelí, perteneciente a la reserva natural Miraflores-Moropotente. La misma se caracteriza por ser de relieve bastante irregular, con accidentes topográficos relevantes, que varían desde suelos planos, hasta fuertemente ondulados, con pendientes hasta de un 75%. La altitud de la microcuenca varía de los 787 msnm hasta 1300 msnm.

La geología de la microcuenca pertenece al grupo coyol inferior del periodo mioceno medio superior y del coyol superior del plioceno. La litología de estos grupos está formada por ingimbrita, dacítica y toba para el coyol inferior y basalto y andesita para el coyol superior. El orden de suelo predominante en toda la microcuenca es Molisol. Estos se caracterizan por ser suelos minerales, con estado de desarrollo incipiente, rico en humus, bien estructurados, suave en seco y un subsuelo de acumulación de arcilla aluvial, de fertilidad variada y con sedimentos de origen volcánico.

El relieve es de plano a muy escarpado. El nivel freático es bastante superficial durante la estación lluviosa, en algunas áreas. La textura del suelo varía de franco arenoso a franco arcilloso y arcilloso; son suelos poco profundos a muy profundos (60 a 120 cm), en algunas áreas se encuentran algunas capas de talpetate, en otras se ven piedras en la superficie y gravas en el perfil. El pH varía de fuertemente ácido (5,2) a muy fuertemente alcalino (8,8) (MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA 2008).

El uso actual de estos suelos según lo observado en la etapa de campo incluye parcelas dispersas de granos básicos (maíz y frijol), pasturas con arbustos, tacotales y pequeñas áreas de bosque de regeneración natural, como lo es la zona de nacimiento de dos fuentes de agua.

El año hidrológico comienza en el mes de mayo, en el cual se marcan dos épocas bien definidas, la época lluviosa comprende los meses de mayo a octubre y la época seca de noviembre a abril; ambas con una duración aproximada de seis meses (cuadro 2). La temperatura en la parte alta de la subcuenca río Viejo oscila entre 20 °C a 30 °C. Según la clasificación de zonas de vida de Holdridge, existen tres tipos: bosque subtropical húmedo, bosque subtropical húmedo transición subhúmedo y bosque subtropical seco.

Cuadro 2. Precipitación media mensual en la microcuenca La Concordia desde el año 2000 al 2007.

Época	Año hidrológico	PP media mensual (mm)
Lluviosa	Mayo	102,1
	Junio	202,1
	Julio	79,4
	Agosto	65,6
	Septiembre	215,6
	Octubre	133,6
Seca	Noviembre	31,5
	Diciembre	1,5
	Enero	2,0
	Febrero	1,4
	Marzo	0,2
	Abril	4,7
	TOTAL	839,7

% de lluvia en la época lluviosa respecto a la precipitación total = 95,08%

Fuente: Alonso 2007

Hidrografía

La microcuenca La Concordia forma parte de las 17 microcuencas que conforman la parte alta de la subcuenca del río Viejo, dentro de ella existen dos quebradas: Jocomico y Canta Gallo, las cuales bordean al casco urbano en el extremo noreste y suroeste. Estas presentan un caudal solamente cuando en la parte alta y media de la microcuenca ocurren precipitaciones.

Parte del casco urbano del municipio de La Concordia es abastecido de dos manantiales que se encuentran dentro de la microcuenca y muy próximos entre ellos, los cuales se ubican en el sector noroeste del poblado. En el cuadro 3 se presentan los caudales de las fuentes.

Cuadro 3. Caudales de los dos manantiales en la microcuenca La Concordia.

Año		2007		2008		
Mes		19 Abril	05 Junio	20 Mayo	15 Julio	24 Julio
Caudal m ³ /día	Fuente 1	86,4	87,8	93,2	90,3	81,9
	Fuente 2	N/D	N/D	11,4	13,7	13,0

Fuente: Alonso et al 2007; Castro 2008

Usos de la tierra y pendientes

Según la descripción del uso de la tierra realizada por MAGFOR (2004) y MARENA-PIMCHAS (2008), los usos actuales en la microcuenca son: vegetación arbustiva (3%), pastos y malezas (86%) y café con sombra (11%). Pero en la actualidad se observan áreas de cultivos de granos básicos, pequeñas parcelas de hortalizas, tacotales, pastos con arbustos y árboles, parches de pino en la parte alta y el casco urbano.

Los rangos de porcentajes de pendientes varían de 0% a 6% (19% del área total), de 6% a 15% (39% del área total), de 15% a 45% (40% del área total), de 45% a 65% (1,5% del área total) y mayor de 65% (0,5% del área total). En este sentido, las pendientes predominantes con un 79% del área total están entre un 6% a 45%, por lo que se considera que existe una alta posibilidad que escurra el agua hacia un cauce de salida.

3.2.2. Aspectos socioeconómicos

Población

Con base en la información disponible en el 2008, existen 458 familias en la microcuenca, con una población de 1.667 habitantes, incluyendo tanto en el casco urbano, como el área rural, donde se encuentran las comunidades de Canta Gallo y Los Calpules (Cuadro 4). De estas familias 331 poseen casa propia, 12 alquilan y 112 conviven con otra familia, prestada o cedida. La tenencia de la vivienda corresponde el 54% a los hombres, 33% a las mujeres y el resto a ambos.

Cuadro 4. Población económicamente activa en la microcuenca La Concordia.

Área	Número de habitantes	Habitantes de 14 años a más		Trabaja fuera del hogar					
				Total		Temporalmente		Permanente	
		Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc	Fem	Masc
Urbana	1.483	562	525	173	387	47	268	126	119
Rural	184	63	61	8	11	7	11	1	0
Total	1.667	625	586	181	398	54	279	127	119

Fuente: MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA 2008

Pobreza

Según el mapa de pobreza extrema, en el año 2001 el municipio de La Concordia fue clasificado con pobreza media (INEC 2001), tomando los datos del VII Censo Nacional Poblacional y III de Vivienda de 1995 y la Encuesta Nacional de Hogares sobre Medición de Nivel de Vida de 1998. De la misma manera fue catalogado en el informe de INIDE (2008), con datos del VIII Censo Nacional de Población y IV de Vivienda del 2005.

Según MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA (2008) las principales fuentes de ingreso en la microcuenca son la agricultura, empleado (del estado o privado) y ganadería, representando un 79% estas actividades con respecto a las demás. La mayoría de la población se dedica a una agricultura de subsistencia, basada en el cultivo de granos básicos como maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*), que por su poca rentabilidad, no deja mayores ingresos a las familias. Tampoco existen fuentes de empleo que permitan a los habitantes generar ingresos adicionales fuera de la época de cultivo. Es importante señalar que el 73% de la población está en edad de trabajar y de este porcentaje, solamente el 48% genera ingresos económicos para sus familias.

Tenencia de la tierra

El 56% de los productores poseen tierras dedicadas a actividades agrícolas o ganaderas, el resto no posee tierra. La tenencia de la tierra es muy diversa, resaltando que solamente el 38% es propia y de este, 96% está legalizada, siendo dueños, en un 90%, los hombres. De este porcentaje de productores con tierras agropecuarias, el 25% tienen entre dos a cinco manzanas (1,4 a 3,5 ha) (MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA 2008). Algunos de los productores poseen tierras dentro y fuera de la microcuenca.

Sistemas de producción

Los sistemas de producción están basados principalmente en cultivos anuales de granos básicos (maíz y frijol en su mayoría para autoconsumo), cuando hay excesos en la producción este es vendido, tanto en el pueblo como en las cabeceras departamentales de Jinotega y Estelí.

Estos sistemas se caracterizan por ser muy poco diversificados. También hay presencia de pastos, por consiguiente de ganado mayor, pero en pequeña escala. Según el INTA (2005), el rendimiento promedio de maíz es de 18 qq/mz (1.159 kg/ha), oscilando rendimientos entre 9-22 qq/mz (579-1.417 kg/ha); en frijol el rendimiento promedio es de 9 qq/mz (579 kg/ha), oscilando rendimientos entre 7-15 qq/mz (451-966 kg/ha). Ambos rendimientos se ubican por debajo del promedio nacional que es de 40 qq/mz (2.576 kg/ha) para el maíz y de 16 qq/mz (1.030 kg/ha) para el frijol.

Infraestructura y servicios¹

La vía de acceso hacia el casco urbano del municipio La Concordia procedente de la cabecera departamental (Jinotega) está asfaltada en 24 km, luego un camino de aproximadamente 8 km con revestimiento suelto llega al casco urbano. En la actualidad se ejecuta, por parte del Ministerio de Transporte e Infraestructura (MTI), el proyecto de revestimiento asfáltico y pavimentado de estos 8 km. El casco urbano cuenta con calles adoquinadas casi en un 50%, el resto están sin ningún tipo de material. Las vías hacia las comunidades que se encuentran fuera de la microcuenca son caminos sin mantenimiento, por el contrario de las comunidades de la microcuenca Los Calpules y Canta Gallo que se encuentran a orilla del camino que llega al municipio. Se cuenta con servicio de transporte colectivo durante todo el día en la vía principal que conecta a las cabeceras departamentales de Jinotega y Estelí, atravesando el casco urbano de La Concordia.

Dentro de la microcuenca, solamente en el casco urbano del municipio de La Concordia se ubica el centro de salud, el cual es el único para todo el municipio. Además en el municipio existen tres puestos de salud con buena infraestructura, pero fuera de la microcuenca. El centro de salud brinda atención las 24 horas del día.

Con respecto al sistema educativo se cuenta con dos a nivel preescolar, una escuela y un colegio, los cuales cuentan con 26 maestros en los diferentes niveles. Del total de los habitantes, el 18% es analfabeto.

En cuanto al agua de consumo humano, el 77% de las familias del casco urbano tienen acceso a agua por tubería, el resto toma de la conexión del vecino. Este sistema de suministro de agua es administrado por la alcaldía municipal.

En el área rural dicho recurso es administrado por CAPS, los cuales captan el agua en manantiales fuera de la microcuenca y esta es transportada por tuberías tanto a casas particulares (un 27%) y puestos públicos, el restante. Solamente el agua captada en las dos fuentes que se ubican dentro de la microcuenca es tratada con un sistema de cloración rústico. El centro de salud tiene un monitoreo permanente del agua de consumo humano, realizando dos veces al mes un análisis bacteriológico, donde determinan el número de coliformes fecales.

¹ Los porcentajes que se presentan son obtenidos de la base de datos de MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA 2008

Con respecto al saneamiento, no existe sistema de alcantarillado sanitario en el municipio, por lo cual el 88% de las casas poseen letrinas y un 12% inodoros. Las aguas grises en el 77% de las casas las dejan correr por el patio; es importante mencionar que en época lluviosa esta agua corre por las calles, dirigiéndose a cauces que desembocan en el río Viejo. Además, el 78% de las letrinas se llena de agua. El 98% de las casas están conectadas a la red comercial de energía eléctrica, la cual es administrada por DISNORTE.

Instituciones y organizaciones presentes en la microcuenca

Según INTA (2005), en la PASRV se presentan típicamente aquellas estructuras de base tales como: comités comarcales, comités de agua, comités de padres de familia, brigadistas de salud, comités de desarrollo municipal, comités de desarrollo departamental, entre otras. Así mismo, están presentes las instancias del estado y organizaciones no gubernamentales, donde la aglomeración de todos ellos conciben planes conjuntos para la búsqueda de soluciones sobre diferentes temas de interés.

Según el libro de actas del Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (CTPASRV) (2007), existen alrededor de 21 actores que tienen incidencia en los diferentes ámbitos de desarrollo local, siendo la tipología de los actores muy heterogéneos, lo cual genera cierto grado de complejidad en los procesos de implementación del enfoque de manejo de cuencas. El comportamiento o desempeño de estos actores está en función del área de atención, o al espacio de intervención, según sus objetivos.

Del total de actores (instituciones y organizaciones) que están presentes en la microcuenca y que atienden a la población, el 88% de la población es atendida por las instituciones del Estado, 81% la Alcaldía de La Concordia, 10% por las cooperativas y un 4,5% por otras (MARENA-PIMCHAS 2008). Esto muestra que existe un alto grado de incidencia de actores en la zona. Sin embargo, no todos estos actores desempeñan funciones u actividades directas en dicha unidad de estudio, ya que el ámbito de acción y su tipología, determinan el grado de participación o implementación de programas u proyectos en la zona. Por ejemplo, solo los actores que tienen un área de atención municipal como: gobiernos locales, ONG y otros, son los que tienen mayor incidencia en la microcuenca, debido a que centralizan sus acciones en función de un determinado grupo meta (familia), mediante la implementación de programas de desarrollo social o comunitario. No obstante, las instancias del Estado tales como MARENA, INAFOR, MAGFOR y MINSA son las instancias normadoras y reguladoras, responsables de la aplicación y cumplimiento de las diferentes leyes de la nación, por lo cual tienen un nivel de intervención más amplio, ya que su responsabilidad sobrepasa los límites municipales.

3.3. Metodología del estudio

Este es un estudio que combina metodologías y enfoques cualitativos y cuantitativos, dividido en cuatro partes: la primera es un análisis del marco jurídico-legal de Nicaragua relacionado con la conservación, protección, manejo y gestión del recurso hídrico; la segunda es ubicar las fuentes de agua de consumo humano y determinar sus respectivas zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia, además de proponer planes de fincas en las zonas ubicadas para lograr la conservación, protección y sostenibilidad de estas, la tercera es determinar la vulnerabilidad global, tanto de las fuentes de agua, como las zonas potenciales de recarga hídrica y la última parte consistió en proponer medidas de mitigación para reducir dicha vulnerabilidad, en base a propuestas hechas por los actores locales.

La primera se realizó en base a revisión de literatura, visitas de campo y entrevistas semiestructuradas a los diferentes actores de la microcuenca. La segunda y tercera mediante talleres con los actores locales y productores y la aplicación de elementos para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en base al conocimiento local y además, en la tercera la aplicación de indicadores de vulnerabilidad. Estos indicadores fueron estructurados en base a revisión de literatura y la última parte consistió en un taller para analizar la vulnerabilidad encontrada y las propuestas de medidas de mitigación.

3.3.1. Análisis del marco legal, institucional y de políticas con respecto al manejo, protección, conservación y gestión del recurso hídrico de Nicaragua

Para analizar el marco legal e institucional se procedió a revisar algunas leyes. Primero se revisó la Constitución Política de Nicaragua y sus Reformas, para conocer como se amparan las políticas, leyes, reglamentos u ordenanzas municipales de las cuales se harán mención.

Las políticas consultadas fueron: Política Nacional de los Recursos Hídricos, Política Ambiental de Nicaragua, la Política de Desarrollo Forestal Sostenible y la Política General para el Ordenamiento Territorial; las leyes consultadas fueron: ley General de Aguas Nacionales, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley Especial de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal, Ley de Municipios, Ley General de Salud, Ley General de Servicio de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario, Decreto 78-2002 Normas, Pautas y Criterios para el Ordenamiento Territorial, Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo, Decreto 1-94 creación del MARENA.

También se consultó las ordenanzas municipales sobre la Creación del Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (CTPASRV), la de aprobación del Plan de Manejo de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo. De igual manera se consultó la propuesta borrador sobre la política de cuencas, ya que esta se constituye en una directriz para el manejo y gestión integral de las cuencas y por ende del recurso hídrico.

Se aplicaron entrevistas (Anexo 3) semi estructuradas (Geilfus 1997) a los actores con presencia activa o pasiva, vinculados al manejo, conservación, protección y gestión de los recursos naturales, en especial los recursos hídricos, esto para conocer la percepción sobre las leyes afines a esta materia y donde los actores las retoman para intervenir en el manejo, conservación, protección y gestión de los recursos hídricos, además para conocer las relaciones institucionales como una herramienta clave para lograr el cumplimiento del marco legal y la gestión del recurso hídrico. Para el análisis de relación entre los actores se utilizó el programa informático UCINET versión 6.204, con el cual se estimó: densidad de relación, centralidad, centralización, intermediación y cercanía; junto a este programa se usó NetDraw 2.081 para obtener las visualizaciones. También se aborda la intervención de estas instituciones en la microcuenca, así como los problemas por falta de cumplimiento del marco legal.

En las entrevistas aplicadas se incluyó al Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA), ya que es el encargado de coordinar y dirigir la política ambiental del Estado y promover el aprovechamiento sostenible de los recursos naturales del país, MAGFOR por ser el órgano rector de las políticas y estrategias, planes y acciones gubernamentales en el sector agropecuario y forestal de Nicaragua; INTA cuya función principal es generar y transferir tecnologías agropecuarias en el territorio nacional, además que esta institución trabaja con enfoque de cuenca en el área de estudio y es una de las instituciones del estado que más ha aportado para la conformación del CTPASRV, a la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMAS) de la alcaldía de La Concordia por ser la encargada de brindar el servicio de agua potable en la unidad de estudio y poseer el terreno donde se ubican las fuentes de agua. Otras instancias relacionadas con el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos naturales como: MARENA-PIMCHAS, La Cuculmecca, MINED, MINSA, INAFOR, APRODECOM, SOPROCOM, Coop. Odorico D´ Andrea, Coop. Blanca Araúz y el CTPASRV.

3.3.2. Condiciones de las nacientes y las áreas potenciales de recarga hídrica, para proponer planes para las fincas ubicadas en estas zonas

Identificación de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica

La identificación de las zonas potenciales recarga hídrica (ZPRH) y fuentes de agua se realizó mediante procesos participativos. El desarrollo de talleres y el acompañamiento de campo fueron fundamentales, porque fueron espacios de identificación, interpretación y análisis de la microcuenca.

Los resultados de estos procesos fueron ayudados por el SIG, lo que permitió generar los mapas correspondientes y posteriormente se hizo una evaluación y análisis general en forma participativa con todos los actores locales de la microcuenca. A continuación (Figura 4) se detalla el proceso que se utilizó para la determinación de las zonas potenciales de recarga hídrica por el método práctico adaptado de Matus (2007).

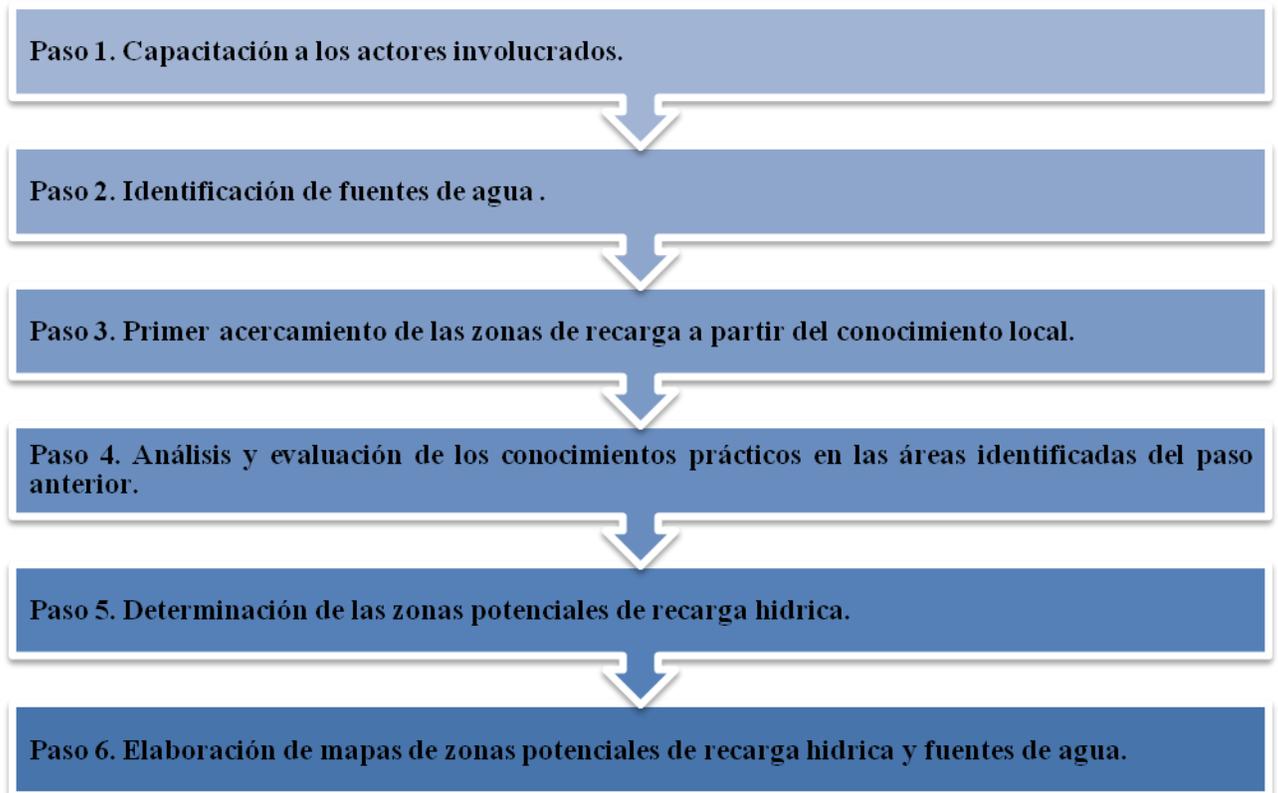


Figura 4. Esquema metodológico para determinar zonas potenciales de recarga hídrica, adaptado de Matus (2007).

Paso 1. Capacitación a los actores involucrados

Se realizaron talleres en la zona para capacitar a los actores locales (en este caso se trabajó con los propietarios de las fincas ubicadas en las fuentes de agua (reconocidas por el investigador en el recorrido de campo) y los actores locales, con la finalidad de familiarizar los conceptos y elementos básicos en la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica. Del mismo modo rescatar los conocimientos empíricos relacionados al tema ya que ellos conocen su territorio, lo que equivale a tener una fotografía de la microcuenca hidrográfica más amplia de la observada en campo.

Paso 2. Identificación de las fuentes de aguas

Luego de la capacitación se programaron las salidas al campo para localizar las principales fuentes de agua de mayor interés por los actores locales.

Esta identificación fue el punto de partida para determinar las zonas potenciales de recarga, porque dio una idea de la dirección de los flujos del agua, al considerar que el agua se mueve de los lugares de mayor presión hacia los de menor presión y/o por gravedad de las partes más altas a las bajas, podemos inferir que las zonas de recarga hídrica se encuentran en los sitios más elevados que las zonas de descarga (pozos, manantiales, ojos de agua).

La identificación y ubicación de las fuentes de agua en la microcuenca se realizó a través del conocimiento local de los pobladores, para tal efecto se elaboró un mapa de la microcuenca y de las comunidades donde se identificaron las principales fuentes de agua, se georeferenciaron las fuentes de agua haciendo uso del GPS, se realizaron aforos para tener datos de la cantidad de agua que generan, de tal forma lograr un inventario que fue de utilidad para la elaboración de plan de finca y el análisis de vulnerabilidad.

Paso 3. Primer acercamiento de las zonas potenciales de recarga a partir del conocimiento local

Estando en el campo con los actores locales y pobladores, se procedió a realizar un análisis teórico y práctico de las posibles zonas potenciales de recarga que se pudieran encontrar por encima de las fuentes, con base en el conocimiento de los actores locales, haciendo referencia a cada uno de los elementos metodológicos.

Es decir, se identificaron los lugares que teóricamente presentan las características de una zona de recarga hídrica subsuperficial o subterránea (pendiente suaves, tipo de suelo permeable, tipo de roca porosa, con cobertura vegetal, usos del suelo), para luego realizar la evaluación de los sitios identificados haciendo uso de herramientas o métodos prácticos, que permitieron a los actores locales realizar la evaluación de cada elemento del modelo adaptado.

Paso 4. Análisis y evaluación de los conocimientos prácticos en las áreas identificadas del paso anterior

Se realizaron evaluaciones de cada uno de los elementos que integran el modelo propuesto a través de métodos prácticos y manejables por los diferentes actores que aplicaron la metodología. Las zonas potenciales de recarga hídrica se pudieron identificar evaluando básicamente los siguientes elementos:

- Pendiente y Microrelieve.
- Tipo de suelo.
- Tipo de roca.
- Cobertura vegetal.
- Uso del suelo.

La ponderación usada en la evaluación de cada elemento del modelo adaptado se encuentra entre 1 a 5, con base en las diferentes situaciones encontradas dentro de cada elemento evaluado y tratando de homogenizar las categorías de puntuación implementadas.

Donde 1 fue la puntuación más baja dentro de cada elemento por presentar las características menos favorables para que ocurra la recarga hídrica y 5 la puntuación más alta dentro de cada elemento por presentar las características más favorables para la recarga hídrica.

Para cada elemento de evaluación se usaron las tablas con su categoría y ponderación respectiva (Cuadros 5, 6, 7, 8 y 9).

Cuadro 5. Tipos de pendientes y microrelieves.

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

Cuadro 6. Tipos de textura del suelo

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

Cuadro 7. Tipos de roca.

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

Cuadro 8. Porcentaje de cobertura vegetal.

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

Cuadro 9. Clasificación de uso del suelo.

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

Paso 5. Determinación de las zonas potenciales de recarga

Para determinar la posibilidad de recarga hídrica de las zonas identificadas, con base en los resultados obtenidos de la evaluación de cada uno de los elementos, se sustituyó en la ecuación (ZR) cada uno de los elementos que integran el modelo con los valores respectivos obtenidos en la evaluación en campo, aplicando el siguiente modelo propuesto por Matus (2007):

$$ZR = [0,27(PyM) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$$

Donde:

ZR : Potencial de recarga hídrica

PyM : Pendiente del terreno y microrelieve

Ts : Tipo de suelo

Tr : Tipo de roca

Cve : Cobertura vegetal

Us: Uso del suelo

Para determinar la posibilidad de recarga hídrica de cada zona identificada, una vez que se evaluaron las características que presentaron las mismas, considerando los elementos de la metodología y las tablas diseñadas para tal efecto (cuadros de evaluación 5, 6, 7, 8 y 9), se multiplicó cada resultado por su factor correspondiente y se sumaron los elementos; las sumatorias de las ponderaciones alcanzadas por todos los elementos dio un número que luego se ubicó dentro de un rango (Cuadro 10), determinando así cuales eran las posibilidades para que ocurra la recarga hídrica en estos sitios.

Cuadro 10. Potencial de recarga hídrica.

<i>Posibilidad de recarga</i>	<i>Rango</i>
Muy alta	4,1 - 5
Alta	3,5 – 4,09
Moderada	2,6 – 3,49
Baja	2 – 2,59
Muy baja	1 – 1,99

Paso 6. Elaboración de mapas de zonas potenciales de recarga hídrica, fuentes de agua.

Con la ayuda del ArcView 3.2 se generó el mapa temático de las zonas potenciales de recarga hídrica y de fuentes de agua.

Aplicación de indicadores en la finca que poseen las zonas potenciales de recarga hídrica

Identificadas las fuentes de agua y posibles zonas de recarga hídrica, se analizaron los sistemas de producción, describiendo las actividades que podrían influir en el recurso hídrico. Esto se realizó en conjunto con el productor, mediante visitas en campo y a través de una entrevista estructurada y participativa.

Para el análisis se consideró como base la propuesta metodológica 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.

Esta metodología considera indicadores de acuerdo a aquellas actividades productivas que contribuyen al buen manejo de la cuenca (Anexo 4):

- 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.

Cada indicador se compone de una serie de prácticas a evaluar y básicamente parten de una visión negativa, en el sentido que buscan determinar el número de fincas que tienen pocas o ninguna práctica conservacionista y de manejo y conservación del agua, lo cual estaría interfiriendo con una gestión adecuada de los recursos naturales en la cuenca.

Con este análisis, además de una descripción detallada de las prácticas de producción por finca se determinó el uso de tecnologías amigables y el nivel de la producción conservacionista, y con base en este trabajo en una propuesta o fortalecimiento de las acciones para la protección y manejo en las fuentes de agua y recarga hídrica potencial.

Elaboración del plan de finca

Luego de determinar la finca con zonas potenciales de recarga hídrica y evaluados los criterios para el buen manejo y cogestión de cuencas, se procedió a elaborar el plan de finca para conservar y mejorar las condiciones que presentaran las zonas de recarga hídrica potencial.

La elaboración del plan de finca se realizó tomando en cuenta los datos obtenidos de las evaluaciones de campo de manera integral, para poder diseñar las mejoras a implementar en aquellas áreas que lo requieran. Para esto se realizó con el productor un croquis de la finca en la actualidad, luego se discutieron las situaciones que se presentan en la finca, realizando preguntas abiertas que permitieren una percepción de futuro y el nuevo enfoque que se le dará a los sistemas productivos.

En busca de las posibles soluciones a los problemas que se reflejaron, se tomaron en cuenta los aspectos siguientes:

- Se escucharon las posibles soluciones que piensa el propietario, para integrar sus perspectivas del cambio que desea generar en su entorno productivo.
- Se realizaron sugerencias, explicando cada una de ellas.
- Para cada posible solución planteada, se tomó en cuenta si la mano de obra estaba disponible en la zona, según el criterio del propietario.

Para la elaboración del plan de finca se siguieron las siguientes indicaciones:

- Se plasmó en un registro la finca, las distintas mejoras que llevará el plan de finca, bajo las cuales se desarrollarán las actividades.
- Se elaboró el presupuesto por cada mejora a implementar.
- Se determinaron las prioridades por cada actividad a desarrollar.
- Se explicaron los compromisos del propietario con el plan de mejora.
- Se definieron las acciones técnicas para dar seguimiento al plan.

3.3.3. Aplicación de indicadores para determinar vulnerabilidad integral de la fuente de agua y su zona potencial de recarga hídrica

Para analizar la vulnerabilidad integral de las fuentes de agua para consumo humano y zonas potenciales 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.

El proceso del cumplimiento de este objetivo, se desarrollo a la par de los planes de fincas, ya que a través de la aplicación de indicadores para conocer el manejo y cogestión de la microcuenca se obtuvo más información de referencia.

Las variables e indicadores que se evaluaron para determinar la vulnerabilidad, se basaron 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. En el cuadro 11 se presentan los indicadores propuestos y evaluados para cada tipo de vulnerabilidad y sus ponderaciones en el anexo 5.

Cuadro 11. Indicadores y variables evaluadas para cada tipo de vulnerabilidad.

Vulnerabilidad	Variable respuesta	Indicador
FÍSICA	Asentamientos humanos	Número de casas ubicadas dentro de un radio de 200 m de la fuente de agua
		Número de casas ubicadas dentro de la zona potencial de recarga hídrica y 50 m a la redonda.
	Sistema séptico	Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de los 200 m a la fuente de agua
		Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de la zona potencial de recarga hídrica y 50 m a la redonda.
	Infraestructura del sistema séptico	Número de letrinas y/o tanque séptico construidas con los materiales adecuados dentro de los 200 m a la fuente de agua
		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.
	Alcantarillado sanitario	Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de los 200 m de la fuente de agua
		Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda.
	Basureros ilegales	Números de basureros ilegales existentes en la microcuenca
	Vertedero municipal	Distancia del vertedero municipal a la zona de protección de la fuente de agua
		Distancia del vertedero municipal a la zona de recarga hídrica
	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
		Número de talleres dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda.
	Recolección de basura	Número de recolecciones de basura por semana en las casas ubicadas dentro de los 200 m de protección de fuentes de agua
	Carreteras o caminos de todo tiempo	Distancia de la carretera o camino a la fuente de agua y zona de recarga hídrica
	Estructura de recolección primaria de la fuente de agua	Estado de la estructura de recolección primaria del nacimiento de agua
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	
	Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de las zonas potenciales de recarga hídrica.	

Continuación del cuadro 11.

<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>
SOCIAL	Organización comunal	Número de organizaciones comunales vinculadas en el manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca
		Porcentaje de la población de la microcuenca que integra las organizaciones comunales
	Servicios básicos	Porcentaje de la población de la microcuenca que cuenta con los servicios básicos (salud, educación, agua potable, electricidad)
	Salud	Tipo de servicio de salud en la microcuenca
		Número de pobladores con enfermedades de origen hídrico en la microcuenca durante los últimos 3 años
	Participación de productores	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.
Crecimiento poblacional	Índice de crecimiento poblacional en la microcuenca por año	
ECOLÓGICA	Cobertura vegetal	Porcentaje de cobertura vegetal en el nacimiento de la fuente de agua
		Porcentaje de cobertura vegetal en la zona de recarga hídrica
	Uso de suelo	Uso de suelo en la zona de recarga hídrica
	Prácticas de CSA	Prácticas de conservación de suelos y agua en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica
	Erosión de suelo	Tipo de erosión de suelo en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica
	Pendiente del terreno	Porcentaje de pendiente de las áreas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica.
	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
		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
		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
		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
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		
	Porcentaje de los productores que dejan los recipientes de agroquímicos en las áreas de cultivo y las aledañas	

Continuación del cuadro 11

Vulnerabilidad	Variable respuesta	Indicador	
ECOLÓGICA	Contaminación	Presencia de residuos sólidos o basura en el área de protección de la fuente de agua	
		Presencia de residuos sólidos o basura en la zona de recarga hídrica	
	Ganadería	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	
		Distancia de los potreros respecto a la zona de recarga hídrica	
	Características de suelo	Textura predominante de los suelos con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	
		Porcentaje de compactación de los suelos ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	
		Capacidad de infiltración de los suelo con cultivo limpio ubicados dentro de los 200 m de radio de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	
	ECONÓMICA	Capacidad económica	Ingreso promedio anual (C\$) <i>per cápita</i> de los pobladores ubicados en la zona de protección hasta la parte alta de la microcuenca
		Desempleo	Porcentaje de la población desempleada en la microcuenca
Dependencia económica		Porcentaje de la población económicamente activa que se dedica a actividades agropecuarias en la microcuenca	
		Número promedio de actividades productivas que realiza la población económicamente activa.	
Instrumentos económicos	Porcentaje de la población de la microcuenca que ha accedido a crédito financiero		
	Porcentaje de los productores con áreas boscosa dentro de la microcuenca que han tenido acceso a un mecanismo de compensación por cualquier servicios ambientales		
TÉCNICA	Tecnología de la construcción	Porcentaje de las estructuras de almacenamiento y distribución de agua que cumplen con las especificaciones de INAA.	
		Protección de la estructura de captación y 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	
	Mantenimiento	Mantenimiento de la estructura de protección como de captación de la fuente de agua por año	
	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.	
Número de años de existencia de un plan de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan incidir en la fuente de agua.			

Continuación del cuadro 11.

<i>Vulnerabilidad</i>	<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>
POLÍTICA	Apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales	Número de proyectos ejecutados por año
	Participación comunitaria en las decisiones locales	Número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales
	Liderazgo en la microcuenca	Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes
	Normativas	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
		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
EDUCATIVA	Acceso a la educación	Porcentaje de analfabetismo en la microcuenca
		Nivel máximo de educación disponible en la microcuenca
	Capacitación o talleres educativos	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
	Educación ambiental	Número de jornadas ambientales efectuadas en los últimos 5 años
		Porcentaje de la población de la microcuenca que ha recibido capacitación sobre medidas de mitigación y adaptación a la contaminación de FA y ZRH
		Número de mensajes o programas difusivos por año orientados al manejo, protección y conservación de los recursos naturales
INSTITUCIONAL	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
		Número de instituciones con presencia activa en la microcuenca que cuenta en sus programas, proyectos o agendas de trabajo el tema de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica
	Capacidad del personal técnico	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
	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
	Aplicación de la Ley No.620, No. 462 y la Ley No. 559 vinculadas a la protección, conservación, manejo y gestión de agua y ZRH	Aplicación de las leyes relacionados a los recursos hídricos
	Conocimiento del marco legal.	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
	Implementación de planes	Porcentaje de implementación/ejecución de planes de protección conservación, manejo, conservación y gestión del recurso hídrico y zonas de recarga en la microcuenca

Continuación cuadro 11.

Vulnerabilidad	Variable respuesta	Indicador
CULTURAL	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 puedan repercutir en el sistema de agua potable.
	Integración comunal para prevenir riesgos	Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en la medidas de prevención y mitigación del sistema de agua potable y disponibilidad para la protección de los RRHH
	Actividades culturales	Número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 5 años
IDEOLÓGICA	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.
	Reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable	Porcentaje de la población que participa en acciones de rehabilitación del sistema de agua potable y zona de protección después de un desastres naturales
	Percepción fatalista	Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando falta el agua potable.

Cada indicador se caracteriza cualitativamente y se le asigna una valoración correspondiente, según se indica en el cuadro 12. Entre mayor sea el valor del indicador, mayor será la vulnerabilidad. La asignación de los límites cuantitativos de los indicadores para determinar en que categoría de caracterización de la vulnerabilidad (muy alta, alta, etc) se ubican de acuerdo a la situación que presenta la cuenca, se puede hacer para grupos de microcuencas o subcuencas, o bien de manera individual para cada una de ellas (Jiménez *et al* 2004).

En este caso, se utilizó una escala de ponderación lineal de 0,1, 2, 3 y 4 (cuadro 12), en donde el valor de 0 fue asignado a la situación del indicador que presente la menor vulnerabilidad y el valor de cuatro (4) se asignó a la situación más crítica del indicador, lo cual refleja la situación de mayor vulnerabilidad. Un valor de dos (2) corresponde a una situación de vulnerabilidad media.

