



"Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible"

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible**



Análisis de las amenazas a deslizamiento de tierra e  
inundaciones y su influencia socio ambiental en la gestión de  
riesgo en la microcuenca El Espinal, Municipio de Pueblo  
Nuevo, Departamento de Estelí, 2011.

**AUTOR:**

Ing. Jairo Antonio Velásquez Manzanarez

**ASESOR:**

Dr. Efraín Acuña Espinal

**Managua, Nicaragua**

**Septiembre, 2014**



**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**Maestría en Agroecología y Desarrollo Sostenible**



Análisis de las amenazas a deslizamiento de tierra e inundaciones y su influencia socio ambiental en la gestión de riesgo en la microcuenca El Espinal, Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí, 2011.

**AUTOR:**

**Ing. Jairo Antonio Velásquez Manzanarez**

Presentado a la consideración del Honorable Tribunal Examinador como requisito para optar al grado de Maestro en Ciencia en Agroecología y Desarrollo Sostenible

**Managua, Nicaragua  
Septiembre, 2014**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS .....	<i>i</i>
ÍNDICE DE FIGURAS .....	<i>ii</i>
ÍNDICE DE ANEXOS .....	<i>iii</i>
DEDICATORIA.....	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO.....	<i>v</i>
RESUMEN .....	<i>vi</i>
ABSTRAC .....	<i>vii</i>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Antecedentes .....	1
1.2. Justificación de la investigación.....	2
<b>II. OBJETIVOS .....</b>	<b>3</b>
2.1. Objetivo general .....	3
2.2. Objetivos específicos.....	3
<b>III. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
3.1. Cambio Climático, Desastres y Desarrollo .....	5
3.2. Nicaragua y los Desastres Naturales .....	8
3.3. Deslizamientos .....	9
3.3.1. Clasificación de la inestabilidad de laderas.....	11
3.3.2. Métodos para estimar amenazas a deslizamiento.....	13
3.3.3. Ejemplos de resultados de la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos.....	14
3.4. Inundaciones .....	17
3.4.1 Ejemplos de estudios del fenómeno de inundación.....	20
3.5 Riesgo .....	21
3.5.1. Características del riesgo.....	22
3.5.2. El riesgo total .....	23
3.5.2 Enfoques del riesgo.....	23

3.6. Amenaza.....	24
3.7. Vulnerabilidad .....	24
3.7.1. Vulnerabilidad natural.....	26
3.7.2. Vulnerabilidad física .....	26
3.7.3. Vulnerabilidad social .....	26
3.7.4. Vulnerabilidad política.....	27
3.6.5. Vulnerabilidad técnica .....	27
3.7.6. Vulnerabilidad educativa .....	27
3.7.7. Vulnerabilidad ecológica .....	27
3.7.8. Vulnerabilidad económica .....	28
3.7.9. Vulnerabilidad institucional .....	28
3.7.10. Vulnerabilidad ideológica .....	28
3.8. Gestión del riesgo .....	28
3.8.1. Gestión local del riesgo.....	30
3.9. Agroecología y adaptación al cambio climático.....	31
3.9.1. Experiencias en resiliencia al cambio climático.....	35
3.10. Uso de sistema de información geográfica (SIG) y su aplicación ante amenazas naturales .....	37
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>40</b>
4.1. Descripción del área de estudio.....	40
4.1.1 Ubicación .....	40
4.2. Características del subsistema biofísico .....	41
4.2.1- Precipitación.....	41
4.2.2 Zonas climáticas.....	42
4.2.3 Geología .....	42
4.2.4 Suelos .....	43
4.2.5. Hidrografía .....	44
4.2.6- Biodiversidad .....	45
4.2.7. Uso actual de los suelos .....	46
4.2.8 Capacidad de uso de la tierra.....	47
4.2.9 Conflicto de uso de la tierra.....	48

4.3. Características socioeconómicas .....	49
4.3.1. Población.....	49
4.3.2 Actividades productivas .....	49
4.3.3. Abastecimiento de agua .....	50
4.3.4. Educación .....	50
4.3.5. Atención en salud.....	51
4.3.6. Migración .....	51
4.3.7. Vialidad y transporte .....	51
4.3.8. Presencia institucional .....	52
4.4. Metodología de la investigación.....	53
4.5. Metodología para determinar zonas de susceptibilidad a deslizamiento de tierra .....	58
4.6 - Metodología para determinar zonas susceptibles de Inundación .....	63
4.7. Metodología para evaluar la vulnerabilidad global .....	65
4.7.1. Estimación de las vulnerabilidades en las comunidades de la microcuenca El Espinal .....	65
4.7.2 Valoración, estandarización y ponderación de los indicadores seleccionados	69
4.7.3 Calculo de la vulnerabilidad global ponderada .....	70
4.8 Metodología para la zonificación agroecológica con énfasis a fenómenos de deslizamiento de tierra e inundaciones .....	84
4.9. Metodología para plantear lineamientos para el manejo y mitigación del riesgo.	87
<b>V.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>88</b>
5.1. Delimitación de áreas susceptibles a deslizamiento de tierras .....	88
5.2. Delimitación de áreas susceptibles a inundación .....	96
5.2.1. Medidas de mitigación para la disminución de riesgo por inundación ....	102
5.3. Vulnerabilidad integral a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal .....	103
5.3.1 Vulnerabilidad física .....	103
5.3.2. Vulnerabilidad ecológica. ....	108
5.3.3. Vulnerabilidad económica .....	111
5.3.4 Vulnerabilidad política.....	115
5.3.5 Vulnerabilidad ideológica .....	118

5.3.6 Vulnerabilidad técnica .....	119
5.3.7 Vulnerabilidad cultural .....	123
5.3.8 Vulnerabilidad educativa .....	125
5.3.9 Vulnerabilidad institucional .....	128
5.3.10. Vulnerabilidad social .....	131
5.4. Vulnerabilidad global ponderada en la microcuenca El Espinal.....	142
5.5. Propuesta de uso y manejo agroecológico para aumentar la resiliencia ante las amenazas de deslizamiento de tierra e inundaciones .....	152
5.5.1 Zona protectora de restauración ecológica .....	153
5.5.2 Zona de rehabilitación .....	157
5.5.3 Zona de desarrollo agrícola .....	159
5.6 Lineamientos y acciones concertadas con los comunitarios y actores locales para la reducción de riesgo a desastres naturales .....	163
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>168</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>170</b>
<b>VIII. LITERATURA CITADA .....</b>	<b>172</b>
<b>IX ANEXOS .....</b>	<b>179</b>

## ÍNDICE DE CUADRO

### CUADROS

### PÁGINAS

1. Evaluación de impacto de los desastres según sub región de América Latina y el Caribe, 1970-2008 .....	8
2. Criterios para la identificación de deslizamientos .....	12
3. Criterios de identificación de zonas de inundación .....	18
4. Parámetros climáticos por mes de la estación Condega, periodo 1956-1999.....	41
5. Uso de la tierra de la microcuenca El Espinal, 2010. ....	46
6. Capacidad de uso de la tierra .....	47
7. Categorías de conflictos de uso de la tierra en la microcuenca El Espinal.....	48
8. Población estudiantil en la microcuenca El Espinal .....	50
9. Valoración de la pendiente .....	59
10. Valoración del material de geológico .....	60
11. Valoración de la densidad de drenaje .....	61
12. Valoración de precipitación media anual.....	62
13. Valoración de conflicto de uso de la tierra .....	62
14. Variables e indicadores utilizados para la estimación de la vulnerabilidad a la amenaza de inestabilidad de laderas e inundaciones en microcuenca El Espinal.....	67
15. Valoración de la vulnerabilidad.....	69
16. Escala de vulnerabilidad .....	70
17. Peso relativo asignado a cada tipo de vulnerabilidad para la ponderación global.....	70
18. Ponderación de la variable habitantes por vivienda.....	71
19. Ponderación del variable acceso a la comunidad .....	72
20. Ponderación de la variable viviendas ubicadas en laderas .....	72
21. Ponderación de la variable porcentaje en viviendas ubicadas cerca de los ríos o quebradas entre 1-50 metros.....	72

22. Ponderación de la variable porcentaje en diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos .....	72
23. Ponderación de la variable viviendas ubicadas a 1 kilómetro del deslizamiento .....	73
24. Ponderación de la variable porcentaje de población que forma parte de organizaciones .....	73
25. Ponderación de la variable existencia de comités locales de prevención y atención de desastre .....	73
26. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce a los organismos para atender las emergencias en caso de desastres .....	74
27. Ponderación de la variable porcentaje de la población que cuenta con plan de emergencia personal.....	74
28. Ponderación de la variable número de organizaciones comunales vinculada al manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca.....	74
29. Ponderación de la variable porcentaje de la población que reconoce a los líderes comunitarios(as) presentes en la zona.....	75
30. Ponderación de la variable porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación .....	75
31. Ponderación de la variable tipo de servicio de salud .....	75
32. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce las infraestructuras destinadas a emergencias .....	75
33. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce los sitios de albergues en caso de emergencia .....	76
34. Ponderación de la variable deforestación .....	76
35. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas con acceso a agua de consumo humano .....	76
36. Ponderación de la variable intensidad del uso del suelo.....	77
37. Ponderación de la variable número de actividades productivas en la comunidad...	77
38. Ponderación de la variable ingreso per cápita del salario mínimo mensual.. .....	77

39. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas sin acceso a servicios públicos de agua potable y saneamiento .....	78
40. Ponderación de la variable porcentaje de la población desempleada .....	78
41. Ponderación de la variable número de proyectos ejecutados por año por la municipalidad .....	78
42. Ponderación de la variable número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales .....	79
43. Ponderación del variable porcentaje de la población que reconoce a sus líderes....	79
44. Ponderación de la variable número de ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo y gestión de riesgo impulsado por la municipalidad .....	79
45. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas que toman en cuenta las normas de la construcción .....	80
46. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural .....	80
47. Ponderación de la variable número de comunidades que cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas a deslizamiento e inundaciones .....	80
48. Ponderación de la variable tipos de mapas o estudios de riesgo ante amenazas naturales .....	80
49. Ponderación de la variable porcentaje de mujeres participando en actividades de prevención y mitigación a desastres naturales .....	81
50. Ponderación de la variable porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación de desastres naturales.....	81
51. Ponderación de la variable número de actividades culturales a favor de la prevención y mitigación de desastres naturales en los últimos 2 años .....	81
52. Ponderación de la variable porcentaje de analfabetismo .....	82
53. Ponderación de la variable nivel de escolaridad.....	82
54. Ponderación de la variable número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales.....	82
55. Ponderación de la variable porcentaje de la población que percibe la buena gestión del gobierno Municipal.....	83

56. Ponderación de la variable porcentaje de la población con conocimiento del plan de riesgo municipal .....	83
57. Ponderación de la variable porcentaje del presupuesto municipal destinado a la prevención y atención de desastres .....	83
58. Ponderación de la variable número de instituciones que tienen en agenda la temática de gestión de riesgo .....	84
59. Ponderación de la variable porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres naturales .....	84
60. Nivel de susceptibilidad a deslizamiento de tierra en la microcuenca El Espinal, 2011. ....	90
61. Vulnerabilidad global en porcentaje por comunidad en la microcuenca El Espinal.....	144
62. Tipo de vulnerabilidad global en porcentaje en la microcuenca el Espinal.....	145
63. Zonas agroecológicas de la microcuenca El Espinal .....	153