Cuadro 12. 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

El valor promedio de cada tipo de vulnerabilidad se obtiene como resultado de dividir el valor promedio de los indicadores evaluados entre el valor máximo posible de cada indicador (o sea 4) y multiplicando ese resultado por 100. El mismo procedimiento aplica para el análisis de los factores críticos que pueden aumentar la vulnerabilidad (por ejemplo: tipo de cobertura, pendiente, intensidad de uso del suelo, cantidad de lluvia).

Los diferentes tipos de vulnerabilidad, así como los factores críticos mencionados, pueden ser ponderados, asignándole pesos relativos, para obtener la vulnerabilidad global (VG), según se indica en la fórmula siguiente para el caso de la vulnerabilidad:

Vulnerabilidad Global = Σ *Índices de vulnerabilidad* * F = **(a*F) + (b*F) + (c*F) + (d*F) + (e*F) + (f*F) + (g*F) + (h*F) + (i*F) + (j*F)**, donde:

- a = Vulnerabilidad física
- b = Vulnerabilidad social
- c = Vulnerabilidad ecológica
- d = Vulnerabilidad económica
- e = Vulnerabilidad política
- f = Vulnerabilidad técnica
- g = Vulnerabilidad ideológica
- h = Vulnerabilidad cultural
- i = Vulnerabilidad educativa
- j = Vulnerabilidad institucional
- F = contribución relativa (%) a la vulnerabilidad global.

La contribución relativa (%) para cada tipo de vulnerabilidad se obtuvo, a través de un taller con los actores locales, los cuales presentaron cada uno su criterio de ponderación para cada una de las vulnerabilidades, tomando en cuenta el número de indicadores por vulnerabilidad y el peso de cada variable, según sus experiencias.

Para lograr uniformidad en el análisis de los diferentes indicadores, sabiendo que unos son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente, fue necesario estandarizar las variables que contienen a cada uno de los indicadores. Esta estandarización dentro de los indicadores partió del concepto de analizar el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen dentro del indicador para obtener un determinado nivel de severidad en la vulnerabilidad, es decir, entre mayor es el aporte del indicador a la vulnerabilidad, mayor valor estandarizado.

La caracterización de cada tipo de vulnerabilidad y de la vulnerabilidad global se puede hacer comparando los valores obtenidos con los del cuadro 13.

Cuadro 13. 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

3.3.4. Medidas de mitigación como una manera de reducción de vulnerabilidad en fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica

La participación comunitaria e involucramiento de actores locales son factores determinantes e indispensables en la elaboración de cualquier plan de mitigación ante cualquier eventualidad de un componente del sistema natural, por lo tanto, el éxito de un plan de mitigación solo es posible si se cuenta con la participación y el esfuerzo coordinado de los miembros de la comunidad y actores locales; este es precisamente el enfoque por medio de el cual se pretende proponer medidas de acción que orienten la estrategia a seguir para reducir el nivel de vulnerabilidad de la fuente de agua de consumo humano y su zona potencial de recarga hídrica. Algunas de las medidas generales de mitigación fueron propuestas por los actores locales de la microcuenca mediante un taller participativo, en tal sentido es muy importante conformar un grupo de interés (formado por los actores locales y sociedad civil), para que las propuestas se implementen.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos del estudio se presentan en el mismo orden de los objetivos específicos: marco legal, institucional y de políticas de Nicaragua vinculado a los recursos hídricos, condiciones de las nacientes y las áreas potenciales de recarga hídrica, análisis de la vulnerabilidad integral de fuentes de agua y ZPRH y propuestas de acciones para la mitigación de factores que pueden afectar los elementos de estudio.

4.1. El marco legal, institucional y de políticas con respecto al manejo, protección, conservación y gestión del recurso hídrico de Nicaragua.

En el país, la competencia para legislar sobre los recursos hídricos, se da en tres planos: a nivel nacional, a nivel de regiones autónomas y al nivel local o municipal. Se dispone de un marco jurídico muy extenso de políticas, leyes, reglamentos, normativas y ordenanzas municipales (Figura 5) relacionadas con los recursos naturales y el ambiente que incorporan principios vinculantes con los recursos hídricos.

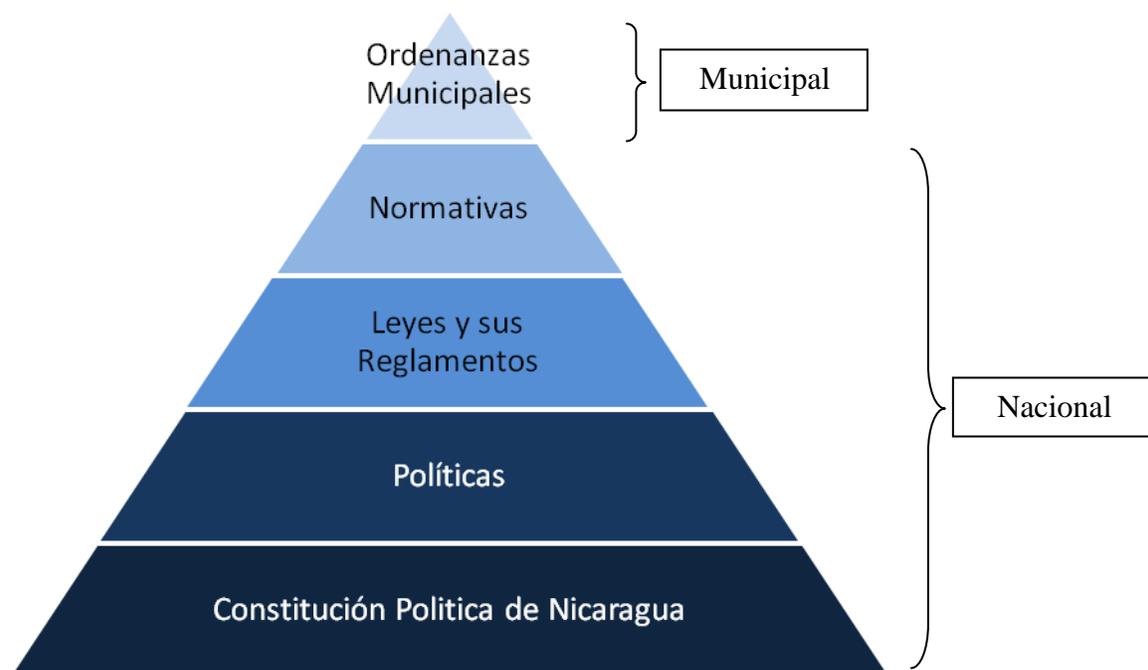


Figura 5. Jerarquías y niveles jurídicos legales de la República de Nicaragua.

Según la percepción de los actores, municipales y nacionales, el marco legal vinculado al manejo, protección, conservación y gestión de los recursos naturales en especial los hídricos son: Política Nacional de los Recursos Hídricos, Política Ambiental, Política de Desarrollo Forestal Sostenible; Ley General de Aguas Nacionales, Ley del Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley Especial de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales, Ley de Conservación Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal, Ley de Municipios, Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y Otras Similares y Ley General de Salud. Sin embargo, a través de la revisión del marco legal de Nicaragua, se encontró que existen más directrices y leyes vinculadas al manejo, conservación, protección y gestión de los recursos hídricos, tanto de manera explícita como implícita (cuadros 14 y 15).

Cuadro 14. Directrices y políticas que promueven el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos.

Directrices/Políticas	Elementos claves
Constitución Política de Nicaragua y sus Reformas	Es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate de los recursos naturales
Código civil	Consagra el derecho al uso del agua por parte de todas las personas que la necesitan, prohíbe la variación de los cursos de las corrientes y establece el derecho a la servidumbre.
Política Nacional de Recursos Hídricos	Establece los principios y lineamientos, con el propósito de orientar el manejo integral de los recursos hídricos, además de proteger y conservar estos recursos mediante su gestión basado en un enfoque participativo.
Política Ambiental de Nicaragua	Propone proteger nuestras principales reservas de agua de la contaminación, asegurando su calidad con el manejo participativo de los recursos naturales de las cuencas, en el seno de los Consejos Comunales.
Política de Desarrollo Forestal de Nicaragua	Realizar y divulgar los estudios necesarios para lograr un ordenamiento territorial del sector rural, con enfoque de cuencas hidrográficas para uso y manejo del suelo y agua, además, de priorizar programas o proyectos de reforestación en la parte alta de las cuencas como una forma de garantizar la provisión del recurso hídrico para la población.

Continuación cuadro 14.

Directrices/Políticas	Elementos claves
Política General para el Ordenamiento Territorial	Orienta el uso del territorio, basado en el desarrollo integral y el manejo adecuado y planificado de los recursos naturales y la protección del ambiente. Es primordial el equilibrio hídrico del recurso agua en el territorio, tanto superficial como subterráneo, en función de la oferta hídrica del medio natural y la demanda.
Política de Tierras de Nicaragua	Fomentar el uso adecuado de la tierra en las áreas protegidas, por medio de la conservación y preservación de las mismas en correspondencia con las directrices para su administración de acuerdo a su categoría de manejo, así como la adecuación y complementariedad de la política de tierra con respecto a los recursos hídricos y humedales.
Política Nacional de Salud	Establece la protección del recurso hídrico, control y prevención de la contaminación biológica, química y física, con la participación comunitaria, de las alcaldías, interinstitucional e intersectorial.
Política Nacional de Conservación y Manejo de Suelos*	Armonizar las normas y regulaciones para el manejo y conservación del recurso suelo con los diferentes sectores a nivel nacional, regional y municipal, principalmente con el sector forestal, agropecuario, recursos hídricos y el ordenamiento territorial.
Política Nacional de Cuencas*	Contiene los principios, objetivos, lineamientos e indicadores dirigidos a la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas, con el propósito de promover, fomentar y orientar un uso racional y sustentable de los recursos naturales para la protección y restauración de las cuencas hidrográficas de todo el territorio nacional.

*Documentos borradores para consultas, aún no aprobados.

Cuadro 15. Leyes, normativas y ordenanzas municipales que promueven el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos.

Leyes y otros instrumentos	Elementos claves
Ley General de Aguas Nacionales	Establece el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos, garantizando a su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente.
Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales y sus Reformas	Funda las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran asegurando su uso racional y sostenible.
Ley Especial de Delitos Contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales	Tipifica como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales.
Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal.	Establece el régimen legal para la conservación, fomento y desarrollo sostenible del sector forestal tomando como base fundamental el manejo forestal del bosque natural, el fomento de las plantaciones, la protección, conservación y la restauración de áreas forestales.
Ley de municipios y sus Reformas	Velar por el buen uso de los recursos naturales.
Ley General de Salud	Monitorear las fuentes de agua de consumo humano para determinar si existe peligro de contaminación, asegurando la calidad del agua para las poblaciones tanto urbanas como rurales.
Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y Otras Similares.	Asegurar la protección de la salud humana, los recursos naturales, la seguridad e higiene laboral y el ambiente en general para evitar los daños que pudieren causar estos productos por su impropia selección, manejo y el mal uso de los mismos.
Decreto 78-2002 Normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial	Establece las normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial, en el marco del uso sostenible de la tierra, preservación, defensa y recuperación del patrimonio ecológico y cultural, basándose en el uso y manejo adecuado de los recursos naturales.

Continuación del cuadro 15

<i>Leyes y otros instrumentos</i>	<i>Elementos claves</i>
Decreto 14-99 Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua	Reserva natural puede declararse aquellas zonas productoras de aguas o áreas que protegen las partes altas de las cuencas para evitar la erosión.
Reglamento de los Comités de Agua Potable y Saneamiento.	Velar porque se evite el despale en la comunidad, fundamentalmente en la cuenca donde se ubica la fuente de agua.
Ley General de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado	Regular las actividades de producción de agua potable, su distribución, la recolección de aguas servidas y la disposición final de estas.
Ley de reforma al Ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)	Fiscalizar el cumplimiento de las normas de protección al medio ambiente y los recursos naturales, relacionadas con la defensa y conservación de las fuentes de agua que utilizan los sistemas de abastecimiento que son para consumo humano y los cuerpos de agua que son utilizados como receptores del sistema público de alcantarillados.
Ley de Participación Ciudadana	Impulsar, promover, ayudar y contribuir en las labores de protección del medio ambiente y los recursos naturales.
Ordenanza Creación del Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo	Promocionar la gestión integral de los recursos naturales como base para lograr el desarrollo sostenible de las comunidades y su población que habita en la parte alta de la subcuenca del río Viejo.
Ordenanza Aprobación del Plan de Cuenca de la Parte Alta de la Subcuenca Río Viejo	Permitirá la rehabilitación y el ordenamiento de los recursos naturales de esta unidad hidrológica, emprender y ejecutar futuros proyectos de desarrollo que promuevan la protección y conservación, para mejorar el uso y aprovechamiento sostenible de los recursos naturales de la subcuenca.

El análisis del marco legal de Nicaragua, el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos se puede ver desde el punto objetivo (cuando las leyes son directas) y subjetivo (cuando se enmarca de manera indirecta), por tal razón es primordial analizar todos los instrumentos jurídicos vinculados al recurso agua.

4.1.1. Directrices y políticas vinculadas con los recursos hídricos de Nicaragua

Con base a lo anterior, es preciso analizar de lo macro a lo micro. La *Constitución Política de Nicaragua* (ANN 2005) con todas las reformas vigentes, menciona en el Título IV, Capítulo III, Arto. 60 que: “es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate del medio ambiente y de los recursos naturales”. En el Título VI, Capítulo I, Arto. 102 hace referencia a que los recursos naturales son patrimonio nacional y la preservación del ambiente y la conservación, desarrollo y explotación racional de los recursos naturales corresponden al Estado. Este mismo Capítulo en el Arto. 105 establece que es obligación del Estado promover, facilitar y regular la prestación de los servicios públicos básicos entre ellos el agua.

En otro contexto, el *Código Civil* (ANN 2006) vigente, promulgado anteriormente (1904-1905) a los preceptos modernos sobre el manejo integral de las aguas, contiene normas que la reconocen como un bien público, pero sujeto a determinadas reglas relacionadas con la propiedad privada de la tierra. El Código Civil consagra el derecho al uso por parte de todas las personas que lo necesiten, prohíbe la variación de los cursos de las corrientes, establece el derecho a la servidumbre y reconoce el derecho a transportar el agua a través de predios propiedad de terceros.

Este código puede considerarse avanzado en diferentes aspectos, incluso en materia de agua, pero evidentemente hoy en día no se ajusta a los modernos conceptos del área ni a las disposiciones contenidas en la Constitución actual.

El *decreto 107-2001 Política Nacional de los Recursos Hídricos* (La Gaceta 2001a), es la base fundamental para orientar el manejo integral de los recursos hídricos a nivel nacional, regional y local como lo establece el Arto. 1, a fin de garantizar la preservación y aprovechamiento sustentable del medio ambiente, ya que el objetivo de la política (Arto. 2), es el uso y manejo integrado de los recursos hídricos acorde con la capacidad de los ecosistemas.

Esta política establece entre sus principios rectores (Arto. 4), que el agua es un recurso natural finito y vulnerable, la cuenca hidrográfica es la unidad de gestión territorial para la administración del manejo integrado de los recursos hídricos y que el desarrollo y gestión del agua se basa en un enfoque participativo involucrando a los usuarios, planificadores y tomadores de decisiones a todos los niveles.

Dentro de los principios específicos (Arto. 5) de la política está que la planificación y administración integrada de los recursos hídricos, considera en forma unitaria las aguas subterráneas y superficiales, y su cantidad y calidad como un solo atributo y que el criterio de prevención o preservación prevalecerá sobre cualquier otro en la gestión pública y privada del agua.

Esta política de recursos hídricos enfoca diferentes lineamientos:

- a) Los institucionales (Arto. 6), los cuales mencionan que el Estado promoverá la organización de las instituciones que incluyan funciones de planificación, desarrollo, regulación, control y administración de los recursos hídricos, asimismo impulsará la participación de los usuarios en la administración y conservación del agua;
- b) Los del marco legal (Arto. 7), los cuales ordenan al Estado establecer instrumentos legales que promuevan el manejo de los recursos hídricos, estableciendo derechos y obligaciones de los actores involucrados a fin de inducir a la protección y conservación de los recursos hídricos;
- c) Los de planificación (Arto. 8) que establecen que el Estado, en conjunto con la sociedad civil, garantizará que la planificación de los recursos hídricos se realice a través de un proceso sistemático, donde se deba establecer un balance entre el desarrollo de la oferta y el manejo de la demanda de agua, además de la debida prioridad a la protección de la calidad y cantidad del agua, así como la conservación de los ecosistemas acuáticos;
- d) Los del marco económico (Arto. 9), que están enfocados al costo económico y financiero sobre el uso, aprovechamiento y contaminación del recurso hídrico.
- e) Los de uso múltiple (Arto. 10), los cuales indican que el agua debe ser manejada y administrada de forma que propicie su uso múltiple y considere debidamente su interacción con los demás recursos naturales, principalmente suelos y bosques;
- f) Los de cantidad y calidad de agua (Arto. 12) indican que el Estado, en conjunto con la sociedad civil, velará por la disponibilidad de agua para consumo humano e impulsará las acciones tendientes a proteger y conservar las fuentes de abastecimiento, en cantidad y calidad; y
- g) Los de desarrollo (Arto. 13), los cuales están referidos principalmente a fomentar el uso del agua de riego eficiente en la agricultura y propiciar el uso de insumos ecológicos en la agricultura, consolidando el marco regulatorio para el control de la contaminación no puntual asociada a la actividad agrícola.

Por otro lado, la *Política para el Sector Ambiente y Recursos Naturales* (MARENA 2007), posee el componente de manejo de cuencas y recursos naturales, su lineamiento señala que se debe proteger las principales reservas de agua de la contaminación, asegurando su calidad con el manejo participativo de los recursos naturales de las cuencas, en el seno de los consejos comunales.

El *decreto 50-2001 Política de Desarrollo Forestal* (La Gaceta 2001b) en el artículo 2 enmarca que el uso sostenible de los recursos naturales y la biodiversidad contribuyen a mejorar la calidad de vida, reduciendo la pobreza y la vulnerabilidad ambiental, los lineamientos de esta política (Arto. 4) señalan que debe lograrse un ordenamiento territorial del sector rural, con enfoque de cuencas hidrográficas para uso y manejo del suelo y agua y una zonificación agropecuaria y forestal del país, además de la ejecución de programas y proyectos, de reforestación de múltiples fines, priorizando la reforestación en la parte alta de las cuencas, como una forma de garantizar la provisión del recurso hídrico para la población.

La *Política General para el Ordenamiento Territorial* (La Gaceta 2001c) establecida en el decreto 90-2001, en su Arto. 1 orienta el uso del territorio de forma sostenible, incluyendo los recursos naturales; el Arto. 2 menciona los objetivos de la política, los cuales procuran proteger y conservar los ecosistemas del país, además del aprovechamiento y uso sostenible de los recursos naturales.

El Arto. 4 establece los principios rectores, uno de los cuales establece el equilibrio hídrico del recurso agua en el territorio, tanto superficial como subterráneo, en función de la oferta hídrica del medio natural y la demanda del recurso agua; conjuntamente a estos principios están los lineamientos de la política (Arto. 5), donde se señala el apoyo de políticas ambientales orientadas a la protección del ambiente y los recursos naturales.

En la *Política de Tierras* (MAGFOR 2004), dos de los lineamientos establecidos son que se deben establecer programas de desarrollo integral, consolidación legal y seguimiento del sector reformado y de los pequeños y medianos productores, vinculando a los beneficiarios en la ejecución de componentes de conservación de suelos y agua, y fomentar el uso adecuado de la tierra en las áreas protegidas, por medio de la conservación y preservación de las mismas, en correspondencia con las directrices para su administración, de acuerdo a su categoría de manejo, así como la adecuación y complementariedad con respecto a los recursos hídricos y humedales.

En la actualidad existen dos políticas en proceso de aprobación por parte de la Asamblea Nacional de Nicaragua, una es la *Política Nacional de Cuencas Hidrográficas*² la cual contiene los principios, objetivos, lineamientos e indicadores dirigidos a la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas, con el propósito de promover, fomentar y orientar un uso racional y sustentable de los recursos naturales, para la protección y restauración de las cuencas hidrográficas de todo el territorio nacional.

Su objetivo general es promover, fomentar y orientar la gestión y manejo integrado de las cuencas hidrográficas del país, propiciando su protección y restauración ambiental, a través de la planificación del uso sustentable de los recursos naturales en el marco de cada cuenca hidrográfica, en armonía con el desarrollo económico, los requerimientos sociales y la búsqueda de una mejor calidad de vida para la población, así como priorizar la intervención por microcuenca. Además, plantea promover un enfoque integrado en el uso o aprovechamiento del recurso hídrico de las cuencas hidrográficas en sus tres niveles cuenca, subcuenca y microcuenca.

La otra política en proceso de aprobación relacionada con los recursos hídricos, es la *Política Nacional de Conservación y Manejo de Suelos*³ la cual, en uno de sus lineamientos, plantea que el Estado debe armonizar las normas y regulaciones para el manejo y conservación del recurso suelo con los diferentes sectores a nivel nacional, regional, y municipal, principalmente con el sector forestal, agropecuario, recursos hídricos y el ordenamiento territorial.

Es importante señalar que aún con un sinnúmero de políticas que vinculan a los recursos hídricos, la sectorización de estas por las diferentes instituciones del Estado, los actores locales y nacionales no están familiarizados, ya que del total de entrevistados solamente tres personas conocen de las políticas (la de recursos hídricos, desarrollo forestal y la ambiental).

Esto puede deberse a dos factores: que las instituciones no divulgan y capacitan en estos temas a sus trabajadores, o estos trabajadores son nuevos y no poseen la información, esto último es muy típico cuando existen cambios de gobernantes en los países, ya que al cambiar todo el personal al mando de direcciones y delegaciones se incurre en un atraso de la dinámica política e institucional del Estado.

² Esta política se encuentra en proceso de consulta participativa en todos los sectores vinculados con el manejo y gestión de cuencas en Nicaragua, para su posterior aprobación por la Asamblea Nacional.

³ Esta política se encuentra en proceso de consulta participativa en todos los sectores vinculados en la conservación y manejo de suelos en Nicaragua, para posterior aprobación por la Asamblea Nacional.

Estas políticas mencionadas que vinculan a los recursos hídricos tanto de manera directa como indirecta, juegan un papel importante para el manejo, conservación, protección y gestión de estos recursos para lograr un uso y aprovechamiento sostenible del agua, pero en la actualidad no se ha logrado cumplir con estas, por falta de voluntad política, por lo cual se debe de formar la voluntad política para actuar, como lo menciona la GWP (2000) que *“para lograr la atención y el compromiso político es vital para asegurar una buena toma de decisiones y realizar inversiones necesarias para el desarrollo y el manejo de los recursos hídricos. Para llegar al manejo y gestión sustentable del recurso hídrico, es fundamental llevar los temas de recursos de agua como una prioridad en la agenda política de los gobiernos”*.

Es importante señalar que los objetivos de las políticas han sido establecidos sin considerar las implicancias para otros usuarios de agua y sin consultarlas entre los sectores e instituciones. Como resultado de esto, la GWP (2000) menciona que la disponibilidad de recursos financieros y físicos (incluyendo al agua), no han sido utilizados para maximizar el bienestar social total de las poblaciones, por lo que existe una necesidad de encontrar maneras apropiadas para coordinar la realización de políticas, planificar e implementar de manera integrada a través de las fronteras sectoriales, institucionales y profesionales y tomar en cuenta, aún más, los temas más complejos de coordinación que surgen del manejo y gestión de los recursos hídricos.

Uno de los elementos básicos para lograr la GIRH es tenerlo dentro del marco legal de las políticas nacionales (GWP 2000), por lo que no debe ser abstracta, ni obedecer a reglas internacionales; por el contrario debe ser dinámica y adaptativa a las circunstancias socioeconómicas y ambientales en un determinado tiempo y que permita su reformulación cuando se necesite (Magnani 1996).

Síntesis de directrices y políticas

La Constitución Política de Nicaragua, es la base fundamental para proponer y dictaminar leyes y decretos en temas ambientales. Pero también existen otros instrumentos de apoyo como el Código Civil de Nicaragua, estos dos establecen que es obligación del Estado la preservación, conservación y rescate de los recursos naturales. A partir de esto se enmarcan las diferentes políticas establecidas en Nicaragua, donde todas aquellas relacionadas a los recursos naturales, lo tipifican. Sin embargo se destaca la importancia que deben de jugar las instituciones del Estado, las ONG y la sociedad civil en pro de la conservación, protección, manejo y gestión de los recursos naturales, dejando ver la importancia de la Política de Recursos Hídricos.

4.1.2. Leyes, reglamentos, normativas y ordenanzas municipales vinculadas con los recursos hídricos

Otro componente del marco jurídico legal de Nicaragua son las leyes y sus reglamentos, de las cuales existen muchas y enlazadas entre si, algunos de sus artículos referidos al manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos. La principal relacionada a los recursos hídricos es la *Ley 620 Ley General de Aguas Nacionales* (La Gaceta 2007a), la cual establece el marco jurídico institucional para la administración, conservación, desarrollo, uso, aprovechamiento sostenible, equitativo y de preservación en cantidad y calidad de todos los recursos hídricos existentes en el país, sean estos superficiales, subterráneos, residuales y de cualquier otra naturaleza, garantizando a su vez la protección de los demás recursos naturales, los ecosistemas y el ambiente. Son objetivos de esta ley ordenar y regular la gestión integrada de los recursos hídricos a partir de las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas e hidrogeológicas del país, además crear y definir las funciones y facultades de las instituciones responsables de la administración del sector hídrico y los deberes y derechos de los usuarios, así como, garantizar la participación ciudadana en la gestión del recurso.

El Arto. 19 dispone que los consejos municipales puedan declarar de utilidad pública la protección integral de las zonas de captación de las fuentes de abastecimiento, priorizando la conservación de suelos y de los recursos forestales, mismos que deberán ser objetos de programas de reforestación. Los Arto 66, 67, 68 están referidos al uso del agua para consumo humano, la cual tiene la más elevada e indeclinable prioridad para el Estado. También se sustenta en que toda persona que aproveche el recurso no produzca alteraciones en la calidad del agua o realice actividades que deterioren de alguna forma el cauce y sus márgenes.

Para que estas disposiciones tengan efectos se crea la Autoridad Nacional del Agua (ANA), la cual promoverá incentivos y estímulos económicos (Arto 84), incluyendo fiscales y financieros, a las personas naturales o jurídicas que protejan y conserven las fuentes hídricas y reforesten las cuencas donde están ubicadas sus propiedades, además se podrá brindar servicios ambientales de carácter hídrico que deberán estar dirigidos a garantizar el buen desempeño de las cuencas y acuíferos, para lo cual se podrán establecer pagos en zonas de recarga, incluyendo bosques y selvas y los nacimientos de manantiales; el pago por este servicio (Arto 95) es un incentivo a la conservación, protección, uso racional del agua y demás recursos naturales existentes en las cuencas hidrográficas.

Esta ley posee un título donde se tipifica la protección de las aguas, el Art 96 menciona que se prohíbe tala o corte de árboles o plantas de cualquier especie, que se encuentre dentro de un área de 200 metros a partir de las riberas de los ríos a fin de proteger el recurso hídrico existente. Además, el Arto 101 señala que el MARENA, en consulta con la ANA deberá promover la ejecución de planes de protección de los recursos hídricos en cuencas y acuíferos, considerando las relaciones existentes con los usos del suelo, la cantidad y la calidad del agua. El capítulo V Arto 109 establece las zonas de veda y zonas de reserva las cuales se podrán declarar considerando el Plan Nacional de los Recursos Hídricos, los planes, programas de cuenca, el ordenamiento territorial nacional, regional y municipal.

El capítulo VII en los Arto 114, 115 y 116 indica la formulación y elaboración de una planificación nacional de los recursos hídricos con criterios de ordenamiento territorial y enfoque de cuenca, para asegurar la producción y protección de agua a mediano y largo plazo. Indica que se deben contemplar acciones encaminadas a proteger y recuperar las zonas de infiltración, áreas de recarga, de cuerpos de agua, superficial y subterránea. Además, obliga a la protección de los bosques o áreas de montañas en nacientes y de recarga acuífera.

El Arto 147 establece que toda persona natural o jurídica que posea propiedades registradas a su nombre, en áreas definidas como de recarga acuífera o para producción de agua, deben destinar el 25% de la propiedad para proyectos de reforestación, a efectos de garantizar la conservación del recurso hídrico.

La aplicación del *Decreto 106-2007 Reglamento de la Ley 620 Ley General de Aguas Nacionales* (La Gaceta 2007b) según el Arto.4 de este serán: Consejo Nacional de los Recursos Hídricos (CNRH), la Autoridad Nacional del Agua (ANA), los Organismos de Cuencas y los Comités de Cuencas, trabajando en armonía y coordinación con las instituciones del Estado vinculadas al recurso agua, así como los gobiernos municipales y regionales. Además, este reglamento en su Arto. 12 establece que las instituciones vinculadas directamente al sector agua son:

- Consejo Nacional de los Recursos Hídricos (CNRH)
- Autoridad Nacional del Agua (ANA)
- Organismos de Cuenca
- Comités de Agua
- Comités de Agua Potables (CAPS)
- Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA)
- Ministerio Agropecuario y Forestal (MAGFOR)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER)
- Intendencia del Agua (INAA)
- Empresa Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado (ENACAL)
- Ministerio de Energía y Minas (MEM)
- Fondo de Inversión Social de Emergencia (FISE)

Es importante señalar que el CNRH y la ANA no funcionan en la actualidad, esto se debe a la falta de coordinación interinstitucional y voluntad política para la escogencia del director de la ANA.

Dentro de las atribuciones que manda el reglamento (Arto37) al consejo directivo de los Organismos de Cuencas serán: coordinar con las municipalidades acciones de protección y conservación de los recursos hídricos, superficiales y subterráneos, conforme a las disposiciones técnicas y jurídicas que al efecto emitan las autoridades competentes en la materia; velar dentro de su jurisdicción, por el estricto cumplimiento de la presente ley, sus disposiciones reglamentarias y demás normativas hídricas, así como de los instrumentos de planificación de la cuenca respectiva; administrar, custodiar, preservar y conservar los recursos hídricos y los demás bienes de dominio público en el ámbito territorial correspondiente, con facultades administrativas y jurídicas; coadyuvar en la protección y conservación de las reservas de agua en su ámbito territorial y en la ejecución de los planes de gestión integrada de los recursos hídricos; promover el uso eficiente del agua y su conservación en todas las fases del ciclo hidrológico.

Mientras que el Capítulo VIII, referido a los Comités de Cuenca, señala en el Arto. 40 que estos serán los instrumentos territoriales para velar que en el área determinada, como una cuenca específica, se cumplan con los objetivos de la ley para lograr el manejo del recurso agua. Es elemental mencionar que dentro de las competencias (Arto. 44) de los Comités de Cuenca está promover la integración de comisiones de trabajo de diversa índole, que permitan analizar, y en su caso plantear soluciones y recomendaciones para la atención de asuntos específicos relacionados con la administración de los recursos hídricos, el fomento del uso racional del agua y la preservación de su calidad.

Tanto la ley como el reglamento, especifican sobre los diferentes usos del agua dentro de los cuales están: consumo humano, servicio de agua potables, conservación ecológica, agropecuario, energía eléctrica y otros, dentro de los cuales existen artículos muy importantes de señalar. Según el Arto. 71 del reglamento en el capítulo referido al agua de consumo humano enmarca que el plan de desarrollo de los prestadores de servicio público de agua potable y el plan sectorial deben especificar las fuentes potenciales de agua potable, o fuentes de abastecimiento futura, a fin de obtener previamente, mediante estudio la prioridad de su uso para consumo humano y su debida protección.

En lo referido al agua de uso agropecuario (Arto 79) el MAGFOR en coordinación con el INTA promoverán las investigaciones y transferencias tecnológicas para el uso de productos biológicos y naturales en la agricultura, entre otras prácticas de producción más limpia a fin de prevenir la contaminación del suelo y la calidad de las aguas.

El artículo 94 establece que toda fuente de agua, sea subterránea o superficial, debe ser objeto de estudios hidrológicos e hidrogeológicos y análisis para determinar su grado de potabilidad, esto como estudio necesario para la protección de la fuente de agua. Además, que el Arto. 119 define las zonas de recarga de los mantos acuíferos los definirá el MARENA e INETER, mediante los estudios correspondientes.

La segunda en orden de importancia es la *ley 217 o Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales* (La Gaceta 1996a), la cual establece (Arto. 1) las normas para la conservación, protección, mejoramiento y restauración del medio ambiente y los recursos naturales que lo integran, asegurando su uso racional y sostenible.

El Arto 3 establece los objetivos, uno de los cuales garantiza el uso y manejo racional de las cuencas y sistemas hídricos, asegurando de esta manera, la sostenibilidad de los mismos; para esto, el Estado y los habitantes tienen la obligación de la protección de los recursos naturales según el Arto. 4. Se pueden establecer y declarar legalmente áreas naturales protegidas (Arto. 18), teniendo como uno de los objetivos proteger cuencas hidrográficas, ciclos hidrológicos, mantos acuíferos y otros de importancia biológica.

En su Arto. 14 se establece que el ordenamiento ambiental del territorio tendrá como objetivo principal alcanzar la máxima armonía posible en las interrelaciones de la sociedad con su medio ambiente, tomando en cuenta: las vocaciones de cada región en función de sus recursos naturales, la conservación, recuperación y mejoramiento de la calidad de las fuentes de agua; teniendo en cuenta que (Arto 73) es obligación del Estado y de todas las personas naturales o jurídicas que ejerzan actividad en el territorio nacionales y sus aguas jurisdiccionales, la protección y conservación de los ecosistemas acuáticos, garantizando su sostenibilidad. De esta manera (Arto. 74), el uso, manejo, aprovechamiento de los ecosistemas acuáticos, costeros y los recursos hidrobiológicos contenidos en ellos, deberá realizarse con base sostenible y de acuerdo a planes de manejo que garanticen la conservación de los mismos.

Esta ley menciona (Arto 78) que para autorizar el uso del agua, la institución a cargo deberá considerar la interrelación equilibrada con los demás recursos y el funcionamiento del ciclo hidrológico, con especial protección de suelos, áreas boscosas, formaciones geológicas y de las áreas de recarga de los acuíferos, además de promover el manejo integrado de cuencas hidrográficas, evitando el uso o gestión de cualquier elemento del sistema hídrico que pueda perjudicar las condiciones físicas, químicas o bacteriológicas del agua.

La ley establece normas para la protección de suelos forestales dentro de las cuales el Arto. 99 fundamenta que el manejo de las tierras forestales se regirá por dos clasificaciones una de las cuales son las áreas de conservación forestal y son aquellas conservadas permanentemente con cobertura forestal para protección y conservación de biodiversidad, suelo y/o agua.

De esta manera se estipula (Arto 101) que para el uso, administración y manejo de las tierras forestales se debe tomar en cuenta la función que desempeñan los bosques en el ciclo hidrológico y la protección de los suelos, fuentes y corrientes de agua, de tal manera que mantengan su calidad y los caudales básicos.

Para prevenir la contaminación de las aguas para consumo humano la ley establece en su Arto. 126 que será prohibido ubicar en zonas de abastecimiento de agua potable, instalaciones cuyos residuos aún tratados provoquen contaminación de objetos físico, químico, orgánico, térmico, radioactivo o cualquier otra naturaleza o presente riesgos potenciales de contaminación. Para tal efecto, el Arto. 94 del reglamento (La Gaceta 1996b) de esta ley (decreto 9-96) especifica que se prohíbe la ubicación de instalaciones que almacenen, produzcan, formulen, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares a 2000 metros de distancia de fuentes de abastecimiento de agua potable, fuentes de uso recreativo y fuentes de agua en general; y a 1000 metros de distancia de poblados. Este reglamento establece sanciones leves (Arto. 103) de las cuales las más relacionadas a este estudio son apilar aserrín, pulpa de café, cáscara de arroz u otros residuos industriales en sitios que posibiliten la contaminación de suelos y fuentes de agua, además de vertir desechos industriales no tóxicos, sin su debido tratamiento en suelo, ríos, quebradas, lagos, lagunas y cualquier otro curso y fuente de agua permanente o no permanente.

Las infracciones muy graves (Arto. 105) que más se relacionan son aplicadas al efectuar vertidos de sustancias contaminantes líquidas, sólidas o gaseosas a los cursos o depósitos de agua o al alcantarillado sanitario sin previo permiso de autoridad competente y sin cumplir con los procesos de depuración; o neutralización prescritas en las normas técnicas ocasionando impactos negativos. Otra sanción se da al quemar a cielo abierto, aserrín, corteza u otros residuos provenientes de la industria maderera y de la industria en general, sin tomar las medidas necesarias para evitar la contaminación del aire o fuentes de agua.

Dentro del marco legal de Nicaragua existe la *Ley 559 o Ley Especial de Delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales* (La Gaceta 2005), la cual nace como una medida urgente y coercitiva ante los impactos ambientales negativos de parte de la sociedad civil, para frenar el avance acelerado de la degradación y pérdida de nuestros ecosistemas.