## ÍNDICE DE FIGURA

ÍNDICE	FIGURA
1. Esquema de un deslizamiento.....	9
2. Localización de la microcuenca El Espinal dentro del municipio de Pueblo Nuevo.....	40
3. Diagrama de flujo del diseño del estudio .....	57
4. Diagrama conceptual mostrando el proceso de análisis para la determinación de susceptibilidad a deslizamientos de tierra.....	58
5. Modelo conceptual para determinar áreas potencialmente inundables .....	65
6. Esquema para la propuesta de zonificación agroecológica. ....	86
7. Mapa de áreas susceptibles a deslizamiento de tierra en la microcuenca El Espinal..	89
8. Área de potrero degradado sobre utilizado de acuerdo a su capacidad de uso en la parte alta de las comunidades de San Pedro y Macuelizo.....	91
9. Vista panorámica de deslizamientos. a) deslizamiento activo rotacional en la comunidad de Macuelizo, b) deslizamiento sub activo en Cerro Los Martínez, en caserío El Edén .....	92
10. Evidencia de deslizamientos. a) deslizamiento de detritos cercano a una vivienda en la comunidad El Chorro. b) deslizamiento rotacional en área de cultivo en la finca del señor José Martínez en la comunidad El Chorro. ....	93
11. Mapa de áreas susceptible, a inundaciones en la microcuenca El Espinal .....	97
12. Viviendas ubicadas a menos de 50 metros de la rivera del rio y muy cerca de los puentes vados, comunidades de la Calera y Paso Hondo.....	98
13. Rio El Jicaral afluente del rio El Espinal, donde se observan los meandros erosionando las paredes en su recorrido .....	99
14. Deslizamientos activos en la comunidad Macuelizo .....	100
15. Daños a viviendas en la comunidad de Paso Hondo por inundación de Agosto del año 2010.....	100

16. Percepción de comunitarios de las amenazas naturales que mayormente afecta a las comunidades .....	101
17. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas con 7 ó más habitantes en comunidades de la microcuenca El Espinal .....	103
18. Representación gráfica del indicador acceso a las comunidades.....	104
19. Representación gráfica del indicador número de viviendas ubicadas en áreas de laderas .....	105
20. Representación gráfica del indicador número de viviendas ubicadas en los primeros 50 metros de las riveras de los ríos .....	106
21. Daños parciales en las estructuras de puentes vados. a) En la comunidad de Paso Hondo, b) Desbordamiento del rio Espinal en puente vado en la comunidad La Calera, producto del atascamiento de las boquillas, dejando sedimentos y trozos de madera en su recorrido.....	107
22. Representación gráfica del indicador número de obras hidráulicas para resistir eventos extremos .....	107
23. Representación gráfica del indicador número de viviendas a 1 Km de distancia del último deslizamiento .....	108
24. Representación gráfica del indicador área deforestada en las comunidades .....	109
25. Representación gráfica del indicador intensidad del uso de suelo.....	110
26. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas con acceso al agua de consumo humano.....	111
27. Representación gráfica del indicador ingreso del salario mínimo al mes.....	112
28. Porcentaje de la población ocupada según sector económico en la microcuenca El Espinal.....	112
29. Representación gráfica del indicador número de actividades productivas .....	113
30. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población desempleada ..	113
31. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que no tiene acceso a servicios públicos de agua y saneamiento.....	115

32. Representación gráfica del indicador número de proyectos ejecutados por la municipalidad .....	116
33. Representación gráfica del indicador número de representantes líderes en las decisiones municipales.....	116
34. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que reconoce el trabajo de los líderes.....	117
35. Representación gráfica del indicador número de ordenanzas o normativas relacionadas a la gestión de riesgos por desastres.....	118
36. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres .....	118
37. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas toman en cuenta las normas de la construcción .....	119
38. Tipo de material de construcción de las viviendas en la microcuenca El Espinal.	120
39. Representación gráfica del indicador porcentaje de las viviendas con buena resistencia estructural .....	120
40. Estaciones de radiocomunicación. a) Operadora de radio Rosibel Padilla de la comunidad de Casa Blanca b) Operador de radio Martin Castillo de la comunidad Macuelizo.....	121
41. Representación gráfica del indicador número de comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas .....	122
42. Representación gráfica del indicador mapas o estudios de riesgo ante amenazas naturales .....	123
43. Representación gráfica del indicador porcentaje de participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de desastres .....	123
44. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación a desastres naturales.....	124
45. Representación gráfica del indicador número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 2 años.....	125
46. Representación gráfica del indicador nivel de escolaridad en la microcuenca El Espinal.....	126

47. Representación gráfica del indicador porcentaje de analfabetismo.....	126
48. Representación gráfica del indicador nivel de escolaridad.....	127
49. Representación gráfica del indicador número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales.....	127
50. Representación gráfica del indicador número de instituciones con presencia activa en la temática de gestión de riesgo.....	128
51. Representación gráfica del indicador porcentaje de comunitarios tienen conocimiento del plan de riesgo municipal .....	129
52. Porcentaje de la población que considera buena la gestión del gobierno municipal en la microcuenca El Espinal.....	130
53. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que considera eficiente la buena gestión del gobierno municipal por comunidad.....	130
54. Representación gráfica del indicador porcentaje del presupuesto destinado a la prevención y mitigación de desastres .....	131
55. Representación gráfica del indicador número de organizaciones comunales vinculadas al manejo y protección de recursos naturales en la microcuenca El Espinal .....	132
56. Porcentaje de comunitarios que pertenecen a alguna organización comunitaria en la microcuenca El Espinal .....	133
57. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población en la microcuenca que se integran a las organizaciones comunales .....	133
58. Acceso a medios de comunicación de comunitarios en microcuenca El Espinal..	134
59. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación por comunidad.....	134
60. Medio de transporte usado por los comunitarios de la microcuenca El Espinal para llegar a los puestos de salud .....	135
61. Representación gráfica del indicador servicios de salud por comunidad .....	136
62. Porcentaje de comunitarios que tienen conocimiento de las instituciones encargadas de atender las emergencias en caso de desastres .....	137
63. Instituciones encargadas de atender la emergencia según la percepción de los comunitarios de la microcuenca El Espinal .....	137

64. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce las autoridades encargadas de atender las emergencias en caso de desastres .....	138
65. Representación gráfica del indicador número de COLOPRED conformados y funcionando por comunidad .....	138
66. Porcentaje de la población que cuentan con plan de emergencia familiar en caso de amenazas a deslizamientos e inundaciones.....	139
67. Representación gráfica del indicador porcentaje de población por comunidad que cuenta con plan de emergencia familiar .....	140
68. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce el liderazgo comunitario en su zona .....	140
69. Percepción de los comunitarios de la microcuenca El Espinal respecto al trabajo de gestión de los líderes comunitarios.....	141
70. Porcentaje de personas que conocen en su comunidad los sitios de albergue en situaciones de emergencia .....	141
71. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce los sitios de albergue en caso de emergencia .....	142
72. Tipo de vulnerabilidad global sin ponderar y ponderados de la microcuenca El Espinal.....	143

## ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁGINA
1. Ficha realizadas a instituciones u organizaciones respecto a la vulnerabilidad institucional .....	179
2. Encuesta a comunitarios(as) de la microcuenca El Espinal para el análisis de vulnerabilidad .....	181
3. Entrevista semiestructurada implementada a líderes comunitarios .....	186
4. Formato de entrevistas sobre la percepción de los actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos. ....	188
5. Ficha para el levantamiento de datos de deslizamiento .....	189
6. Mapa de uso actual de suelo de la microcuenca El Espinal .....	190
7. Mapa de conflicto de suelo de la microcuenca El Espinal .....	191
8. Foto de participación de líderes comunitarios en la identificación de sitios críticos de deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal .....	192
9. Foto de vivienda de taquezal en la comunidad de Paso Hondo que resultó afectada y posteriormente destruida en las inundaciones de Agosto de 2010 .....	192
10. Foto de taller con comunitarios para la identificación de sitios críticos a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal .....	193
11. Practicas agroecológicas (diversificación y manejo del suelo) conocidas por su efecto en la dinámica del suelo y agua, pero que a su vez mejoran la resiliencia del agroecosistema. ....	194
12. Recomendación de prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas según la clase de capacidad de uso. ....	195
13. Uso preferible de la tierra en función de las clases de capacidad de uso. ....	196
14. Mapa de zonas agroecológicas en la microcuenca El Espinal, 2011.....	197
15. Vulnerabilidad global en porcentaje y tipo en comunidades de la microcuenca El Espinal .....	198

## **DEDICATORIA**

Al Dios todo poderoso y ser supremo por darnos la vida y ese gran amor hacia nosotros: Dios padre todo poderoso.

A mi esposa Sabrina Leal Tijerino por su apoyo incondicional en las etapas más difíciles de mi vida y por alentarme siempre a seguir adelante, a mi hijo Jairo Genaro Velásquez Leal, por su amor y espera en todo este tiempo que no he podido darle en tiempo suficiente.

A mi madre, abuela que partieron de mi lado (Q.E.P.D), que siempre dieron palabras de aliento en sus oraciones, y que estarían satisfechas de verme concluir mis estudios.

A mis Hermanos que siempre me han animado a seguir adelante por conseguir nuevos retos y cumplirlos.

A mí familia Velásquez Manzanares y Leal Tijerino, por que han sido un ejemplo de buena familia y me siento muy orgullosos de ellos.

**Ing. Jairo Velásquez M**

## AGRADECIMIENTOS

A la Agencia Sueca de Cooperación Internacional (ASDI) por la oportunidad de estudios en la UNA.

A la Universidad Nacional Agraria (UNA), por su decisión de permitirme estudiar y apoyarme en los estudio y por haberme permitido orgullosamente ser parte de sus frutos.

Al Dr. Efraín Acuña por la asesoría brindada, revisión del texto y consejos prácticos y profesionales para enfrentar de una mejor manera los alcances del estudio.

Al Dr. Francisco Salmerón y a la MSc. Janett Gutiérrez por su disposición incondicional y apoyo invaluable en el proceso de superación, formación profesional y de conocimientos adquiridos.

Al personal de APRODESA, por su apoyo en la etapa de campo y en todo el tiempo que hemos laborado en la institución principalmente a Angelina Leal, Auxiliadora Leal, Maynord Soza, José Dolores Alfaro, Salomón Martínez, Gerardo Merlo.

Al personal de la Alcaldía Municipal de Pueblo Nuevo, Jorge Acuña, Evert Acuña, por su disposición de apoyarme en la coordinación de talleres, búsqueda de información, visita a sitios de riesgo en la etapa de campo y de la importancia que la municipalidad se apropie de los alcance del estudio y se implemente como herramienta de gestión de conocimiento y finanzas.

A las familias de productores, productoras, lideresas y líderes comunitarios de la microcuenca rio El Espinal que facilitaron gran parte de la información contenida en este documento, sin ellos no hubiese sido posible el mismo.

A todos aquellos funcionarios de las diferentes instituciones, organizaciones y proyectos que gentilmente brindaron información contenida en la presente tesis entre ellos: INAFOR, MARENA, Alcaldía municipal, MINED, MINSA, CAPRI.

Mi agradecimiento no estaría completo, si no tomo en cuenta a mis compañeros de la maestría que compartieron, sus conocimientos y experiencia en momentos buenos y difíciles en nuestra estadía en la UNA.

A todos y todas... ¡Muchas Gracias!

## RESUMEN

Velásquez M; JA. 2011. Análisis de las amenazas a deslizamiento de tierra e inundaciones y su influencia socio ambiental en la gestión de riesgo en la microcuenca el Espinal, Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí, 2011.

El estudio se realizó en la microcuenca El Espinal en el Municipio de Pueblo Nuevo en el Departamento de Estelí; El objetivo del estudio fue: 1) Delimitar zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones. 2) Analizar de manera integral la vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones en la zona. 3) Elaborar una propuesta de uso y manejo agroecológico usando criterios de uso de la tierra en función de las amenazas a deslizamiento de tierra e inundaciones. 4) Plantear líneas de acción con aportes de la población para el fortalecimiento de la gestión del riesgo a desastres naturales ante deslizamiento e inundaciones en la zona de estudio.

La microcuenca El Espinal ha venido siendo afectada desde hace varios años por fenómenos de deslizamiento e inundaciones; sin embargo, esto se ha venido intensificando en los últimos diez años a consecuencia de los efectos del cambio climático. Entre estas afectaciones tenemos grandes avenidas de agua que combinados con deslizamientos de tierra han causado pérdida y daños materiales, tal es el caso de las fuertes lluvias ocurridas en agosto del 2010, las cuales provocaron daños en la infraestructura a puentes vados, seis viviendas destruidas, afectaciones a cultivos, áreas de pasto, pero lo más importante es que no hubieron víctimas humanas. Debido a estas condiciones físicas, la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental de esta microcuenca y los efectos negativos que ha causado sobre el medio ambiente, economía y a las personas que habitan en estas áreas, surge el interés de esta investigación.

La microcuenca El Espinal reúne una serie de condiciones física que la hace susceptible como: alta intensidad en el uso de los suelos, altas pendientes, precipitaciones anuales altas; a ello se unen las condiciones mecánicas de las rocas y finalmente el factor humano, quien ha eliminado la cobertura vegetal, sustituida por pastizales, granos básicos y plantaciones de café que propicia los deslizamientos e inundaciones.

Los resultados sobre la susceptibilidad a deslizamiento de tierra en la microcuenca El Espinal se describen de la siguiente manera: Las áreas con niveles de baja y muy baja susceptibilidad abarcan 54.70 Km<sup>2</sup> que corresponde al 59 % del territorio, el nivel moderado cubre 20.01 km<sup>2</sup>, correspondiente al 22 % del área, mientras que los niveles altos y muy alta susceptibilidad cubren 16.82 Km<sup>2</sup> correspondiente al 19% del área de la microcuenca, siendo las comunidades más afectadas Macuelizo, El Chorro, San Pedro, Los Llanos y Horcones.

Las áreas susceptibles con planicies de inundación abarcan una área de 2.40 Km<sup>2</sup>, siendo las comunidades que pueden sufrir mayor afectación Paso Hondo, La Calera y El Rosario, afectando áreas de cultivo, viviendas y puentes vados. De acuerdo a las entrevistas realizadas a los habitantes de la microcuenca El Espinal la percepción de los fenómenos naturales ante inundación y deslizamiento son las amenazas de mayor probabilidad a que ocurran coincidiendo con la importancia del estudio.

El análisis global por tipo de vulnerabilidad en la microcuenca El Espinal presentó vulnerabilidad muy alta en los aspectos económico, técnico, ecológico, institucional y físico, le siguen en orden de importancia con vulnerabilidad alta los aspectos culturales, políticos, educativos e ideológicos y por último con una vulnerabilidad moderada el aspecto social, siendo el capital humano una fortaleza que los tomadores de decisiones deben focalizar para la implementación de acciones de prevención y mitigación de desastres naturales. Las comunidades que presentaron una vulnerabilidad muy alta son: San José, La Calera y El Horno.

Con la delimitación de áreas susceptibles a deslizamiento de tierras e inundación se zonificaron 3 áreas para darle prioridad a los aspectos ambientales y manejo agroecológico, siendo estas: Zona Protectora de Restauración Ecológica (ZPRE), Zona de Rehabilitación (ZR) y Zona de Desarrollo Agrícola (ZDA).

Finalmente, en base a los resultados del estudio y con la participación activa de los actores locales, se propusieron acciones para la reducción del riesgo y la vulnerabilidad en la microcuenca. Estos lineamientos se agrupan en cinco líneas estratégicas: Educación, Manejo adecuado de los recursos naturales, fortalecimiento institucional local, participación comunitaria y mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

Con este estudio se pretende que sirva de guía a la temática de riesgos a las amenazas de deslizamiento de tierra e inundaciones a las que está expuesta la microcuenca y sus habitantes en el Municipio de Pueblo Nuevo. Los resultados permitirán a los habitantes y los tomadores de decisiones a prepararse para reforzar los planes de emergencia ante eventos de esta naturaleza.

**Palabras Claves:** amenaza, vulnerabilidad, deslizamiento, inundación, zonificación agroecológica.

## ABSTRACT

Velasquez M, JA. 2011. Analysis of threats to landslide and flood and its social and environmental influence on risk management in the watershed Espinal, municipality of Pueblo Nuevo, department of Estelí 2011.

The study was conducted in the micro basin El Espinal in the municipality of Pueblo Nuevo in the Department of Estelí. The objective was to define liable zones to landslides and floods, to analyze integrally the vulnerability to landslides and flooding in the area like a base for a process for planning and risk management.

The Espinal micro basin, has been affected since time ago by landslides and floods, but in the last 10 years this has happened constantly and with greater magnitude caused by the climate change, including big avenues that combined with landslides have caused damage loss as the one which occurred in August 2010, which provoked damages in the infrastructure of six houses, bridge, but there were no human casualties, in addition crops, pasture and forest áreas were affected. Because of These physical conditions, social and economical situation and environmental vulnerability in this watershed and the effects on the people who are exposed living in this area, comes the interest of this research.

The Espinal micro basin has a number of physical conditions makes it susceptible as: high intensity of land use, and topographic gradients steep slopes, high annual rainfall, the mechanical conditions of the rocks and finally the human factor, which has removed the vegetation and replaced by grasslands, basic grains and coffee plantations, all conducive to landslides and floods.

The results about the landslide susceptibility in the micro basin El Espinal are described is described as follows: The áreas with low levels and very low susceptibility covering 54.70 km<sup>2</sup> that corresponds to 59% of the territory, the moderate level covers 20.01 km<sup>2</sup>, corresponding to 22% of the area while the high and very high susceptibility cover 16.82 km<sup>2</sup> corresponding to 19% of the area of the micro basin, being the most affected communities Macuelizo, El Chorro, San Pedro, Los Llanos and Horcones.

The susceptible area to flood plains covers an area of 240 km<sup>2</sup>, being the communities which can suffer more are: Paso Hondo, La Calera and El Rosario, affecting growing áreas, houses and bridges fords. According to interviews accomplished with the inhabitants of the micro basin El Espinal. The perception of the natural phenomenon of flood and landslides are a threat which has much probability that can occur the importance of the study.

The global analysis for type of vulnerability in the micro basin El Espinal, has very high vulnerability in terms of physical institutional, economic, technical and ecological as well as with a high vulnerability, cultural, political, educational and ideological and with a moderate vulnerability, the social part being the human capital the strength which the person who decide in order to implement the respective actions to prevent and mitigate natural disasters. San José, La Calera and El Horno have a high vulnerability.

With the delimitation of áreas susceptible to landslides and flooding 3 áreas are zoned to give priority to environmental and agroecological management, which are: Protection Zone Ecological Restoration (ZPRE), Rehabilitation Zone (ZR), and Development Zone agricultural (ZDA).

Finally, according to the study results and with the active participation of the local actors, they proposed actions to reduce the risk and vulnerability of the micro basin. These ideas are grouped into five strategic lines: Education, proper management of natural resources and local capacity building, community participation and improving socio-economic conditions of the population

This study tries to give you a guide about the risk, as threats to landslides and floods that are exposed to the watershed and its inhabitants in the municipality of Pueblo Nuevo. The results will allow the inhabitant and the decision makers to strengthen prepare emergency plans for such events.

**Keywords:** threat, vulnerability, sliding, flood, agroecological zoning.

### **Lista de Abreviaturas y Siglas**

<b>ALES:</b>	Sistema Automatizado de Evaluación de Tierras.
<b>AC:</b>	Agricultura Conservacionista
<b>APRODESA:</b>	Asociación de Profesionales para el Desarrollo Agrario.
<b>BID:</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>CEPREDENAC:</b>	Centro de Coordinación para la Prevención de Desastres Naturales en América Central.
<b>CARE:</b>	Cooperación de asistencia
<b>CAPRI:</b>	Centro de Apoyo a Programas y Proyectos
<b>CMCC:</b>	Convención Marco de Cambio Climático
<b>CATIE:</b>	Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
<b>COSUDE:</b>	Organización Suiza para El Desarrollo y la Cooperación.
<b>CRID:</b>	Centro Regional De Información de Desastres en América Latina.
<b>CEPAL:</b>	Comisión Económica para América Latina y El Caribe.
<b>CDI:</b>	Centro de Atención a Niños
<b>CIPRES:</b>	Centro para la Promoción, la Investigación y Desarrollo Rural Social
<b>COMUPRED:</b>	Comité Municipal de Prevención y Mitigación de Desastres.
<b>COLOPRED:</b>	Comité Local de Prevención y Mitigación de Desastres.
<b>DIPECHO:</b>	Programa de Preparación ante los Desastres de Ayuda Humanitaria de Comisión Europea.
<b>FISE:</b>	Fondo de Inversión Social de Emergencia
<b>FOMAV:</b>	Fondo de Mantenimiento Vial
<b>GTZ:</b>	Agencia de Cooperación Técnica Alemana
<b>GPC:</b>	Gabinete del Poder Ciudadano.
<b>GEI:</b>	Gases de Efecto Invernadero
<b>IDR:</b>	Instituto de Desarrollo Rural.
<b>INAFOR:</b>	Instituto Nacional Forestal.
<b>INDECI:</b>	Instituto Nacional de Defensa Civil.
<b>INIDE:</b>	Instituto de Información de Desarrollo.
<b>INTA:</b>	Instituto de Tecnología Agropecuaria.
<b>INVUR:</b>	Instituto de Vivienda Urbano y Rural.
<b>IPCC:</b>	Panel Intergubernamental de Cambio Climático

<b>MABE:</b>	Manejo de Acueductos por Bombeo Eléctrico.
<b>MARENA:</b>	Ministerio de Recurso Naturales.
<b>MAGFOR:</b>	Ministerio Agropecuario y Forestal
<b>MINED:</b>	Ministerio de Educación.
<b>MINSA:</b>	Ministerio de Salud.
<b>MTI:</b>	Ministerio de Transporte e Infraestructura.
<b>MIFAMILIA:</b>	Ministerio de la Familia.
<b>Mypimes:</b>	Micros, Pequeñas y Mediana Empresas
<b>MIP:</b>	Manejo Integrado de Plagas
<b>MED:</b>	Modelo de Elevación del Terreno
<b>ONU:</b>	Organización de Naciones Unidas.
<b>ONGs:</b>	Organizaciones No Gubernamentales.
<b>POA:</b>	Plan Operativo Anual
<b>PIA:</b>	Plan de Inversión Anual
<b>PIMM:</b>	Plan de Inversión multianual.
<b>PENUD:</b>	Programa Nacional de Naciones Unidas.
<b>SAT:</b>	Sistema de Alerta Temprana.
<b>SIG:</b>	Sistema de Información Geográfica.
<b>USAID:</b>	Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional

# **I INTRODUCCIÓN**

## **1.1 Antecedentes**

La evidencia científica muestra que el calentamiento global asociado al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) provenientes de actividades antropogénicas está ocasionando cambios climáticos discernibles, como alza de la temperatura, modificación de los patrones de precipitación, reducción de los glaciares, elevación del nivel de mar y aumento de eventos extremos. Estos cambios representan una seria amenaza para las sociedades centroamericanas por sus múltiples impactos previstos en la producción, la infraestructura, los medios de vida, la salud, la seguridad y el debilitamiento de la capacidad del ambiente para proveer recursos y servicios vitales (CEPAL, 2011).

El cambio climático es una situación que afecta a todos los seres vivos del planeta tierra, la comprensión de éste fenómeno es fundamental para entender la respuesta adaptativa de las especies. En la actualidad existe evidencia que estos cambios climáticos recientes han afectado una amplia gama de organismos en diferentes ubicaciones geográficas (Walther *et al.*, 2002).

Otros estudios revelan que América Latina y el Caribe, debido a sus características geográficas y topográficas son vulnerables al cambio climático, y sumado a ello el aumento de los eventos meteorológicos extremos que han provocado en los últimos años inundaciones, sequías y deslizamientos que se han incrementado 2,4 veces en comparación con los periodos 1970- 1999 y 2000-2005 (IPCC, 2007)

Según el Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC), entre 1960 y 1999, el número total de muertes atribuibles a desastres totalizo 56,669 personas, además de 123,346 heridos y 10,247,330 personas desplazadas o evacuadas. El costo económico acumulado por el impacto de desastres en Centroamérica ha sido muy alto, y está estimado en un total de 15,535 millones de dólares para un periodo de casi 40 años (Pilar y Rodríguez, 2008).