El objeto de esta ley (Arto. 1) es tipificar como delitos contra el medio ambiente y los recursos naturales, las acciones u omisiones que violen o alteren las disposiciones relativas a la conservación, protección, manejo, defensa y mejoramiento del ambiente y los recursos naturales. El Arto. 7 se refiere a la protección de las aguas ante la contaminación estableciendo que las personas naturales o jurídicas que de forma dolosa sin autorización correspondiente de la autoridad competente realicen directa o indirectamente, o autoricen y permitan la descarga, depósito o infiltración de aguas residuales, líquidos o materiales químicos o bioquímicos, desechos o contaminantes tóxicos en aguas marinas, ríos, cuencas y demás depósitos o corrientes de agua, que ocasionen o puedan ocasionar inminentemente daños a la salud, a los recursos naturales, la biodiversidad, calidad del agua o a los ecosistemas en general, estas personas incurrirán en delito ambiental.

Esta ley implanta sanciones a las personas que dañen o perturben el medio ambiente y los recursos naturales (Arto 12), las cuales pueden aplicarse cuando por ejemplo (Arto 13) se ocasione daño a reservorios de agua destinadas para consumo humano, causen daño directo o indirecto a una cuenca hidrográfica, afecten recursos hidrobiológicos y otros que no se relacionan con esta investigación.

Además el Arto. 16 señala que será un delito ambiental cuando se destruyan reservorios o fuentes de agua o el daño sea irreversible y que afecte a toda una comunidad, relacionado a lo anterior. El Arto. 19 menciona que la persona que construya diques, muros de contención, obstruya, retenga, desvíe haga disminuir el libre curso de las aguas de los ríos, quebradas u otras vías de desagüe natural, de manera permanente, afectando a ecosistemas, la salud de la población o las actividades económicas, estará incurriendo en delito ambiental.

Es de mucha importancia referirse al Arto. 31, el cual sanciona aquella persona que deforeste, tale o destruya árboles o arbustos, destinados a la protección de las vertientes o manantiales naturales o áreas de recarga.

Muy relacionado al artículo anterior es el Arto. 57, donde enmarca que el perímetro de prohibición de cortar árboles y arbustos comprende para los efectos de esta Ley, un radio de 400 metros arriba de los manantiales que nacen en la montaña, y una faja de 200 metros medidos de cada orilla de las vertientes en toda la extensión de su curso, o dentro de un radio igual a 200 metros alrededor de las fuentes que nacen en terrenos planos, ya sea o no, que se transformen o no en corrientes temporales o permanentes.

Entre las demás leyes que mencionaron las personas entrevistadas y se vinculan con los recursos hídricos, está la *Ley 462 o Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal* (La Gaceta 2003a), la cual, en su Capítulo III, especifica sobre el manejo y aprovechamiento forestal. En la sección 5 enfatiza que las áreas forestales de protección municipal (Arto 27) estarán bajo la responsabilidad y el cuidado de las municipalidades, y corresponden a las ubicadas: 1) en una distancia de 200 metros, medida horizontalmente de la marca máxima de marea o fluctuación del cuerpo de agua a partir de las costas de los lagos, embalses naturales, embalses artificiales y fuentes de agua; 2) en una distancia de 50 metros, medidos horizontalmente, a cada lado de los cauces y de los ríos y; 3) en áreas con pendientes mayores de 75%. En estas áreas se prohíbe el corte de árboles en cualquiera de sus modalidades y se prohíbe el aprovechamiento forestal de la tala rasa, el uso de plaguicidas y la remoción total de la vegetación herbácea.

Como medida de incentivar la protección y conservación de los recursos naturales, el Arto. 37 manda a que los alumnos desde el tercer grado de primaria hasta el quinto de secundaria, deberán sembrar cuatro árboles ya sean frutales o de madera de construcción o preciosa, preferentemente en el nacimiento de las fuentes de agua o a la orilla de los ríos, durante el año de estudio.

Estas áreas municipales de protección forestal, según el *decreto 73-2003 reglamento de la Ley 462* (La Gaceta 2003b) en el Arto. 64, establece las áreas forestales de protección municipal; indica que estas tendrán que ser declaradas por las municipalidades siguiendo los procedimientos de la *Ley 40 y 261 Ley de Municipios y sus reformas* (La Gaceta 1997), teniendo como base el Arto 6 de la ley 40 y 261, los cuales mencionan que los gobiernos municipales tienen competencia en todas las materias que incidan en el desarrollo socioeconómico y en la conservación del ambiente y los recursos naturales de su circunscripción territorial. A la vez tienen el deber de (Arto 7) prestar a la población los servicios básicos de agua, construir, dar mantenimiento y administrar los acueductos municipales, además desarrollar, conservar y controlar el uso racional del medio ambiente y los recursos naturales, como base del desarrollo sostenible del municipio y del país, fomentando iniciativas locales en estas áreas y contribuyendo a su monitoreo, vigilancia y control, en coordinación con los entes nacionales correspondientes.

Como una manera de obligar a la sociedad civil a proteger los recursos naturales, el Arto 16 de la ley 40 y 261, estipula que se debe integrar a las labores de protección del medio ambiente y de mejoramiento de las condiciones higiénicas y sanitarias de la comunidad, así como la prevención y auxilio ante situaciones de catástrofe natural y social que afecten al municipio, teniendo en cuenta que el Consejo Municipal (Arto 28) garantizará el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias de la comunidad y la protección del medio ambiente, con especial énfasis en las fuentes de agua potable, suelos y bosques, y la eliminación de residuales líquidos y sólidos.

De la misma manera la *Ley 475 Ley de Participación Ciudadana* (La Gaceta 2003c), en su Arto 62 incorpora que una de las finalidades de las asociaciones de pobladores es impulsar, promover, ayudar y contribuir en las labores de protección del medio ambiente y los recursos naturales, así como la obtención de un desarrollo sostenible y el mejoramiento de las condiciones higiénico-sanitarias de la comunidad.

Como una manera de ordenar el territorio de Nicaragua surge el *decreto 78-2002 titulado Normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial* (La Gaceta 2002a), en el cual, el Arto. 5 menciona que el ordenamiento territorial municipal deberá contribuir al fomento y promoción de alianzas intermunicipales que permitan la preservación, protección, restauración y aprovechamiento de recursos, territorio, potenciales y limitantes que trascienden los límites municipales. Este ordenamiento se hará con base en el uso y manejo adecuado de los recursos naturales (Arto. 6) teniendo en cuenta:

- Se debe evitar la disminución de la cobertura forestal y promover la recuperación de la misma, con miras a la protección y recuperación, el restablecimiento de la cobertura forestal y la protección de las cuencas hidrográficas.
- Deberá promoverse la recuperación y la protección de los bosques de galería situados a lo largo de todos los cuerpos y corrientes de agua superficial, ya sean permanentes o intermitentes.
- La preservación, la calidad y disponibilidad del recurso agua en el territorio, tanto superficial como subterráneo.
- Las cuencas, subcuencas y microcuencas hidrográficas, por ser unidades territoriales estratégicas para el manejo del territorio, constituyen espacios comunes para el entendimiento y concertación en función del desarrollo sostenible.

Este mismo artículo establece que se debe enfatizar el manejo integral de cuencas hidrográficas, evitando particularmente el deterioro de su capacidad de regulación de flujos hídricos, promoviendo medidas de manejo adecuado de suelos y mejorando prácticas agrícolas, pecuarias, forestales y otras actividades económicas, particularmente en: áreas periféricas a nacimientos de cuerpos de agua, siendo estas las franjas de suelos ubicadas paralelamente a los cauces de agua o en la periferia de los nacimientos y cuerpos de agua y en áreas de infiltración para recarga de acuíferos, que permitan la infiltración, circulación o tránsito de aguas entre la superficie y el subsuelo.

El Arto. 32 define las áreas no aptas para el establecimiento y expansión de asentamientos humanos, una de ellas son las ubicadas a menos de 50 metros del límite de máxima crecida o cota de inundaciones de cuerpos de agua.

Es de mucha importancia señalar que el Arto. 39 de define las zonas de protección, las cuales pueden ser zonas de protección natural correspondiente a áreas inmediatas al área urbana relacionadas con la protección natural; las destinadas a protección hídrica serán aquellas áreas que se destinan para la protección de cuerpos de agua o zonas de recarga de acuíferos subterráneos. Para los recursos superficiales se cumplirá la norma de 200 metros establecida en la Ley 462 Arto. 27.

El *decreto 14-99 Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua* (La Gaceta 1999), en el Arto. 8 describe la designación de la categoría de área protegida y su manejo, una de ellas, las reservas naturales, se definirá bajo el criterio de ser o no áreas que estén protegiendo ecosistemas de interés y que estén funcionando como corredores biológicos, que sean zonas productoras de aguas o áreas que protegen las partes altas de las cuencas para evitar la erosión.

En términos de protección del agua para consumo humano o agua potable, para que la población no sea afectada por consumo de agua no potable, existe la *Ley 423 Ley General de Salud* (La Gaceta 2002b), la cual hace mención al monitoreo de las aguas de consumo humano para asegurar a las poblaciones el consumo de agua potable. Establece en su Arto. 69 el saneamiento ambiental, que comprende la promoción, educación, mejora, control y manejo del ruido, calidad de aguas, eliminación y tratamiento de líquidos y sólidos, aire, la vigilancia sanitaria sobre factores de riesgo y adecuación a la salud del medio ambiente en todos los ámbitos de la vida. Además el Arto. 79 describe las medidas administrativas de seguridad, una de las cuales ordena la suspensión de obras o trabajos que puedan contaminar las aguas superficiales o subterráneas o el suelo.

Por lo expuesto anteriormente, el *Decreto 001-2003 Reglamento de la Ley 423* (La Gaceta 2003d), manda en su Arto. 235 a que el Ministerio de Salud determinare y exija el cumplimiento de las normas técnicas de calidad sanitaria, en las fuentes y sistemas de abastecimiento, establecimientos que procesan, almacenan y expenden agua para el consumo humano.

Además que para la utilización de una fuente de agua para consumo humano (Arto 236), previo al inicio de su funcionamiento, se deberá cumplir con los parámetros físicos, químicos, microbiológicos y de metales pesados, para obtener el registro de calidad del agua, avalado por el Centro Nacional de Diagnóstico y Referencia.

En lo referido al ambiente, este reglamento tipifica en su Arto. 443, como daño reversible al medio ambiente, aquellos provocados al agua, suelo y atmósfera que son reparables y que puedan afectar la salud de las personas; a su vez, el Arto. 444 establece como daño irreversible al medio ambiente, aquellos provocados al agua, suelo y atmósfera que no son reparables y que afectan la salud de las personas.

En términos de prevenir la contaminación, daños al medio ambiente, la salud humana y los recursos naturales por medio de sustancias se creó la *Ley 274 Ley Básica para la Regulación y Control de Plaguicidas, Sustancias Tóxicas, Peligrosas y Otras Similares* (La Gaceta 1998a), con el objeto (Arto 1) de asegurar la protección de la actividad agropecuaria sostenida, la salud humana, los recursos naturales, la seguridad e higiene laboral y del ambiente en general, para evitar los daños que pudieren causar estos productos por su impropia selección, manejo y el mal uso de los mismos. El Arto. 23 establece algunas funciones del Ministerio de Transportes, una de las cuales será que en coordinación con los Ministerios de Salud y de Agricultura, controlará, normará y regulará el medio de transporte para las aplicaciones, aspersiones o tratamientos de cultivos con la utilización de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares que se realicen por vía aérea, en un perímetro no mayor a los cuatro kilómetros, y por vía terrestre, a cincuenta metros de los poblados, caseríos y fuentes de agua.

Es primordial enmarcar que según el *Decreto 49-98 reglamento de la Ley 274* (La Gaceta 1998b), el Arto. 69 establece que la construcción de bodegas, plantas formuladoras, empacadoras o cualquier otra instalación donde se realicen actividades con plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares, deben realizarse retirados de manantiales y otras fuentes de agua para el consumo humano, animal y de uso para las actividades agropecuarias.

Además que (Arto. 72) la limpieza de medios de transporte y equipos de aplicación de los productos y sustancias controladas y reguladas por la Ley 274 y su reglamento, no se podrá efectuar en manantiales, estanques, canales u otras fuentes de agua.

Como medida para regular el servicio de agua para consumo humano y su disposición final después de utilizada, se creó la *Ley 297 Ley General de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario* (La Gaceta 1998c), la cual tiene como objeto regular las actividades de producción de agua potable, su distribución, la recolección de aguas servidas y la disposición final de estas. El *Decreto 52-98 Reglamento de la Ley 297* (La Gaceta 1998d) menciona que los concesionarios de estos servicios (Arto. 67) deben establecer, mantener y operar periódicamente un sistema de muestreo del agua potable y de los efluentes vertidos al sistema para los efectos de su control y registro, además de informar de manera inmediata a INAA, cuando se detecten fallas en la calidad del agua potable y de los efluentes vertidos, con relación a los límites tolerables establecidos en las disposiciones técnicas vigentes e indicar las medidas que llevará a cabo para restablecer la calidad del agua potable y del efluente.

Según *Decreto 123 la ley Orgánica del Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillados (INAA)* (La Gaceta 1979) y sus reformas, establece en el Arto. 6, que el INAA tendrá a su cargo la regular, fiscalizar y normar el sector de agua potable y alcantarillado sanitario del país. Para el logro de sus objetivos tendrá funciones y atribuciones de las cuales algunas importantes para este estudio son: fiscalizar y verificar que todas las obras relacionadas con el abastecimiento de agua potable y disposición de aguas servidas o desechos industriales líquidos que se viertan al sistema público de alcantarillado y la explotación de aguas subterráneas o superficiales. Además debe de velar por el cumplimiento de las normas, criterios, especificaciones, reglamentos y regulaciones técnicas que regirán las actividades de reconocimiento y exploración de los recursos hídricos para la producción de agua potable y las actividades de producción, conducción, distribución y comercialización de agua potable.

En las áreas rurales de Nicaragua existen los Comités de Agua Potable (CAP), los cuales se rigen con el reglamento emitido por la Dirección de Acueductos Rurales (DAR) del INAA. Este reglamento establece que la junta directiva del CAP vigilará y protegerá las fuentes de abastecimiento del sistema, para evitar su contaminación y ayudar a la protección de las cuencas hidrográficas de la región (Arto. 8). Además debe de velar porque se evite el despale en la comunidad, fundamentalmente en la cuenca donde se ubica la fuente de agua (Arto. 13).

A nivel municipal, las ordenanzas que mencionaron los actores locales y nacionales, vinculadas al tema en estudio son: la Ordenanza Municipal de Creación del Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (CTPASRV) de Jinotega (Alcaldía de La Concordia 2007), donde el Arto.3 menciona la misión del CTPASRV será el organismo local normador, eficiente en la gestión de recursos hídricos y rector de acciones que contribuyan al desarrollo sostenible en la parte alta de la subcuenca del río Viejo y como uno de sus objetivos (Arto 5), realizará actividades que contribuyan a la conservación, protección y restauración de los recursos naturales y en particular de los suelos y aguas, con la integración de las familias productoras ubicadas en el área de incidencia.

Dentro de las atribuciones de este comité están (Arto 6): contribuir al empoderamiento del plan de ordenamiento a través del trabajo comunitario para garantizar la conservación, protección y restauración de los recursos naturales dentro esta unidad hidrológica, que conlleve a mejorar las condiciones de vida de las futuras generaciones; establecer mecanismos de coordinación, monitoreo, seguimiento y evaluación de los planes y programas orientados a la conservación, protección y restauración de los recursos hídricos de que dispone la subcuenca, como elemento integrador de la mejoría de las condiciones de vida de los pobladores e implementar mecanismos de divulgación que permitan a los habitantes ubicados en el área de incidencia, conocer y analizar las leyes relacionadas a la protección de los recursos naturales para su cumplimiento.

Como una manera de dirigir el manejo y gestión integrar de los recursos naturales de la parte alta de la subcuenca del río Viejo, se estableció la Ordenanza Municipal del Plan de Manejo de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (La Concordia 2008), teniendo como propósito (Arto. 1) facilitar el uso adecuado de los recursos naturales, que prioriza las áreas de intervención y guía las acciones mediante los programas y subprogramas, con el fin de mejorar en forma integral, las necesidades y prioridades económicas y sociales para el bienestar de la población ubicada en la delimitación hidrográfica de la subcuenca.

Además establece que todas las instituciones del Estado, ONG, organizaciones de productores, organismos civiles y organizaciones comunitarias que tienen intervenciones en las comunidades y las microcuencas integradas en el Plan de Cuenca de la Parte Alta de la subcuenca del río Viejo, deberán coordinar y complementar acciones con la Alcaldía Municipal de La Concordia para evitar duplicidad de esfuerzos de los diferentes actores en el mismo territorio.

Esto es muy importante, ya que se establece, de forma explícita, el concepto de cogestión de cuenca el cual según Jiménez *et al* (2006) debe abarcar una gestión conjunta, compartida y colaborativa, mediante la cual, diferentes actores locales como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes integran esfuerzos, recursos, experiencias y conocimientos para desarrollar procesos dirigidos a lograr impactos favorables y sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo.

De las entrevistas realizadas a los actores tanto locales como nacionales, se observó que no existe un verdadero conocimiento de las leyes vinculadas con los recursos hídricos, aún cuando estos mencionen las leyes principalmente la Ley 620, Ley 462, Ley 40, Ley 559 y Ley 217. Existe una contradicción, ya que ellos afirmaron que las divulgan en talleres, reuniones, capacitaciones y entrega de afiches y folletos en ferias u otro evento masivo.

Es muy importante a la vez señalar que ellos consideran que la aplicación del marco legal por parte de las instituciones para sus programas o proyectos las hacen cumplir, mientras cuando el panorama cambia y se aplica la ley a la sociedad civil, esta no es aplicada por diferentes razones; las principales por falta de recursos económicos, logísticos y humanos, aunque también por favores políticos, pero esto según los entrevistados puede cambiar cuando se divulguen efectivamente estas leyes a la sociedad civil, no como una manera de sensibilizar a la población, sino apoderarlas del marco legal.

El grado de participación de los actores locales y nacionales en el territorio no es muy activo, una de las causas es la falta de coordinación interinstitucional en el seno del CTPASRV, además que en sus planes operativos y estrategias de trabajo poco ponen importancia a las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica, aún cuando existe un marco legal bien definido, pudiendo ser la base para sus intervenciones dentro del territorio. Solamente MARENA-PIMCHAS, en los componentes de manejo de cuencas y agua y saneamiento, hacen referencia a las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica para su gestión y manejo. Sin embargo, tanto el MARENA como el MAGFOR le brindan mucha atención al tema de fuentes de aguas y zonas de recarga hídrica para sus intervenciones, ya que sus competencias lo ameritan, según la Ley 290, Ley de Organización, Competencia y Procedimientos del Poder Ejecutivo y la Ley 620.

La municipalidad de La Concordia en su plan ambiental municipal enmarca el problema de abastecimiento de agua potable y la vulnerabilidad de este a la contaminación. Esta situación es singular en la mayoría de municipios de Nicaragua. Quirós (2005) menciona que de 120 municipios de Nicaragua que elaboraron un Plan Ambiental Municipal, el 80% identificaron el abastecimiento del agua potable como su principal problema ambiental. Además, refiere que sólo el 46% de la población rural tiene acceso a una fuente de agua segura y que sólo el 26% recibe agua a través de tubería, el 36% usa agua de pozos privados o públicos y el 26% de ríos, manantiales o quebradas.

Síntesis de leyes y elementos principales

Existen muchas leyes, reglamentos, decretos, normas y ordenanzas relacionadas con los recursos naturales, estas están dispersas y en algunos casos se contradicen, específicamente a nivel de competencias de las instituciones. En este sentido se deberán revisar para posteriormente proponer reformas sustanciales para entrelazarlas. En temas de protección, conservación, manejo y gestión de los recursos hídricos la Ley 620 y su reglamento es la base fundamental para lograr el cumplimiento de metas vinculadas con estos temas, siempre que exista una voluntad política tanto del Estado como de la misma población. Ya que aún cuando estas leyes existen no se cumplen a cabalidad por situaciones políticas o injerencia monetaria, por lo que las instituciones formadas por la Ley 620 serán fundamentales para encaminar los procesos a seguir.

4.1.3. Relaciones institucionales en la microcuenca La Concordia

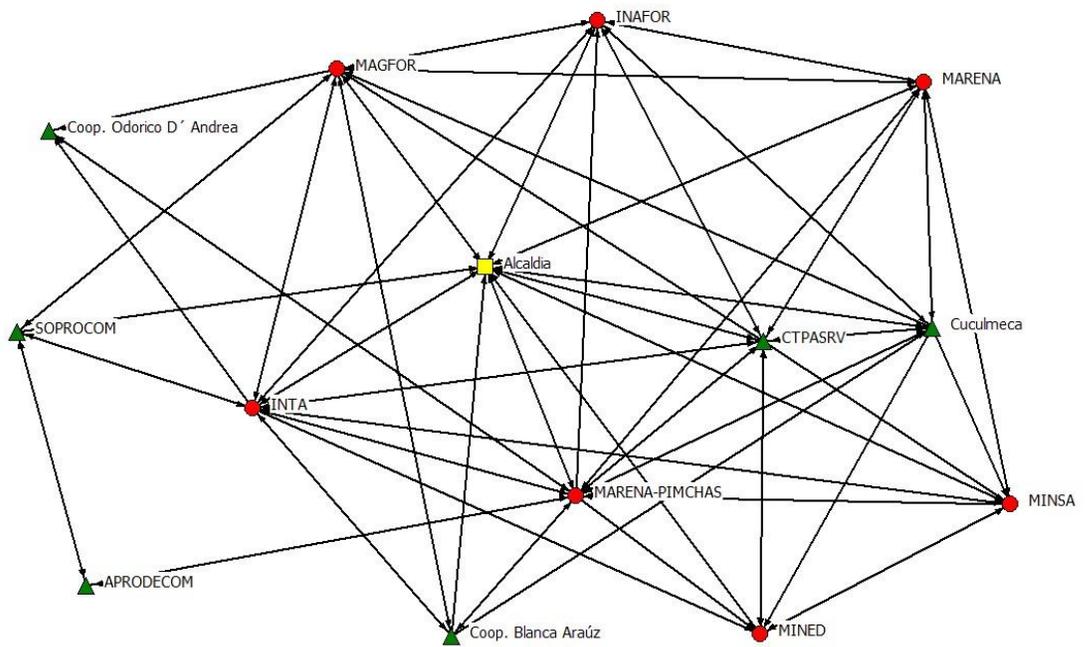
Para conocer las relaciones entre las diferentes instituciones presentes en la microcuenca La Concordia y relacionarlas con el marco institucional, se realizó el análisis de densidad de relación, centralidad, grado de centralización, grado de intermediación y cercanía, teniendo como aspectos claves recursos técnico, económicos y capacitaciones, tomados en las entrevistas hechas a los diferentes actores.

El grado de densidad de relación muestra la densidad de la red, y es una medida expresada en porcentaje, obtenida del cociente entre el número de relaciones existentes y las posibles, es decir muestra la alta o baja conectividad de la red entre todos los actores o nodos (Velásquez y Aguilar 2005).

Para el caso de la microcuenca La Concordia, con la ejecución del Programa de Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas Agua y Saneamiento, a partir del año 2007, el grado de densidad es de 46,7%, del cual se puede deducir que todos los nodos se encuentran conectados con dos o más (Figura 6). Este resultado se asemeja a los encontrados por Orozco (2006) para las subcuencas de los ríos Cálido y Jucuapa, donde la densidad de relación fue de 46,84% y 48,48%, respectivamente.

Es importante señalar que para estudios de relaciones entre instituciones en cuencas hidrográficas, estas relaciones comienzan a tener efecto con el inicio de programas o proyectos con enfoque de cuenca. En el caso de microcuenca La Concordia está el proyecto MARENA-PIMCHAS; en el estudio de la subcuenca del río Cálido estaba en ese entonces trabajando con enfoque de cuenca CIAT e INTA y para la subcuenca del río Jucuapa FOCUENCAS I y II. Según Jiménez (2007) uno de los elementos fundamentales para el manejo y gestión de cuencas es la coordinación institucional y local ya que está ampliamente demostrado que, si bien es una tarea difícil, gran parte del éxito del manejo de cuencas se fundamenta en una coordinación real y eficiente entre todas las instituciones y organismos gubernamentales, proyectos, organismos donantes con los grupos locales interesados en el manejo de la cuenca: gobiernos locales, organismos no gubernamentales, asociaciones de desarrollo, juntas de agua y grupos organizados en general.

Esta coordinación debe integrar los lineamientos centrales de arriba hacia abajo con las acciones directas de las instituciones que estén localmente trabajando y que establecen las formas de intervención a nivel de campo, la concertación de intereses y la articulación de procesos y responsabilidades existentes. Esto permite optimizar recursos y hacer más eficiente la gestión.



● = OG ▲ = ONG ■ = Municipalidad

Figura 6. Intercambios o relaciones totales entre las instituciones y organizaciones en la microcuenca La Concordia.

El grado de centralidad, o sea, el número de actores a los cuales un actor está directamente unido, refleja los intercambios de entradas y salidas; en este caso la mayor centralidad de salida fue para MARENA-PIMCHAS e INTA (Anexo 6) aunque otros actores tuvieron valores importantes. Esto se debe, fundamentalmente, a que tanto MARENA-PIMCHAS como INTA han intervenido con enfoque de cuencas, además que estos dos organismos han fortalecido el CTPASRV y realizaron la línea base y caracterización de la parte alta de la subcuenca río Viejo, donde se ubica la microcuenca La Concordia.

Es importante señalar que mediante el proceso Actividades Vinculadas A Resultados (AVAR), implementado por MARENA-PIMCHAS en la parte alta de la subcuenca del río Viejo, se pudo concentrar a la mayoría de organismos que trabajan en el territorio y de esta manera tener una relación más fuerte.

Otro elemento fundamental analizado fue el índice de centralización, este se define según Velásquez y Aguilar (2005) como la condición especial en la que un actor ejerce un papel claramente central, al estar conectado con todos los actores los cuales necesitan pasar por este actor para conectarse entre ellos. Estima que tan cerca se encuentra la red de comportarse como una estrella, es decir, toda la red asociada alrededor de un solo nodo (Quiroga *et al.* 2005), e indica el grado de conectividad de la red, entre mayor sea el valor, la red estará menos conectada (Orozco 2006).

Los resultados obtenidos muestran que el índice de centralización, tanto de entrada como de salida, es menor del 50% (Anexo 6) lo que significa que se encuentra bastante conectada, sin embargo no todos los actores se encuentran conectados entre si. En el grado de centralidad se observa que solamente cuatro instituciones son emisoras y receptoras, donde la mayoría de intercambios pasan por MARENA-PIMCHAS, INTA, CTPASRV y Alcaldía Municipal de La Concordia. De acuerdo estos con estos resultados y para evitar que las acciones e intervenciones disminuyan y decaigan los intercambios, es necesario definir ejes estratégicos que con base en alianzas y cogestión, se fortalezca el accionar institucional de forma más sostenible, así como del propio CTPASRV, basándose y amparándose en la Ley 620, como un comité consolidado en el territorio.

Una razón para cualificar la importancia de un actor en la red, es su grado de intermediación, que no es más que la posibilidad de servir de puente entre dos nodos que no tienen contactos entre si, pero que si tienen con el. El análisis considera todas las rutas más cortas que un actor debe seguir para llegar a otros nodos entre todos los pares de nodos posibles, dado que no considera aquellos que no tienen grados de entrada ni salida (Velásquez y Aguilar 2005).

Los resultados indican que MARENA-PIMCHAS tiene el mayor grado de intermediación (Cuadro 16), es decir, que a través de un nodo (actor) se puede conectar con los otros que están presentes en la microcuenca. Esto se debe a que este actor es el que mas acciones realizó y mayores recursos económicos tienen para invertir en proyectos orientados al manejo y gestión de cuencas. Pero se debe tomar en cuenta que este es un proyecto de tiempo definido y para que las acciones sean sostenibles se deberán fortalecer instancias que puedan ser el eje como el CTPASRV y la Alcaldía Municipal de La Concordia.

Cuadro 16. Grado de intermediación en la red institucional de la microcuenca La Concordia.

Institución	Valor
MARENA-PIMCHAS	37,35
INTA	18,46
MAGFOR	12,49
Alcaldía	12,44
CTPASRV	6,75
SOPROCOM	4,04
La Cuculmecca	3,44
MARENA	3,44
MINSA	2,98
INAFOR	1,49
APRODECOM	1,33
Coop. Blanca Araúz	0,94
MINED	0,66
Coop. Odorico D´ Andrea	0,20

El último elemento importante para analizar las relaciones institucionales es el grado de cercanía, que se define como la capacidad de un actor de llegar a todos los actores de la red (Quiroga *et al.* 2005). En este indicador influye mucho a que tipo de actor se está conectado en la red, es decir, que si un actor tiene bajo índice de centralización, solo por el hecho de estar conectado a alguien influyente en la red, puede tener mayor grado de cercanía que otro con mayor índice de centralización (Orozco 2006).

Los resultados obtenidos indican que en general los grados de cercanía son similares para muchos organismos (Cuadro 17), sin embargo, se destaca que la municipalidad tiene el mayor índice de cercanía, lo que significa que esta conectada a actores importantes de la red, por lo que se le facilita poder llegar a otros, es decir, tiene el camino más fácil para conectarse. Lo encontrado es de vital importancia para la aplicación del marco jurídico legal de Nicaragua enmarcado en el manejo, protección, conservación y manejo de los recursos hídricos, ya que la mayoría de actores están relativamente cerca, según este indicador.

Cuadro 17. Estimación del grado de cercanía para la red institucional de la microcuenca La Concordia.

Institución	Valor
Alcaldía	86,67
MARENA-PIMCHAS	76,47
INTA	72,22
MARENA	68,42
MAGFOR	68,42
INAFOR	68,42
CTPASRV	68,42
Cuculmecca	65,00
MINED	61,90
MINSA	59,09
Coop. Odorico D´ Andrea	54,17
Coop. Blanca Araúz	54,17
SOPROCOM	52,00
APRODECOM	50,00

4.1.4. Percepción de los actores locales y nacionales con respecto al cumplimiento de las normativas, vinculación y participación de las instituciones, y problemas y fortalezas en el tema de los recursos hídricos.

Mediante las entrevistas realizadas a los actores locales y nacionales, se obtuvo la percepción con respecto al cumplimiento de las normativas vigentes, el 86% respondió que no se cumple, indicando que este nivel de incumplimiento se debe a la falta de información de la población sobre las leyes, la falta de recursos económicos, logísticos y humanos, no están ajustadas a la realidad nacional y por la existencia de contradicciones entre estas. Desde el punto de vista de quien debe ser el responsable de la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos hídricos el 78% señaló que es el MARENA y un 22% indicó que la sociedad civil. Lo dicho por estas personas deja evidenciar las funciones que tiene el MARENA en temas ambientales, pero además deja ver el poco conocimiento actualizado de estos con respecto a la Ley 620, la cual establece que la institución a cargo en este tema es la ANA.

Al preguntar como están vinculadas estas instituciones con el marco legal y su participación tomando en cuenta este, señalaron que la principal ley con la que ellos se relacionan y se ajustan es la Ley 620, expresado por el 86% de los actores, las siguientes leyes 40, 217, 559, 462, 423, 274 y la 475 fueron las que se mencionaron con una frecuencia de 3 a 7, siendo estas mencionadas por aquellas instituciones del Estado donde la ley las refiere o le da autoridad para intervenir en un tema determinado.

Las dificultades que señalaron los entrevistados por la poca implementación del marco legal con una frecuencia del 100%, es la poca capacitación de los técnicos y miembros de las instituciones en temas legales, el 86% de los entrevistados mencionaron la falta de presupuesto y por ende medios logísticos y humanos. De la misma manera el 86% menciona que las instituciones no están apoderadas de las leyes que las vinculan.

Es muy importante señalar que la mayoría de personas entrevistadas tienen poco tiempo de estar trabajando con las instituciones, esto se debe a que cuando existe cambio de gobierno cambian las estructuras de las instituciones, lo que ocasiona un retraso en los procesos de empoderamiento de las herramientas de trabajo, una de estas el marco legal.

4.2. Condiciones de las nacientes y las zonas potenciales de recarga hídrica, para proponer planes para las fincas ubicadas en estas zonas

4.2.1. Identificación de fuentes de agua y aplicación de la metodología propuesta por Matus (2007) para ubicar zonas potenciales de recarga hídrica

Capacitar e involucrar a los diferentes actores en la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica

Primeramente se efectuó un taller participativo (Anexo 7) con todos los actores locales y productores donde se explicaron los conceptos básicos de zonas de recarga hídrica, y algunos elementos prácticos a utilizar en la identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica.

Lo que se busca con este paso es que exista una participación interactiva de los diferentes actores, comités o cualquier otro tipo de organización que exista en el territorio, 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 territorio, con miras al empoderamiento y el auto desarrollo comunitario (Matus 2007).

La aplicación de la metodología contó con la participación activa de algunos de los integrantes del CTPASRV y algunos integrantes de los comités de agua de las comunidades vecinas, con los que se trabajó y se identificaron las zonas potenciales de recarga hídrica para las fuentes de agua.

En la aplicación de la metodología, ellos fueron los protagonistas activos; fue gracias a sus conocimientos acerca de la zona y a su experiencia que se logró identificar las zonas potenciales de recarga para las fuentes, es decir, que ellos identificaron dichas zonas y también las evaluaron.

Identificación de las fuentes de agua en la microcuenca

La metodología se aplicó en dos manantiales ubicados en el lado noroeste del casco urbano, que sirven como fuente de agua potable a la mitad de la población del área urbana de La Concordia (Figura 7); estas fuentes son de mucha importancia para la municipalidad, por lo que están consideradas en el plan ambiental municipal de La Concordia para su protección, conservación y manejo.

Además de estas dos fuentes, existen dos quebradas en las cuales solo corre agua cuando hay precipitaciones en la zona y dos pozos, uno privado y otro comunal, los cuales no son utilizados debido a su deterioro.

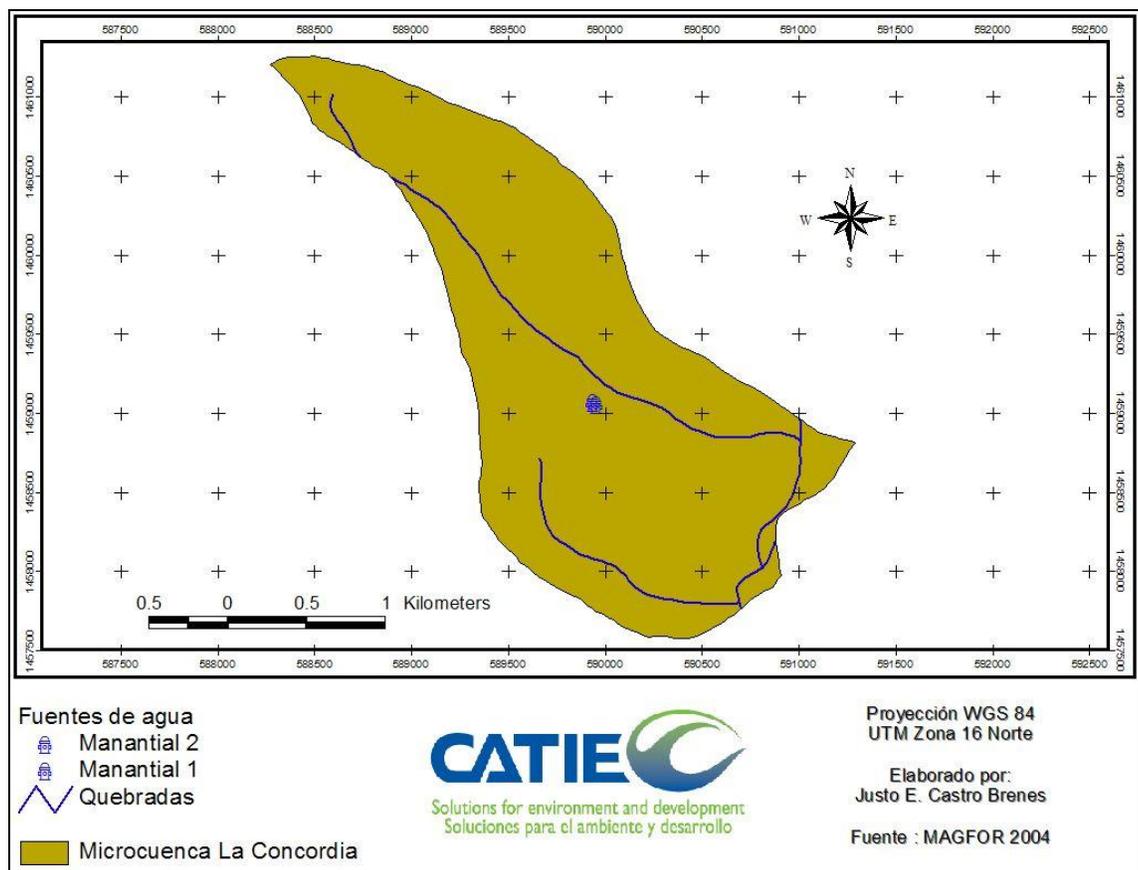


Figura 7. Ubicación de los manantiales en la microcuenca La Concordia.