Nicaragua es muy vulnerable debido a la influencia de amenazas naturales por su posición en el continente, por lo cual está expuesto a ciclones tropicales, que todos los años azotan el

Atlántico, provocando inundaciones extensas o deslizamiento de terrenos inestables. La inestabilidad de terrenos es una de las amenazas letales para países como Nicaragua que sufren lluvias torrenciales y sismos que derrumban montañas y edificios. El huracán MITCH de 1998, causó más de 60 deslizamientos en Nicaragua (Wheelock *et al.*, 2000).

Asimismo, el municipio de Pueblo Nuevo lugar donde se ubica la microcuenca El Espinal, no es ajeno a los problemas hidrometeorológicos, socioeconómicos, ambientales, alto deterioro de los recursos naturales, economía en decadencia, así como el territorio expuesto a amenazas de sequía, deslizamientos, inundaciones y un nivel medio de amenaza sísmica (CARE 2001).

## **1.2 Justificación de la Investigación**

En la parte alta de la microcuenca El Espinal se observa una producción más intensiva de cultivos permanentes como el café y cultivos anuales, asimismo en la parte media de la microcuenca se desarrollan además de las actividades agrícolas, actividades pecuarias. Todas estas actividades, se desarrollan, en suelos cuyas aptitudes son por lo general de uso forestal. Las pendientes escarpadas donde se desarrollan estas actividades, aumentan la erosión y la degradación del suelo, a la vez existen comunidades asentadas en áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones que por efectos del cambio climático pueden verse afectados sus medios de vida.

El riesgo está altamente influenciado por las amenazas y vulnerabilidades dadas por las condiciones en la que se encuentra una población. En el caso de la microcuenca el Espinal presenta una vulnerabilidad generada principalmente por sus características naturales, antrópicas y las interacciones entre éstas. Los eventos que allí se presentan pueden llegar a la denominación de desastres por las cuantiosas pérdidas (humanas, económicas, ambientales) que se pueden ocasionar, dichas pérdidas se podrían reducir si se propone una agricultura alternativa con un enfoque que propicie un medio ambiente balanceado, rendimientos y fertilidad de suelo sostenible y control natural de plagas, empleando tecnologías auto-sostenidas (Altieri y Nicholls 2000).

Lo antes mencionado, sugiere la necesidad de hacer un análisis entre la problemática socio ambiental y económica asociada a las amenazas de deslizamiento e inundaciones y la importancia de la aplicación de prácticas amigables al ambiente, para ello se propone una propuesta de manejo agroecológico, ambiental y conservacionista de acuerdo a la peligrosidad de las amenazas y la aptitud de sus tierras, lo cual permitiría el uso sostenible de los recursos naturales y el proceso de desarrollo de las comunidades.

Con este planteamiento, la investigación pretende aportar elementos de juicio a comunitarios, municipalidad y actores locales para conocer el estado de los factores que la hacen vulnerable vinculada a las amenazas de deslizamiento e inundaciones, así como también respecto a la prioridad de implementar procesos de rehabilitación de cuencas, protección de áreas estratégicas con alternativas de manejo, con el fin de definir directrices que concluyan en acciones conjuntas en la zona de intervención; a la vez este estudio puede servir de base teórica, técnica y metodológica para aplicarse a todo el municipio tomando en cuenta sus particularidades geográficas y ecológicas.

## **II OBJETIVOS**

### **2.1 Objetivo general**

Análisis integral de las amenazas a deslizamiento e inundaciones y su influencia en el contexto de gestión del territorio en la microcuenca El Espinal, que sirva de base para proponer alternativas agroecológicas para la reducción del riesgo a desastres en la zona de estudio.

### **2.2 Objetivos específicos**

- 1- Delimitar áreas susceptibles a las amenazas de deslizamientos de tierra e inundaciones en la microcuenca el Espinal, municipio de Pueblo Nuevo.
- 2- Analizar la vulnerabilidad global por medio de indicadores que favorecen el riesgo de las amenazas a deslizamiento de tierra e inundaciones.
- 3- Elaborar una propuesta de uso y manejo agroecológico usando criterios de uso de la tierra en función de las amenazas a deslizamiento de tierra e inundaciones
- 4- Plantear líneas de acción con aportes de la población para el fortalecimiento de la gestión del riesgo a desastres naturales ante deslizamiento e inundaciones en la zona de estudio.

### **III MARCO TEÓRICO**

Este capítulo permitirá generar las pautas académicas respecto a la investigación; además, de conceptualizar las definiciones sobre cambio y variabilidad climática, amenazas, riesgo, vulnerabilidad y agroecología como base para contrarrestar los efectos de los fenómenos hidrometeorológicos en la microcuenca El Espinal.

#### **3.1 Cambio Climático, Desastres y Desarrollo**

El cambio climático es una variación estadística en el estado medio del clima o en su variabilidad, que persiste durante un período prolongado. El cambio en el ambiente se debe a procesos naturales internos o a cambios del forzamiento externo, o bien a cambios persistentes Antropógenicos en la composición de la atmósfera o en el uso de las tierras. La Convención Marco sobre el Cambio Climático (CMCC) en su Artículo 1, define cambio climático como: *un cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables* (IPCC, 2007).

La amenaza del cambio climático radica en la variación de los ciclos hidrológicos y regímenes de lluvias, la intensidad y frecuencia de eventos climatológicos extremos (sequías e inundaciones) cada vez más graves a medida que sube la temperatura en el mundo. Ello impactará directamente a las poblaciones humanas, al incrementar el riesgo, en consecuencia, de las amenazas sobre sus medios de sustento, su salud, seguridad y su vulnerabilidad ante estas amenazas (PNUD, 2007).

El Informe Especial del IPCC sobre escenarios de emisiones (IEEE, 2000) proyecta un aumento de las emisiones mundiales de GEI entre 25% y 90% (CO<sub>2</sub>-eq) entre el 2000 y 2030, suponiendo que los combustibles de origen fósil mantengan su posición dominante en el conjunto mundial de fuentes de energía hasta el 2030 como mínimo. Otros escenarios más recientes, que no contemplan medidas de mitigación de las emisiones adicionales, arrojan resultados similares.

Para los dos próximos decenios las proyecciones indican un calentamiento de aproximadamente 0,2°C por decenio para toda una serie de escenarios de emisiones IIEE (IPCC, 2007).

En los últimos años la temperatura media de la superficie de la tierra ha aumentado en 0,6°C, siendo el año 1998 el más cálido de la década (IPCC, 2002). No obstante, el mayor aumento de temperaturas ha tenido lugar en latitudes medias y altas de los continentes del norte; los suelos se han calentado más que los océanos y las temperaturas nocturnas más que las diurnas (IPCC, 2001).

La respuesta de rendimientos de los cultivos al cambio climático varía mucho en función de las especies, los cultivares, las condiciones del suelo, el tratamiento de los efectos directos del CO<sub>2</sub>, y otros factores propios del lugar. Asimismo en los trópicos, donde algunos cultivos están cerca de su tolerancia máxima a la temperatura y donde predomina la agricultura de secano, los rendimientos en general podrían reducirse, aun con cambios mínimos en la temperatura; si se produjera una gran disminución de las precipitaciones, los efectos sobre el rendimiento de los cultivos serían aún más adversos (IPCC, 2001).

El índice de riesgo climático global de la organización German Watch hace un aporte a este esfuerzo calificando el impacto de los eventos extremos (tormentas, inundaciones, extremos de temperatura y olas de calor y frío) en un ranking de 183 países, en el cual el país con el número más bajo es el más vulnerable. Los resultados del período 1992-2011 indican que Honduras es el país con mayores impactos recibidos, Nicaragua el tercero, la República Dominicana el décimo, Guatemala el décimo primero, El Salvador el décimo quinto, Belice el vigésimo sexto y Costa Rica el sexagésimo segundo. Considerando el aumento de eventos extremos en los últimos años, el mismo indicador para el período 2004-2011 arroja que los países de la región centroamericana a menudo resultan entre los diez primeros lugares de riesgo (CEPAL, 2012).

Las estadísticas a nivel mundial, demuestran que los desastres naturales se están incrementando, lo que genera pérdidas humanas y desequilibrios sociales y económicos. Tan sólo en América Latina se estima que durante el siglo XX, las víctimas fueron aproximadamente de 5000 por año (ONU, 2005).

Luego de los estragos que causó el huracán Mitch en gran parte de Centroamérica a finales de 1998, se reconoció por primera vez al más alto nivel político, que las causas del desastre se encontraron principalmente en la alta vulnerabilidad social y ambiental, y que una reducción de los riesgos presentes solamente se logrará a través de la transformación del modelo de desarrollo hacia una mayor sostenibilidad. Es decir que los problemas fundamentales que enfrenta el desarrollo en la región son los mismos factores que contribuyen a la persistencia de los riesgos de desastres, y no sólo en términos de vulnerabilidad, sino también alterando e incrementando amenazas socio naturales.

La tendencia observada en la última década en Centroamérica, a pesar de la anunciada transformación, es hacia una mayor acumulación de riesgos de desastres, sobre todo en las comunidades rurales y urbanas con alto déficit de desarrollo y en condiciones de exclusión y marginación (ONU, 2005).

En términos cuantitativos el efecto acumulativo es realmente muy severo. El cuadro 1 resume el impacto de desastres en América Latina y el Caribe a lo largo de las últimas cuatro décadas evidenciando, en general, consecuencias más severas en los países de menor tamaño, menor desarrollo relativo, mayor dependencia del medio ambiente para su producción y menor diversificación y tecnificación de la misma, por tanto los planes de desarrollo deben incluir uno de los pilares fundamentales la gestión de riesgo de manera tal que reduzcan la exposición del capital humano y físico haciendo más resilientes a estos países (CEPAL, 2010).

Cuadro 1. Evaluación de impacto de los desastres según subregión de América Latina y el Caribe, 1970-2008

Subregión	Total Millones Dólares	Costo Promedio anual	Porcentaje del costo (%)
	(Año) 1970-2008		
<b>América Latina</b>	464,359.20	12,220.00	77.3
<b>Caribe</b>	136,924.60	3,579.60	22.7
<b>Centroamérica</b>	131,908.50	3,471.30	22.0
<b>Andinos</b>	116,016.70	3,053.10	19.3
<b>Sur América(Cono Sur)</b>	216,434.00	5,695.60	36.0

Fuente: CEPAL 2010.

### 3.2 Nicaragua y los Desastres Naturales

Los datos registrados durante el último siglo a nivel mundial muestran un incremento en el número de eventos catastróficos debidos a procesos naturales y en los daños producidos por los mismos, especialmente en los últimos 40 años; los países de Asia, América y África son los que más números y mayores catástrofes naturales han padecido.

Tanto por el número de eventos como por el número de víctimas, son los países menos desarrollados los que se ven más gravemente afectados. Esto se debe a dos factores fundamentales: 1) localización: esos países, en conjunto, abarcan una extensión mucho mayor y, además, se encuentran en muchos casos en zonas de intensa actividad geodinámica (límites de placas, zonas sujetas a frecuentes tormentas); 2) desarrollo económico, social, político y cultural: es frecuente que en estos países no existan, o no se apliquen, normas o políticas de ordenación territorial que tengan en cuenta los riesgos naturales; también suele ser limitado el grado de preparación de la población o la organización de planes de prevención y corrección de riesgos (Pico, 2006).

Según Wheelock *et al.*, (2000), a través de un levantamiento de datos de los desastres ocurridos desde los primeros años de la colonia española, el tamaño de la amenazas naturales en Nicaragua es una de las más altas del continente, con una tasa de ocurrencia de por lo menos 100 eventos dañinos por siglo, o sea, uno cada año.

### 3.3 Deslizamientos

La inestabilidad de laderas se define como el movimiento de masas de roca, detritos, o tierra a favor de la pendiente, bajo la influencia directa de la gravedad. El material desplazado puede movilizarse de forma lenta (milímetros por año), rápida y extremadamente rápida (metros/día) según la topografía, el volumen de la masa de suelo o roca, el mecanismo de rotura y la acción del agua, entre otros factores. Pueden activarse o acelerarse a causa de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones, aumento de nivel de aguas subterráneas, por erosión, socavamiento de los ríos y por actividad humana (INETER, 2005a).

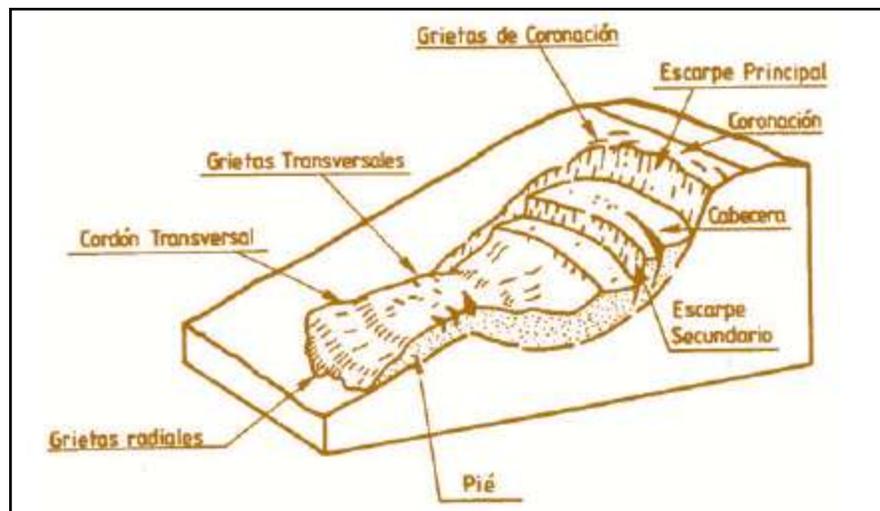


Figura 1. Esquema de un deslizamiento.

Fuente: (INETER, 2005a)

Según INETER (2001), dentro de las causas o factores que controlan los movimientos de ladera se pueden establecer dos grandes grupos:

#### a. Factores condicionantes

Están unidos a la propia naturaleza composición, estructura y forma del terreno entre ellos tenemos:

- Relieve (pendiente)
- Litología
- Estructura geológica
- Propiedades físicas
- Comportamiento hidrogeológico.
- Propiedades geomecánicas.

#### **b. Factores desencadenantes**

Pueden considerarse como factores externos los que actúan sobre la ladera provocando o desencadenando su inestabilidad al modificar las condiciones preexistentes, entre ellos están:

- Aporte de agua
- Aplicación de carga o dinámicas (movimientos naturales o inducidos)
- Cambios en las condiciones geológicas
- Factores climáticos
- Variación en la geometría del talud
- Erosión o socavación del pie
- Acciones antrópicas.

El primer grupo de factores configuran las diferentes topologías, mecanismos y modelos de ruptura, mientras que el segundo grupo de factores es responsable en gran medida de la magnitud de los movimientos. El relieve en particular juega un papel definitivo en cuanto es necesaria una cierta pendiente para que se produzca cierto tipo de movimientos gravitacionales como por ejemplo los flujos. Sin embargo en ocasiones y dependiendo de otros factores presentes es suficiente una pendiente muy baja para que tenga lugar grandes deslizamientos.

En particular las variaciones en la composición, competencia, resistencia, deformación, dureza, grado de alteración, fracturación, porosidad y permeabilidad determina la posibilidad de un terreno a sufrir deslizamientos bajo la actuación de determinados factores desencadenantes. A la vez, características litológicas estructurales de los materiales que están asociados al comportamiento geomecánico e hidrogeológico condicionados por el grado de alteración y meteorización de las formaciones en relación con las condiciones climáticas de una zona.

### **3.3.1 Clasificación de la inestabilidad de laderas**

Las inestabilidades de laderas son fenómenos que no necesariamente ocurren de manera individual, sino que generalmente evolucionan hacia mecanismos complejos que combinan diversas tipologías, siendo por ello muy difíciles de clasificar. Sin embargo, algunos autores como David Varnes (1978), J.N. Hutchinson (1968), Skempton y Hutchinson (1969) y otros, han propuesto clasificaciones para las inestabilidades de laderas de ocurrencia más frecuentes (INETER, 2005a).

Entre las clasificaciones existentes están: por el contenido de agua, la velocidad del movimiento, la profundidad de la superficie de ruptura, el tipo de ruptura, estado de la actividad y el tipo de movimiento. A continuación se muestra una propuesta de varios tipos de clasificación.

#### **Tipos de movimientos en masa de acuerdo a su velocidad**

- *Sub estabilizado a lentos*, cuando presentan movimientos de 0 a 2 cm/año.
- *Pocos activos*, cuando presentan movimientos de 2 a 10 cm/año.
- *Activos con fases rápidas*, cuando presentan movimientos con velocidades mayores a 10 cm/año.

#### **Deslizamiento atendiendo a la profundidad de la superficie de ruptura**

Los deslizamientos se clasifican como:

- Deslizamiento superficial, la profundidad de la superficie de ruptura está entre 0 y 2 m.
- Deslizamiento semiprofundo, la superficie de ruptura tiene profundidades entre 2 y 10 m.
- Deslizamiento profundo, la profundidad de la superficie de ruptura es mayor de 10 m.

#### **Por el mecanismo de movilización**

- Derrumbes,
- Caídas de bloques,
- Basculamiento o volcamiento,
- Reptación,
- Deslizamientos,
- Flujos o coladas de detritos o tierra,
- Complejos.
- Por el grado de actividad

**Inactivo:** No presenta movimientos actualmente.

**Poco activo:** Presenta poco movimiento

**Activo:** Presenta movimientos actualmente, con movimientos primarios y reactivaciones.

Algunos de los indicadores que pueden ser útiles para la identificación de zonas afectadas por la inestabilidad de laderas o propensas a ellas, están detallada en el cuadro 2.

Cuadro 2. Criterios para la identificación de deslizamientos

<b>Tipología de indicadores por su naturaleza</b>	<b>Indicadores antecedentes</b>	<b>Indicadores potenciales</b>
Geomorfológicos	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, existencia de escarpes y/o contrapendiente etc.	Terreno en pequeñas depresiones, relieve ondulado, apertura de grietas en el terreno
Geológicos	Afloramiento de rocas alteradas en nichos de arranque, estructuras de formas irregulares. Etc.	Planos de fracturación a favor de la pendiente, rocas alteradas, estructuras de formas irregulares, material poco consolidado o deleznable.
Hidrológicos	Abundancia relativa de agua (zonas con mayor verdor). Saturación de suelo, régimen cambiante de manantiales, aparición de pantanos en las cabeceras, en la parte media y al pie de los deslizamientos, desviación de ríos.	Abundancia relativa de agua (zonas con mayor verdor), zonas de surgencia de agua.  Suelos húmedos o mojados en tiempo continuo.
Vegetales	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, troncos torcidos y/o inclinados, rotura de raíces y raíces tensas, discontinuidades repentinas en la cobertura vegetal.	Existencia de plantas típicas de zonas húmedas, raíces tensas.  Árboles curvados en la parte baja del tronco.
Estructurales	Postes inclinados, cables tensos o flojos, casa o construcciones agrietadas o inclinadas, grietas u ondulaciones en los pavimentos, cercos desplazados.	
Toponimia	Nombre de lugares que pueden sugerir inestabilidad del terreno, como Cerro de agua, Cerro partido.	Igual a indicadores antecedentes
Históricos	Testimonio o documentos de eventos pasados	

Fuente: (INETER, 2005a).

### **3.3.2 Métodos Para estimar amenazas a deslizamiento**

#### **Métodos directos o empíricos**

Son métodos que acuden a la simple representación a modo de inventario de los movimientos ocurridos en el pasado basándose en criterios principalmente geomorfológicos. La experiencia del operador es importante a la hora de tipificar el movimiento y representar espacialmente su desarrollo para reducir errores en la cartografía.

Evidentemente, la idea subyacente es que las áreas afectadas por el proceso en el pasado son las que tienen mayor probabilidad de experimentarlo en el futuro. Este tipo de mapas se realizan habitualmente como base para trabajos de mayor detalle (mapas geomorfológicos) y para delimitar las zonas más peligrosas.

#### **Métodos indirectos**

##### **a) Métodos determinísticos**

Se utilizan principalmente en el campo ingenieril para determinar la estabilidad de un talud o ladera, donde las condiciones geomorfológicas y geológicas son homogéneas, y donde se pueden aplicar las leyes físicas necesarias para aplicar los modelos de estabilidad, hidrológicos, etc.

##### **b) Métodos heurísticos**

Los métodos heurísticos se basan en el conocimiento a priori de los factores que producen inestabilidad en el área de estudio. Los factores son ordenados y ponderados según su importancia asumida o esperada en la formación de deslizamientos. Se basan en criterios de expertos, consideran que los factores que influyen en la inestabilidad son ordenados y ponderados según su importancia para clasificar el mapa en clases de peligrosidad, por lo que la subjetividad inherente a su elaboración (como consecuencia de la asignación de pesos) es un aspecto importante a tener en cuenta.

##### **c) Métodos estadísticos o probabilísticos**

Se utilizan cuando se dispone de abundante información, tanto cualitativa como cuantitativa, aplicándose los modelos estadísticos que pueden ser univariantes y multivariantes. Se trata de

métodos que permiten establecer relaciones estadísticas a partir de distintos métodos, entre una serie de factores condicionantes de los deslizamientos tenemos la litología, pendiente, etc. y la distribución actual y/o pasada de los deslizamientos, a escalas de trabajo entre 1/10,000 y 1/5,000. Su uso requiere crear una base de datos que incluya toda esa información (Pico, 2006)

### **3.3.3 Ejemplos de resultados de la identificación de zonas susceptibles a deslizamientos**

González (2001), propuso una metodología para identificar áreas críticas y vulnerables a desastres naturales en la microcuenca Molino Norte y San Francisco en Matagalpa, para ello utilizó el sistema de información geográfica como herramienta clave, con la cual se analizó toda la información obtenida y se delimitó mediante la unión de ambos mapas, áreas de mayor riesgos a desastres naturales. Los resultados del estudio muestran que 89% del área de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran en un nivel de criticidad medio a muy alto, estos niveles de criticidad son consideradas críticos. La subcuenca Molino Norte posee un grado de vulnerabilidad bajo en el 87% de su área con los elementos que fueron evaluados. Mientras, en la subcuenca San Francisco el 59.3% está en un nivel de vulnerabilidad medio y el 38.8% en el nivel bajo de vulnerabilidad.

Al integrar los mapas de áreas críticas con el de vulnerabilidad, la subcuenca Molino Norte presenta 42.1% de su área con lugares a mayor riesgos de desastres naturales; mientras que en la subcuenca San Francisco el 65.8% del área está con mayores riesgos a desastres naturales.

Un ejemplo claro de la importancia de los mapas de amenaza a deslizamiento ocurrió en el municipio de San Nicolás en Nicaragua, el cual se vio gravemente afectado por el paso del huracán Mitch; este fenómeno provocó una serie de deslizamientos de taludes lo cual trajo consigo daños de infraestructura, viviendas, pérdidas económicas en el sector agrícola. Ante esta situación se realizó una prueba piloto en este municipio la cual consistió en la aplicación de una metodología para la elaboración de los mapas de deslizamiento identificando las zonas con amenazas actual y potencial a deslizamiento, demostrando entre los resultados más de 150 zonas inestables. Esta información generada sirvió de insumo para la gestión adecuada

del territorio, identificando las áreas más susceptibles y sirviendo como base para la mitigación de los deslizamientos (INETER, 2005a).