La delimitación de la microcuenca obedece a lo delimitado por el Ministerio Agropecuario y Forestal, siendo esto oficial y en la que INTA y MARENA-PIMCHAS han intervenido, MARENA-PIMCHAS para la delimitación de microcuencas ASAS.

Primer acercamiento a las zonas potenciales de recarga hídrica a partir del conocimiento de los actores locales haciendo referencia a los elementos del modelo.

Una vez que los actores locales y comunitarios identificaron y localizaron las fuentes de agua con las que se trabajó, se visitaron las fuentes, donde ellos realizaron una evaluación teórica de las posibles zonas que se encontraban aguas arriba de las fuentes de agua que presentaban las características o cualidades de una zona de recarga, haciendo referencia a cada elemento de la metodología (pendiente, microrelieve, tipo de suelo, tipo de roca, uso del suelo y cobertura vegetal permanente), según su experiencia y conocimiento.

Se trataba de identificar zonas con pendientes suaves, con tipo de suelo suelto y/o permeable, darse una idea del tipo de roca, del uso que le están dando a esa área y el área con cobertura vegetal permanente.

De esta forma se localizaron las zonas potenciales donde se pueden estar recargando las fuentes de agua, de acuerdo a las características de cada área que favorezca la infiltración. Luego en cada una de las áreas identificadas se realizó la evaluación práctica de cada uno de los elementos metodológicos.

Los actores locales y comunitarios lograron identificar más de una zona potencial de recarga de las fuentes de agua; se evaluaron todas las zonas identificadas por los comunitarios y actores locales. La diferencia de estas áreas era el uso del suelo en las mismas.

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

La recarga 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). En este sentido Matus (2007) menciona que existen muchos actores 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.

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de cada sitio de las fuentes de agua seleccionadas:

Pendiente y microrelieve

Según Cubero (2001) el relieve es la configuración física de la superficie de la tierra, incluyendo las irregularidades (elevaciones, pendientes, y depresiones de la tierra), al considerarlas en conjunto. La pendiente de un terreno se expresa como el grado de declive, es decir, una relación entre la distancia vertical y horizontal de dos puntos en términos porcentuales.

El proceso de evaluación de la pendiente y el microrelieve se realizó a través de un recorrido por la zona identificada, 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 8), es el instrumento de medición de menor costo y más fácil de fabricarlo.

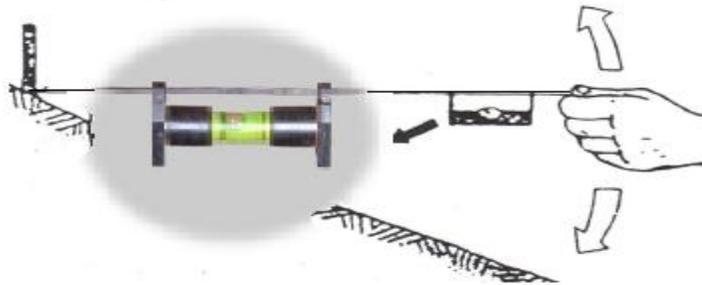


Figura 8. Instrumento de medición de la pendiente

En el cuadro 18 se presentan los resultados del proceso de evaluación de la pendiente y la forma del microrelieve en los diferentes sitios.

Cuadro 18. Evaluación de la pendiente y microrelieve en cada uno de los sitios.

Sitio	Microrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Casi plano / con rugosidad	2,70	Muy Alta	5
Zona II	Moderadamente ondulados/ cóncavos	6,25	Alta	4
Zona III	Moderadamente ondulados/ cóncavos	8,00	Alta	4
Zona IV	Casi plano / con rugosidad	4,80	Muy Alta	5

En el cuadro anterior se puede apreciar que al evaluar la pendiente, las zonas identificadas como potenciales para recarga tienen microrelieves casi plano y con rugosidad (zonas I y IV) y moderadamente ondulados a cóncavos (zonas II y III), con un rango que va de 8% como la más fuerte hasta 2,70% la más baja, por lo que presenta alta posibilidad para que se dé la recarga en cada sitio evaluado, obteniendo las zonas ponderación de 5 y 4.

Al evaluar la pendiente se infirió el microrelieve mediante la observación, teniendo como resultado que no existen diferencias muy significativas entre las zonas evaluadas, ya que las cuatro favorecen en gran medida la recarga, esta evaluación da a entender que a partir de la pendiente y microrelieve se debe proseguir a evaluar los demás elementos de la metodología, dando como resultado un sesgo metodológico en busca de los mejores sitios (planos y poca pendiente) que favorezcan la recarga hídrica.

En este sentido Orozco *et al* (2003) señala que la topografía o relieve influye debido al tiempo de contacto del agua con la superficie, en condiciones planas el agua cae a la superficie y su movimiento será lento lo que dará un mayor tiempo para que esta se infiltre; caso contrario ocurre en condiciones accidentadas, donde el agua cae y debido a la inclinación del terreno se desplaza a mayor velocidad, pasando más rápido a formar parte del agua de escorrentía.

Además, la pendiente de la superficie es un factor importante, puesto que las muy inclinadas favorecen la escorrentía superficial y, si son menos fuertes, retienen por más tiempo el agua favoreciendo la infiltración. En algunas áreas pareciera que las pendientes moderadas ofrecen condiciones mejores para infiltración que las enteramente planas, porque en estas últimas desarrollan a menudo suelos herméticos (compactados o muy arcillosos).

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. Determina, parcialmente, el grado de aireación del suelo, ya que dependiendo del tipo de textura predominante dominan macroporos (rango 60 – 100 μ) o microporos (menores de 60 μ) y el aire se desplaza más fácilmente en los macroporos (Núñez 1981). Por consiguiente, el agua también se desplazará de forma vertical con mayor velocidad, no así en suelos con pocos macroporos. Este elemento está fuertemente relacionado con la capacidad que tiene este suelo para infiltrar el agua, por lo que es de mucha importancia evaluar estos dos factores.

El proceso de evaluación del tipo de suelo se realizó a través de la determinación de los diferentes tipos de textura y la capacidad de infiltración del suelo, en cada sitio seleccionado se realizaron cinco pruebas de cada uno de estos elementos y además se determinó la textura en los diferentes horizontes, ya que se realizó una calicata por cada sitio.

La textura del suelo se determinó a través de pruebas en campo al tacto (Anexo 8 y Figura 9) y la capacidad de infiltración por medio del infiltrómetro de anillo simple (Anexo 9 y Figura 10). En el cuadro 19 se presentan los resultados del proceso de evaluación del tipo de suelo y en el cuadro 20, los resultados de la evaluación de la capacidad de infiltración en los sitios evaluados.

Cuadro 19. Evaluación del tipo de suelo por sitio

Sitio	Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Franco	Alta	4
Zona II	Franco	Alta	4
Zona III	Franco arcilloso	Moderada	3
Zona IV	Franco arcilloso	Moderada	3

De acuerdo con el cuadro anterior, al evaluar la textura de los suelos se obtuvo que en las zonas I y II se presenta un tipo de suelo franco, obteniendo una ponderación de cuatro, lo que significa que cuentan con una posibilidad alta para que ocurra la recarga hídrica en dichas zonas. Para el caso de las zonas III y IV se determinó que de acuerdo con la textura, el tipo de suelo en las zonas evaluadas son franco arcillosas, alcanzando una ponderación de tres puntos, con posibilidades moderada para que se dé la recarga hídrica en dichos sitios.



Figura 9. Determinación del tipo de suelo al tacto.

Los tipos de textura encontrados en las zonas, obedecen básicamente a condiciones naturales de los suelos que predominan en la microcuenca, (suelos del orden molisol), aunque no se puede obviar la materia orgánica como un agente modificador de estructura y en algunos casos de textura de los suelos. Considerando que la textura es la proporción de arcilla, limo y arena presente en una muestra o terreno, difícilmente se puede modificar estas proporciones, lo cual de cierta forma los resultados encontrados describen un tipo de textura que puede favorecer la ocurrencia de la recarga de agua en las zonas evaluadas.



Figura 10. Determinación de la capacidad de infiltración del suelo.

Cuadro 20. Evaluación de la capacidad de infiltración

Sitio	Infiltración (cm/hora)
Zona I	19,21
Zona II	21,52
Zona III	16,75
Zona IV	18,20

Con la evaluación para determinar la capacidad de infiltración de los suelos, se obtuvo que todos los sitios evaluados presentan rápida capacidad de infiltración, lo que es una buena señal del potencial de los suelos para que ocurra la recarga en los lugares evaluados.

Es importante considerar el estado de humedad del suelo al momento de las pruebas, el cual para todos los casos se encontraba moderadamente húmedo.

Maderey (2005) señala que la infiltración varía en proporción inversa a la humedad del suelo, es decir, un suelo húmedo presenta menor capacidad de infiltración que un suelo seco. Otro aspecto a considerar respecto a los datos obtenidos es que se realizaron cinco pruebas por sitio y en un tiempo máximo de observación entre 15 a 35 minutos.

La capacidad de infiltración, fue estimada a partir de la infiltración acumulada (Cuadro 20) obtenida de evaluaciones de campo. La velocidad de infiltración encontrada en los diferentes sitios evaluados, varía entre 16,75 cm/h para la zona III, y 21,52 cm/h para la zona II, existiendo una relación directa entre el tipo de textura encontrado con las velocidades de infiltración, ya que los sitios con mayor velocidad de infiltración (Zona I y II) poseen textura tipo franco y los de menor velocidad de infiltración textura franco arcillosa (Zona III y IV). 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

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

El procedimiento que se siguió en la determinación de la porosidad y/o permeabilidad del tipo de roca en los diferentes sitios evaluados se describe en el anexo 10. En el cuadro 21 se presentan los resultados del proceso de evaluación de las características de las rocas evaluadas en los distintos sitios (Figura 11).



Figura 11. Determinación del tipo de roca.

Cuadro 21. Evaluación del tipo de roca por sitio.

Sitios	Tipo de roca	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Roca moderadamente permeable	Moderada	3
Zona II	Roca moderadamente permeable	Moderada	3
Zona III	Roca moderadamente permeable	Moderada	3
Zona IV	Roca moderadamente permeable	Moderada	3

De acuerdo con la evaluación del tipo de roca en los diferentes sitios se obtuvo que las ponderaciones en todos es igual (los sitios están muy cercanos), el tipo de roca es moderadamente permeable y la posibilidad para que ocurra la recarga hídrica en dichas zonas es moderada. Es de mucha importancia señalar que las muestras de rocas utilizadas provienen del corte del camino que se ubica por encima del manantial y de las calicatas que se hicieron con una profundidad de dos metros, en todo el perfil de las calicatas se encontraron piedras de tamaños diversos, igualmente en la superficie del terreno.

Alonso (2007) señala que en la parte alta de la subcuenca del río Viejo existen zonas con mayor acumulación y frecuencia de fracturas, que pueden ser de interés para las aguas subterráneas. Si bien parte del agua infiltrada por las fracturas puede alcanzar niveles relativamente profundos, la mayor parte migrará por la franja más superficial, en que las fracturas se encuentran más abiertas por la menor presión y el material más meteorizado.

Por lo tanto, existe con carácter general, un flujo subsuperficial de agua a través de las zonas alteradas que puede dar lugar, a través de su descarga en superficie, a manantiales cuya importancia y régimen dependerá de la extensión del área drenada y también un flujo subterráneo a través de las fracturas, particularmente significativo allí donde éstas sean más abundantes (Alonso 2007).

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 resequedad producto de los rayos del sol, contribuyendo con todo esto, a conservar las características del suelo que favorecen la recarga hídrica.

Sin embargo, la capacidad de almacenamiento por intercepción es generalmente satisfecha en las primeras horas de una tormenta, de manera que un alto porcentaje de la lluvia durante las tormentas de corta duración es interceptada. Después de que la vegetación este saturada la intercepción cesaría a no ser porque una cantidad apreciable de agua puede evaporarse a partir de la enorme superficie mojada de la vegetación (Orozco 2003).

La evaluación de este elemento se realizó en campo a través de un recorrido y visualizando la cobertura y estratos presentes en la zona potencial de recarga hídrica (Figura 12). En el cuadro 22 se presentan los resultados del proceso de evaluación del porcentaje de cobertura vegetal en los diferentes sitios evaluados.



Figura 12. Evaluación de la cobertura vegetal y usos del suelo

Cuadro 22. Evaluación para la cobertura vegetal permanente por sitio

Sitio	Porcentaje de cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	35	Baja	2
Zona II	65	Moderada	3
Zona III	60	Moderada	3
Zona IV	35	Baja	2

El cuadro anterior muestra que al evaluar (en situ) la cobertura vegetal en las diferentes áreas, se obtuvieron puntuaciones de dos y tres, los sitios I y IV obtuvieron las puntuaciones más bajas, es decir, (dos), lo que significa que para esas zonas, según este criterio, la posibilidad para que ocurra la recarga es baja. Los sitios II y III alcanzaron una puntuación de tres con moderada cobertura vegetal y con posibilidades moderadas para que ocurra la recarga en dichas zonas, donde los tipos de vegetaciones son diversas, tales como pastos naturales, arbustos y árboles dispersos, de diferentes arquitecturas.

Mintegui y Robreto (1994) señalan que la cubierta vegetal representa un factor estabilizador de la cuenca ante los mecanismos torrenciales, pues contribuye tanto a incrementar la infiltración, ya que la vegetación aumenta la porosidad del suelo, como a disminuir la velocidad de la lámina de escurrimiento superficial, pues incrementa la rugosidad de la superficie por la que circula y, por último, favorece el flujo subsuperficial del agua en los períodos de precipitaciones abundantes. En síntesis, el tapiz vegetal es un regulador natural de los flujos hídricos.

Usos del suelo

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

La FAO (2007) señala que la investigación muestra que el uso de la tierra repercute en la filtración de agua en el suelo y que todo cambio del uso de la tierra que compacta el suelo o disminuye su porosidad hace aumentar el escurrimiento y el caudal máximo durante las lluvias, como consecuencia la filtración del agua se reduce.

La evaluación de este elemento se realizó en campo con la participación de los diferentes actores locales, a través de un recorrido y visualizando los diferentes usos de las zonas potenciales de recarga hídrica (Figura 13). En el cuadro 23 se presentan los resultados del proceso de evaluación de los usos del suelo en las diferentes zonas identificadas y evaluadas.



Figura 13. Evaluación del uso del suelo

Cuadro 23. Evaluación para determinar el uso del suelo por sitio

Sitio	Uso del suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zona I	Agrícola, con cercas vivas	Baja	2
Zona II	Potrero con árboles dispersos, arbustos, para pastoreo directo con poca carga animal y divisiones con cercas muertas y vivas.	Alta	4
Zona III	Potrero con árboles dispersos, arbustos, para pastoreo directo con poca carga animal y divisiones con cercas muertas y vivas.	Alta	4
Zona IV	Agrícola, con cercas vivas	Baja	2

El cuadro muestra que para los sitios II y III se identificó el uso del suelo con sistemas agroforestales y/o silvopastoriles, es decir, que de acuerdo con el uso que están dando a dichas zonas; estas cuentan con altas posibilidades para que ocurra la recarga hídrica. En los sitios I y IV que se evaluaron le están dando un uso para agricultura sin obras de conservación de suelo y agua, lo que significa, que cuenta con posibilidades baja para que se dé la recarga hídrica.

Determinación del potencial de recarga hídrica en las zonas identificadas

En este punto se aplica la ecuación para determinar la posibilidad de recarga para cada sitio identificado y evaluado por los actores locales de la microcuenca y se clasifica la posibilidad de recarga.

En el cuadro 24 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:

$$ZR = [0,27(Pend) + 0,23(Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$$

Por ejemplo para el caso de la zona evaluada I se tiene:

$$ZR = [0,27(5) + 0,23(4) + 0,12(3) + 0,25(2) + 0,13(2)]$$

$$ZR = 3,39$$

El mismo procedimiento se aplicó para cada sitio evaluado, para determinar la posibilidad de recarga de cada zona identificada.

Cuadro 24. Resumen de evaluación de cada elemento y posibilidad de recarga por cada sitio

Sitio	Criterios evaluados					Sumatoria	Posibilidad de recarga
	Pendiente del terreno	Tipo de suelo	Tipo de roca	Cobertura vegetal	Uso de suelo		
Zona I	1,35	0,92	0,36	0,50	0,26	3,39	Moderada
Zona II	1,08	0,92	0,36	0,75	0,52	3,63	Alta
Zona III	1,08	0,69	0,36	0,75	0,52	3,40	Moderada
Zona IV	1,35	0,69	0,36	0,50	0,26	3,16	Moderada

De acuerdo con el cuadro 10 donde se clasifican las posibilidades de recarga y el cuadro 24 que muestra el resumen de evaluación para cada criterio, se obtuvo que la zona II identificada y evaluada presenta alta posibilidad para que ocurra la recarga hídrica, por presentar características que favorecen la infiltración del agua en el suelo. Las zonas I, II y IV identificadas y evaluadas tienen moderada posibilidad para que ocurra la recarga hídrica y con un buen manejo pueden mejorar su capacidad de recarga hídrica.

Elaboración del mapa de zonas potenciales recarga hídrica identificadas

Una vez que los actores locales de cuenca identificaron y evaluaron cada una de las zonas potenciales de recarga, se procedió a georeferenciar cada zona de recarga con la ayuda de GPS. Dicha georeferenciación se realizó siguiendo la conformación del relieve en función de la pendiente, es decir, que se recorría toda el área y se observaba bien la forma del relieve y la pendiente, buscando que existiera uniformidad en el área potencial de recarga en cuanto a estas características, definiendo así los límites de dichas zonas.

Con las zonas identificadas y georeferenciadas se procedió a descargar los puntos al programa ArcView 3.2, donde se elaboraron los polígonos de las zonas identificadas y el mapa de las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas por los actores locales de la microcuenca La Concordia (Figura 14).

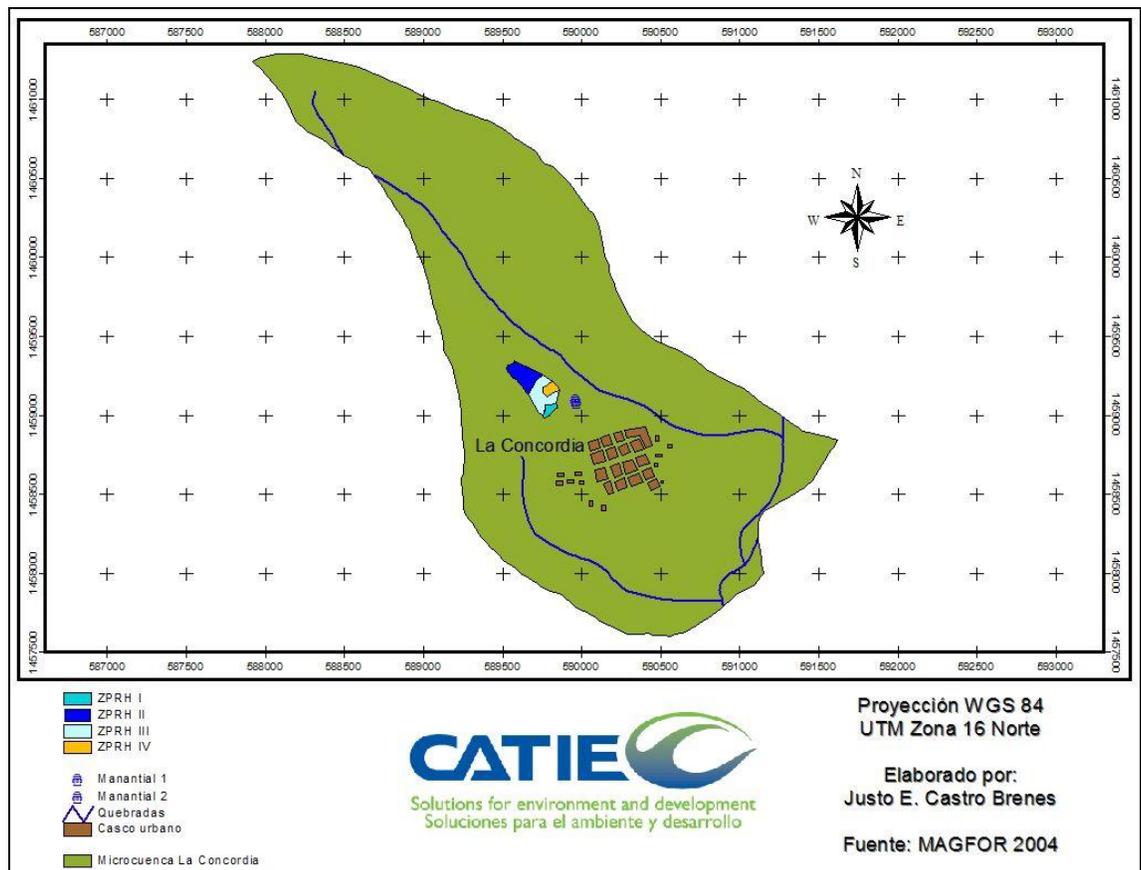


Figura 14. Zonas potenciales de recarga hídrica de la fuente de agua de consumo humano en la microcuenca La Concordia

Comparación de las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas por los actores locales con las generadas utilizando el programa ArcView 3.3

En la elaboración del mapa para determinar el potencial de recarga de la microcuenca se utilizaron las unidades de mapeo tipo de suelo, usos del suelo del cual también se derivó la cobertura vegetal, geología y pendiente, todos en formato GRID (Anexos 11, 12, 13, 14 y 15), cada una de las cuales fue evaluada según las tablas propuestas en la metodología para evaluar cada elemento (unidad de mapeo) y por último, con la ayuda de la herramienta “Map Calculador” del programa “ArcView”, se aplicaron las ponderaciones de la metodología a cada clasificación de cada mapa temático utilizado, obteniendo así el mapa de potencial de recarga de la microcuenca (Figura 15).

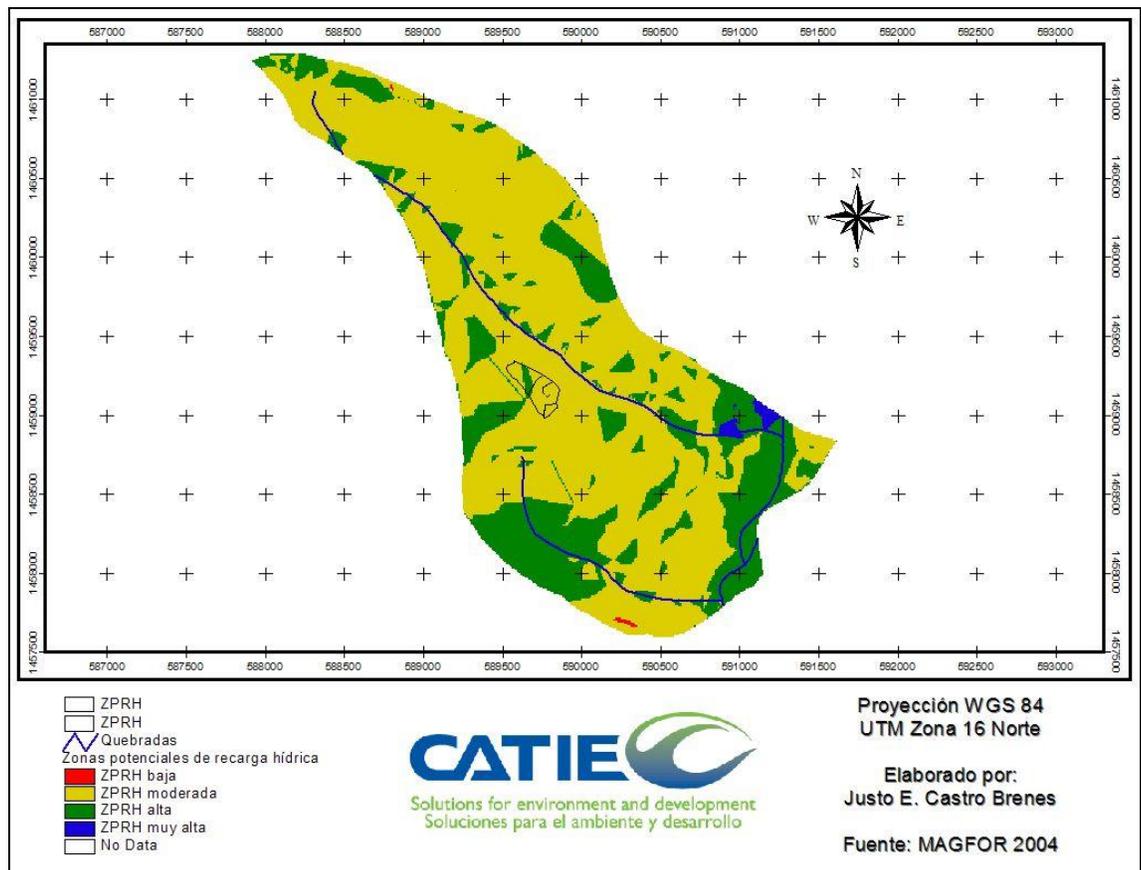


Figura 15. Mapa potencial de recarga hídrica utilizando las ponderaciones del modelo propuesto por Matus (2007) y las capas de mapas de la microcuenca.

En el mapa anterior se puede apreciar, al aplicar el modelo propuesto, que en la microcuenca existen solo cuatro categorías de posibilidad de recarga, de las cuales, en la microcuenca predomina una moderada posibilidad para que ocurra la recarga con un 72,26% del área total, seguida por una alta posibilidad de ocurrencia de recarga con un 27,11% del área total, luego se encuentra una muy alta posibilidad de ocurrencia de recarga con un 0,55% del área total y en cuarto lugar está una baja posibilidad de ocurrencia de recarga con 0,08% del área total. Es decir que la microcuenca por sus características físicas se clasifica como buena para que ocurra la recarga hídrica o la infiltración del agua en el suelo, al encontrarse un 99,27% del área total entre categorías de moderada y alta posibilidad de ocurrencia de recarga hídrica. Dicho de otra manera la cantidad de agua que precipita y queda disponible en la microcuenca tiene de moderadas a altas posibilidades para que infiltre y recargue el acuífero.

Según el mapa de potencial de recarga, no se observan zonas definidas donde ocurra la recarga en la microcuenca, ya que toda la microcuenca tiene una moderada a alta posibilidad para que ocurra la recarga hídrica; es decir, que gran parte del agua que precipita y se encuentra disponible en la microcuenca de acuerdo a sus características físicas cuenta con altas a moderadas posibilidades para que infiltre y recargue el acuífero de la fuente de agua.

Al comparar las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas por los comunitarios (Figura 14), así como la clasificación de su potencial de recarga que obtuvieron de la evaluación efectuada (por comunitarios) con el mapa de potencial de recarga de la microcuenca elaborado con la ayuda del programa ArcView 3.2 y aplicando el mismo modelo, se encontró bastante concordancia y/o similitud en dicha clasificación como lo muestra el cuadro 25:

Cuadro 25. Comparación de la posibilidad de recarga de la microcuenca efectuada por comunitarios y la realizada con ayuda del programa ArcView 3.2 utilizando el modelo de Matus (2007).

Sitio	Posibilidad de recarga evaluada por comunitarios	Posibilidad de recarga evaluada con el programa ArcView
Zona I	Moderada	Moderada
Zona II	Alta	Alta y Moderada
Zona III	Moderada	Moderada
Zona IV	Moderada	Moderada

El cuadro anterior muestra la coincidencia al aplicar el modelo de dos formas distintas, no encontrando diferencias en los resultados obtenidos, lo que reafirma la efectividad del modelo y procedimientos para identificar las zonas y evaluar su potencial de recarga hídrica de forma participativa con actores locales propuesto por Matus (2007).

4.2.2. Planificación de fincas ubicadas en zonas potenciales de recarga hídrica y fuentes de agua y aplicación de indicadores para el buen manejo de la microcuenca

La planificación es un instrumento para la gestión y no un fin por si mismo. La unidad de intervención más importante es la finca, ya que este es el lugar principal de encuentro con el dueño y productor de esta unidad; allí es donde se implementan las prácticas de conservación y producción y es el lugar de comienzo para la valoración de los resultados del manejo de cuencas.

La planificación de la finca es una herramienta importante para incrementar la producción, mejorar el bienestar de la familia y conservar los recursos naturales. Esta puede ser definida como el ordenamiento del uso, manejo y conservación del suelo y agua, en las dimensiones de espacio y tiempo, tomando en cuenta los recursos disponibles y condiciones del entorno, orientado a una optimización de las condiciones socioeconómicas y ambientales (CENTA 2002). Este se elabora conjuntamente con toda la familia, respetando sus intereses, sus necesidades y sobretodo, potenciando lo que tiene en el terreno (Visión Mundial 2004).

La introducción de mejores prácticas de producción, manejo de microcuencas, protección y conservación de fuentes de agua y manejo sostenible de suelos, en el ámbito de fincas de pequeños y medianos productores, ha sido concebida como una prioridad por los actores locales (Pérez *et al* 2005).

Al realizar la identificación de las ZPRH, se obtuvo que estas zonas se ubican en un área con un solo propietario, o sea que la finca tiene un solo dueño. De la misma manera sucede con la ubicación de las fuentes de agua, donde el dueño es la municipalidad de La Concordia. Ubicado el propietario se procedió a realizar un diagnóstico biofísico y socioeconómico de la finca, desarrollando los siguientes ítems:

I. Diagnóstico del estado actual de la finca

- Localización de la finca
- Origen de la familia productora
- Miembros de la familia productora que habitan en la finca
- Lugar y tipo de trabajo dentro y fuera de la finca
- Tipo de mano de obra contratada
- Capacitación recibida
- Necesidad de capacitación
- Acceso al crédito
- Asistencia técnica
- Aspectos legales de la finca
- Tenencia de la tierra

II. Caracterización de los subsistemas

- Subsistema suelo
- Subsistema agua
- Subsistemas cultivos (anuales, semipermanentes y permanentes)
- Subsistema pecuario
 - Inventario de ganado mayor y menor y ovejas
- Subsistema forestal
 - Sistemas agroforestales, pinos, latifoliadas, especies
- Prácticas agroecológicas
 - Conservación de suelos y agua
 - Obras de prevención y mitigación de desastres
 - Fertilización orgánica
 - Abonos verdes

- Manejo de desechos
- Control de plagas y enfermedades
- Plantas repelentes
- Trampas
- Control biológico
- Biofertilizantes
- Caldos
- Prácticas culturales
- Infraestructura productiva
- Diagnóstico de la red hidrográfica de la finca
- Diagnóstico de los pozos de agua (artesianos o artesanales)
- Diagnóstico de los reservorios de agua
- Vegetación
- Fauna silvestre
- Sitios con potencial turístico
- Instrumentos y medios de trabajo en la finca
- Prácticas de conservación de suelos y agua
- Costos de producción agrícola
- Inventario del hato ganadero
- Costos de producción pecuaria
- Estimado y destino de la producción pecuaria
- Manejo de pastos
- Costos de producción forestal
- Estimado de producción forestal
- Uso y manejo de las áreas boscosas de la finca
- Uso y manejo de tacotales
- Distribución espacial y destino de los ingresos
- Consumo de bienes y servicios externos al sistema

Con base en el diagnóstico biofísico y socioeconómico de la finca y la aplicación de los indicadores para el buen manejo de la cuenca establecidos por el programa FOCUENCAS II, se procedió con el productor a analizar los problemas existentes en la finca y aquellos que puedan afectar las ZPRH, establecer posibles soluciones y priorizar las que consideró más importante para el bienestar de la finca y de la ZPRH. Estos resultados se presentan en el cuadro 26 y figura 16.

Planificación de la finca

Tomando en cuenta el cuadro anterior y las observaciones hechas por el productor, se procedió a definir las principales alternativas o soluciones a implementar, teniendo en cuenta los recursos existentes en la finca y externos (Cuadro 27 y figura 17). Esto se implementará a partir de la ejecución del plan de ordenamiento territorial a cargo de Alianza TERRENA (Centro Humboldt, ISF y Cuculmecca).

Cuadro 26. Limitantes y posibles soluciones encontradas del diagnóstico de la finca.

Lote	Rubros y/o hatos	Problema limitante	Posible solución
Número uno	Frijol (18% pendiente) Área: 1,4 mz (0,98 ha)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparación de suelo (aplicación de herbicidas). ➤ Susceptibilidad del suelo a sufrir erosión hídrica. ➤ Ataque de plagas picudo (<i>Apion godmani</i>), babosas (<i>Vaginulus plebeijus</i> Fisher) y <i>Diplosotenodes occidentalis</i>) y la malla (<i>Diabrotica</i> sp). ➤ Manejo de malezas como zacate gallina (<i>Cynodon dactylon</i>), bledo (<i>Amaranthus spinosus</i>), mozote (<i>Bidens pilosa</i>) y flor amarilla (<i>Melampodium divaricatum</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Siembra de semilla mejorada. ➤ Uso de coberturas muertas, después de la cosecha para romper ciclo de las malezas. ➤ Curvas a nivel, barreras vivas y muertas, incorporación de rastrojos y coberturas vivas y muertas. ➤ Cambiar fechas de siembra, rotación de cultivos, recuento de plagas, uso de plantas repelentes, uso de trampas para babosas, para reducir uso de insecticidas. ➤ Cero o mínima labranza, rotación de cultivos, cultivos asociados, coberturas vivas y muertas, densidad de siembra, fechas de siembra.
Número dos y tres.	Frijol (en ZPRH I y IV) Área total: 1,52 mz (1,07 ha)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparación de suelo (aplicación de herbicidas). ➤ Ataque de plagas picudo (<i>Apion godmani</i>), babosas (<i>Vaginulus plebeijus</i> (Fisher) y <i>Diplosotenodes occidentalis</i>) y la malla (<i>Diabrotica</i> sp). ➤ Manejo de malezas como zacate gallina (<i>Cynodon dactylon</i>), bledo (<i>Amaranthus spinosus</i>), mozote (<i>Bidens pilosa</i>) y flor amarilla (<i>Melampodium divaricatum</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Siembra de semilla mejorada. ➤ Reducir el área de cultivo (ZPRH III), por áreas de pasto de corte. ➤ Uso de coberturas muertas, después de la cosecha para romper ciclo de las malezas. ➤ Utilización de abonos orgánicos y verdes ➤ Barreras vivas y muertas, incorporación de rastrojos y coberturas vivas y muertas. ➤ Cambiar fechas de siembra, rotación de cultivos, recuento de plagas, uso de plantas repelentes, uso de trampas para babosas, para reducir uso de insecticidas. ➤ Cero o mínima labranza, rotación de cultivos, cultivos asociados, coberturas vivas y muertas, densidad de siembra, fechas de siembra.

Continuación del cuadro 26.

Número cuatro	Frijol Área: 1 mz (0,7 ha)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Preparación de suelo (aplicación de herbicidas). ➤ Baja fertilidad del suelo. ➤ Ataque de plagas picudo (<i>Apion godmani</i>), babosas (<i>Vaginulus plebeijus</i> (Fisher) y <i>Diplosotenodes occidentalis</i>) y la malla (<i>Diabrotica sp.</i>). ➤ Manejo de malezas como zacate gallina (<i>Cynodon dactylon</i>), bledo (<i>Amaranthus spinosus</i>), mozote (<i>Bidens pilosa</i>) y flor amarilla (<i>Melampodium divaricatum</i>). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Siembra de semilla mejorada. ➤ Uso de coberturas muertas, después de la cosecha para romper ciclo de las malezas. ➤ Curvas a nivel, barreras vivas y muertas, incorporación de rastrosos y coberturas vivas y muertas. ➤ Cambiar fechas de siembra, rotación de cultivos, recuento de plagas, uso de plantas repelentes, uso de trampas para babosas, para reducir uso de insecticidas. ➤ Cero o mínima labranza, rotación de cultivos, cultivos asociados, coberturas vivas y muertas, densidad de siembra, fechas de siembra.
Número cinco	Maíz Área: 0,25 mz (0,18 ha)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Ataque de plagas las más importantes son cogollero (<i>Spodoptera frugiperda</i>) y tijeras (<i>Doru taeniata</i>). ➤ Manejo de malezas principalmente zacate gallina (<i>Cynodon dactylon</i>). ➤ Baja productividad. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Recuento de plagas y malezas. ➤ Cambiar fechas de siembra, rotación de cultivos, recuento de plagas, uso de plantas repelentes, uso de trampas para babosas, para reducir uso de insecticidas. ➤ Cero o mínima labranza, rotación de cultivos, cultivos asociados, coberturas vivas y muertas, densidad de siembra, fechas de siembra.
Número seis y siete	Sistemas silvopastoriles (potreros con árboles dispersos). ZPRH II y III (4,51ha) Potreros (8,14 ha)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Baja cobertura de pastos (natural). ➤ Reducción de árboles por tala ilegal. ➤ Incremento de escorrentía superficial. ➤ Poca disponibilidad de buen pasto para el ganado e incremento de malezas. ➤ Ganadería extensiva. ➤ Frecuencia de parásitos internos y externos. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Siembra de pasto de corte en ZPRH ➤ Siembra o reforestación en las ZPRH y las adyacentes. ➤ Construcción de zanjas de infiltración. ➤ Siembra de bancos de proteínas. ➤ Delimitación de potreros para realizar rotación del ganado. ➤ Utilización de plantas repelentes.

Cuadro 27. Soluciones priorizadas y su planificación para el buen manejo de los recursos naturales y en especial de las ZPRH

Número de alternativa	Solución propuesta	Recursos de la finca	Recursos externos
Uno (cultivo de frijol)	➤ Siembra de semilla mejorada	➤ Selección de plantas y semillas con características fenotípicas sobresalientes.	➤ Coordinar con MAGFOR y la municipalidad, la obtención de semilla mejorada.
Dos (cultivo de frijol)	➤ Cero y mínima labranza	➤ Arado egipcio, para la siembra en terrenos menores de 10% de pendiente y en terrenos de mayor pendiente sembrar al espeque (cero labranza).	➤ Acatar el mandato de la Ley 559 (arto. 27 inciso 3) y Ley 217(arto.96).
Tres (cultivo de frijol)	➤ Recuentos de plagas y malezas	➤ Realizar recuentos en las diferentes etapas fenológicas del cultivo.	➤ Coordinar con INTA la asistencia técnica, para obtener criterios mas acertados.
Cuatro (cultivo de frijol)	➤ Prácticas agroecológicas (plantas repelentes, trampas para babosas, rotación de cultivos, cultivos asociados, barreras vivas y muertas, coberturas vivas y muertas, abonos orgánicos y verdes, caldos.	➤ Residuos de cosechas, excremento animal, árboles fijadores de nitrógeno, semillas de granos básicos (maíz – frijol), piedras.	➤ Coordinar con Cuculmecca la asistencia técnica en estos temas, ya que es la institución más acorde con las soluciones a estas propuestas.
Cinco (pasto de corte)	➤ Cambio de uso de la tierra (lote dos o ZPRH III)	➤ Árboles fijadores de nitrógeno.	➤ Coordinar con INTA el establecimiento de pastos de corte asociados con árboles fijadores de nitrógeno.

Continuación del cuadro 27.

Seis (cultivo de maíz)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Prácticas agroecológicas (rotación de cultivos, cultivos asociados, barreras vivas y muertas, coberturas vivas y muertas, abonos orgánicos y verdes). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Residuos de cosechas, excremento animal, árboles fijadores de nitrógeno, semillas de granos básicos (maíz – frijol), piedras. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordinar con Cuculmecca la asistencia técnica en estos temas, ya que es la institución más acorde con las soluciones a estas propuestas.
Siete (Sistemas silvopastoriles)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Delimitación de potreros para rotar la carga animal. ➤ Construcción de zanjas de infiltración. ➤ Siembra de bancos de proteínas y pasto de corte 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Piedras, tutores vivos de árboles fijadores de nitrógeno. ➤ Instrumentos de trabajo de la finca 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordinar con INTA y PIMCHAS el establecimiento de un SOL de protección de ZPRH.
Ocho (protección de quebradas y construcción de dique)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Construcción de un dique sobre la quebrada, para que el ganado pueda beneficiarse del agua y de esta manera tener reserva para el verano. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Piedras, instrumentos de trabajo de la finca, tutores para reforestar a orillas de la quebrada. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordinar con MARENA e INAFOR para el establecimiento de plantas a orilla de la quebrada.
Nueve (reforestación)	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Reforestar el área identificada como muy alta donde pueda ocurrir la recarga hídrica. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Especies nativas, idénticas a las existentes en la fuente de agua de consumo humano. 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Coordinar con todos los actores vinculados con los recursos hídricos.

Mediante la ejecución de este plan de finca, el productor podrá incrementar su producción de frijol y por ende tendrá ganancias (costos de producción \$ 160,25/mz (\$ 288/ha) ingreso estimado si vendiera la cosecha \$ 508/mz (\$ 723/ha) ya que vendería parte de la producción, lo que no hace en la actualidad, haciendo usos de los insumos generados en la unidad de producción, a la vez esto repercutirá en el buen manejo de la zona potencial de recarga hídrica y por ende en la fuente de agua. Es importante señalar que Ríos (2006) evaluó el comportamiento hidrológico en diversos sistemas ganaderos tradicionales y sistemas silvopastoriles en zonas de recarga en la subcuenca del río Jabonal, Costa Rica, encontrando que existe una mayor infiltración en tierras cubiertas con pasturas y árboles, que en aquellas sobrepastoreadas.

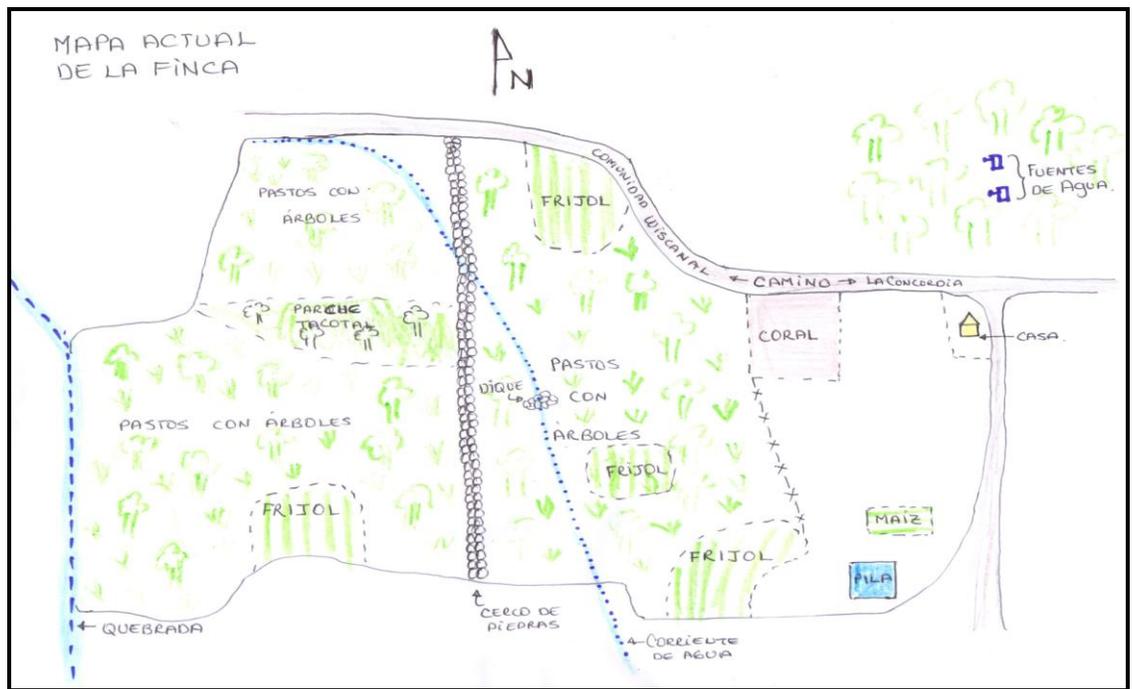


Figura 16. Mapa actual de la finca

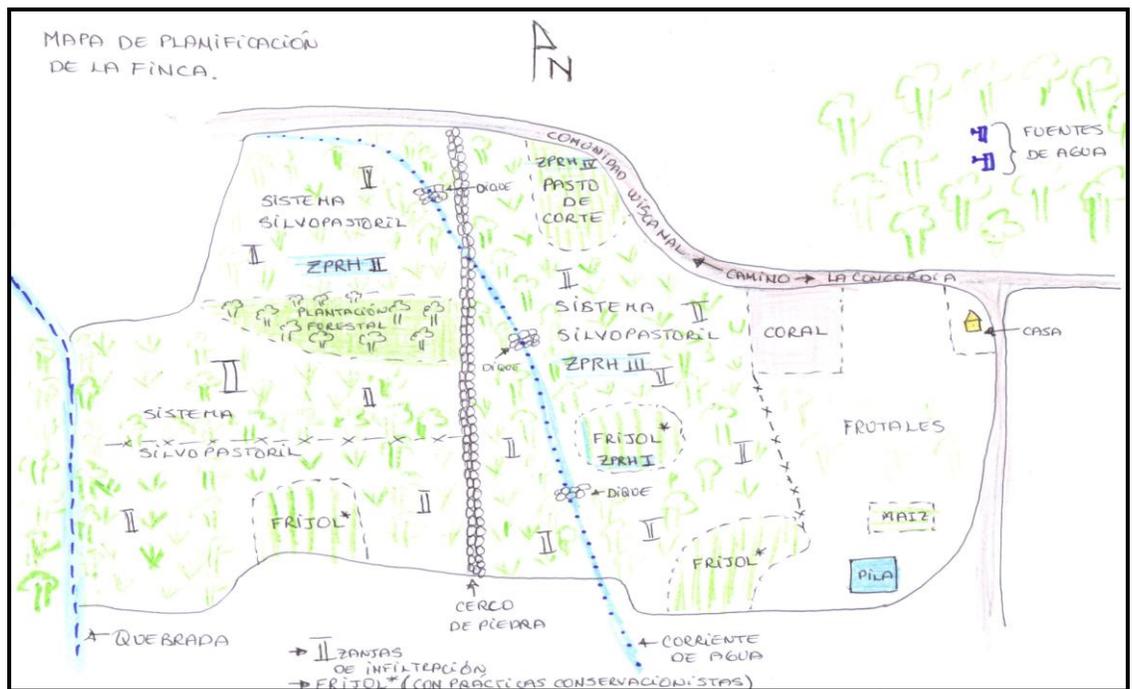


Figura 17. Mapa de planificación de la finca con mejoras

4.3. Análisis de la vulnerabilidad integral de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica

Para el análisis de la vulnerabilidad de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica, se tomó como base el marco legal de Nicaragua en donde se establece que la vulnerabilidad del recurso hídrico según el Arto. 4 del decreto 107-2001 "Política Nacional de los Recursos Hídricos" inciso a. y el Arto. 13 inciso c. de la ley 620 "Ley General de Aguas Nacionales", el agua es un recurso vital, limitado, vulnerable y finito cuya preservación y sustentabilidad es tarea fundamental e indeclinable del Estado y de la sociedad en su conjunto, la que la hace tener un valor económico, social y ambiental.

Teniendo en cuenta las zonas de protección de fuentes de aguas (subterráneas o superficiales) según el Arto. 57 de la ley 559 "Ley Especial de Delitos Contra el Ambiente y los Recursos Naturales", Arto. 96 de la ley 620 "Ley General de Aguas Nacionales" y Arto. 27 de la ley 462 "Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal" para el caso de fuentes de aguas (manantiales, ojos de agua) se debe de proteger el área dentro de un radio igual a 200 metros.

Además que la recarga, según el Arto. 12 de la ley 620 "Ley General de Aguas Nacionales", se define como el volumen de agua que recibe un acuífero en un intervalo de tiempo dado, está puede ser natural, artificial e incidental. Por otra parte esta misma ley, en su Arto. 147, establece que toda persona natural o jurídica que posea propiedades registradas a su nombre, en áreas definidas como de recargas acuíferas o para producción de agua, están obligadas a destinar un 25% de dichas propiedades para proyectos de reforestación, a efecto de garantizar la conservación del recurso hídrico, de esta misma manera lo regula su reglamento "Decreto 106-2007.

Otros instrumentos utilizados para obtener la información o datos por indicador fueron la base de datos de la microcuenca generada por MARENA-PIMCHAS y Alianza TERRENA (2008), el plan ambiental municipal, el plan de manejo de la parte alta de subcuenca río Viejo, plan de ordenamiento territorial de la parte alta de la subcuenca del río Viejo, informe población, vivienda y hogar municipal del INIDE, mapa de pobreza de Nicaragua, base de datos del centro de salud La Concordia, entrevistas con pobladores y conversaciones con funcionarios de la alcaldía municipal.

4.3.1. Vulnerabilidad física

Este tipo de vulnerabilidad está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos cercanos a las fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica y las implicancias de las infraestructuras como letrinas, caminos y otras estructuras que puedan tener influencia negativa para las fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica. Las variables consideradas en este tipo de vulnerabilidad fueron:

- **Asentamientos humanos (V1):** esta variable es determinante para conocer la vulnerabilidad ante la que se encuentra la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica, ya que si existen viviendas por consiguiente habrán actividades antropogénicas que afectarán. Para esta variable se tomaron dos indicadores (cuadro 28).

Cuadro 28. Indicadores para la variable asentamientos humanos.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de casas ubicadas dentro de un radio de 200 m de la fuente de agua.	2	Media
Número de casas ubicadas dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0	Muy baja

- **Sistema séptico (V2):** el destino de las heces fecales es muy importante, ya que es un indicador de contaminación de fuentes de agua de consumo humano, por lo cual la existencia de letrinas cercanas a fuentes de aguas y en las zonas de recarga hídrica pueden contaminar por arrastres e infiltración de coliformes fecales en estas. Los indicadores para esta variable se presentan en el cuadro 29.

Cuadro 29. Indicadores para la variable sistema séptico.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de los 200 m a la fuente de agua	2	Media
Número de viviendas con letrinas y/o tanques sépticos dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0	Muy baja

- **Infraestructura del sistema séptico (V3):** los materiales y tipo de construcción de los sistemas sépticos son importantes, porque respecto a la infraestructura, tanto la que se encuentra por encima de la superficie del suelo como la de debajo de la superficie del suelo influenciarán la exposición de las heces en los sistemas de aguas superficiales y subterráneas. Los indicadores evaluados están en el cuadro 30.

Cuadro 30. Indicadores para la variable infraestructura del sistema séptico.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de letrinas y/o tanque séptico construidas con los materiales adecuados dentro de los 200 m a la fuente de agua	2	Media
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	0	Muy baja

- **Alcantarillado sanitario (V4):** la contaminación por excretas y con mala disposición de desechos líquidos y sólidos domésticos, comerciales e industriales es producto de no tener un sistema de alcantarillado sanitario y tratamiento de estas. Esta contaminación se infiltra al suelo o es llevada por la lluvia hacia cuerpos de agua. Para esta variable se tomaron los indicadores del cuadro 31.

Cuadro 31. Indicadores para la variable alcantarillado sanitario.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de los 200 m de la fuente de agua	4	Muy alta
Número de casas con sistema de alcantarillado sanitario dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda.	0	Muy baja

- **Basureros ilegales (V5):** los depósitos ilegales de basura son focos de contaminación de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica, ya que en ellos hay procesos de materia orgánica en descomposición y otros que se pueden precipitar y generar alteraciones a la calidad del agua. Para esta variable solamente se evaluó un indicador (Cuadro 32).

Cuadro 32. Indicador para la variable basureros ilegales.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Números de basureros ilegales existentes en la microcuenca.	4	Muy alta

- **Vertedero municipal (V6):** la ubicación de los vertedero o relleno sanitario en las ciudades es muy importante, más aún cuando estos son ubicados en áreas ambientalmente sensibles como cerca de fuentes de agua, zonas de protección de fuentes de agua, zonas de recarga hídrica y en zonas donde la profundidad del nivel freático es poco. En esta variable se tomaron dos indicadores (cuadro 33).

Cuadro 33. Indicadores para la variable vertedero municipal.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Distancia del vertedero municipal a la zona de protección de la fuente de agua	2	Media
Distancia del vertedero municipal a la zona de recarga hídrica	2	Media

- **Talleres de metalúrgica, automotrices, o cualquier otro que pueda verter productos como esmaltes, aceites, combustibles al suelo (V7):** los talleres o lugares donde manipulan sustancias tóxicas al medio ambiente y donde estas son vertidas al suelo, pueden lixiviarse y llegar al agua superficial y subterránea, provocando un desbalance de los elementos que la componen, por lo cual es de mucha importancia constatar la existencia de estos lugares. Para esta variable se tomaron los siguientes indicadores (Cuadro 34):

Cuadro 34. Indicadores para la variable vertedero municipal.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de talleres dentro de los 200 m de la zona de protección de la fuente de agua	1	Baja
Número de talleres dentro de la zona de recarga hídrica y 50 m a la redonda	0	Muy baja

- **Recolección de basura (V8):** los sistemas y frecuencias de recolectores de basura juegan un papel importante, para prevenir la contaminación de los recursos naturales en especial el agua, tanto en el área urbana como rural (aunque en esta última poco existen pero su tratamiento es importante en términos ambientales). A mayor frecuencia de recolección, los pobladores tendrán una mayor disponibilidad para el tratamiento de la basura por los encargados de recolectarla. El indicador utilizado para medir esta variable se presenta en el cuadro 35.

Cuadro 35. Indicador para la variable tren de aseo.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Número de recolecciones de basura por semana en las casas ubicadas dentro de los 200 m de protección de fuentes de agua	3	Alta

- **Carretera o caminos de todo tiempo (V9):** la presencia o construcción de caminos cerca de fuentes de agua, es un peligro latente para los sistemas ya que puede darse derrames de combustibles, al existir un camino o carretera puede originar problemas de basura, deposición de heces fecales al aire libre, tanto de humanos como animales. Para medir esta variable se utilizó el indicador del cuadro 36.

Cuadro 36. Indicador para la variable carretera o caminos de todo tiempo.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Distancia de la carretera o camino a la fuente de agua y zona de recarga hídrica	4	Muy alta

- **Estructura de recolección primaria de la fuente de agua (V10):** la estructura o infraestructura de recolección primaria de fuentes de agua para consumo humano, es de mucha importancia para asegurar la calidad del agua, ya que un deterioro de esta puede ser perjudicial por la exposición a agentes contaminantes. Para esta variable se utilizó el siguiente indicador (cuadro 37).

Cuadro 37. Indicador para la variable estructura de recolección primaria de la fuente de agua.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Estado de la estructura de recolección primaria del nacimiento de agua	3	Alta

- **Estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica (V11):** la protección del recurso hídrico y las zonas potenciales de recarga hídrica, es primordial para asegurar la calidad, cantidad y sostenibilidad de las fuentes de agua para consumo humano, por tal razón saber si existen estas y su grado de deterioro, servirá para tomar medidas en la conservación y protección del recurso hídrico. Los indicadores utilizados se encuentran en el cuadro 38.

Cuadro 38. Indicadores para la variable estructura de protección de fuentes de agua y zonas potenciales de recarga hídrica.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de la fuente de agua	2	Media
Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de las zonas potenciales de recarga hídrica.	2	Media

4.3.2. Vulnerabilidad social

Se refiere al nivel de cohesión interna que posee una sociedad o comunidad, cuando mejor y mayor se desarrolle las interrelaciones dentro de una sociedad, menor será la vulnerabilidad presente en la misma. Las organizaciones sociales y servicios sociales o básicos bien estructuradas e integradas, pueden considerarse como un buen indicador de vulnerabilidad social. Las variables tomadas en cuenta para esta vulnerabilidad fueron:

- **Organización comunal (V1):** la existencia de organizaciones comunales o sociales en los territorios (cuencas, subcuencas o microcuencas) y la participación de la población en estas, es un elemento integrador para que las acciones de las organizaciones se cumplan para el bienestar de la población y la preservación de los recursos naturales.

Los comités de desarrollo comunitario (CDC), cooperativas y grupos de productores son las organizaciones comunales que inciden en la microcuenca; el 44% de la población participa en estas organizaciones. Los indicadores evaluados se presentan en el siguiente cuadro:

Cuadro 39. Indicadores para la variable organización comunal

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de organizaciones comunales vinculadas en el manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca	1	Baja
Porcentaje de la población de la microcuenca que integra las organizaciones comunales	2	Media

- **Servicios básicos (V2):** las poblaciones o comunidades que poseen servicios básicos como salud, educación, agua potable y electricidad. Son servicios que pueden repercutir en la conservación, protección y manejo de los recursos hídricos. La educación juega un papel fundamental para educar a los pobladores en temas ambientales, la salud como medio para evitar la contaminación del agua, el agua potable para asegurar la salud y la electricidad para que la población se informe por medios radiales y televisivos. El 85% de la población de la microcuenca poseen estos servicios. El indicador analizado se presenta en el cuadro 40.

Cuadro 40. Indicador para la variable servicios básicos

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población de la microcuenca que cuenta con los servicios básicos (salud, educación, agua potable, electricidad)	0	Muy baja

- **Salud (V3):** el servicio de salud y su ubicación dentro de la microcuenca es muy estratégico, ya que se encuentra en el casco urbano, el cual está dentro de la microcuenca. Los servicios de salud es una manera de monitorear la calidad del agua, esto por la existencia de enfermedades de origen hídrico.

El número de pobladores atendidos productos de enfermedades de origen hídrico en los últimos tres años y que habitan en la microcuenca es de 127 personas. Los indicadores analizados se presentan en el cuadro 41.

Cuadro 41. Indicadores para la variable salud

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Tipo de servicio de salud en la microcuenca	1	Baja
Número de pobladores con enfermedades de origen hídrico en la microcuenca durante los últimos 3 años	2	Media

- **Participación de productores (V4):** la participación de productores en talleres o capacitaciones referentes a la conservación y protección de suelos y agua repercute en las zonas de recarga hídrica, por que a través de estas mejoraran las características de suelo y la cantidad de agua en las fuentes. El número de productores identificados con este indicador es de tres, este se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 42. Indicador para la variable participación de productores

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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.	3	Alta

- **Crecimiento poblacional (V5):** el índice de crecimiento poblacional muestra una proyección de cómo va a crecer la población en el tiempo, conocer esto es muy importante para la toma de decisiones en temas como el acceso a agua potable y el aseguramiento de esta a la población. El índice de crecimiento poblacional encontrado es de 0,6% en la microcuenca, este indicador se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 43. Indicador para la variable crecimiento poblacional

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Índice de crecimiento poblacional en la microcuenca por año	0	Muy baja

4.3.3. Vulnerabilidad ecológica

Los territorios están definidos por las condiciones ambientales y ecológicas presentes, esto es, porque cuando mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso dado a los recursos naturales presentes, mayor será la vulnerabilidad ecológica, los indicadores tomados para este tipo de vulnerabilidad fueron:

- **Cobertura vegetal (V1):** tanto el tipo de cobertura como el porcentaje de esta es muy importante para la captación de agua de lluvia en las zonas de recarga hídrica y en las zonas de protección de las fuentes. Entre mayor es la cobertura vegetal hay más probabilidad que el agua se infiltre y que no se pierda por escorrentía. En la zona de protección de la fuente de agua se encontró un 70% de cobertura vegetal en su mayoría por árboles, mientras que en las zonas potenciales de recarga hídrica se encontró un 48,75% en promedio de las cuatro zonas identificadas. Estos indicadores se presentan a continuación:

Cuadro 44. Indicadores para la variable cobertura vegetal

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de cobertura vegetal en el nacimiento de la fuente de agua	1	Baja
Porcentaje de cobertura vegetal en la zona de recarga hídrica	2	Media

- **Uso de suelo (V2):** los diferentes usos del suelo en las zonas de recarga hídrica juegan un papel importante, ya que debido a este uso podrá influenciar la recarga, suelo con bosque primario y tres estratos facilitan la recarga; por ende el acuífero aumentará su volumen para disponer de mayor caudal los puntos de descarga (ríos, manantiales, etc).

En el caso de este indicador se evaluó tomando en consideración el mayor área para un diferente uso, el cual fue potrero con árboles dispersos y arbustos, para pastoreo directo con poca carga animal y divisiones con cercas muertas y vivas, por lo tanto se clasificó como sistema silvopastoril con un área de 4,5 ha, mientras las áreas con cultivos agrícolas fue de 1,1 ha. El indicador se presenta en el cuadro 45.

Cuadro 45. Indicador para la variable uso de suelo

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Uso de suelo en la zona de recarga hídrica	1	Baja

- **Prácticas de conservación de suelo y agua (V3):** existen muchas tecnologías de manejo y conservación sostenible de suelos y agua, estas se implementan de acuerdo al lugar que las requiera y del fin que tengan. En este sentido se cuantificaron las tecnologías o prácticas de conservación de suelos y aguas que implementan los productores de parte alta, en áreas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica. Las encontradas fueron barreras muertas y curvas a nivel. Para esta variable el indicador fue:

Cuadro 46. Indicador para la variable prácticas de conservación de suelo y agua.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Prácticas de conservación de suelos y agua en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	2	Media

- **Erosión de suelo (V4):** el tipo de erosión y la severidad de esta, pueden impactar en las zonas de recarga hídrica, reduciendo la capacidad de los suelos de filtrar agua hacia las capas más profundas y en las fuentes de agua como agentes de sedimentación, por lo consiguiente contaminarán los cuerpos de agua por el arrastre de agroquímicos, heces, basura, etc.

En la parte alta de la microcuenca, como en las áreas por encima de las fuentes de agua, el tipo de erosión observada es laminar y surcos de forma moderada. El indicador evaluado se presenta en el siguiente cuadro:

Cuadro 47. Indicador para la variable erosión de suelo

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Tipo de erosión de suelo en las fincas ubicadas por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	2	Media

Contaminación (V5): la contaminación del recurso hídrico ocurre si la carga de contaminantes superficiales y sub-superficial generadas por depósitos, descargas y lixiviados antropogénicos (de actividades urbanas, industriales y agrícolas.) que no se controlan adecuadamente y (en ciertos componentes) excede la capacidad natural de atenuación del terreno y los estratos subyacentes. Para esta variable se evaluaron dos indicadores de los cuales dieron como resultado poca presencia de residuos sólidos o basuras, se encontraron embases de plaguicidas (en las ZPRH), basura (hojas en descomposición) y algunas bolsas (cerca de la fuente de agua). Los datos del centro de salud señalan que existen focos de contaminación por coliformes fecales en el año, presentándose principalmente en la época lluviosa, específicamente en el mes de mayo y julio, con niveles no permisibles según las normas CAPRE para agua potable. Los indicadores se presentan a continuación:

Cuadro 48. Indicadores para la variable contaminación

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Presencia de residuos sólidos o basura en el área de protección de la fuente de agua	2	Media
Presencia de residuos sólidos o basura en la zona de recarga hídrica	2	Media
Número de muestreos con niveles no permitidos de coliformes fecales en la fuente de agua en los años 2007-2008	3	Alta

Pendiente del terreno (V6): la pendiente del terreno puede incidir en la capacidad de infiltración de los suelos (a menor pendiente la velocidad del agua sobre la superficie es menor, por consiguiente tiene mayor tiempo de contacto con el suelo aumentando la infiltración) y la escorrentía transportando materiales (basura, hojarasca y sedimentos) a los lugares con menor pendiente. La pendiente promedio de la parte alta de la fuente de agua es del 15%, esto se representa por el cuadro 49.

Cuadro 49. Indicador para la variable pendiente del terreno

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de pendiente de las áreas ubicadas por encima de la naciente y zonas de recarga hídrica	1	Baja

Agricultura (V7): las actividades antropogénicas mal desarrolladas en un territorio repercuten en los recursos naturales, especialmente aquellas vinculadas con el uso y manejo del suelo, agua y bosque. En las tierras ubicadas por encima de la fuente de agua hasta la parte alta de la microcuenca existe un área de 9 mz (6,32 ha), existiendo seis productores que aplican agroquímicos a los cultivos de maíz, frijol y en un caso papa, con una media de tres aplicaciones por ciclo productivo, todos los productores que utilizan agroquímicos dejan los envases en el campo y el sistema de siembra utilizado es mínima labranza con dos pases con bueyes. Para analizar esta variable se aplicaron siete indicadores los cuales se presentan en el cuadro 50:

Cuadro 50. Indicadores para la variable agricultura

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Área con cultivos limpios ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica hasta la parte alta de la microcuenca	3	Alta
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	3	Alta
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	3	Alta
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	3	Alta
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	2	Media
Porcentaje de los productores que dejan los recipientes de agroquímicos en las áreas de cultivo y las aledaños	4	Muy alta

Ganadería (V8): la ganadería menor y mayor puede modificar los usos de suelo e incluso las propiedades físicas y estos, a causa de la ganadería extensiva grandes áreas de bosque han sido taladas para sembrar pastos como alimento para el ganado. Otro caso es que han cambiado los suelos sus características por la carga animal que no es proporcional al número de cabezas de ganados. En la zona de influencia de estos indicadores existe un corral, una porqueriza, tres gallineros y los potreros están ubicados a 20 m de la fuente y en la ZPRH. En el análisis de esta variable se consideraron los indicadores que se indican en el cuadro 51:

Cuadro 51. Indicadores para la variable ganadería.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
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	3	Alta
Distancia de los potreros respecto a la zona de recarga hídrica	3	Alta

Características de suelo (V9): es importante conocer y analizar algunas características de los suelos, suelos con textura muy arenosa y alta capacidad de infiltración pueden ayudar a que cuando se vierten químicos al suelo estos se lixivien o percolan y pasen a ser contaminantes de aguas subterráneas y algunos casos superficiales. A mayor nivel de compactación de los suelos mayor es la posibilidad que existan escorrentías que arrastren sustancias químicas, basura, etc. a todo cuerpo de agua. La textura predominante por encima de la fuente de agua hasta la parte alta de la microcuenca es franca, con una capacidad de infiltración promedio de 20 cm/hora y 20% de compactación de los suelos. Los indicadores se encuentran a continuación (cuadro 52).

Cuadro 52. Indicadores para la variable característica del suelo.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Textura predominante de los suelos con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	2	Media
Capacidad de infiltración de los suelo con cultivo limpio ubicados por encima de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	3	Alta
Porcentaje de compactación de los suelos ubicados dentro de los 200 m de radio de la fuente de agua y zonas de recarga hídrica	1	Baja

4.3.4. Vulnerabilidad económica

Este tipo de vulnerabilidad está 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 de los recursos naturales, ya que el individuo realizará una mayor presión a estos para satisfacer sus necesidades, los indicadores tomados en cuenta en este tipo de vulnerabilidad son:

Capacidad económica (V1): esta variable se evaluó con base en el ingreso *per cápita*, a medida que las familias o pobladores tienen un ingreso económico que satisfaga sus necesidades, estos reducirán la presión a los recursos naturales y más aún en aquellas zonas donde los recursos son fáciles de manipular. El ingreso promedio anual *per cápita* es entre C\$12.000 a C\$17.000 (\$615 a \$872), el indicador se presenta en el cuadro 53.

Cuadro 53. Indicador para la variable capacidad económica.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Ingreso promedio anual (C\$) per cápita de los pobladores ubicados en la zona de protección hasta la parte alta de la microcuenca	2	Media

Desempleo (V2): según la Ley 464 del Ministerio del Trabajo (MITRAB) en Nicaragua la edad mínima para trabajar es de 14 años, siguiendo esta ley se obtuvo el porcentaje de la población desempleada en la microcuenca. El desempleo es un factor tomado en cuenta para analizar el índice de pobreza extrema por municipio según el INIDE (2008), por ende tendrá relación con la variable dependencia económica (V3). El 48% de la población económicamente activa (PEA) esta desempleada, como lo muestra el cuadro 54.

Cuadro 54. Indicador para la variable desempleo.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población desempleada en la microcuenca	4	Muy alta

Dependencia económica (V3): para el análisis de esta variable se utilizaron dos indicadores los cuales se detallan en el cuadro 55, se puede decir que el 48% de la PEA realiza actividades agropecuarias y el resto otro tipo, además que el 29% de la PEA realiza dos o más actividades productivas. Los indicadores se presentan a continuación:

Cuadro 55. Indicadores para la variable dependencia económica.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población económicamente activa que se dedica a actividades agropecuarias en la microcuenca	3	Alta
Número promedio de actividades productivas que realiza la población económicamente activa	4	Muy alta

Instrumentos económicos (V4): se refiere al acceso a instrumentos económicos como préstamos, compensaciones o pagos de o a los pobladores de la microcuenca. Este indicador es muy importante desde el punto de vista ecosistémico, ya que dará una visión de una posible compensación por servicios ambientales que se generen en la microcuenca. En la microcuenca el 1% de la PEA ha accedido a créditos financieros y ningún poblador ha recibido algún tipo de compensación por servicios ambientales. Los indicadores se presentan en el cuadro 56.

Cuadro 56. Indicadores para la variable instrumentos económicos.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población de la microcuenca que ha accedido a crédito financiero	0	Muy baja
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	Muy alta

4.3.5. Vulnerabilidad técnica

Refleja la capacidad y la eficiencia de la infraestructura o diseños del sistema de captación, almacenamiento y zona de protección del agua de consumo humano, sin obviar la gestión del riesgo por cualquier amenaza natural que pueda perjudicar, tanto la calidad como cantidad de agua y el sistema de captación y almacenamiento. En el análisis de esta vulnerabilidad se consideraron las siguientes variables:

Tecnología de la construcción (V1): esta variable está referida al aseguramiento de la calidad de la infraestructura de almacenamiento y la existencia de estas. Además de la protección del recurso, esta variable se considera muy importante para asegurar el recurso hídrico en cantidad, calidad y sostenibilidad, siempre que se cumpla con los requerimientos que mandatan las instituciones competentes. Para el análisis de esta variable se consideraron tres indicadores los cuales reflejan que 60% de la estructura de almacenamiento, distribución y protección está construida con técnicas adecuadas, además que la fuente de agua está protegida con un cerco perimetral con un perímetro del 65% de concreto y malla metálica y un drenaje en el costado noroeste para evitar la contaminación por la escorrentía. Los indicadores están en el cuadro 57.

Cuadro 57. Indicadores para la variable instrumentos económicos.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de las estructuras de almacenamiento y distribución de agua que cumplen con las especificaciones de INAA.	2	Media
Protección de la estructura de captación y almacenamiento de agua ante desastres naturales como muros de retención de corrientes, cerco perimetral, drenaje perimetral, etc.	3	Alta
Porcentaje de las estructuras y obras físicas de protección construidas con técnicas adecuadas	1	Baja

Mantenimiento (V2): para tener agua de calidad es necesario hacerle (al sistema de captación, almacenamiento y protección) mantenimiento a lo largo del año, además de asegurar la calidad se tendrá una sostenibilidad del recurso. Por lo tanto, esta variable es importante de este punto de vista, para el caso en estudio en los planes de trabajo de la alcaldía de La Concordia no existe un área encargada en este tema y no están planificado ningún tipo de mantenimiento del acueducto. El indicador evaluado se indica en el cuadro 58.

Cuadro 58. Indicador para la variable mantenimiento.

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Mantenimiento de la estructura de protección como de captación de la fuente de agua por año	4	Muy alta

Gestión de riesgos (V3): la experiencia a lo largo de los años ha demostrado que cuando ocurre un desastre, el acceso al agua potable es totalmente indispensable para garantizar la salud de la población y facilitar las operaciones de respuesta, recuperación y retorno a la normalidad. De esta manera es importante disponer de sistemas de agua potable seguros frente a las distintas amenazas naturales, ya que la vulnerabilidad depende directamente de las características físicas del sistema y del entorno donde se encuentren.

Los daños físicos a los sistemas de agua potable, por los fenómenos naturales, constituyen una real amenaza para el desarrollo y la salud de los segmentos más pobres. Por tal razón es importante conocer la existencia de mapas o estudios de riesgos y los planes existentes que puedan afectar el acueducto de agua potable. En este caso de estudio no existen mapas que hallan tomado en cuenta las fuentes de agua y más aún no existen planes de prevención y mitigación que puedan asegurar el recurso agua. Para esta variable se analizaron los siguientes indicadores (cuadro 59)

Cuadro 59. Indicadores para la variable gestión de riesgos

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
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.	4	Muy alta
Número de años de existencia de un plan de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan incidir en la fuente de agua.	4	Muy alta

4.3.6. Vulnerabilidad política

Trata de reflejar el apoyo que pueda estar teniendo o puede tener la zona por parte de entes estatales, de igual manera, muestra el nivel de participación y representatividad de la población ante el estado, como uno de los factores importantes para canalizar ayuda necesaria en momentos y lugares claves. Las variables para esta vulnerabilidad se desglosan a continuación:

Apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales (V1): desde el punto de vista para la conservación y protección de los recursos naturales la inversión en proyectos juega un papel importante, ya que se basan en el marco legal para lograr sus objetivos, además de la problemática ambiental existente y el interés del estado en el lugar. En la microcuenca se encontró que existen tres proyectos ambientales, uno desarrollado por el MINED (huertos escolares y cumplimiento de 60 horas de servicio ecológico), PIMCHAS y de reforestación por parte de la alcaldía municipal. El indicador se presenta en el cuadro 60.

Cuadro 60. Indicador para la variable apoyo municipal y estatal en proyectos ambientales

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Número de proyectos ambientales ejecutados por año.	1	Baja

Participación comunitaria en las decisiones locales (V2): esta variable se evaluó con base en el número de representantes de la población que participa en las decisiones municipales, para que estas tengan algún efecto los pobladores deben estar inmersos en los procesos municipales y mediante una integración mayor, se alcanzarían los objetivos, propuestos. En el caso del consejo municipal solamente dos personas del casco urbano forman parte de este y tres del comité de desarrollo municipal. El indicador evaluado fue el siguiente:

Cuadro 61. Indicador para la variable participación comunitaria en las decisiones locales

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales	1	Baja

Liderazgo en la microcuenca (V3): los líderes en un territorio son claves para desarrollar procesos de mejoramiento ambiental y social, más aún en comunidades donde la participación de autoridades del Estado es poca o nula, se puede agregar la incidencia de los partidos políticos, ya que para el caso de Nicaragua juega un papel determinante en la actualidad (si las personas no están involucradas con el partido gobernante, estas no reciben el mismo trato que los que están con el gobierno); esto es mas evidente en zonas urbanas. Para esta variable se evaluó un indicador que se presenta en el cuadro 60, donde se obtuvo que el 90% de la población reconoce a sus líderes, ya que son elegidos de forma democrática.