Rosales y Centeno (2009), realizaron un estudio para zonificar áreas potencialmente vulnerables a sufrir deslizamientos de tierra en el municipio de la Conquista, Carazo por medio del método heurístico geomorfológico. Este método consiste en combinar mapas temáticos calificados, con el uso de la herramienta SIG, para luego obtener mapas indicativos de prevención y mitigación de desastres.

Los resultados mostraron que los factores más determinantes en las áreas potencialmente vulnerables son: conflicto de uso de la tierra, geología impermeable, pendientes del terreno mayores del 15%, sitios con alta densidad de fracturas. Los sitios de mayor probabilidad de ocurrencia a deslizamientos son; Cerro la Pitilla, Los Charcones y el Raizado, sitios localizados en suelos marginales de laderas cercanas a comunidades distantes al municipio. El estudio recomienda cambiar las prácticas agrícolas de acuerdo a la vocación de los suelos, e introducir prácticas de conservación de suelos, para disminuir las probabilidades de ocurrencia de estos fenómenos como los deslizamientos.

Pérez y Rojas (2005), llevaron a cabo un estudio en las microcuenca Las Marías en el municipio de León, en la cual se elaboraron mapas indicativos de amenazas a deslizamiento de tierra a través del método heurístico geomorfológico, en la que realizaron análisis espacial de coberturas temáticas de suelo, pendiente, climáticos y antrópicos, a través de herramientas del sistema de información geográfico (SIG).

Los resultados muestran que el sitio más peligroso corresponde a cerro Lomo Ojo de Agua donde se ubican las comunidades de Ojo de Agua y Pozo Viejo. Además, este estudio refleja que los factores que más han incidido en los deslizamientos son la geología, erosión, grado de pendiente y actividades antrópicas.

En Honduras se llevó a cabo un estudio para evaluar la vulnerabilidad y determinar áreas críticas a deslizamientos en la microcuenca del río Talgua, Honduras. La metodología incluyó el uso de sistemas de información geográfica y variables biofísicas, socioeconómicas y

ambientales. Dando como resultado la toma de acciones de gestión del riesgo para establecer prioridades de acción y asignación de recursos económicos y humanos (Reyes, 2003).

En Guatemala se realizó un estudio que partió de un registro histórico proporcionado por INSIVUMEH. Utilizando software de SIG, se generó un mapa digital de deslizamientos con el que posteriormente se estudió la relación de los deslizamientos con otras variables como pendiente del terreno, cobertura vegetal, proximidad a ríos, época del año, etc. (Conlledo, 2006).

En Guatemala, en la subcuenca del río Polochic, Buch (2001), realizó una evaluación del riesgo a deslizamiento, teniendo como resultado la identificación y selección de las comunidades con mayores niveles de vulnerabilidad y riesgo a desastres. Para tal fin utilizó indicadores de vulnerabilidad y amenazas, los cuales se integraron adaptando el programa ALES (Automated Lan Evaluation System).

Salazar (2007), estimó la amenaza por deslizamiento en el valle de Orosí, Costa Rica por medio del método Mora-Vahrson, del cual concluyó que este podría tener varios usos: planificación hacia una gestión integral del territorio evaluado (que puede sugerir un mejor uso del suelo); gestión para la reducción del riesgo para la seguridad de la población (lo que permite una urbanización segura con rutas de evacuación igualmente seguras y eficaces); gestión para la reducción del riesgo de obras ya construidas, como por ejemplo, líneas de transmisión de alta tensión, carreteras, sistema de agua potable.

Gálvez (2010), evaluó el riesgo a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá. El objetivo fue evaluar el riesgo a inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio, para generar información de base que cubra aspectos de identificación de áreas susceptibles a riesgos por deslizamiento (metodología de Vahrson Mora) e inundaciones (modelo de simulación "Floodarea"). También se estimó la vulnerabilidad y se ubicaron las áreas más vulnerables con la ayuda de los sistemas de información geográfica (SIG). Los resultados de la evaluación muestran que las comunidades presentan una vulnerabilidad alta para ambas variables analizadas (inundaciones 74% y deslizamientos 71%). La comunidad que muestra más afectación por amenaza por inundación

es Guadalupe, por lo que los elementos localizados en esta área corren el riesgo de ser destruidos o severamente dañados de presentarse una fuerte avenida. Los sectores con mayor susceptibilidad a deslizamientos resultaron con la aplicación de la metodología de Varshon – Mora, ser las zonas ribereñas y los poblados, así como las vías construidas a media ladera y las zonas de altas pendientes.

Castillo (2010), realizó un estudio análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Cahoacán, cuyo objetivo principal era determinar la vulnerabilidad global y amenaza a deslizamientos en la subcuenca del Alto-Cahoá y de inundaciones en Bajo-Cahoacán, que forman parte de la cuenca del río Cahoacán en el estado de Chiapas, México.

De acuerdo al análisis de vulnerabilidad global en la subcuenca Bajo-Cahoacán, las comunidades con vulnerabilidad alta fueron Brisas del Mar y La Cigüeña. Barra de Cahoacán presentó vulnerabilidad media. La vulnerabilidad global es media para las comunidades de ambas subcuencas. El análisis multicriterio, al igual que el método Mora-Vahrson reveló que la mayor superficie de la subcuenca Alto-Cahoá se encuentra en una categoría de amenaza moderada; misma que coincide con la percepción de los habitantes entrevistados.

De las características morfométricas y de la simulación de inundación se observó que el río Cahoacán puede generar intensas avenidas y provocar inundaciones y desbordamientos en las partes bajas, en especial en la comunidad La Cigüeña, afectando cerca del 90% de su superficie.

### **3.4 Inundaciones**

Las inundaciones se producen cuando lluvias intensas o continuas sobrepasan la capacidad de retención e infiltración del suelo, la capacidad máxima de transporte del río o arroyo es superada y el cauce principal se desborda e inunda los terrenos cercanos a los propios cursos de agua. Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río (INETER, 2005b). Tradicionalmente, en Nicaragua la población ha utilizado inadecuadamente la mayoría de cuencas hidrográficas, por lo que los riesgos de inundaciones se incrementaron en los últimos años, debido a que los coeficientes de escorrentía se elevaron producto de la poca cobertura vegetal en la mayor parte del territorio nacional. Cuando se presentan episodios fuertes de

lluvia, las corrientes de agua se vuelven voluminosas y adquieren una velocidad que incrementan su poder erosivo y destructivo, provocando en general procesos erosivos, flujos de detritos, flujos de lodo y deslizamientos de terreno en las partes altas de las cuencas e inundaciones en las partes medias y bajas de las cuencas hidrográficas afectadas (COSUDE, 2002).

Existen algunos criterios que permiten identificar un fenómeno potencialmente peligroso y que están basados en las experiencias de diferentes especialistas. Estos criterios permiten identificar y tipificar los fenómenos según sus evidencias de campo (COSUDE, 2002a). Una zona de inundación se puede identificar en el campo observando la superficie del suelo para detectar indicios geológicos, hidrogeológicos, geomorfológicos (forma del relieve), pedológicos (suelos), edafológicos (vegetación) y otros, como por ejemplo humedad del terreno, áreas con aguas empozadas, socavación de suelos, terrazas de aluviones, sedimentos, zonas con vegetación baja o vegetación dañada y líneas de escombros cuadro 3.

Cuadro 3. Criterios de identificación de zonas de inundación

<b>Criterios de campo para la identificación de llanuras de inundación.</b>	
Geomorfológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Áreas muy planas, ubicadas a lo largo de los ríos; presencia de zonas de erosión y de terrazas</li> </ul>
Geológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Terrenos compuestos por depósitos no consolidados, derivados de sedimentos transportados por el río (estratos de arena, limo, y gravas) que son muy erosionables durante las inundaciones y crecidas.</li> <li>• Suelos de diferentes características muy heterogéneas.</li> </ul>
Hidrológicos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lecho menor y mayor</li> <li>• Terreno sujeto a inundaciones periódicas por un río padre.</li> <li>• En ríos pequeños la llanura de inundación se encuentra sólo en el interior de las curvas del meandro.</li> <li>• Presencia de lagos de forma semi lunar (meandros abandonados)</li> <li>• Presencia de diques naturales se sedimentos gruesos que se depositan durante las inundaciones.</li> <li>• Áreas pantanosas o áreas con suelos reteniendo altos niveles de humedad</li> </ul>
Vegetación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Diferencias de vegetación</li> <li>• Vegetación perturbada por efectos de inundaciones anteriores</li> </ul>

Fuente: (COSUDE, 2002a).

Las inundaciones pueden clasificarse según su: **duración y mecanismo de generación.**

### **Según su duración**

#### **a) Inundaciones rápidas o dinámicas**

Suele producirse en ríos de montaña o en ríos cuyas cuencas vertientes presentan fuertes pendientes, por efecto de lluvias intensas. Las crecidas son repentinas y de corta duración. Son éstas las que suelen producir los mayores estragos en la población, sobre todo porque el tiempo de reacción es prácticamente nulo.

#### **b) Inundaciones lentas o estáticas**

Se produce cuando las lluvias persistentes y generalizadas, producen un aumento paulatino del caudal del río hasta superar su capacidad máxima de transporte. Entonces el río se sale de su cauce, inundando áreas planas cercanas al mismo. Las zonas que periódicamente suelen quedar inundadas se denominan Llanuras de Inundación.

### **Según su mecanismo de generación**

#### **a) Inundaciones pluviales**

Es la que se produce por la acumulación de agua de lluvia en un determinado lugar o área geográfica sin que ese fenómeno coincida necesariamente con el desbordamiento de un cauce fluvial. Este tipo de inundación se genera tras un régimen de precipitaciones intensas o persistentes, es decir, por la concentración de un elevado volumen de lluvia en un intervalo de tiempo muy breve o por la incidencia de una precipitación moderada y persistente durante un amplio período de tiempo sobre un suelo poco permeable.

#### **b) Inundaciones fluviales**

Causadas por el desbordamiento de los ríos y los arroyos, es atribuida al aumento brusco del volumen de agua más allá de lo que un lecho o cauce es capaz de transportar sin desbordarse, durante lo que se denomina como crecida.

#### **c) Inundaciones por rotura**

Operación incorrecta de obras de infraestructura hidráulica: la rotura de una presa, por pequeña que ésta sea, puede llegar a causar una serie de estragos no sólo a la población sino también a sus bienes, a las infraestructuras y al medioambiente. La propagación de la onda de

agua en ese caso resultará tanto más dañina cuanto mayor sea el caudal circulante, menor sea el tiempo de propagación y más importante sean los elementos existentes en la zona de afectación (infraestructuras de servicios esenciales para la comunidad, núcleos de población, espacios naturales protegidos, explotaciones agropecuarias, etc.).

Existen diversas metodologías para la elaboración de mapas de amenazas por inundación; la utilización de cada una de ellas depende del objetivo del mapa y de la disponibilidad y acceso a información (INETER, 2005b), entre ello tenemos:

**El método geomorfológico integrado**, es basado en criterios geomorfológicos e históricos. El criterio básico para la realización del mapeo y diferenciación de las zonas inundables utilizando el método geomorfológico, consiste en que la frecuencia de la inundación depende de la altura o cota de las terrazas fluviales del río. Este método consiste en describir los procesos hidrológicos e hidráulicos inherentes al evento de inundación con la ayuda de modelos matemáticos y técnicas de SIG.

**La modelación hidrológica**, tiene por objetivo calcular los caudales para cada uno de los cauces y tramos considerados en el área de estudio, a partir de datos de precipitación existentes. Los caudales calculados están asociados a los eventos de lluvia utilizados para su cálculo y pueden, por lo tanto, clasificarse en función de su probabilidad de ocurrencia.