Cuadro 62. Indicador para la variable liderazgo en la microcuenca

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes.	0	Muy baja

Normativas (V3): el conocimiento y aplicación de normativas (leyes, reglamentos, ordenanzas, normas técnicas o cualquier instrumento legal) vinculados en temas ambientales o recursos naturales, forman parte de los procesos participativos de proyectos y programas, como una manera de llegar al sustento de las acciones y lograr su sostenibilidad. En el presente estudio se constató que se cumplen dos leyes (ley 40 y 462) una por parte de la municipalidad y la otra por el MINED. Los indicadores se presentan a continuación:

Cuadro 63. Indicadores para la variable normativas

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
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	Media
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	2	Media

4.3.7. Vulnerabilidad educativa

Está representada principalmente por la preparación académica a distintos niveles, que permite a los ciudadanos aplicar tales conocimientos en su vida cotidiana como herramienta válida para enfrentar las situaciones en donde los recursos naturales puedan sufrir alteraciones en la zona. Los indicadores tomados en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

Acceso a la educación (V1): en la medida que una población tenga acceso a la educación menor será el porcentaje de analfabetas, a la vez se tendrá una mayor participación en temas en donde su participación sea clave para cumplir con los objetivos. Por tal razón, se evaluaron dos indicadores los cuales se presentan en el cuadro 61, dando como resultado que el 17% de la población es analfabeta y el resto tiene un promedio de escolaridad, que se distribuye de la siguiente manera: de cuarto grado de primaria un 39%, tercer año de secundaria un 26%, técnico un 5% y universidad hasta cuarto año un 13%. Además existe un instituto público dentro de la microcuenca. Los indicadores se presentan a continuación:

Cuadro 64. Indicadores para la variable acceso a la educación

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de analfabetismo en la microcuenca	3	Alta
Nivel máximo de educación disponible en la microcuenca	0	Muy baja

Capacitación o talleres educativos (V2): estos tipos de eventos forman parte del quehacer de las instituciones gubernamentales y no gubernamentales, donde se presentan temas de importancia ambiental y que pueden contribuir a mejorar el nivel de vida de las poblaciones. En la microcuenca solamente se ha impartido talleres o capacitaciones de este tipo a técnicos de algunas instituciones, pero estos han sido impartidos por personas que se ubican fuera de la subcuenca del río Viejo, pero que tienen alguna incidencia en la subcuenca tal es el caso de PIMCHAS con el programa AVAR. Un 90% de la población de la microcuenca no ha recibido alguna capacitación o taller en temas ambientales o de cuencas. Es importante señalar que se han realizado dos jornadas de limpieza en el casco urbano las cuales han incluido las quebradas. El indicador para esta variable se presenta en el cuadro 65.

Cuadro 65. Indicador para la variable capacitación o talleres educativos

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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	3	Alta

Educación ambiental (V3): educación ambiental es un proceso dirigido a desarrollar una población consciente y preocupada por el ambiente en su totalidad y los problemas asociados. Esta población tiene el conocimiento, actitudes, habilidades, motivación y compromiso para trabajar individual y colectivamente hacia la solución y prevención de problemas relacionados con el bienestar del medio ambiente, además que esta es una herramienta para lograr cambios en el pensamiento de las personas.

La evaluación de esta variable estuvo compuesta por tres indicadores (cuadro 66), donde se conoció que en los últimos cinco años solo se han realizado tres jornadas ambientales, no se ha recibido ninguna capacitación sobre medidas de mitigación a la contaminación y además solo se ha emitido un mensaje radial sobre medio ambiente, pero por emisoras que se encuentran fuera del municipio.

Cuadro 66. Indicadores para la variable educación ambiental

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de jornadas ambientales efectuadas en los últimos 5 años	2	Media
Porcentaje de la población de la microcuenca que ha recibido capacitación sobre medidas de mitigación y adaptación a la contaminación de FA y ZPRH	4	Muy alta
Número de mensajes o programas difusivos por año orientados al manejo, protección y conservación de los recursos naturales	3	Alta

4.3.8. Vulnerabilidad institucional

Esta representada por la ausencia de organizaciones o comités encargados de velar por el adecuado manejo, protección, conservación y gestión de los recursos naturales, además de la capacidad del personal técnico y la aplicación del marco legal para el cumplimiento de sus funciones. Las variables para conocer esta vulnerabilidad fueron:

Instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales (V1): esta información se obtuvo en base a las entrevistas hechas a los actores locales para el cumplimiento del objetivo uno. Esta información da un panorama de cómo las instituciones inciden en el territorio y el número de estas, a la vez refleja el interés de estas por los recursos naturales. En la actualidad existen más de cuatro instituciones relacionadas con el tema; además, de estas solo dos tienen alguna vinculación (indirecta) con el indicador en sus planes o programas. Los indicadores se encuentran en el cuadro 67.

Cuadro 67. Indicadores para la variable instituciones vinculadas o relacionadas en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.

Indicadores	Calificación	Vulnerabilidad
Número de instituciones relacionadas con la protección, conservación, manejo y protección del recurso hídrico y zonas de recarga con presencia activa en la microcuenca	0	Media
Número de instituciones con presencia activa en la microcuenca que cuenta en sus programas, proyectos o agendas de trabajo el tema de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica	2	Media

Capacidad del personal técnico (V2): la capacidad del personal técnico que interviene en un área (cuenca, subcuenca, microcuenca) es importante para que los planes de trabajo y el marco legal se cumplan, a medida que tenga mayores conocimiento en temas ambientales y los recursos naturales, mayor será su aporte a las iniciativas y metas de las instituciones. Solamente el 50% de los técnicos que están dentro de la microcuenca se capacitaron mediante el proceso AVAR, importante por que enmarca el enfoque de cuenca. El indicador evaluado fue:

Cuadro 68. Indicador para la variable capacidad del personal técnico

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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	Media

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): las instituciones presentes en cualquier territorio son determinante para conducir procesos e intervenir utilizando el marco legal, en este caso el 60% de la población considera eficiente el cumplimiento de estas instancias (cuadro 69).

Cuadro 69. Indicador 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

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población que considera eficiente el cumplimiento de las instituciones del estado y municipalidad	2	Media

Aplicación de la Ley General de Aguas Nacionales (No.620), Ley Forestal (No. 462) y la Ley de Delitos Ambientales (No. 559), donde vincula la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica (V4): de las leyes que más vinculan al tema son la No. 620, 462 y 559, por tal razón fueron las que se preguntaron, si existiese una verdadera aplicación abonaría a mejorar las condiciones de los recursos naturales para lograr su sostenibilidad. Las personas entrevistadas en su mayoría mencionaron que no hay cumplimiento de estas (cuadro 70).

Cuadro 70. Indicador para la variable aplicación de la ley general de aguas nacionales (No.620), ley forestal (No. 462) y la ley de delitos ambientales (No. 559), donde vincula la protección, conservación, manejo y gestión de fuentes de agua y zonas de recarga hídrica

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Aplicación de las leyes relacionados a los recursos hídricos	4	Muy alta

Conocimiento del marco legal (V5): no solamente los trabajadores de las instituciones deben de conocer el marco legal vinculado con los recursos naturales, también el conocimiento de la población es de mucha importancia ya que esto evitaría que los pobladores incurran en delitos que perjudiquen los recursos naturales. en la microcuenca es mínimo el conocimiento de las leyes, reglamento y ordenanzas, se puede decir que solo un 10% lo conoce, en el cuadro 71 se presenta el indicador analizado.

Cuadro 71. Indicador para la variable conocimiento del marco legal

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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	4	Muy alta

Implementación de planes (V6): la realización de planes y su ejecución donde estos vinculan a los recursos hídricos, son importantes ya que deben tener el enfoque de cuenca, además estos deberán cumplir con los principios que establece la política de recursos hídricos del país, la cual señala como en los principios rectores que la cuenca es la unidad de gestión territorial para la administración del manejo integrado de los recursos hídricos, además que el desarrollo y gestión del agua se basa en un enfoque participativo. De tal manera que saber sobre estos proyectos y su implementación resulta importante para lograr los propósitos de esta investigación, como una herramienta que facilitara las acciones a implementar. Solamente el proyecto PIMCHAS tiene influencia en el territorio con proyectos vinculados en la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos hídricos. El indicador evaluado se presenta en el cuadro 72.

Cuadro 72. Indicador para la variable implementación de planes

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de implementación/ejecución de planes de protección conservación, manejo, conservación y gestión del recurso hídrico y zonas de recarga en la microcuenca	3	Alta

4.3.9. Vulnerabilidad cultural

Se refiere a la falta de una cultura ambiental adecuada, en donde se ha ido generando un creciente problema de contaminación de las fuentes de agua, por lo que la justa valorización del agua puede originarse según la cultura local y el tipo de régimen económico, además que se requiere de un cambio de actitud cultural para reducir este tipo de vulnerabilidad en donde la participación de la mujer juega un papel determinante y la integración de la población. Las variables evaluadas fueron:

Participación de la mujer en acciones o actividades de prevención y mitigación (V1): es importante destacar la participación de la mujer en la gestión del recurso hídrico, por su papel directo en la provisión, uso y conservación del agua para consumo humano, como lo señala Centeno (2007). Por esta razón es la mujer una de las más interesadas para obtener el agua. En la microcuenca se establece que el 50% de las mujeres son las que se preocupan por el suministro de agua. El indicador evaluado fue el siguiente:

Cuadro 73. Indicador para la variable implementación de planes

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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	Media

Integración comunal para prevenir riesgos (V2): la participación de la población en eventos en donde se pueda interrumpir el suministro de agua y en aquellas en donde este en juego la sostenibilidad del recurso agua es de mucha importancia para el bienestar de la población, por lo que los pobladores de La Concordia consideran que el 50% de ellos está dispuesto a integrarse a grupos para prevenir riesgos que pongan en peligro la fuente de agua. El indicador se presenta en el cuadro 74.

Cuadro 74. Indicador para la variable integración comunal para prevenir riesgos

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en la medidas de prevención y mitigación del sistema de agua potable y disponibilidad para la protección de los RRHH	2	Media

Actividades culturales (V3): este indicador en lugares donde hay poca diversión, ya que mediante actividades culturales la población se instruye para mejorar la salud ambiental del territorio, poniendo en práctica lo observado, en la microcuenca se han efectuado dos actividades en los últimos cinco años organizadas por el MINED. El indicador se presenta en el cuadro 75.

Cuadro 75. Indicador para la variable actividades culturales

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 5 años	3	Alta

4.3.10. Vulnerabilidad ideológica

La respuesta que logre desplegar a la comunidad ante una amenaza de desastre, 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, por lo que la falta de conocimiento sobre gestión ante cualquier eventualidad por parte de los diferentes actores de un territorio es un factor determinante en la capacidad de respuesta. Las variables evaluadas para obtener esta vulnerabilidad fueron las que se describen a continuación:

Participación comunal en la preparación, prevención y mitigación (V1): la participación activa de la población ante cualquier eventualidad que pueda poner en peligro el suministro de agua potable es de mucha importancia ya que ayudara a gestionar el recurso hídrico. Según la población cuando ocurrió el huracán Mitch un poco más de la mitad (60%) de la población participó en acciones posteriores ya que no existía planes para mitigar tal efecto, las acciones eran encaminadas a la protección del agua de consumo humano. El indicador evaluado se muestra en el cuadro 76.

Cuadro 76. Indicador para la variable participación comunal en la preparación, prevención y mitigación

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
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.	1	Baja

Reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable (V2): este indicador está estrechamente relacionado con el anterior, ya que las mismas personas que participan en la prevención y mitigación, estas serán casi siempre las mismas que participan en la rehabilitación. El indicador es el que se presenta en el cuadro 77.

Cuadro 77. Indicador para la variable reacción comunal después de un desastre natural que pueda haber repercutido en el sistema de agua potable

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población que participa en acciones de rehabilitación del sistema de agua potable y zona de protección después de un desastres naturales	1	Baja

Percepción fatalista (V3): según opiniones de los pobladores la falta del suministro de agua no se debe a la intervención divina, pero si a la mano del hombre ya que el es culpable de la deforestación, contaminación, y uso inapropiado del agua, lo que repercute según ellos en la disponibilidad (cantidad y calidad) del agua. El indicador evaluado es el que se presenta en el cuadro 78.

Cuadro 78. Indicador para la variable percepción fatalista

Indicador	Calificación	Vulnerabilidad
Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando falta el agua potable.	1	Baja

Resumen de vulnerabilidad

Los tipos de vulnerabilidad y el valor por variable encontrados para la fuente de agua y zona potencial de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia se presentan en el cuadro 79 y la figura 18. En el se puede observar que la valoración de la mayor vulnerabilidad fue alta y la obtuvo la parte técnica, luego le siguen con vulnerabilidad media la económica, institucional, educativa, cultural, física y ecológica; las demás tuvieron baja vulnerabilidad.

Cuadro 79. Resumen de las vulnerabilidades encontradas para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica de la microcuenca La Concordia.

Vulnerabilidad	Variables respuestas											Promedio	Total máximo posible	Vulnerabilidad existente	Vulnerabilidad
	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11				
Física	1	1	1	2	4	2	0,5	3	4	3	2	2,14	4	53,41	Media
Social	1,5	0	1,5	3	0	--	--	--	--	--	--	1,20	4	30,00	Baja
Ecológica	1,5	1	2	2	3,5	1	3	3	2	--	--	2,11	4	52,78	Media
Económica	2	4	3,5	2	--	--	--	--	--	--	--	2,88	4	71,88	Media
Técnica	2	4	4	--	--	--	--	--	--	--	--	3,33	4	83,33	Alta
Política	1	1	0	2	--	--	--	--	--	--	--	1,00	4	25,00	Baja
Educativa	1,5	3	3	--	--	--	--	--	--	--	--	2,50	4	62,50	Media
Institucional	1	2	2	4	4	3	--	--	--	--	--	2,67	4	66,75	Media
Cultural	2	2	3	--	--	--	--	--	--	--	--	2,33	4	58,25	Media
Ideológica	1	1	1	--	--	--	--	--	--	--	--	1,00	4	25,00	Baja
<i>Promedio</i>												2,12	4	52,89	<i>Media</i>

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

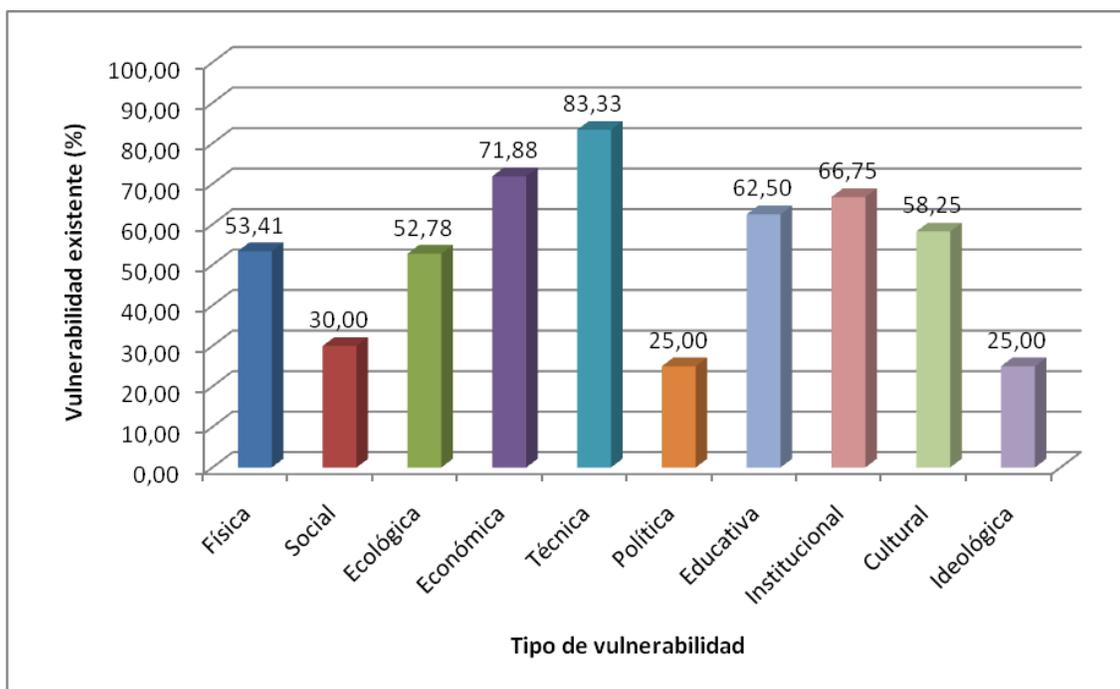


Figura 18. Tipo de vulnerabilidad y valor existente (%) para la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia, Nicaragua.

4.3.11. Vulnerabilidad global

Las investigaciones para determinar la vulnerabilidad del agua (en acuíferos) en su mayoría se han realizado, para conocer los contaminantes biológicos como heces fecales y químicos como los compuestos trazas⁴, aunque estos compuestos trazas represente solamente el 1% de los constituyentes disueltos en el agua (BM 2007). Muchos de estos compuestos son esenciales en pequeñas cantidades para la salud humana y animal, sin embargo, el rango dentro del cual son deseables puede ser pequeño y a mayores niveles pueden ser dañinos (por ejemplo, el flúor). Otros siempre perjudican la salud, aun en concentraciones muy pequeñas (por ejemplo, el arsénico y el uranio) (BM 2007).

Sin embargo, existen otros tipos de vulnerabilidades que deben ser investigadas, ya que estas son parte del análisis como sistema de un territorio en el cual el recurso agua es el elemento que las integra y al integrarlas forman parte de ella.

⁴ Compuestos o elementos traza son aquellos que se encuentran en pequeñas cantidades y no pierden su composición cuando están en presencia de otros compuestos con volúmenes mayores a estos.

Por lo expuesto anteriormente es preciso analizar las vulnerabilidades estudiadas como un conjunto, en donde la vulnerabilidad resultante será la que nos guie para desarrollar estrategias o acciones en la prevención y mitigación de los problemas, amenazas o riesgo del sistema hídrico.

Para conocer esta vulnerabilidad se procedió a utilizar el modelo descrito en la metodología, considerando los porcentajes de influencia propuestos por los actores locales, quedando de la siguiente manera:

$$\text{Vulnerabilidad global} = \sum \text{Índices de vulnerabilidad} * F = (a*0,15) + (b*0,10) + (c*0,15) + (d*0,10) + (e*0,10) + (f*0,15) + (g*0,05) + (h*0,05) + (i*0,10) + (j*0,05), \text{ donde:}$$

- a = Vulnerabilidad física
- b = Vulnerabilidad social
- c = Vulnerabilidad ecológica
- d = Vulnerabilidad económica
- e = Vulnerabilidad política
- f = Vulnerabilidad técnica
- g = Vulnerabilidad ideológica
- h = Vulnerabilidad cultural
- i = Vulnerabilidad educativa
- j = Vulnerabilidad institucional

Luego determinados los pesos específicos por tipo de vulnerabilidad, donde cada actor local ponderó cada vulnerabilidad y luego se procedió a determinar la vulnerabilidad global, dando como resultado lo que se observa en el cuadro 80.

Cuadro 80. Contribuciones de cada tipo de vulnerabilidad a la vulnerabilidad global

Vulnerabilidad	Vulnerabilidad existente (%)	Ponderación	Contribución a la VG.
Física	53,41	0,15	8,01
Social	30,00	0,10	3,00
Ecológica	52,78	0,15	7,92
Económica	71,88	0,10	7,19
Técnica	83,33	0,15	12,50
Política	25,00	0,10	2,50
Educativa	62,50	0,10	6,25
Institucional	66,75	0,05	3,34
Cultural	58,25	0,05	2,91
Ideológica	25,00	0,05	1,25
Vulnerabilidad Global (VG)			54,87

La vulnerabilidad global encontrada es 54,87 (cuadro 80) clasificándose como vulnerabilidad media, similar si lo hiciéramos con el promedio de las vulnerabilidades (cuadro 79), por tanto se considera que existe mucha relación entre la apreciación de los actores locales y la aplicación de los indicadores por vulnerabilidad para obtener la vulnerabilidad global.

4.4. Propuestas de acciones para la mitigación de factores que puedan afectar la fuente de agua de consumo humano y las zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca La Concordia

Mediante los resultados derivados del objetivo tres “vulnerabilidad de la fuente de agua y zona potencial de recarga hídrica”, se obtuvo que las vulnerabilidades que aportan con un mayor peso a la vulnerabilidad global son: vulnerabilidad técnica, económica, institucional, educativa, cultural, física y ecológica. A partir de estos resultados se proponen las siguientes medidas de mitigación para reducir la vulnerabilidad encontrada, las cuales fueron propuestas y discutidas con los actores locales.

Las medidas de mitigación estarán en correspondencia al nivel de preparación y organización que tenga la comunidad para enfrentar situaciones diversas, así como de la capacidad y preparación técnica que logren desarrollar las empresas operadoras de los acueductos (INAA 2006).

Conociendo la vulnerabilidad del sistema es posible determinar las medidas de mitigación, tanto para los aspectos físicos como los sociales, económicos y ambientales. Las medidas de mitigación física tienden a fortalecer el estado actual del sistema y sus componentes, así como a mejorar las condiciones de los primeros frente al impacto de las amenazas determinadas. Las medidas de mitigación económica y social tienden a mejorar la organización, gestión local, capacidad de operación, para fortalecer el funcionamiento del sistema en condiciones normales o frente al impacto de una amenaza.

Estas medidas de mitigación afectarán lógicamente a los elementos identificados como más vulnerables, ya sean aspectos operativos, administrativos, biofísicos o socioeconómicos, los cuales, por acciones antrópicas aumentan la vulnerabilidad y afectarán los recursos naturales.

4.4.1. Factores claves identificados para la mitigación de la vulnerabilidad del recurso hídrico

Según los resultados de este estudio, más lo expresado y propuesto por los actores locales, los siguientes elementos deben considerarse claves para proponer acciones de mitigación:

1. Mejoramiento de las condiciones de protección en la fuente de agua y ZPRH
2. Fortalecimiento y coordinación institucional local
3. Educación
4. Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

Mejoramiento de las condiciones de protección en la fuente de agua y ZPRH

- Fomentar el ordenamiento de los sistemas de producción a nivel de finca, considerando el uso potencial de los suelos, a partir de los planes de finca que Alianza TERRENA elaborará y ejecutará.
- Aprovechando la intervención de PIMCHAS mediante el establecimiento de los supermercados de opciones de laderas (SOLES) en otras microcuencas de la subcuenca del río Viejo, se deberá promover el uso de técnicas de cultivo que sean aceptadas, accesibles y sostenibles, con el fin de que se potencialice el uso de los suelos y el rendimiento de los cultivos, y contribuyendo, de esta manera, a reducir la presión sobre las ZPRH y a la vez prevenir la contaminación por agroquímicos.
- Con la realización y ejecución de los planes de fincas que Alianza TERRENA implementará, priorizar aquellas ZPRH, como zonas fundamentales para la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos hídricos.
- Elaborar y ejecutar un plan de manejo para la fuente de agua y del sistema de distribución de agua potable.
- Diagnosticar, rediseñar y reconstruir la estructura física de captación primaria y secundaria de la fuente de agua con el fin de prevenir problemas de contaminación, atendiendo las especificaciones técnicas del INAA para este tipo de acueducto.
- Delimitar las ZPRH para prevenir las actividades antrópicas que puedan repercutir en la degradación de los recursos existente y para desarrollar un programa de reforestación de esta zona.
- Diseño y construcción de muro de retención de corriente para evitar arrastre de materiales hacia la fuente y la estructura de captación, con el fin de prevenir y reducir el riesgo a la destrucción de la estructura de captación y contaminación de la fuente de agua.

- La alcaldía municipal de La Concordia deberá coordinar con las entidades competentes como INAA y ENACAL, la construcción de un sistema de tratamiento de aguas residuales provenientes del casco urbano y en el área rural sistemas individuales de tratamiento de aguas grises, como son los biofiltros, además aprovechar el apoyo de PIMCHAS para formular y ejecutar estos tipos de proyectos.

Fortalecimiento y coordinación institucional local

- Conformar un grupo de interés institucional donde cada institución que tiene presencia en la microcuenca, converjan (se puede partir del Comité de Desarrollo Municipal), para lograr la protección, conservación, manejo y gestión de la fuente de agua.
- Incorporar en el plan ambiental municipal el manejo de las ZPRH y de la fuente de agua, a través de la conformación del grupo de interés con el fin de asegurar las acciones a tomar para lograr la protección, conservación, manejo y gestión de estos dos sitios.
- Coordinación interinstitucional para la aplicación de las normativas actuales y futuras, la instancia que deberá llevar a cabo esta acción debe ser el CTPASRV, como la instancia de más alto nivel presente en la subcuenca del río Viejo apartándose de la ley 620 y su reglamento.
- Debe realizarse la gestión ante las entidades correspondientes (CTPASR o ANA) a fin de capacitar al personal técnico con que cuentan las instituciones, en temas como enfoque de género, participación comunitaria, diseño, monitoreo y evaluación de proyectos, diseño y mantenimiento de estructuras de captación y protección de agua. Para esto se deberá elaborar un proyecto de colaboración con PIMCHAS aprovechando los recursos de este proyecto.
- En el seno del CTPASR debe fomentarse la capacidad de autogestión, evitar paternalismos y dependencia, con el fin de promover la conservación, protección, manejo y gestión de los recursos hídricos de la subcuenca, mediante el fortalecimiento institucional que desarrolla MARENA-PIMCHAS.
- Fortalecer a la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMAS) de La Concordia para la coordinación en protección de la fuente de agua y proponer a las instituciones apoyar técnica y financieramente a la UMAS de La Concordia.

Educación

- Fomentar la equidad e igualdad sin distinción de género, origen, cultura, costumbres, comunidad, afiliación política, credo religioso a fin de que los pobladores desde niños comiencen a participar e interactuar en las actividades que pueda desarrollar la alcaldía municipal o el CTPASR en pro de la conservación, protección, manejo y gestión de los recursos naturales con mayor énfasis en el agua.
- Implementar programas de educación técnica permanentes en temas de interés común. Incluir la capacitación específica en lo que a protección, conservación, manejo y gestión integral de los recursos hídricos se refiere. Además, para fomentar la integración se recomienda que estos programas de capacitación se desarrollen en grupos que estén integrados por miembros de sociedad civil y personal técnico de las instituciones vinculadas al manejo de la cuenca.
- Desarrollar el programa de educación ambiental que está en camino a ejecutarse por APRODECON, en todas las escuelas de la parte alta de la subcuenca del río Viejo, como una estrategia para que las generaciones futuras estén sensibilizadas y educadas para proteger y conservar los recursos naturales, incorporando temas como la protección de fuentes de agua y ZPRH.
- Implementar programas de educación ambiental y capacitación no formal en la población de todas las edades, para concientizar de la importancia de mejorar y evitar el deterioro de los recursos naturales.
- Se deberá fomentar la realización de jornadas de limpieza, reforestación y culturales como una manera de mitigar efectos perjudiciales a los recursos naturales.
- Capacitar, incentivar y designar a una sola persona el mantenimiento del acueducto y esta deberá formar parte de la Unidad Municipal de Agua y Saneamiento (UMAS)

Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

- Estudiar la implementación de un pago por servicio ambiental hídrico como lo establece la Ley 620 en su arto. 95, en zonas de recarga, incluyendo bosques y selvas y nacimiento de manantiales, para que los pobladores hagan un uso racional del agua y demás recursos naturales. Esta tarifa se deberá consensuar con los pobladores, además del establecimiento de medidores en las casas ya que en la actualidad no existe, este pago se deberá determinar de manera proporcional al consumo de agua.

- Estableciendo lo anterior (PSAH), se debe aprovechar lo establecido por la Ley 620 en su Arto. 147 donde tipifica que en áreas definidas como de recargas acuíferas o producción de agua, se destinará el 25% de la propiedad para reforestación, a efecto de garantizar la conservación del recurso hídrico.
- Si se cumple lo definido en el párrafo anterior los dueños de esta área deberán ser tomadas en consideración a efecto del otorgamiento de incentivos fiscales como lo determina la ley 620.
- Fuentes de empleo: debe fomentarse la diversificación de las unidades de producción con cultivos más rentables y ambientalmente sostenibles. Las cooperativas u otro tipo de asociación puede ser una muy buena alternativa para obtener créditos.
- Realizar convenios de colaboración de la municipalidad de La Concordia, el CTPASR y universidades, para la realización de estudios de cadenas de valor y nichos de mercados para los productos agropecuarios de toda la parte alta de la subcuenca del río Viejo, a fin de obtener mayor valor a los productos generados en dicha zona.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- El marco legal existente en el país donde se vincula el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos naturales y en especial los hídricos es muy extenso, pero se tienen dos ejes jurídicos legales muy importantes para intervenir en el tema, estos son la Política Nacional de los Recursos Hídricos y la Ley 620 “Ley General de Aguas Nacionales y su reglamento.
- Existe mucho desconocimiento de las políticas, leyes y reglamentos, normativas y ordenanzas municipales por parte de la mayoría de los actores locales y de la población, ya que en las entrevistas realizadas se constató el poco conocimiento de estos instrumentos jurídicos-legales.
- Según el análisis para determinar las relaciones institucionales, existen en la microcuenca cuatro instituciones claves que pueden incidir o liderar procesos para el manejo, protección, conservación y gestión de los recursos hídricos; estas son la municipalidad, el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), Comité Trimunicipal de la parte Alta de la Subcuenca Río Viejo (CTPASRV) y el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA) a través del Proyecto Integrado de Manejo de Cuencas Agua y Saneamiento (PIMCHAS), por lo que cualquiera de estas puede tomar el rol protagónico en la microcuenca, preferiblemente sería la municipalidad, ya que el CTPASRV su rango de acción es trimunicipal.
- Las zonas potenciales de recarga hídrica identificadas mediante el método participativo, involucra a los actores locales a determinar los posibles lugares con mayor posibilidad de infiltración de agua, permitiendo orientar acciones para la gestión integral del recurso hídrico. Además, el método constituye una herramienta para lograr la concientización, sensibilización y apropiación del proceso metodológico y del recurso hídrico, por el intercambio del conocimiento local y técnico, creando el interés de los involucrados en la cogestión del agua.
- La zona con una alta capacidad para que ocurra la recarga hídrica, según el método utilizado, fue el área que actualmente está bajo uso silvopastoril. Mientras que las zonas bajo otros usos de la tierra tienen moderada capacidad de recarga hídrica, por lo que se debe enfatizar en evitar que el área bajo uso silvopastoril cambie a otros más degradantes del suelo.

- Mediante la aplicación del modelo informático de Matus (2007), las zonas con alto potencial de recarga hídrica, representan el 27% de la microcuenca y están concentrados en la parte baja, en el lado sur y sureste de la microcuenca; las zonas con moderada capacidad para que ocurra la recarga se encuentran en casi toda la microcuenca, representado el 73% del área total. Dichas zonas son las prioritarias para la gestión integral del recurso hídrico por los actores locales.
- Las zonas de potencial de recarga hídrica identificadas por los actores locales correspondieron también a las delimitadas con el programa ArcView, lo que evidencia que el modelo se ajusta a las condiciones de la zona.
- Por parte del productor y de las instituciones existe gran interés para la ejecución de las acciones a seguir (plan de finca y lineamientos para la mitigación de la vulnerabilidad); por lo pronto, se deberá enmarcar estas acciones a los lineamientos que establezca la organización local La Cuculmecha en los planes de fincas que está desarrollando.
- Con base a los 10 tipos de vulnerabilidad analizados y que conforman la vulnerabilidad global, esta resulta con valoración media (54,87%).
- La vulnerabilidad técnica fue la única que obtuvo la clasificación de alta vulnerabilidad, siendo esta una de las importantes para lograr reducir la vulnerabilidad global, ya que esta califica como media; las vulnerabilidades menos importantes fueron la ideológica, la política y la social.
- El número de variables evaluadas e indicadores por tipo de vulnerabilidad, pueden que no tengan significancia para obtener vulnerabilidades extremas, por lo que se recomienda aplicarlos en otras condiciones y territorios para luego analizarlos.
- Las comparaciones entre la vulnerabilidad global obtenida por el promedio de las vulnerabilidades y la determinada en base a las ponderaciones hechas por los actores locales, no reflejan una diferencia relevante entre estas, lo que evidencia la correcta determinación de los actores locales.
- La participación de los actores locales para la aplicación de los indicadores, juega un papel muy importante, ya que estos conocen la microcuenca, además se puede mencionar el gran aporte de los datos de campos del censo familiar, socioeconómico y ambiental generado por la coordinación interinstitucional que ha promovido MARENA-PIMCHAS en el territorio.
- El análisis de vulnerabilidad realizado permite conocer las potenciales causas humanas, que repercuten en la protección, conservación, manejo y gestión integral de los recursos naturales, para este caso el recurso hídrico.

5.2. Recomendaciones

- Las instituciones presentes en la zona deben de concertar acciones de intervención a fin de trabajar de manera integral o mancomunada 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 esfuerzos.
- Las instituciones como MARENA, municipalidad, MINSA y sociedad civil deberán ser las encargadas de promover acciones y estrategias técnicas y operativas, a fin de priorizar la protección, conservación, manejo y gestión integral del recurso hídrico, como lo determinan los actores entrevistados.
- La municipalidad y el CTPASRV por ser instituciones más sólidas, deberán asumir un rol protagónico y directriz en la ejecución de actividades relacionadas a la prevención y mitigación de la vulnerabilidad que presentan los recursos hídricos.
- Aprovechar el liderazgo y la buena organización local existente en la zona para ejecutar las acciones de mitigación propuestas.
- La ejecución del plan de finca propuesto, permitirá el establecimiento de un supermercado de opciones en laderas (SOL) de ordenamiento y protección de ZPRH; la determinación de la vulnerabilidad servirá como criterio para la identificación de áreas de sensibilidad ambiental y social (ASAS) de fuentes de agua y ZPRH en la subcuenca del río Viejo.
- Adquirir mapas temáticos o fotografías aéreas con mayor detalle para la identificación más precisa de las zonas con potencial de recarga hídrica, además, se deberá realizar un estudio a escala más detallada (1:2.000) de los usos de suelos en la actualidad, ya que los mapas utilizados tienen escala muy grande (1:50.000).
- La vulnerabilidad global, explica en gran escala el nivel de vulnerabilidad de la fuente de agua y zonas potenciales de recarga hídrica por lo que, cualquier estrategia de intervención debe definirse basándose en los lineamientos estratégicos propuestos.
- La ejecución de medidas o estrategias para reducir la vulnerabilidad existente, deberá ser una priorización para las autoridades municipales a fin de asegurar la sostenibilidad del recurso agua a la población, a partir de la inclusión de esta investigación en el plan ambiental municipal.
- La presencia activa de los actores locales en talleres donde se definan estrategias o acciones en pro de la conservación, protección, manejo y gestión de los recursos naturales, es muy importante para lograr el consenso y coordinación de las futuras acciones.

- El presente estudio puede utilizarse como una herramienta básica por parte de las autoridades locales, en lo referido a la vulnerabilidad de los recursos hídricos.

6. LITERATURA CITADA

- Aguilar, A. y Jiménez, M. S. 2005. Guía para la protección del recurso hídrico. San José, CR, CEDARENA. 29 p.
- Alcaldía Municipal de La Concordia. 2007. Ordenanza Municipal de Creación del Comité Trimunicipal de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo (CTPASRV). La Concordia, NI. 11 p.
- Alcaldía Municipal de La Concordia. 2007. Ordenanza Municipal Plan de Manejo de la Parte Alta de la Subcuenca del Río Viejo. La Concordia, NI. 12 p.
- Alonso, R. C. Loeches G. M. M. Rebollo F. L. F. 2007. Informe preliminar de los recursos hídricos de la cuenca alta del río Viejo. Jinotega, NI, Ingeniería Sin Frontera, Universidad de Alcalá. 24 p.
- Asamblea Nacional de Nicaragua (ANN). 2005. Constitución Política de la República de Nicaragua: con todas las reformas vigentes. 11a edición. Managua, NI, Editorial Jurídica. 114 p.
- Asamblea Nacional de Nicaragua (ANN). 2006. Código Civil de la República de Nicaragua. 10 a edición, Tomo I y II. Managua, NI, Editorial Jurídica.
- Ballesteros, M. 2005. Planificación y administración hídrica en Centroamérica. *In* CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). Administración del agua en América Latina: situación actual y perspectivas. Santiago, CL. p. 55-65. (Serie Recursos Naturales e Infraestructura No. 90).
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo). 2007. Nicaragua: Análisis Ambiental de País. Washington, US. 54 p. (Serie de Estudios Económicos y Sectoriales).
- BM (Banco Mundial). 2007. Amenazas naturales a la calidad del agua subterránea: evitar problemas y formular estrategias de mitigación. *Ed.* Foster, S.; Kemper, K.; Tuinhof, A. Proyecto QW-MATE. Washington, US. 8 p. (Serie notas informativas No. 14).
- Brown, S; Orozco, PP; Roa, MC; Schreier, H. 2008. Áreas de sensibilidad ambiental y social (ASAS). Proyecto CARE-MARENA-PIMCHAS, Estelí, NI. 1 disco compacto. 8 mm.
- Brüschweiler, S. 2003. El agua es un recurso natural que... INFORESOURCES – FOCUS (1): 3 – 5.
- Bucher, E.; Castro, G.; Floris, V. 1997. Conservación de ecosistemas de agua dulce: Hacia una estrategia de manejo integrado de recursos hídricos. Washington, US, BID. 33 p.
- Cáceres Johnson, K. 2001. Metodología para estimar degradación y vulnerabilidad a desastres naturales: aplicación a la microcuenca Los Naranjos, Lago de Yojoa, Honduras. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 124 p.

- Carrica, J. C. y Lexow, C. 2004. Evaluación de la recarga natural al acuífero de la cuenca superior del arroyo Napostá Grande, provincia de Buenos Aires. Revista de la Asociación. Geológica Argentina. 59 (2): 281-290.
- Castillo, H.E.; Delgado, Q.V.; Calderón, P.H. Flores, M.Y. 2006. Situación de los recursos hídricos en Nicaragua. Boletín Geológico y Minero 117 (1): 127-146.
- Castro, R.; Monge, E.; Rocha, C.; Rodríguez H. 2004. Gestión local y participativa del recurso hídrico en Costa Rica. San José, CR, CEDARENA. 70 p.
- CEDARENA (Centro de Derecho Ambiental y de los Recursos Naturales). 2004. Herramientas para la protección del recurso hídrico. San José, CR. 20 p.
- CENTA (Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal). 2002. Guía para la planificación integral de fincas. San Salvador, ES. 37 p.
- Centeno A, E. 2007. Análisis de participación de la mujer en la gestión integral del recurso hídrico: caso de la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., CATIE. Turrialba, CR. 120 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y el Caribe). 1987. La pequeña cuenca de montaña en la gestión del desarrollo y en la conservación de los recursos naturales. Santiago, CL. 36 p.
- CCAD (Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo). 2002. Naturaleza, gente y bienestar: Mesoamérica en cifras. San José, CR. OdD-UCR, CCAD, BM. 39 p.
- Cubero, D. 2001. Clave de bolsillo para determinar la capacidad de uso de las tierras. San José, CR, MAG. 18 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. 2005. Desafíos para la gestión integrada de los recursos hídricos. Santiago, CL. (International Water Resources Association (IWRA)) 18 p.
- _____ ; Jouravlev, A.; Chávez, G. 2002. Gestión a nivel de cuencas: teoría y práctica. Santiago, CL, CEPAL. 81 p.
- _____. y Jouravlev, A. 1999. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. Santiago, CL, CEPAL. 176 p.
- _____. 1994. Políticas públicas para el desarrollo sustentable: la gestión integrada de cuencas. Santiago, CL, CEPAL, CIDIAT. 231 p.
- FANCA (Red Centroamericana de Acción del Agua). 2006. Las juntas de agua en Centroamérica: Valoración de la gestión local del recurso hídrico. San José, CR, CEDARENA. 77 p.

- Faustino, J.; Jiménez, F.; Kammerbauer, H. 2007. La cogestión de cuencas hidrográficas en América Central: planteamiento conceptual y experiencias de implementación. Turrialba, CR. FOCUENCAS II, ASDI, CATIE. 24 p.
- _____. 2006. Notas de clase para el curso identificación, evaluación y manejo de zonas de recarga hídrica. San Salvador, ES, CATIE. 113 p.
- _____. 1999. Gestión y manejo de microcuencas. San Salvador, ES, CATIE. 165 p.
- FORGES. Sf. Método RAS para determinar la recarga de aguas subterráneas. San Salvador, ES. 40 p.
- Guerrero, E.; De Keizer, O.; Córdoba, R. 2006. La Aplicación del Enfoque Ecosistémico en la Gestión de los Recursos Hídricos. Quito, EC, UICN. 78 p.
- GWP (Global Water Partnership). 2000. Manejo Integrado de Recursos Hídricos. Estocolmo, SE. 64 p. (Informe preparatorio No. 4)
- Iannizzotto, C. A. 1996. Política, marco legal, administración y extensión: Organismos de usuarios e importancia en su desempeño en la gestión integral. *In*: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, CL. p 241-257. (Serie Zonas áridas y semiáridas No. 7).
- INAA (Instituto Nicaragüense de Acueductos y Alcantarillado). 2006. Guía técnica para la reducción de la vulnerabilidad en los sistemas de abastecimiento de agua potable y alcantarillado sanitario. Managua, NI. 70 p.
- INEC (Instituto Nicaragüense de Estadísticas y Censo). 2001. Mapa de Pobreza Extrema de Nicaragua. Managua, NI. 36 p.
- INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo). 2008. La Concordia en cifras. Managua, NI. 42 p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria); CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical); UNA (Universidad Nacional Agraria); CARE. 2005. Línea Base Microcuencas parte alta de la subcuenca del río Viejo. Sin publicar.
- Jiménez, F. 2007a. La cuenca hidrográfica como unidad de planificación, manejo y gestión de los recursos naturales. Apuntes del curso Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas I. Turrialba, CR, CATIE. 28 p.
- _____. 2007b. Conceptos básicos en manejo de cuencas. Apuntes del curso Manejo de Cuencas Hidrográficas I. Turrialba, CR, CATIE. 6 p.
- _____. 2007c. Estudio de caso y ejercicio sobre análisis de vulnerabilidad ante amenazas siconaturales en cuencas hidrográficas. Turrialba, CR, CATIE. 24 p.
- _____. 2007d. Gestión del riesgo a desastres. Apuntes del curso: Gestión del riesgo a desastres. Turrialba, CR. CATIE, 250 p.

- _____ ; Faustino, J.; Campos, J. J. 2006. Bases conceptuales de la cogestión adaptativa de cuencas hidrográficas. Documento del curso de posgrado: Cogestión de cuencas hidrográficas. Managua, NI, FOCUENCAS II, CATIE, UNA. 19 p.
- _____ ; 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.
- La Gaceta. 2007a. Ley No. 620: Ley General de Aguas Nacionales. Managua, NI. Año CXI, No. 169.
- La Gaceta. 2001a. Decreto 107-2001 Política Nacional de los Recursos Hídricos. Managua, NI. Año CV, No. 233.
- La Gaceta. 2001b. Decreto 50-2001 Política de Desarrollo Forestal de Nicaragua. Managua, NI. Año CV, No. 88.
- La Gaceta. 2001c. Decreto 90-2001 Política General para el Ordenamiento Territorial. Managua, NI. Año CV, No. 4.
- La Gaceta. 2007b. Decreto 106-2007 Reglamento de la Ley 620, Ley General de Aguas Nacionales. Managua, NI. Año CXI, No. 214.
- La Gaceta. 1996a. Ley 217 Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Managua, NI. Año C, No. 105.
- La Gaceta. 1996b. Decreto 9-96 Reglamento de la Ley 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Managua, NI. Año C, No. 163.
- La Gaceta. 2005. Ley 559 Ley especial de delitos contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Managua, NI. Año CIX, No. 225.
- La Gaceta. 2003a. Ley 462 Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal. Managua, NI. Año CVII, No. 168.
- La Gaceta. 2003b. Decreto 73-2003 Reglamento de la Ley 462, Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal. Managua, NI. Año CVII, No. 208.
- La Gaceta. 1997. Ley 261 Reformas a la Ley 40 Ley de Municipios. Managua, NI. Año CI, No. 162.
- La Gaceta 2008. Ley 647 Ley de Reformas y Adiciones a la Ley No. 217, Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales. Managua, NI. Año CXII, No.62.
- La Gaceta 2003c. Ley 475 Ley de Participación Ciudadana. Managua, NI. Año CVII, No. 241.
- La Gaceta. 2002b. Ley 423 Ley General de Salud. Managua, NI. Año CVI, No. 91.
- La Gaceta. 2003d. Decreto 001-2003. Reglamento de la Ley 423, Ley General de Salud. Managua, NI. Año CVII. No. 7-8.

- La Gaceta. 1998a. Ley 274, Ley Básica para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares. Managua, NI. Año CII, No. 30.
- La Gaceta. 1998b. Decreto 49-98 Reglamento de la Ley 274, Ley Básica para la regulación y control de plaguicidas, sustancias tóxicas, peligrosas y otras similares. Managua, NI. Año CII, No. 142.
- La Gaceta. 2002a. Decreto 78-2002 Normas, Pautas y Criterios para el Ordenamiento Territorial. Managua, NI. Año CVI, No. 174.
- La Gaceta. 1999. Decreto 14-99 Reglamento de Áreas Protegidas de Nicaragua. Managua, NI. Año CIII, No. 42-43.
- La Gaceta. 1998c. Ley 297 Ley General de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Managua, NI. Año CII, No. 123.
- La Gaceta. 1998d. Decreto 52-98 Reglamento de la Ley 297 Ley General de Servicios de Agua Potable y Alcantarillado Sanitario. Managua, NI. Año CII, No. 138.
- Losilla, M. 1986. Protección de las zonas de recarga de los acuíferos. In Curso bases hidrológicas para el manejo de cuencas. Turrialba, CR, CATIE. 8 p.
- Maderey, R. 2005. Principios de hidrogeografía: estudio del ciclo hidrológico. México, DF, Instituto de Geografía de la UNAM. Disponible en: <http://www.igeograf.unam.mx/instituto/publicaciones/libros/hidrogeografia/index.html>
- Magnani, C. R. 1996. Política, marco legal, administración y extensión: Influencias de la política y legislación en los recursos naturales y medio ambiente. In: FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, CL. p. 215-240. (Serie Zonas áridas y semiáridas No. 7).
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal). 2004. Marco de Política de Tierras. Managua, NI. 24 p.
- MARENA-PIMCHAS (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales-Proyecto integrado de Manejo de Cuencas Agua y Saneamiento); Alianza TERRENA. 2008. Base de datos de población, socioeconómica, agua y saneamiento de la parte alta de la subcuenca del río Viejo, Jinotega, NI. Archivo electrónico formato EXCEL.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2007. III Informe del Estado Ambiental en Nicaragua. Managua, NI. 253 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 1998. Plan de Acción de los Recursos Hídricos en Nicaragua: Estudio en las áreas focales – Cuenca del río Viejo. Managua, NI. 65 p.

- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). 2007. Políticas Ambientales y Plan de Acción. Managua, NI. 14 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. 183 p.
- Mintegui A, J. A.; Robredo S, J. S. 1994. Caracterización de las cuencas hidrográficas, objeto de restauración hidrológico-forestal, mediante modelos hidrológicos. Ingeniería del agua 1 (2): 69-82.
- Mora J. e Ibrahim M. (en línea) Planificación de fincas ganaderas ecoamigables. Consultado el 24 de Noviembre de 2007. Disponible en: <http://web.catie.ac.cr/PlanificacionFincas/planificacion-jmora.pdf>
- Núñez S. 1981. Fundamentos de edafología. San José, CR, EUNED. 216 p.
- OPS (Organización Panamericana de la Salud). 1998. Mitigación de desastres naturales en sistemas de agua potable y alcantarillado sanitario: Guía para el análisis de vulnerabilidad. Serie Mitigación de Desastres. Washington, US. 110 p.
- Orozco B, P. P. 2006. Experiencias organizativas para el manejo de cuencas y propuesta metodológica para incorporar el enfoque de cogestión: el caso de las subcuencas de los ríos Cállico y Jucuapa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc., Turrialba, CR, CATIE. 175 p.
- Orozco, E.; Padilla, T.; Salguero, M. 2003. Metodología para la determinación de áreas de recarga hídrica natural. GT, USAC. 104 p.
- Paredes, M. 2003. Manual de planificación de fincas rurales. Asunción, PY, GTZ. 76 p.
- Pearce, F. 2005. La carrera por el agua. UNESCO. El nuevo correo: 52 – 53.
- Pérez, A. C. J.; Obando E. M.; Miranda, J. C. 2005. Recuperación de fuentes de agua en las laderas del trópico seco de Nicaragua. Managua, NI, PASOLAC. 40 p. (Documento No. 479, Serie Técnica 4).
- Planos, G. E. 2007. Agua, Ambiente y Cambio Climático. Documento Temático de base (TG2). Sexto Diálogo Interamericano sobre la Gestión del Agua. GT, RIRH. 12 p.
- Pla Sentís, I. 2005. Física de suelos e hidrología en América Latina. *En*: Evaluación de parámetros y procesos hidrológicos en el suelo. Documento técnico en hidrología del Programa Hidrológico Internacional. París, FR. 71: 1-5.
- PREVDA (Proyecto Regional de Reducción de la Vulnerabilidad y Degradación Ambiental). 2006. Plan Operativo Global 2006-2010. GT, CCAD, CRRH. 144 p.
- PRODES (Proyecto de Desarrollo Rural). 2002. Análisis y planificación de fincas: Marco metodológico. Managua, NI. PRODES, IDR, DGIS. 21 p.

- Quiroga, A; Martí, J; Maya, I; Molina, JL. 2005. Talleres de autoformación con programas informáticos de análisis de redes sociales. Revista hispana para el análisis de redes sociales. Vol. 9. No.6 Disponible en http://revista-redes.rediris.es/webredes/red_tematica/talleresars.pdf . 127p.
- Quirós V, A. 2005. La situación del agua en Nicaragua: cambios legales en el marco de la privatización. Managua, NI. 50 p.
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR, IICA, GTZ. 338 p.
- Rees, J. A. 2006. Riesgos y Gestión Integrada de Recursos Hídricos. Estocolmo, SE. Global Water Partnership. 53 p.
- SG-SICA (Secretaria General del Sistema de Integración de Centro América). Plan de acción para el manejo integrado del agua en el Istmo Centroamericano (PACADIRH). 2000. SG-SICA. El Salvador, SV. 64 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.
- UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Cultura) y OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1998. Evaluación de los recursos hídricos: manual para la estimación de las capacidades nacionales. Paris, FR. 142 p.
- UN-WWAP (United Nations - World Water Assessment Programme). 2006. The 2nd United Nations World Water Development Report: 'Water, a shared responsibility'. Oxford, UK. 568 p.
- Velásquez, A; Aguilar, N. 2005. Manual introductorio al análisis de redes sociales. Ejemplos prácticos con UCINET 6.85 y NETDRAW 1.48. México, MX, Centro de Capacitación y Evaluación para el Desarrollo Rural. Universidad Autónoma del Estado de México-Universidad Autónoma de Chapingo. 49 p.
- Visión Mundial. 2004. Manual de Manejo de Cuencas. 2da Edición. San Salvador, SV. 154 p.
- Wilches-Chaux. G. 1993. La vulnerabilidad global. *In*: Los desastres no son naturales. A. Maskrey (Comp). Bogotá, CO, La Red. p. 9-50.
- Wynne, B. 1991 "After Chernobyl: Science Made Too Simple?" *New Scientist* (26): 44–46
- Zury, O. W. 2004. Manual de planificación y gestión participativa de cuencas y microcuencas: una propuesta con enfoque de desarrollo local. FAO. Quito, EC, FAO. 384 p.

ANEXOS

Anexo 1. Rangos de pendientes con sus interpretaciones para fines técnicos

Rangos de pendientes	Interpretación para fines de análisis y recomendaciones
< 3%	Terrenos planos a casi planos. Generalmente, son adaptados a cualquier tipo de uso, si otras limitantes no están presentes (mal drenaje, textura muy arcillosa, alta pedregosidad, baja fertilidad, etc.). La mecanización puede estar limitada en algunos casos por mal drenaje o tipo de arcilla.
3 – 15%	Terrenos suavemente ondulados, posibilitan la mecanización con animales o tractor. Pueden ser altamente susceptibles a la erosión. Son terrenos adaptados a casi todos los tipos de uso.
15 – 25%	Terrenos ondulados que posibilitan la tracción animal, pero no el uso del tractor; por lo general, son suelos con menos de 50 cm de profundidad y con pedregosidad asociada. Son altamente susceptibles a la erosión. Son terrenos adaptados a los cultivos permanentes, pastos y cultivos anuales, si son bien manejados.
25 – 50%	Terrenos fuertemente ondulados, posibilitan las labores agrícolas con instrumentos manuales. Por lo general, son suelos delgados, pedregosos y con alto riesgo de erosión. Estos terrenos pueden ser utilizados con pastos, cultivos permanentes y sistemas agroforestales o silvopastoriles. Con manejo mejorado pueden usarse pequeñas áreas con productos de alta rentabilidad.
>50%	Terrenos montañosos y escarpados donde el trabajo manual es extremadamente difícil y poco rentable. Generalmente, son suelos delgados, pedregosos y muy susceptibles a la erosión. Su uso mejorado debe estar orientado a cultivos permanentes, bosques manejados y de protección.

Anexo 2. Matriz para decidir el uso del suelo, teniendo como criterio la pendiente.

Uso del suelo	Áreas muy quebradas >40%	Áreas quebradas 20-40%	Áreas poco quebradas 5-20%	Áreas planas <5%
Reforestación protectora	X			
Regeneración natural	X			
Sistemas agroforestales		X	X	
Cultivos perennes		X	X	
Pastura con baja densidad de árboles				X
Pastura con alta densidad de árboles		X	X	
Cultivos alimenticios anuales (maíz, frijol, yuca, etc.)			X	X
Hortalizas			X	X
Prácticas de conservación (barreras en contorno, acequias, etc.)	X	X		
Bancos forrajeros de corte y acarreo			X	X
Caña, pasto de corte			X	X

Fuente: Mora e Ibrahim (en línea)

Anexo 3. Formato de la entrevista semiestructurada realizada a los actores locales y nacionales vinculados con la protección, conservación, manejo y gestión de los recursos naturales.



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

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

**Encuesta actores vinculados en la gestión y manejo del recurso hídrico en la
microcuenca La Concordia, Jinotega, Nicaragua**

Fecha de la entrevista:

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Cuestionario: _____

I- IDENTIFICACION DE LA INSTITUCIÓN.

1- Nombre del informante, _____

2- Cargo del informante,

C.I.	
------	--

 1. Director 4. Jefe de área
2. Delegado 5. Técnico
3. Gerente, Administrador 6. Otro: _____

Título académico: _____

3- Siglas y nombre completo de la institución, _____

4- Dirección exacta de la Institución (Sede)

Departamento: _____ Municipio: _____ Teléfono: _____ e-mail: _____

Ciudad o localidad: _____

Punto de referencia: _____

Dirección a partir del punto de referencia: _____

5- Tipo de institución,

T.I.	
------	--

1. Gubernamental/Estatal
2. Municipalidad
3. ONG*
4. Empresa privada*
5. Cooperativa*
6. Asociación*
7. CAPS*

(* Si se clasifica del 3 al 7 pasar a al punto siguiente)

6- Condición jurídica, 1: En vigencia su personería jurídica (SI/NO/No poseen)*

C.J.	
------	--

2: Número de socios en caso 5, 6 ó 7.

N.S.	
------	--

*En caso que no este vigente o no posean (personería jurídica) preguntar el porqué:



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

II- .ESTRUCTURA ADMINISTRATIVA, OPERATIVA, ORGANIZATIVA Y RECURSOS CON QUE CUENTAN EN LAS SEDES (YA SEA EN EL MUNICIPIO O DEPARTAMENTO).

1. ¿Cuántas personas integran la institución?
2. ¿Cómo esta organizada administrativamente y operativamente la institución? Seleccionar cuáles están vinculadas directamente en el manejo, protección, conservación y administración de los RRHH específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica

Nombre del área o proyecto	Función	No. de personal	No. de equipos para funcionar y operar	Monto del presupuesto o total del área.	% del presupuesto o total institucional dedicado al área en mención	Proyectos específicos en ejecución.	Son propios de la institución o con cofinanciamiento

3. ¿Con cuáles instituciones, ONG, organizaciones están en constante comunicación para la gestión del RRHH específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica?

Institución*	Comunicación (permanente o temporal) y cómo es la relación (fuerte, regular o débil)	Temas o prácticas en que se vinculan

*ubicarlas en orden de importancia para el entrevistado

III.CONOCIMIENTO DEL MARCO LEGAL E INSTITUCIONAL EN LAS INSTITUCIONES Y NIVEL DE CUMPLIMIENTO DE ESTE VINCULADOS EN LA GESTIÓN DE LOS RRHH (PRINCIPALMENTE EN LAS FUENTES DE AGUAS Y ZONAS DE RECARGA HIDRICA).

1. ¿Qué **políticas** vincula a la institución en la gestión del RRHH específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica? Menciónelas
2. ¿Qué normativas (**leyes, reglamentos, ordenanzas**) le dan autoridad o vinculación a la institución para intervenir en la gestión de los RRHH específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica?
3. De las leyes mencionadas anteriormente que **artículos** vinculan a la institución en:

Artículo No.	Protección	Conservación	Manejo	Gestión



Solutions for environment and development
Soluciones para el ambiente y desarrollo

4. Se cumple la **reglamentación** de estas normativas, que nivel tienen de cumplimiento (por completo, medio, no se cumple), cuál es el por qué de esto.
5. ¿Cuáles artículos del reglamento cumplen y cuáles no?

Artículo No.	Cumplen	No cumplen	Porque no se cumplen

6. ¿En el caso de la municipalidad, existen **ordenanzas municipales** que están vinculadas en la gestión, manejo, protección o conservación del RRHH específicamente en fuentes de agua y zonas de recarga hídrica, si existen cuáles son?
7. ¿Qué nivel de cumplimiento tienen estas ordenanzas (por completo, medio, no se cumple), cuál es la razón por la que no se cumplen completamente)?
8. ¿Qué limitaciones, debilidades, fortalezas y oportunidades considera usted que existen para la implementación de las políticas, leyes, reglamentos y ordenanzas? Podría mencionar ejemplos para cada caso.

Política, ley, reglamento, ordenanza	Limitaciones	Debilidades	Fortalezas	Oportunidades

9. ¿Cuál es su opinión respecto al manejo, gestión, protección y conservación de los RRHH en especial la fuentes de agua y zonas de recarga hídrica, que debe realizar la institución para el cumplimiento de sus funciones amparándose del marco legal e institucional?
10. ¿Qué actividades realiza la institución para que la población se informe y cumpla la reglamentación de las leyes, ordenanzas u otro instrumento legal, que les pueda perjudicar por no cumplirlo?
11. ¿Está el tema de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua en los planes estratégicos, de trabajo o la agenda de su institución? Explique.
12. ¿Qué estrategias está aplicando la institución para el manejo, protección, conservación y gestión de los RRHH?
13. ¿Quiénes, en orden prioritario, considera usted deben ser los responsables de la protección, conservación, manejo y gestión de las fuentes de agua y zonas de recarga hídrica?

Anexo 4. Propuesta de protocolo establecido por el programa FOCUENCAS para el monitoreo de la cogestión de cuencas hidrográficas en lo referente a patrones de producción contribuyentes a la gestión sostenible de las cuencas y el ambiente

Se muestra sólo el ejemplo de la metodología correspondiente al siguiente indicador: Número de fincas con pocas o sin prácticas de agricultura conservacionista y de manejo y protección del agua.

Se cuenta con el mismo formato y procedimiento para fincas de producción pecuaria conservacionista y de manejo y protección del agua, así como fincas de producción y conservación forestal, de utilización bioenergética y de manejo y protección del agua.

Para el caso agrícola entonces, consiste en determinar en las fincas o sectores de las fincas dedicados a la producción agrícola (cultivos anuales, cultivos perennes, sistemas agroforestales, agroindustrias, cultivos bajo invernadero, etc) el grado de utilización de prácticas de agricultura conservacionista y de manejo y protección del agua, y registrar las observaciones en los cuadros 1 y 2, respectivamente. La información de los cuadros 1 y 2 se debe guardar en una base de datos digital y tener el respaldo documental. Una finca, en su componente agrícola, será considerada que no realiza una agricultura conservacionista y de manejo del agua, si al menos no realiza siete de las prácticas agrícolas que contribuyen al manejo de cuencas indicadas en el cuadro 1 (valoración 1 ó 2), y tres de las prácticas de manejo y protección del agua al nivel de fincas indicadas en el cuadro 2 (valoración 1 ó 2). La valoración 0, 1 y 2 corresponde a al nivel de cumplimiento de la práctica: 0 = no se cumple; 1= se cumple a medias; 2= sí se cumple. En el caso de las prácticas agrícolas indicadas en el cuadro 1, cuando corresponda, éstas deben cubrir al menos el 70% del área utilizada para agricultura para considerarse que tienen un impacto significativo en el manejo de la cuenca.

Anexo 4.1. Guía de prácticas de agricultura conservacionista al nivel de finca que contribuyen al buen manejo de la cuenca

Práctica	0	1	2
Se practica rotación de cultivos pertenecientes a diferentes familias botánicas en las parcelas, al menos cada dos años.			
Se practica el asocio de cultivos anuales, cuando sus características lo permiten, por ejemplo maíz con frijoles, maíz con ayote, etc.			
Existen o se utilizan cultivos de cobertura permanente como por ejemplo maní forrajero, o cobertura temporal para luego ser incorporados al suelo, tales como la mucuna (frijol abono), frijol terciopelo, etc.			
Las densidades de siembra de los cultivos y las variedades o cultivares que se utilizan son adecuadas para lograr una buena cobertura del suelo.			
Los sistemas de cultivo que tiene el productor permiten que haya una cobertura permanente del suelo, principalmente durante la época de lluvias, ya sea con cobertura viva o muerta, incluyendo residuos de cosecha.			
Existe la práctica de barbechos mejorados con especies leguminosas leñosas como leucaena, gliricida, gandul, poró o especies herbáceas leguminosas como mucuna.			
La preparación del terreno, principalmente cuando es mecánica (arado, tractor, etc) se realiza en dirección opuesta (perpendicular) a la pendiente del terreno.			
La siembra o plantación de cultivos se realiza bajo el sistema de labranza mínima o cero labranza del suelo.			
Existen en los campos de cultivo, de manera generalizada, al menos dos de las prácticas siguientes de manejo y conservación de suelos: cultivo en contorno, gavetas de sedimentación, terrazas individuales (para árboles y otras especies frutales), barreras vivas construidas y mantenidas de manera adecuada (son continuas, ubicadas en dirección opuesta a la pendiente, con material vegetal en la base para retener el suelo y otros materiales arrastrados, adecuadamente distanciadas y asociadas a acequias o zanjas de ladera).			
No se utiliza la quema de la vegetación y residuos de cosecha en la parcela como práctica para limpiar el terreno.			
Las áreas de la finca que tienen pendientes aproximadamente mayor al 70% tienen bosque u otra cobertura vegetal permanente y no están dedicadas a la agricultura; en caso que se dediquen a la agricultura están de cultivos permanentes, poco intensivos.			
Las áreas de cultivo intensivo (por ejemplo hortalizas, ornamentales, etc) están ubicados en los sitios de menor pendiente de la finca y se aplican prácticas de conservación de suelos y aguas.			
Existe un uso racional de fertilizantes y pesticidas químicos en términos de la dosis (cantidad) y frecuencia de aplicación recomendada.			
Los usuarios (agricultores, obreros, etc.) recolectan, entierran o eliminan los envases de agroquímicos (insecticidas, fungicidas, herbicidas, nematicidas, acaricidas, etc) y utilizan equipo adecuado y normas de seguridad para su manejo y aplicación.			
Los agricultores utilizan de manera generalizada al menos alguna de las prácticas siguientes de manejo integrado de plagas: a) prácticas de cultivo (como poda, raleo, deshoja, deshija, control de densidades, aporca, drenajes, eliminación de residuos de cosecha, eliminación de plantas hospederas, etc); b) control biológico de plagas mediante enemigos naturales de las plagas (depredadores, parásitos y patógenos); c) uso de variedades tolerantes y/o resistentes a las plagas y enfermedades; d) control de plagas mediante el uso de trampas con feromonas, uso de atrayentes y repelentes o la liberación masiva de insectos estériles o poblaciones genéticamente degradadas.			
En los patios de las viviendas existen huertos caseros con la combinación de árboles, arbustos y hierbas que pueden ser plantas medicinales, frutales, ornamentales, hortalizas, raíces y tubérculos, etc.			
Dentro de las parcelas o campos de cultivos anuales existen al menos 20 árboles por hectárea, además que las divisiones y los linderos de las parcelas están demarcadas con cercas vivas (árboles, arbustos).			
Los cultivos perennes como café y cacao se tienen sombra de especies arbóreas o de otros cultivos como banano o plátano y las divisiones y los linderos de las parcelas están demarcadas con cercas vivas (árboles, arbustos).			
Existen barreras rompevientos adecuadamente construidas y mantenidas (árboles de diferentes estratos, continuas, en posición contraria a la dirección de la cual vienen los vientos dominantes, etc).			
El productor ha participado en eventos de capacitación sobre agricultura conservacionista y manejo de los recursos naturales; además existen campañas de promoción de este tipo de agricultura.			

Anexo 4. 2. Guía de prácticas de manejo y protección del agua en fincas o parte de éstas dedicadas a la producción agrícola que contribuyen al buen manejo de la cuenca.

Práctica	0	1	2
Los desechos sólidos y líquidos de porquerizas, corrales para aves y otras especies menores no se lanzan al cauce de las quebradas o ríos, aunque estén secos, además estas construcciones están a más de 100 m de distancia del cauce de las quebradas o ríos.			
Los desechos sólidos y líquidos de actividades domésticas (basura), agrícolas como beneficiado de café (pulpa, aguas mieles) o de otras actividades agroindustriales o industriales no se lanzan al cauce de las quebradas o ríos, aunque estén secas.			
En las fincas que tienen quebradas o ríos o limitan con éstos, existe protección de los márgenes de los cauces, aún si éstos se secan temporalmente, dejando franjas de vegetación ribereña a ambos lados del cauce, de al menos aproximadamente 10 m de ancho y con no más de dos trechos discontinuos de 10 m o menos por aproximadamente cada 100 m.			
En las fincas o partes de éstas dedicadas a la agricultura donde hay nacientes de agua, las mismas tienen un área de protección de al menos 200 m de radio.			
Las áreas de la finca que constituyen zonas de recarga evidentes o aparentes de nacientes de agua tienen cobertura boscosa; en caso que tengan actividad agrícola es de cultivos permanentes, con intervención mínima, cero labranza del suelo y no uso de pesticidas.			
Existen en los campos de cultivo, de manera generalizada, al menos una de las prácticas siguientes de manejo de aguas: zanjas de infiltración, acequias o zanjas de ladera y canal guardia.			
El riego, cuando existe, se maneja considerando aspectos básicos de necesidad de agua de los cultivos, dosis, frecuencias y distribución entre usuarios del agua disponible.			
Los caminos internos de la finca tienen un diseño y mantenimiento que evita corrientes rápidas de agua y arrastre sin control de sedimentos.			
El productor ha participado en eventos de capacitación sobre manejo y gestión del agua y/o de cuencas y su relación con la producción agrícola.			

Anexo 5. Ponderaciones de los indicadores

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

Continuación vulnerabilidad física.

Basureros ilegales	Números 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 casas 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 m a 150 m	Alta
		de 151 m 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 más del 50%	Muy alta
		Deteriorada de 31% a 50%	Alta
		Deteriorada 11% a 30%	Media
		Deteriorada 10%	Baja
		Ningún deterioro	Muy baja
Estructura de protección de las zonas de recarga hídrica	Existencia y buen estado de la estructura que delimitación las zonas potenciales de recarga hídrica de la fuente de agua	menor del 15%	Muy alta
		de 16% a 30%	Alta
		de 31% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		de 81% a 100%	Muy baja
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
		de 16% a 30%	Alta
		de 31% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		de 81% a 100%	Muy baja
	Existencia y buen estado de la estructura de delimitación de las zonas potenciales de recarga hídrica.	menor del 15%	Alta
		de 16% a 30%	Media
		de 31% a 60%	Baja
		de 61% a 80%	Muy baja
		de 81% a 100%	Alta

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Social			
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 en 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 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 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

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Ecológica			
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 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 de 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 (árboles, arbustos y zacate denso)	Muy baja
Prácticas de CSA	Prácticas de conservación de suelos y agua 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 de suelo	Tipo de erosión de 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 poca (telas)	Baja
		Sin evidencia	Muy baja
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

Continuación vulnerabilidad ecológica

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 mz	Muy alta
		7 mz a 9 mz	Alta
		4 mz 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
		Ninguno	Muy 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
		Orgánico	Muy 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	4 o más	Muy alta
		3	alta
		2	Media
		1	Baja
		Ninguna	Muy 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	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	
	Cero labranza (espeque)	Muy baja	
Porcentaje de los productores que dejan los recipientes de agroquímicos en las áreas de cultivo y las aledañas	de 50% a más	Muy alta	
	de 21% a 50%	alta	
	de 6% a 20%	Media	
	menos de 5%	Baja	
	Ninguno	Muy baja	
Ganadería	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	6 o más	Muy alta
		4 a 5	alta
		2 a 3	Media
		1	Baja
		Ninguno	Muy baja
	Distancia de los potreros respecto a la zona de recarga hídrica	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 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 agua y zonas 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 suelo 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	

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Económica			
Capacidad económica	Ingreso promedio anual (C\$) <i>per cápita</i> de los pobladores ubicados en la zona de protección hasta la parte alta de la microcuenca	menos de C\$ 8.000	Muy alta
		C\$ 11.000 - C\$ 8.000	Alta
		C\$ 17.000 - C\$ 12.000	Media
		C\$ 23.000 - C\$ 18.000	Baja
		de C\$ 24.000 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 microcuenca que han tenido acceso a un mecanismo de compensación por cualquier servicios ambientales	20% o menos	Muy alta
		de 21% a 40%	Alta
		de 41% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		81% o más	Muy baja

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Técnica			
Tecnología de la construcción	Porcentaje de las estructuras de almacenamiento y distribución de agua que cumplen con las especificaciones de INAA.	menos del 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
		4 o más	Muy baja
	Porcentaje de las estructuras y obras físicas de protección construidas con técnicas adecuadas	0% - 19,9%	Muy alta
		20% - 39,9	Alta
		40% - 59,9%	Media
		60% - 79,9%	Baja
		80% - 100%	Muy baja
Mantenimiento	Mantenimiento de la estructura de protección como de captación de la fuente de agua por año	Ninguno	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
		3	Baja
		4 o más	Muy baja
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.	Ninguno	Muy alta
		Sísmico	Alta
		Inundación	Media
		Deslizamiento	Baja
		Hidrogeológico	Muy baja
	Número de años de existencia de un plan de prevención y mitigación de desastres naturales que puedan incidir en la fuente de agua.	5 años o más	Muy alta
		4 años	Alta
		3 años	Media
		2 años	Baja
		1 año o menos	Muy baja

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Política			
Apoyo municipal y estatal en 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 la microc.	Baja
		Una por barrio o com.	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 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

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Educativa			
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	Preescolar	Muy alta
		Escuela hasta 3° grado	Alta
		Escuela hasta 6° grado	Media
		Colegio	Baja
		Instituto	Muy baja
Capacitación o talleres educativos	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	Ninguno	Muy alta
		de 1 a 2	Alta
		de 3 a 6	Media
		de 7 a 9	Baja
		Más de 9	Muy baja

Continuación vulnerabilidad educativa

Educación ambiental	Número de jornadas ambientales efectuadas en los últimos 5 años	Ninguna	Muy alta
		1	Alta
		2 o 3	Media
		4 o 5	Baja
		más de 5	Muy baja
	Porcentaje de la población de la microcuenca que ha recibido capacitación sobre medidas de mitigación y adaptación a la contaminación de FA y ZRH	menos del 20%	Muy alta
		del 21% a 40%	Alta
		de 41% a 60%	Media
		de 61% a 80%	Baja
		más del 80%	Muy baja
	Número de mensajes o programas difusivos por año orientados al manejo, protección y conservación de los recursos naturales	Ninguno	Muy alta
		1	Alta
		2	Media
3		Baja	
4 o más		Muy baja	

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Institucional			
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 agendas de trabajo 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 en 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 la Ley No.620, No. 462 y la Ley No. 559 vinculadas a la protección, conservación, manejo y gestión de agua y ZRH	Aplicación de las leyes relacionados 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 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, manejo, 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

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Cultural			
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 puedan 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 medidas de prevención y mitigación del sistema de agua potable 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

<i>Variable respuesta</i>	<i>Indicador</i>	<i>Ponderación del indicador</i>	<i>Caracterización de la vulnerabilidad</i>
Vulnerabilidad Ideológica			
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	Porcentaje de la población que participa en acciones de rehabilitación del sistema de agua potable y zona de protección después de un desastres naturales	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

Anexo 6. Instituciones, número de intercambios y centralidad de las instituciones y el índice de centralización de la red en la microcuenca La Concordia.