**La modelación hidráulica**, permite calcular los niveles de agua, las profundidades de flujo y las velocidades del mismo en cada una de las secciones de cálculo definidas a lo largo de los cauces considerados.

#### **3.4.1 Ejemplo de estudios del fenómeno de inundación**

INETER (2005b), realizó el estudio que consistió en cartografiar y determinar áreas susceptibles de inundación en el Municipio de Río Blanco; para ello hicieron uso de herramientas SIG. De acuerdo al estudio realizado se identificaron las siguientes comunidades como sujetas a inundaciones: Río Blanco (cabecera municipal), Bocana Sabakitan, El Aulo, La Viva, Ubú Norte, Esperanza, Wanawas Palanón, El Achiote, Linda Vista, Martín Centeno, Los Bajos.

En Nicaragua, en el Municipio La Trinidad se realizó un estudio similar que sirvió como base para orientar las principales acciones a tomar con respecto a la gestión de riesgo a desastres, con el fin de reducir los riesgos a inundación en el municipio; así como, para integrar a los planes de desarrollo municipal, un plan de prevención y mitigación. Se hizo énfasis en un ordenamiento territorial bien planificado y en coordinar las acciones de prevención, mitigación y atención de desastres con las autoridades municipales, instituciones del Estado, organizaciones no gubernamentales, empresas privadas y población en general (CRID, 2009).

Rivera (2002), realizó un estudio sobre evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca río La Soledad en Valle de Ángeles, Honduras, en dicho estudio se determinó mediante modelo hidráulico los caudales picos para diferentes periodos de retorno y mediante SIG, se determinaron áreas susceptibles a inundaciones; para evaluar la vulnerabilidad se recomendó estrategias participativas para su reducción.

Salgado (2005), evaluó la amenaza a deslizamiento e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán Honduras, el estudio determinó la vulnerabilidad global tanto para deslizamientos como para inundaciones, identificando indicadores biofísicos y socioeconómicos, a la vez, se definieron áreas críticas tanto para deslizamientos como para inundaciones (modelación hidrológica e hidráulica, utilizando para ello los programas HECHMS y HEC-RAS). Los resultados del análisis muestran que la microcuenca presenta una vulnerabilidad alta para ambas variables analizadas (inundaciones 64,6% y deslizamientos 68,6%). Las áreas críticas a deslizamientos indican que la microcuenca presenta un 4% con criticidad muy baja, 51% con criticidad baja, 39% con criticidad media y 6% de criticidad alta.

### **3.5 Riesgo**

El riesgo puede entenderse como cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada y que sea vulnerable a ese fenómeno (Wilches-Chaux, 1993).

A la vez Jiménez (2003) citado por Díaz (2004), expresa que el riesgo es el número esperado de pérdidas humanas, heridos, daños a la propiedad, al ambiente, interrupción de las actividades económicas, impacto social, debido a la ocurrencia de un fenómeno natural o provocados por el hombre, es decir, el producto de la amenaza por la vulnerabilidad. Entonces, el modelo conceptual de riesgo se puede expresar así:

$$\text{Riesgo} = \text{Vulnerabilidad} \times \text{Amenaza}$$

Díaz (2004), señala que existen tres componentes esenciales en la cuantificación del riesgo:

- Probabilidad de que ocurra la amenaza: la probabilidad de que ocurra una amenaza natural específica a un nivel de gravedad específico en un periodo específico en el futuro.
- Elementos en riesgo: un inventario de aquellas personas o cosas (en su sentido más amplio) que están expuestas a las amenazas.
- Vulnerabilidad: el grado de pérdida de cada elemento si ocurriese una amenaza de una gravedad determinada.

El riesgo se entiende como el resultado de relacionar la amenaza, o probabilidad de ocurrencia de un evento, y la vulnerabilidad de los elementos expuestos, o factor interno de selectividad de la severidad de los efectos sobre dichos elementos. Medidas estructurales, como el desarrollo de obras de protección y la intervención de la vulnerabilidad de los elementos bajos riesgo, y medidas no estructurales como la regulación de usos del suelo, la incorporación de aspectos preventivos en los presupuestos de inversión y la realización de preparativos para la atención de emergencias, pueden reducir las consecuencias de un evento en una región o una población.

### **3.5.1 Características del riesgo**

Reyes (2003), señala que una característica del riesgo es su carácter dinámico y cambiante en la medida que también son dinámicos y cambiantes los ingredientes que lo producen (amenaza y vulnerabilidad). Es un proceso en movimiento, siempre en vías de actualización.

El riesgo solamente puede existir al concurrir tanto una amenaza como determinadas condiciones de vulnerabilidad. El riesgo se crea en la interacción de amenaza con vulnerabilidad en un espacio y tiempo particular. De hecho, amenazas y vulnerabilidades son mutuamente condicionadas o creadas.

### **3.5.2 El riesgo total**

Lavell (1996), señala que para que exista un riesgo, debe haber tanto una amenaza, como una población vulnerable a sus impactos. Lo que se busca para disminuir el riesgo a desastre, es reducir la vulnerabilidad en la que se encuentra una comunidad, a través de medidas de prevención y mitigación, ya que la amenaza por ser un elemento específicamente natural no es controlable por el ser humano.

### **3.5.3 Enfoques del riesgo**

El análisis del riesgo ha sido enfocado a través del tiempo de distintas maneras, apoyándose en las ciencias que contribuyen a explicar y entender los fenómenos involucrados en la presencia del mismo (Buch, 2001).

En un principio las ciencias naturales enfocaron al riesgo y los desastres como sinónimos de eventos físicos extremos, los que se denominaron desastres naturales. En este sentido eventos como un terremoto, erupción volcánica, huracán, inundación u otro fenómeno era considerado un desastre. En consecuencia el estudio de esta área se concentró en procesos geológicos, meteorológicos, hidrológicos y otros procesos naturales que generan amenazas naturales, identificando ubicación, frecuencia, magnitud e intensidad y distribución espacial de las amenazas de dichos fenómenos (Wilches-Chaux, 1998).

Así mismo, han ido conjugándose las visiones de otras ciencias acerca del riesgo, tal es el caso de las ciencias aplicadas como la ingeniería, cuyo enfoque ha permitido diseñar obras estructurales que permiten reducir el impacto de eventos como sismos o inundaciones. Las ciencias sociales han contribuido de manera importante al conocimiento de la percepción de las amenazas, y cómo tal percepción influye en las decisiones que toma una población

respecto al uso de los recursos naturales. También aportaron un elemento fundamental al indicar que los desastres tienen causas humanas (la vulnerabilidad) y no solo naturales, y que las sociedades y comunidades expuestas a determinadas amenazas son homogéneas.

El enfoque holístico del riesgo ha tenido por objetivo crear un modelo de trabajo que integre los aportes del enfoque social y natural, así como las pérdidas y daños y las estrategias de mitigación de las mismas; esto permite que la percepción y valoración del riesgo por las comunidades y las estrategias de gestión que adopten frente al riesgo, determinan el valor social del mismo (Wilches-Chaux, 1998).

### **3.6 Amenaza**

Es la probabilidad de ocurrencia de un evento (sismos, deslizamientos, inundaciones, huracanes, tsunamis, erupciones volcánicas, etc.) potencialmente dañino, caracterizado por una cierta intensidad, dentro de un periodo dado y en un área determinada (INETER, 2005a).

Engebak (1999) citado por González (2001), refiere que la amenaza puede ser de índole natural o humana. Son amenazas naturales, entre otras, los huracanes, sismos, volcanes, deslizamientos e inundaciones. Las principales amenazas de origen humano se relacionan con la tecnología, el poder político, el poder económico y, en algunos momentos de la historia, con la desesperación nacida de la pobreza y la exclusión.

### **3.7 Vulnerabilidad**

Pico (2006), señala que uno de los primeros autores que utiliza el término vulnerabilidad es Varnes (1984) definiéndola como el grado de daños potenciales, expresado de 0-1, sufridos por un elemento o grupo de elementos expuestos como consecuencia de un fenómeno natural de una intensidad dada.

IPCC (2001), define la vulnerabilidad como el grado por el cual un sistema es susceptible o incapaz de enfrentarse a los efectos adversos del cambio climático. La vulnerabilidad es función de la amenaza, de la sensibilidad del sistema y de su capacidad de adaptación.

La vulnerabilidad, es el grado de debilidad o exposición de un elemento o conjunto de elementos frente a la ocurrencia de un peligro natural o antrópicos de una magnitud dada. Es la facilidad como un elemento (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta y desarrollo político institucional, entre otros), pueda sufrir daños humanos y materiales. Se expresa en términos de probabilidad, en porcentaje de 0 a 100 (INDECI, 2006).

La vulnerabilidad debe ser entendida como un proceso estrechamente asociado al desarrollo, esto significa que las dinámicas productivas de ocupación y uso del territorio, de construcción y demográficas (migraciones, crecimiento de la población, etc.) impactan directamente en la vulnerabilidad de una población y sus medios de vida (INDECI, 2006).

Wilchex-Chaux (1993), define la vulnerabilidad como el grado de pérdida (que puede ser medido de 0 a 100 por ciento) generado como resultado de la acción o presencia de un fenómeno potencialmente dañino en un lugar específico. El riesgo es directamente proporcional a la vulnerabilidad, esto es, cuanto mayor es la vulnerabilidad, mayor será el riesgo en el que se encuentra una región o población en particular.

Los análisis de vulnerabilidad son parte esencial del proceso de integración de la estrategia ante desastres naturales con las metas generales de desarrollo. Ellos identifican las fuentes de riesgo, los grupos vulnerables y las intervenciones potenciales. Los análisis de vulnerabilidad permiten a quienes formulan las políticas definir acabadamente las metas de los planes de gestión del riesgo y establecer los objetivos para reducir la vulnerabilidad (Freeman *et ál.*, 2002). Los sistemas no son expuestos a sólo estrés climático, sino que también pueden ser afectados por factores económicos y sociales que aumenta su vulnerabilidad (Agua sustentable 2010).

Jiménez (2007) citado por Castro (2008), 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.

El desarrollo de esta metodología en esta investigación se adapta a las aproximaciones de Wilches-Chaux (1993) sobre los conceptos de Desastre, Riesgo, Amenaza y Vulnerabilidad que se basan en la aplicación de la teoría de sistemas al estudio de los desastres y su implicancia en el desarrollo. La vulnerabilidad global se divide en distintas vulnerabilidades que se encuentran interconectadas entre sí, pudiendo destacar que estas divisiones son sólo diferentes perspectivas que permiten evaluar la vulnerabilidad como un fenómeno global, entre éstas están:

### **3.7.1 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.

### **3.7.2 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.

### **3.7.3 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.

#### **3.7.4 Vulnerabilidad política**

Trata de reflejar el apoyo que pueda estar teniendo o pueda tener la comunidad por parte de la municipalidad, las disposiciones jurídicas para proponer ordenanzas relacionadas a la gestión de riesgo; a la vez, refleja el nivel de participación y representatividad de la población ante el estado, factor muy importante para canalizar la ayuda necesaria en momentos y lugares claves.

#### **3.7.5 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.

#### **3.7.6 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 habita.

#### **3.7.7 Vulnerabilidad ecológica**

Las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona la definen, 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.

### **3.7.8 Vulnerabilidad económica**

Viene dada directamente por los indicadores de desarrollo económico presente 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 fenómeno natural, pero es 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.

### **3.7.9 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 fenómeno o desastre, esto se traduce en la capacidad de respuesta ante tales situaciones de emergencia.

### **3.7.10 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.

## **3.8 Gestión del riesgo**

Según el Centro Humbolt (2005), señala que el enfoque de gestión de riesgo consiste en:

- Comprender el proceso por medio del cual un grupo humano o individuo toman conciencia del riesgo que enfrenta, lo analiza y lo entiende, considera las opciones y prioridades en términos de su reducción, considera los recursos disponibles para enfrentarlo, diseña las estrategias e instrumentos necesarios para enfrentarlo, negocia su aplicación y toma la decisión de hacerlo.