	Salida	Entrada	Salida %	Entrada %
	-----	-----	-----	-----
11 MARENA-PIMCHAS	10	9	76,92	69,23
3 INTA	10	8	76,92	61,53
12 CTPASRV	9	7	69,23	53,84
7 Cuculmecca	8	6	61,53	46,15
6 Alcaldía	8	11	61,53	84,61
2 MARENA	7	7	53,84	53,84
1 MAGFOR	7	8	53,84	61,53
5 INAFOR	6	7	46,15	53,84
4 MINSA	5	6	38,46	46,15
9 Coop. Blanca Araúz	5	3	38,46	23,07
8 SOPROCOM	4	3	30,76	23,07
14 MINED	3	5	23,07	38,46
13 APRODECOM	2	2	15,38	15,38
10 Coop. Odorico D´ A.	1	3	7,69	23,07

Media (salida): 6,07 Desviación estándar (salida): 2,76

Media (entrada): 6,07 Desviación estándar (entrada): 2,52

Índice de centralización (salida) = 32.54%

Índice de centralización (entrada) = 40.83%



INFORMACIÓN GENERAL

Nombre del evento

Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.

Tipo de evento

Taller participativo

Municipio

La Concordia

Facilitador

Justo Ezequiel Castro Brenes

JUSTIFICACIÓN

En la microcuenca La Concordia se ubica todo el casco urbano del municipio del mismo nombre por consiguiente existe una alta presión de los recursos naturales en especial los recursos hídricos, ya que el agua es el principal recurso natural para la existencia de las poblaciones tanto urbanas como rural, el uso de la tierra en la microcuenca abarca el 75 % dedicado a la producción de granos básicos y ganadería; donde las malas prácticas agropecuarias y forestales (deforestación especialmente a orillas de ríos y fuentes de agua, quema, uso de agroquímicos y sobrepastoreo) desarrolladas a través del tiempo han provocado un desequilibrio ambiental, degradación de los recursos naturales (agua, suelo, bosque) y problemas sociales (inseguridad alimentaria, problemas de salud pública, emigración en busca de mejores condiciones de vida).

La degradación y pérdida de las zonas de recarga hídrica está dado por los niveles de erosión de los suelos, la compactación y la deforestación que aunados disminuyen la infiltración del agua, favoreciendo la escorrentía superficial y disminuyendo la cantidad de agua que pueda llegar a los acuíferos subterráneos. La convergencia de estos factores afecta con mayor grado las zonas de pendientes muy inclinadas que favorecen la escorrentía.

El hombre a través de la implementación de las diferentes actividades agrícolas, industriales, forestales y pecuarias, en sitios no apropiados, ha generado esta situación, donde las áreas de recarga se han venido disminuyendo, limitando la disponibilidad y la calidad del agua.

En la microcuenca La Concordia se está presentando este escenario donde por acciones antrópicas de mal uso de la tierra, un pobre manejo ambiental y un deficiente manejo del agua a causa de la falta de reglas claras y la creciente competencia por el recurso hídrico, está resultando en el acelerado deterioro de las áreas de recarga hídrica y en la disminución de la oferta de agua en la microcuenca a tal punto que se capta agua de escorrentía superficial de otra microcuenca para abastecer a todo el casco urbano de agua potable.

Ante esta situación es imperante la necesidad de establecer reglas claras que surgen del seno de las comunidades y actores locales para que los pobladores se apropien, las adopten y las apliquen; así como hacer un alto y reflexionar sobre los usos, el manejo y la conservación que se está dando a los recursos naturales y el ambiente. Bajo este marco es de importancia identificar las zonas potenciales de recarga hídrica de las fuentes de agua en la microcuenca que permita orientar el uso, manejo, conservación y gestión de dichas áreas, en función de garantizar la disponibilidad y calidad del agua para sus diferentes usos.

OBJETIVOS Y RESULTADOS ESPERADOS

Objetivo general

Los participantes conozcan conceptos y elementos de las zonas de recarga hídrica, que les permita realizar la identificación de las áreas potenciales de recarga hídrica de las fuentes de agua en la microcuenca.

Objetivos específicos

Los y las participantes refuercen y construyan los conceptos básicos que ayuden a entender que son las áreas de recarga hídrica y su importancia en el manejo de los recursos hídricos.

Brindar algunos elementos técnicos que combinados con sus conocimientos ayuden a comunitarios y actores locales identificar las áreas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca.

Realizar un mapeo y evaluación del estado de los recursos naturales más relevantes de la microcuenca.

PROGRAMACIÓN DEL EVENTO

Por la mañana

Hora	Actividad	Responsable
8:30 am – 8:45 am	Inscripción de participantes	Justo Castro
8:45 am – 9:00 am	Presentación de asistentes y sus expectativas	Justo Castro
9:00 am – 9:30 am	Justificación y Objetivos del taller	Justo Castro
9:30 am – 9:50: am	Dinámica de lluvia de ideas para entender conceptos de ZPRH	Justo Castro
9:50 am – 10:20 am	Conocimiento de los participantes de los elementos de ZPRH	Justo Castro
10:20 am – 10:30 am	Refrigerio	Participantes
10:30 am – 11:00 am	Definiciones y elementos que caracterizan las ZPRH	Justo Castro
11:00 am – 12:30 am	Instrumentos para caracterizar y medir elementos de ZPRH	Justo Castro
12:30 md – 1:30 pm	Almuerzo	Participantes

Por la tarde

Hora	Actividad	Responsable
1:30 pm – 1:45 pm	Inscripción de participantes	Justo Castro
1:45 pm – 2:00 pm	Traslado de los participantes al campo	Justo Castro
2:00 pm – 3:30 pm	Caracterización y medición de las ZPRH	Justo Castro
3:30 pm – 4:00 pm	Delimitación y mapeo de ZPRH	Justo Castro
4:00 pm – 4:20 pm	Presentación de resultados	Justo Castro
4:20 pm – 4:40 am	Clausura del taller	Justo Castro

DISEÑO METODOLÓGICO

A continuación se realiza una descripción y explicación de cada una de las actividades a ejecutar durante el taller de capacitación.

Inscripción de participantes

Objetivo

Contar con un registro de verificación que permita constatar la asistencia al evento de capacitación de todos los invitados.

Desarrollo

La actividad consiste en que cada participante proporcione sus datos personales, para lo cual se le proporcionará un formato que contará con elementos como nombres y apellidos, sexo, número de cédula, organización/institución y firma.

Presentación y expectativas de los participantes

Objetivo

Conocer a los y las participantes y las expectativas que tienen acerca del taller.

Desarrollo

Cada individuo da a conocer su nombre y apellido, a que institución/organización pertenece y lo que espera del taller.

Aclaración de expectativas

Objetivo

Esclarecer las percepciones sobre el taller.

Desarrollo

El facilitador de manera rápida explicará los motivos del taller y aclarará las dudas al respecto.

Presentar la justificación y los objetivos del taller

Objetivo

Dar a conocer a los y las participantes los objetivos planteados ha cumplir con el desarrollo del taller y como se justifica.

Desarrollo

Esta actividad consiste en que el facilitador presentara a los y las participantes la justificación y los objetivos a cumplir en el evento, se analizan y reflexiona.

Dinámicas de trabajo a usar en el evento

Objetivo

Dar a conocer y explicar las dinámicas de trabajo que se utilizarían en el evento y que permitirán cumplir los objetivos planteados.

Desarrollo

El facilitador presentara las diferentes herramientas metodológicas a usar en el taller, explica en qué consiste cada una de ellas y orienta sobre la forma de organización para aplicarlas.

Lluvia de ideas

Objetivo

Obtener información acertada y rápida del conocimiento local acerca de lo que entienden por zonas de recarga hídrica (o de mayor infiltración del agua en el suelo) y de como ellos identificarían estas áreas en campo.

Desarrollo

Para esta dinámica se conformarán cuatro grupos de trabajo (uno por cada pregunta)

Consiste en introducir la dinámica con las preguntas

- ¿Qué entienden por zonas de recarga hídrica o de mayor infiltración del agua en el suelo?
- ¿Cómo identificarían las zonas potenciales de recarga hídrica en campo?
- ¿Según su experiencia cuáles son los mejores sitios para que ocurra la recarga/infiltración? ¿Qué características deben tener (tipo de suelo, cobertura vegetal permanente, pendientes, uso del suelo)?
- De acuerdo a su experiencia ¿Qué tipo de vegetación favorece más la infiltración del agua en el suelo? Se escribirán las preguntas en papelones.

Orientar a los grupos que deben visualizar todas las ideas expresadas sobre tarjetas (una por tarjeta). El facilitador reúne todas las tarjetas por grupo (pregunta) y las coloca sobre la pizarra, leyendo cada una en voz alta. Se procede a consensuar con todos los participantes lo realizado por cada grupo, se realizará un ejercicio de análisis, se construyen los conceptos y se identifican los elementos para determinar las zonas de recarga hídrica.

Instrumento para caracterizar y medir los elementos de ZPRH

Objetivo

Presentar las herramientas y métodos para determinar la pendiente, capacidad de infiltración, tipo de textura de suelo, tipo de microrelieve, tipo de roca, tipo de cobertura vegetal y uso de suelo.

Desarrollo

El facilitador presentara las herramientas y métodos para medir la pendiente del terreno el cual se hará con el uso del agronivel y la cuerda de nivel, para determinar la capacidad de infiltración se ocupara un infiltrómetro de añillo simple, la textura de suelo se determinara al tacto, el tipo de microrelieve a simple vista diferenciando todos los tipos que puedan estar en las zonas de recarga y en las donde posiblemente no exista, el tipo de roca se determinara de manera practica visualizando el grado de desmoronamiento, porosidad, permeabilidad, tamaño de partículas y homogeneidad, la cobertura vegetal de forma visual igualmente el uso de suelo.

Trabajos en grupo para medir y caracterizar las ZPRH y delimitarlas.

Objetivo

Que las y los participantes identifiquen las zonas potenciales de recarga hídrica de las fuentes de agua de la microcuenca (mapa de dichas zonas), que realicen la identificación y mapeo de los principales recursos naturales en la microcuenca y efectúen una evaluación del estado de esos recursos naturales.

Desarrollo

Esta actividad consiste en conformar dos grupos de trabajo para que se trabaje en dos lugares diferentes y cada grupo dividirlo en tres subgrupos para que se evalúe cada uno de los temas, identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica, mapeo de los principales recursos naturales y evaluación de dichos recursos naturales.

La identificación de zonas potenciales de recarga hídrica de las fuentes de agua en la microcuenca, se realizará con base en los elementos proporcionados en el taller, así como en las experiencias y conocimientos de las y los integrantes del grupo de trabajo. El procedimiento a seguir será:

- Identificación de manantiales o puntos de agua que los beneficien en la comunidad.
- Determinar áreas de recepción de agua (aguas arriba del punto de descarga).
- Identificar evidencias prácticas y experiencia local o personal.
- Utilizar los elementos básicos para identificar las áreas potenciales de recarga hídrica (suelo, pendiente, cobertura permanente, uso del suelo, precipitación).
- Determinar áreas de influencia a través del mapeo en campo.
- Caracterización de las zonas identificadas y delimitadas.

Mapeo final y memoria descriptiva.

Mapeo de los principales recursos naturales de la microcuenca. El facilitador discutirá con los y las integrantes del grupo como se hará el mapa y que temas se incluirán (caminos, ríos, fuentes de agua, bosque, topografía del terreno, etc.), así como ayudará con el arranque (puntos de referencia) y luego deja que el grupo trabaje solo.

Matriz de evaluación de los recursos naturales. El facilitador en conjunto con los integrantes del grupo establecerán los parámetros y criterios de evaluación, se preparará una matriz que integre los diferentes criterios elegidos, consensuar sobre la escala sencilla de ponderación y por ultimo se procede a efectuar la evaluación donde se puede trabajar por consenso (todos se ponen de acuerdo sobre una puntuación) o por votación (cada uno apunta su evaluación).

Matriz de evaluación de recursos

RECURSOS	CANTIDAD ¿Hay suficiente para todos?	CALIDAD	PROBLEMÁTICA	SOLUCIONES
Agua				

Suelo				
Bosque				

Presentación de trabajos grupales

Objetivo

Que los y las participantes den a conocer o socialicen el trabajo realizado dentro de cada grupo, se generen discusiones alrededor de cada trabajo y llegue a un consenso y se anoten todas las opiniones.

Desarrollo

Cada grupo de trabajo presentará en papelones los resultados logrados, explicarán lo realizado; el facilitador fomentará la discusión y se incorporarán los comentarios de los diferentes participantes.

Clausura

Objetivo

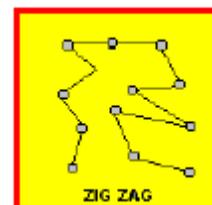
Brindar las conclusiones del evento, agradecer la participación y colaboración a los asistentes al taller, y coordinar próximas acciones.

Anexo 8. Procedimiento para evaluar la textura del suelo

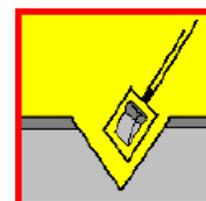
Procedimiento para determinar textura de forma práctica (textura a mano y por sedimento)

La textura es importante porque determina la rapidez con que el agua pasa por el suelo y depende de la naturaleza de la roca madre y de los procesos de evolución del suelo, siendo el resultado de la acción e intensidad de los factores de formación del suelo. A continuación se describe el procedimiento para determinar la textura del suelo a través de tacto.

Debido a la heterogeneidad que presentan los terrenos de ser necesario hay que subdividir la parcela en subparcelas uniformes. Es decir que la textura debe estimarse por sectores de suelo de aspecto similar, puede ser una parcela completa o solo una parte, con la obtención de una muestra compuesta (mezcla de varias submuestras), se asegura la representatividad de las propiedades edáficas de un área homogénea. En cada uno de los sectores o sitios se saca un equivalente a cinco muestras por manzana o hectáreas tomándolas en zig - zag.



En cada sitio de donde se sacará la muestra se debe comenzar por la limpieza del área eliminando la cobertura vegetal u hojarasca, luego hacer un hoyo cuadrado o en forma de "V" del ancho de la pala de 50 – 100 centímetros de profundidad, entre más profundo mejor. Se corta una porción de 1.5 centímetros de la pared del hoyo y se retira la mayor parte de la muestra con la hoja de la pala. Cada muestra de suelo debe incluir tierra de toda la profundidad de muestreo.



Se mezcla bien la tierra de cada hoyo para obtener una muestra de suelo homogénea, se saca una libra y se echa en un balde.

Una vez que se han sacado las muestras de todos los lugares se mezcla bien la tierra que se recogió de los diferentes hoyos.

En campo se puede determinar la textura del suelo al tacto por medio del humedecimiento de cierta cantidad del suelo, se toma un puñado de tierra del balde y se evalúa. La muestra se amasa entre los dedos hasta formar una pasta homogénea.

Posteriormente se toma entre los dedos índice y pulgar, y se presiona sobre este último tratando de que se forme una cinta, en la cual se observa la presencia de brillo, si la cinta es lisa o escamosa y si el tacto es áspero. A continuación se describen las características de cada tipo de suelo:

Si la muestra es **arenosa**: el tacto es áspero, no tiene brillo ni cohesión, no es pegajosa cuando se humedece y no se forma cinta. Si la tierra esta seca se ven los granos y se sienten al tocar.

Si la muestra es **limoso**: tiene tacto suave y como polvo cuando se frota entre los dedos; se forma una cinta escamosa y no presenta ni pegajosidad ni plasticidad cuando se humedece.

Si la muestra es **arcillosa**: la cinta que se forma tiene cohesión, es brillante, y es plástica o pegajosa según el contenido de humedad, se puede formar una rosquilla. Puede permanecer suspendida en agua durante largo tiempo. Si la tierra esta seca, se forman terrones duros y cuesta quebrarlos con los dedos.

A continuación se describe de forma similar al anterior pero un poco más desglosado, los diferentes tipos de textura de suelo y la apariencia en cada caso.

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

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

(C) Limo. Puede ser enrollado en cilindros cortos.

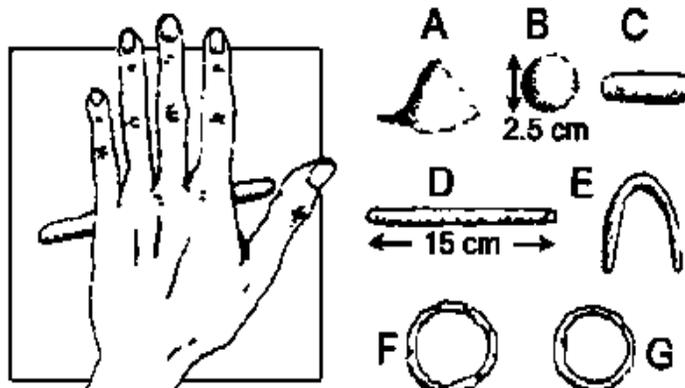
(D) Franco. Partes iguales de arena, sedimentos y arcilla que pueden ser amasadas en una trenza gruesa de 15 cm. de largo que se rompe al doblarse.

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

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

(G) Arcilla. Se maneja como plastilina y puede ser doblado en un círculo sin agrietarse.

Evaluación de la textura del suelo por el tacto



Anexo 9. Procedimiento para evaluar la capacidad de infiltración del suelo

Capacidad de infiltración

La determinaremos a través del uso de infiltrómetro de anillo simple, que se utiliza para conocer la permeabilidad del suelo, simulando el proceso de infiltración del agua en el suelo. La prueba consiste en medir la infiltración acumulada en función del tiempo.

El diámetro del anillo simple puede variar de 30 a 60 cm y su altura de 20 a 30 cm. Básicamente el desarrollo de esta experiencia se realiza enterrando verticalmente el anillo en el suelo unos pocos centímetros, luego hay que rellenarlo con agua a una altura no mayor de 10 cm y finalmente, con la regla y el cronómetro se medirá la variación de la altura de agua en el tiempo.



El método de anillo simple, aún cuando es uno de los experimentos más simples que se pueda realizar para medir tasa de infiltración, su precisión no deja de ser buena.

Materiales y metodología

- Anillo de metal de 30 cm de diámetro y 25 cm de altura.
- Martillo o mazo.
- Regla de metal de al menos 30 cm.
- Cinta adhesiva.
- Dos bidones o baldes de 20 litros cada uno.
- Plato.

➤ Cronómetro o reloj.

Paso 1. Ubicados en la posible zona de recarga se procederá a limpiar el lugar donde se instalara el cilindro, sacando hojas, basura e impurezas que impidan el flujo normal del agua.



Paso 2. Se enterrará el anillo aproximadamente 10 cm de la forma más vertical posible; para lo cual se colocará el anillo en el lugar seleccionado y previamente limpiado. Se martilla firmemente en los borde con el martillo o maso y para que no se suelten los bordes opuestos a los que están siendo golpeados, se recomienda a poyar un pie en estos.

Lo anterior se debe hacer paulatinamente en todos los bordes, para que el cilindro penetre de manera uniforme.



Paso 3. Colocar la regla verticalmente en el interior del anillo para así poder medir el nivel del agua. Un lugar recomendable para poner la regla es en la línea de la soldadura, porque esta es aproximadamente vertical y con la cinta adhesiva se puede fijar la parte de arriba de la regla, para que no se mueva.



Paso 4. Vaciar los baldes suavemente en el interior del anillo, hasta que el nivel de agua quede entre 8 a 10 cm. Colocar el plato en el interior del anillo con el propósito de que el chorro no golpee directamente el suelo, porque se pueden alterar las propiedades de este.

Paso 5. De inmediato iniciar a registrar el tiempo y el consumo o nivel de agua. Al inicio se deberán hacer mediciones cada minuto y luego dependiendo de la tasa de descenso, el intervalo de tiempo puede alargarse. Para que las mediciones sean más precisas lo mejor es que entre niveles sucesivos haya al menos 2 mm de diferencia. Se efectúan mediciones al menos por 20 minutos; luego se para de medir cuando las últimas tres tasas sucesivas sean iguales o parecidas. En la siguiente tabla se presentan valores típicos de tasas de infiltración en suelos.

Rangos de velocidad de infiltración de agua en el suelo

Velocidad de percolación (cm/hora)	Descripción
>25,5	Muy rápida
25,4 – 12,5	Rápida
12,5 – 2,0	Moderada
2,0 – 0,5	Moderadamente lenta
0,5 – 0,1	Lenta
0,1 - 0	Muy lenta

Valores típicos de tasas de infiltración

Tipo de suelo	Tasa de infiltración (mm/hora)
Arena	Mayor de 30
Arena limosa	20 – 30
Limo	10 – 20
Arcilla limosa	5 – 10
Arcilla	1 - 5

Ejemplo

Permeabilidad media para diferentes texturas de suelo en cm/hora

Arenosos	5,0
Franco arenosos	2,5
Franco	1,3
Franco arcillosos	0,8
Arcilloso limosos	0,25
arcilloso	0,05

Clases de permeabilidad de los suelos para la agricultura y su conservación

Clases de permeabilidad de los suelos	Índice de permeabilidad	
	cm/hora	cm/día
Muy lenta	Menor de 0,13	Menor de 3
Lenta	0,13 – 0,3	3 – 12
Moderadamente lenta	0,5 – 2,0	12 – 48
Moderada	2,0 – 6,3	48 – 151
Moderadamente rápida	6,3 – 12,7	151 – 305
Rápida	12,7 – 25	305 – 600
Muy rápida	Mayor de 25	Mayor de 600

Muestras saturadas bajo una carga hidrostática constante de 1,27 cm.

Ejemplos de permeabilidad de los suelos

Tipos de suelos	Permeabilidad mm/hora
Suelos gruesos	Mayor de 100
Suelos ligeros	50 a 100
Suelos medios	10 a 50
Suelos pesados	5 a 10
Suelos muy pesados	1 a 5

La capacidad de infiltración se obtiene del cociente entre la cantidad de agua infiltrada y el intervalo de tiempo; $f = \text{Variación de altura} / \text{Variación de tiempo}$.

Una forma (ejemplo) para determinar la velocidad de infiltración de los suelos se presenta en la siguiente tabla

Tiempo (min) columna 1	Altura (cm) columna 2	Diferencial tiempo (min) columna 3	Diferencial altura (cm) columna 4	Infiltración (mm/hora) columna 5
0	18	0	0	0
5	16	5	2	240
10	15,2	5	0,8	96
20	13,4	10	1,8	108
30	12,5	10	0,9	54
PROMEDIO DE INFILTRACIÓN				86

El promedio de infiltración se determina con los tres valores más bajos de velocidad de infiltración con el fin de asumir un criterio conservador.

Para determinar la velocidad de infiltración columna 5 se emplea el coeficiente I:

$$I = \frac{\Delta h \times 600}{\Delta t}$$

Donde:

I: velocidad de infiltración en mm/hora

Δh : diferencia de altura de agua (cm)

Δt : diferencial de tiempo (min)

$$I (\text{columna 5}) = \frac{\Delta h (\text{columna 4}) * 600}{\Delta t (\text{columna 3})}$$

Anexo 10. Procedimiento para describir el tipo de roca

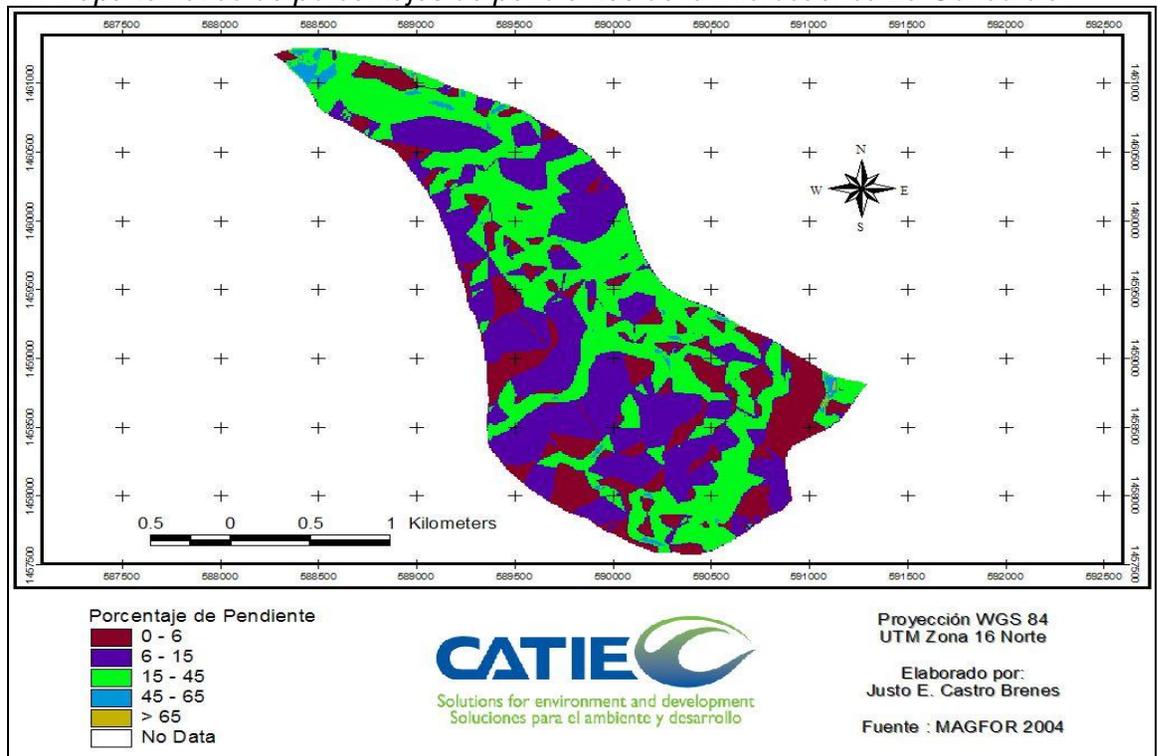
El análisis y evaluación del tipo de roca lo haremos en campo con la participación, el conocimiento y experiencia de los actores locales, llevando un procedimiento que nos permitirá conocer la porosidad y/o permeabilidad de las rocas de una forma fácil y practica, que la obtuvimos del resultado de las entrevistas a técnicos, especialistas y observaciones de campo; a continuación se describe el procedimiento:

- ✓ Podemos evaluar la permeabilidad y porosidad de las piedras que encontramos en la superficie del suelo y las muestras que podamos obtener de pozos o perfiles profundos de suelo, básicamente vertiendo agua lentamente sobre la piedra y se observa el tiempo en que está absorbe el agua, si lo hace rápidamente es permeable y si lo hace muy lento o no absorbe nada es impermeable. Generalmente las rocas permeables son más livianas.
- ✓ Luego podemos observar la apariencia interna de las rocas, pegándolo pequeños golpes (partiéndola), la facilidad que tenga la roca/piedra a que se rompa al ser golpeado denota su dureza y permeabilidad, son blandas/suaves cuando se rompen/fraccionan con facilidad (absorben más agua) y viceversa. Cuando rompe y se logra ver la forma de los granos o partículas es permeable, pero cuando se rompe en forma de concha (cóncava) no es permeable.
- ✓ Al tacto podemos determinar el grado de desmoronamiento (textura) que posea la piedra; piedras que se desmoronan fácilmente o con poco grado de dificultad son permeables y piedras que no se desmoronan y son duras se dice que son poco permeable o impermeables.
- ✓ Una vez que partimos la roca podemos ver la homogeneidad y tamaño de sus partículas o agregados, y su porosidad. Piedras que observemos que están formadas por partículas grandes (como la arena) y/o heterogéneas con una buena distribución aparente, que presenten poros grandes e interconectados son por ende son muy permeables (como se describe en la matriz de evaluación de las rocas).

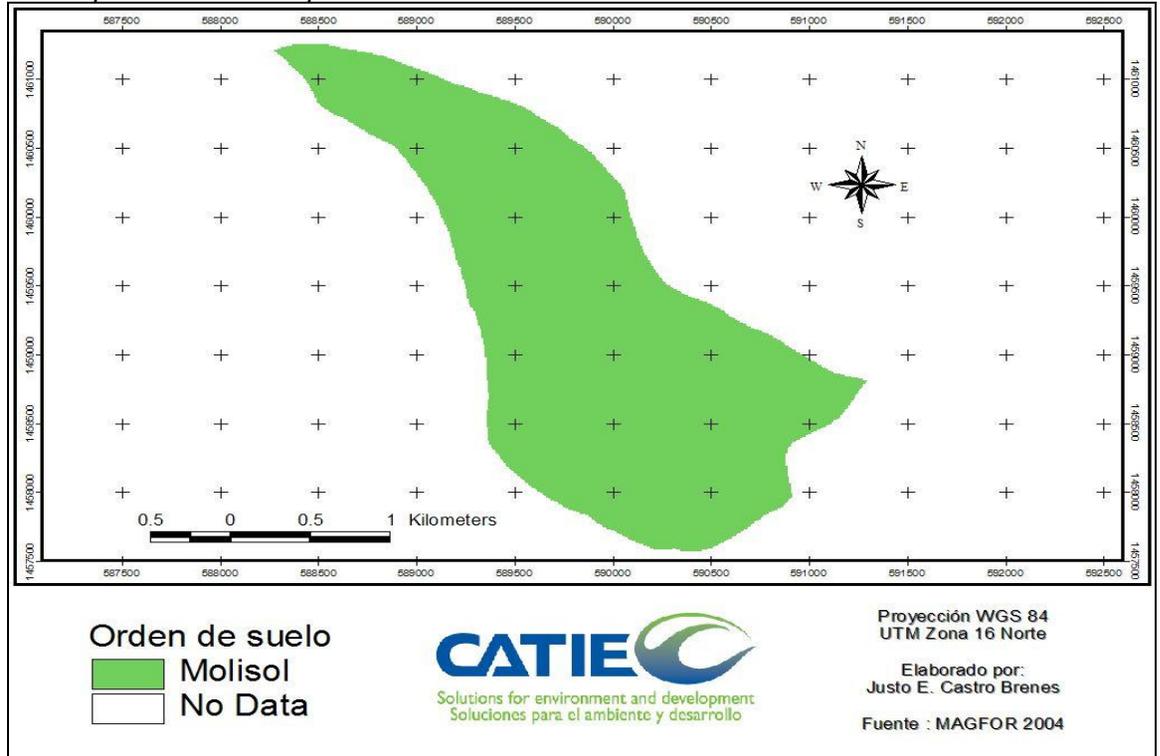


- ✓ Para evaluar la porosidad y permeabilidad del manto rocoso o las roca que se encuentra por debajo de la superficie de suelo, se realiza un recorriendo por la zona observando y analizando los estratos que podemos encontrar en las perforaciones de pozos y que según los especialistas en la materia, la mejor fuente de información geológica se encuentra en los pozos. De no contar con pozos o adicional a estos podemos observar en los cauces de quebradas (en sus paredes), perfiles de caminos y carreteras, y en los flancos de los valles, lo que nos da una idea del tipo de roca que se encuentran o podemos encontrar en las profundidades o perfiles más hondos. Así mismo podemos compara o relacionar los estratos encontrados en los flancos de valles, caminos, carreteras y quebradas con los que obtengamos de los pozos, los resultados de todos y/o correlacionar los estratos o capas entre los diferentes pozo encontrados.
- ✓ Una vez que logramos observar la estratigrafía de los pozos, quebradas, caminos, carreteras y flacos de valles, sacamos una muestra de roca/piedra y procedemos a evaluarla según lo descrito anteriormente, humedeciendo y fracturando la roca.
- ✓ Lo que podemos observar y analizar en cada en los estratos es el tipo de roca, sus composición granulométrica, porosidad y permeabilidad, la presencia de fracturas interconectadas entre si en las rocas, fallas y espesor de cada estrato.

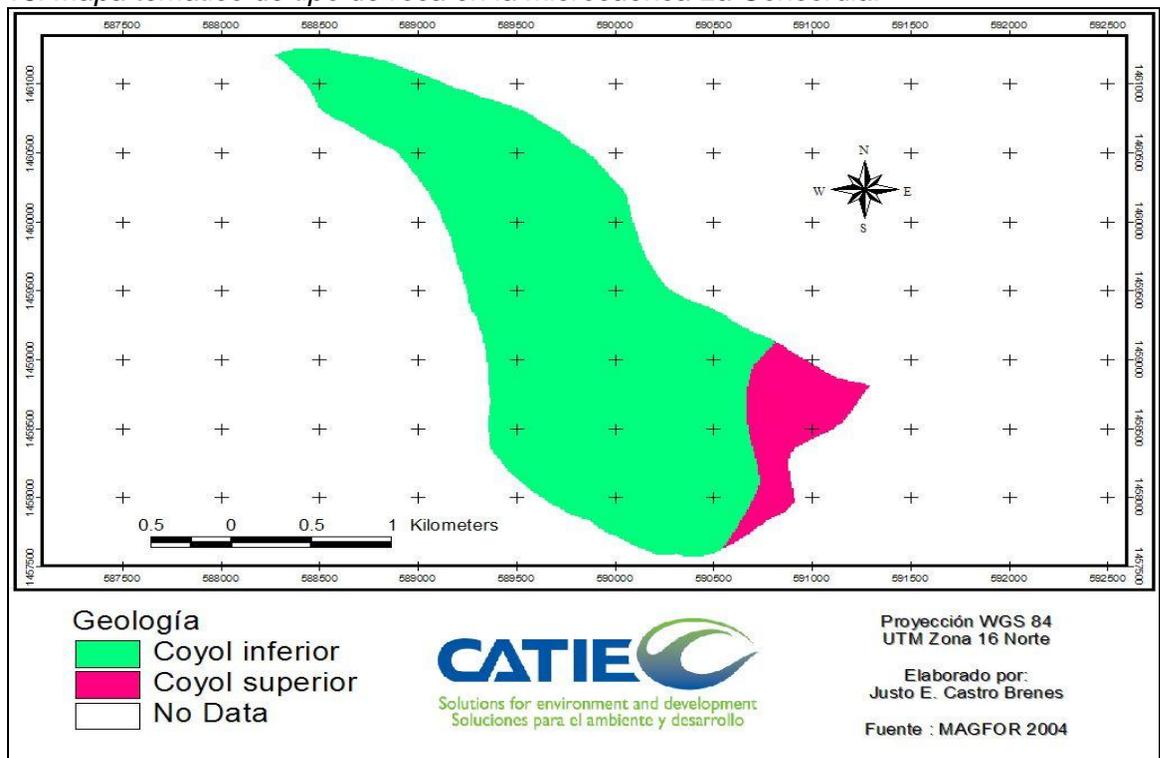
Anexo 11. Mapa tematico de porcentajes de pendientes de la microcuenca La Concordia.



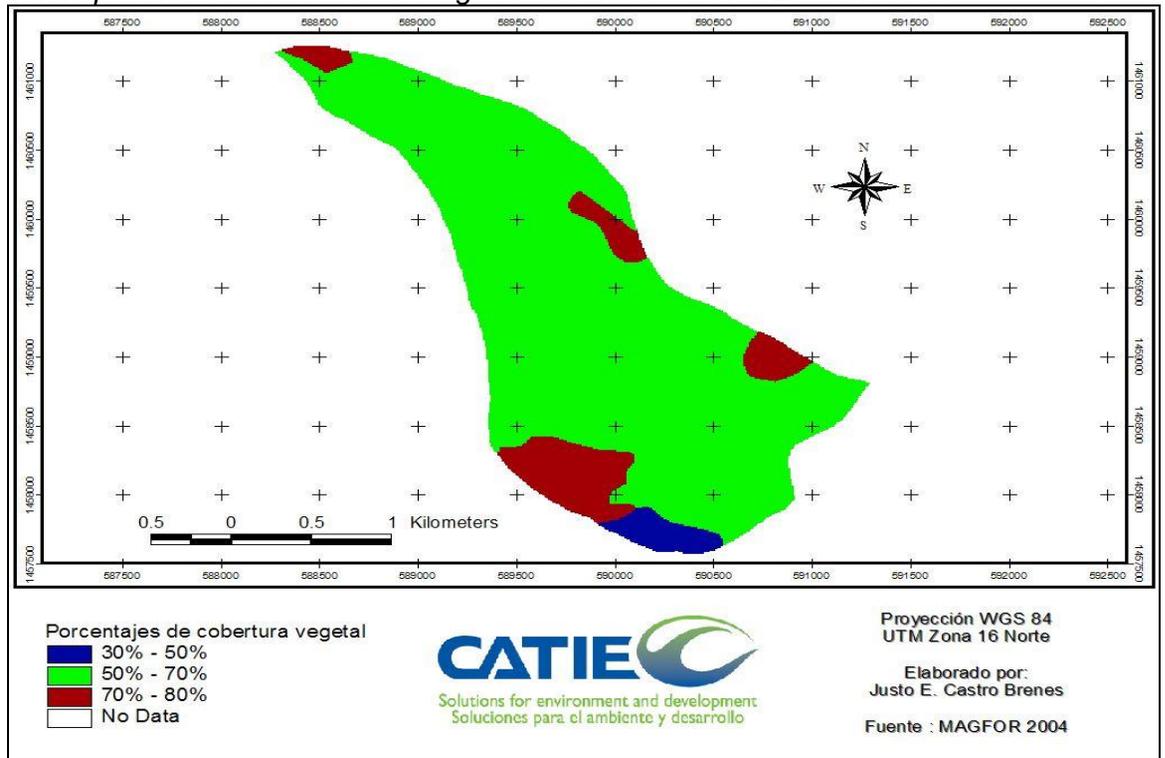
Anexo 12. Mapa tematico de tipo de suelo en la microcuenca La Concordia.



Anexo 13. Mapa tematico de tipo de roca en la microcuenca La Concordia.



Anexo 14. Mapa tematico de cobertura vegetal en la microcuenca La Concordia.



Anexo 15. Mapa tematico de uso de suelo en la microcuenca La Concordia.