- Reducir riesgos promoviendo procesos de construcción de nuevas oportunidades racionales.
- Construir la información mínima que permita calcular el riesgo que se va a asumir y prever las reservas que permitirían la supervivencia en condiciones adecuadas.

La gestión de riesgo forma parte del manejo de desastres y se concentra en el *antes* del fenómeno natural extremo (análisis de riesgo, prevención, preparación). Solo en cuanto al análisis de riesgo se refiere también al *durante* y al *después* del desastre. Es un instrumento para la reducción del riesgo de desastres, sobre todo a través de la disminución de la vulnerabilidad en base a acuerdos sociales que surgen como resultado del análisis de riesgo.

Estos acuerdos sociales son el producto de un proceso social altamente complejo, en el que participan todas las capas sociales y todos los grupos de interés y constituyen uno de los fundamentos necesarios para poder hacer frente a las consecuencias de fenómenos naturales extremos futuros (prevención, preparación) (GTZ, 2002).

Para la gestión del riesgo, es esencial lograr reducir la vulnerabilidad y para ello es necesario, entre otras acciones, planificar y gestionar el uso del suelo, alcanzar un manejo integrado de los recursos naturales dentro de las cuencas hidrográficas, la educación ambiental, la participación comunitaria, todo lo anterior unido a un marco institucional bien estructurado, no solo bajo una planificación de políticas, programas y proyectos de desarrollo coherentes al ámbito local y sino también bajo la posibilidad de poner en práctica las medidas de reducción de la vulnerabilidad (Buch, 2001).

En la gestión del riesgo las medidas o acciones de intervención pueden ser aplicadas en tres distintos niveles: a) prevención: evitando el encuentro de los factores que producen un desastre (amenaza y vulnerabilidad), b) mitigación: aminorando dicho encuentro y sus consecuencias y C) preparación: aumentando la probabilidad de salvar vidas y los bienes de la población, al momento de presentarse un desastre (Valenzuela, 2000).

### 3.8.1 Gestión local del riesgo

Los actores en el nivel local y comunal son de gran importancia para la gestión de riesgo en países en vías de desarrollo por las siguientes razones:

- Los desastres naturales afectan raras veces a la totalidad de un país. El riesgo de desastres varía frecuentemente, incluso, de una subregión a otra. Por esa razón, tienen que aprovecharse los conocimientos locales para una eficiente gestión de riesgo y ajustarse las medidas a las amenazas y vulnerabilidad local. Así puede orientarse la gestión al riesgo específico de la mejor manera posible.
- Las autoridades nacionales de protección contra desastres, en la mayoría de los países en vías de desarrollo, están organizadas de manera central y, en caso de emergencia, no están en condiciones de ayudar con rapidez y eficiencia a la población, especialmente en las áreas rurales. En muchos casos, los sistemas nacionales de alerta temprana (p.ej. informaciones sobre tornados) no llegan a la población o la alcanzan demasiado tarde. Por consiguiente, las estructuras locales de un área amenazada son las que tienen que preocuparse de la preparación y protección de la población.
- La sociedad misma contribuye repetidas veces al aumento del riesgo de desastres (degradación del suelo como consecuencia de la deforestación, urbanizaciones en laderas peligrosas, etc.). Por tanto, se la debería sensibilizar en lo concerniente a los peligros y hacerla responsable en lo inherente a la gestión de riesgo.
- Toda persona puede contribuir en algo a la reducción del riesgo de desastres y debería brindársele las posibilidades para ello. De esa manera, podrá lograrse que la población amenazada asuma una mayor responsabilidad propia y se alcance una mayor sostenibilidad de las medidas preventivas (GTZ, 2002).

La gestión de riesgo es un proceso de decisión y de planificación que permite a los actores locales.

- Analizar el entorno

- Tomar decisiones de manera conscientes
- Desarrollar una propuesta de intervención concertada.

Según Eger *et ál.*; (2006) y Cosamalón (2009), citado por Díaz (2010), existen tres formas para gestionar el riesgo:

**La gestión prospectiva.** Es el proceso a través del cual se adoptan con anticipación medidas o acciones en la planificación del desarrollo, que promueven la no generación de nuevas vulnerabilidades o peligros. En este proceso, hay que aplicar una gestión del territorio de acuerdo a la aptitud de la tierra. Se concreta a través de regulaciones, inversiones públicas o privadas, planes de desarrollo o planes de ordenamiento territorial.

Hacer prospección implica analizar el riesgo a futuro para la propia inversión y para terceros, y definir el nivel de riesgo aceptable.

**La gestión correctiva.** Es el proceso a través del cual se adoptan, con anticipación, medidas o acciones en la planificación del desarrollo, que promueven la reducción de la vulnerabilidad existente. Los indicios o avisos de que un riesgo está latente son las afectaciones resultantes de pequeños eventos físicos como inundaciones y deslizamientos que ocurren a diario. Estas son las señales de que la sociedad no se está relacionando adecuadamente con el ambiente y que esta mala relación podría desencadenar un desastre de envergadura a futuro.

La lectura de estas señales y la acción oportuna podría revertir los procesos que construyen estos riesgos. Dado que el riesgo se construye de manera social en diferentes ámbitos (global, nacional, regional, local, familiar), debe corregirse en esos mismos ámbitos.

**La gestión reactiva.** Busca responder de la mejor manera ante situaciones de desastre (preparativos para la emergencia y reconstrucción).

### **3.9 Agroecología y adaptación al cambio climático.**

Altieri, (1995) citado por Nicholls y Altieri (2012), indican que la agroecología como una ciencia aplicada, utiliza conceptos y principios ecológicos para el diseño y manejo de Agroecosistemas sostenibles, donde los insumos externos se sustituyen por procesos naturales

como la fertilidad natural del suelo y el control biológico; la agroecología va más allá del uso de insumos alternativos para desarrollar agroecosistemas integrales con una dependencia mínima de los insumos externos, el énfasis está en el diseño de sistemas agrícolas complejos, en los que las interacciones ecológicas y la sinergia entre los componentes biológicos reemplazan a los insumos para proporcionar los mecanismos necesarios para el mantenimiento de la fertilidad del suelo, la productividad y la protección de los cultivos.

La amenaza del cambio climático global ha causado consternación entre científicos ya que la producción de cultivos se podría ver seriamente afectada al cambiar radicalmente los regímenes de temperaturas y lluvias, comprometiendo así la seguridad alimentaria tanto a nivel local como mundial. Las estadísticas oficiales predicen que los agricultores más pobres en los países en vías de desarrollo son especialmente vulnerables a los impactos del cambio climático debido a su exposición geográfica, bajos ingresos, mayor dependencia en la agricultura para su sobrevivencia y su limitada capacidad de buscar otras alternativas de vida Easterling *et al.*, 2007 citado por Altieri y Nicholls 2013.

Según IPCC (2001b), la adaptación al cambio climático se refiere a los ajustes en sistemas humanos o naturales como respuesta a estímulos climáticos proyectados o reales, o sus efectos, que pueden moderar el daño o aprovechar sus aspectos beneficiosos. La adaptación se puede distinguir entre **adaptación autónoma o espontánea**; que es aquella que o constituye una respuesta consciente a estímulos climáticos, sino que es provocada por cambios ecológicos en los sistemas naturales y cambios en el mercado o el bienestar en los sistemas; por ejemplo, un productor que responde a los cambios en los patrones de precipitación por medio de cambios en las especies de producción, fecha de siembra y cosecha.

Además la capacidad de adaptación es dinámica, y depende en parte de la base productiva social, en particular de: los bienes de capital natural y artificial, las redes y prestaciones sociales, el capital humano y las instituciones, la gobernanza, los ingresos a nivel nacional, la salud y la tecnología. Incluso sociedades de alta capacidad de adaptación siguen siendo vulnerables al cambio climático, a la variabilidad y a los valores extremos (IPCC, 2007a).

La UICN (2003), expresa que la adaptación al cambio climático debe ser abordada bajo tres prioridades importantes, las cuales son:

1. Disminuir las vulnerabilidades de las personas y las sociedades ante mutaciones en tendencias hidrometeorológicas, ante una mayor variabilidad y ante eventos graves.
2. Proteger y restaurar ecosistemas que brindan recursos y servicios críticos de tierras y agua.
3. Reducir la discrepancia entre suministro y demanda de agua.

Algunas medidas de adaptación como: cambios en el uso de la tierra, manejos sustentables, seguros agrícolas, riego suplementario, genotipos adaptados a condiciones de estrés, y cambios en las técnicas culturales de los cultivos, son frecuentemente utilizadas en el sector agropecuario para enfrentar la variabilidad climática interanual (UICN, 2003).

La planificación de uso del suelo podría ser una de las mejores herramientas para la mitigación y adaptación al cambio climático, porque disminuyen la erosión, mejora la infiltración del agua y nutrientes en el suelo (Lal *et al.*, 2011). Además, la protección de los ecosistemas naturales, el uso de zonas amortiguamiento, la conservación de los bosques ribereños y los humedales son también otras herramientas que pueden ayudar a mitigar y adaptarse al cambio climático, porque aseguran una provisión perdurables de los servicios ambientales a los seres humanos (CEPAL 2011; Lal *et al.*, 2011).

Los sistemas agroforestales (SAF), los cuales por sus características son fundamentales en la mejoría de la conectividad a nivel de paisaje, también proporcionan hábitat para diferentes especies de fauna y contribuye a la conservación de la biodiversidad; otros beneficios son el mejoramiento de las condiciones del suelo, el mantenimiento de los ciclos hidrológicos y la reducción del efecto negativo del exceso de bióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera. Por lo tanto la agroforestería ofrece la oportunidad para conciliar los objetivos de mitigación y adaptación al cambio climático y al mismo tiempo mantener la productividad de los cultivos y alternativa para mejorar el paisaje entre ecosistemas que albergan biodiversidad (Gamboa *et al.*, 2009).

Otra medida de adaptación son las plantaciones forestales con especies nativas las cuales proveen beneficios ambientales locales y globales además de convertirse en refugio a especies animales. Este mismo autor reconoce múltiples beneficios de las plantaciones nativas en áreas degradadas como lo son el incremento de hábitats naturales y biodiversidad, disminución de la erosión del suelo, potenciales sumideros de carbono y protección del recurso hídrico (Streed *et al.*, 2006)

Reid y Swiderska (2008), consideran que la biodiversidad es clave en el proceso de adaptación del hombre al cambio climático, así como en el modo en que los paisajes pueden absorber y guardar carbono de forma efectiva y también en la manera como la vegetación y los ecosistemas pueden reducir los impactos adversos del cambio climático. Los ecosistemas que poseen una «diversidad funcional» rica, es decir, especies que llenan un amplio espectro de funciones ecológicas, son más estables y se adaptan mejor al cambio climático que los sistemas empobrecidos. Agrega que la biodiversidad y los servicios de ecosistemas son los cimientos sobre los cuales se construyen muchas estrategias de adaptación, que también pueden ser útiles al pensar en la mitigación del cambio climático.

Decker (2009), encontró 112 especies de aves en un estudio a nivel del agropaisaje de la subcuenca Copán. Se evidenció que las pasturas con alta densidad de árboles presentan riquezas de aves similares a los bosques (más de 35 especies), lo cual confirma al igual que otros estudios en agropaisajes de Nicaragua y Costa Rica la importancia de los usos de la tierra con cobertura arbórea diversa para la conservación de la biodiversidad.

Por esta razón, el reto de la adaptación al cambio climático exige duplicar esfuerzos para reducir la pobreza, y la vulnerabilidad socioeconómica y ambiental, para aumentar la resiliencia y la capacidad adaptativa de las sociedades. De manera que es más rentable actuar ahora que dejar los problemas a las generaciones futuras (CEPAL, 2011).

La diversificación es por lo tanto una estrategia importante para el manejo del riesgo de la producción en sistemas agrícolas pequeños. En agroecosistemas tradicionales el predominio de sistemas complejos y diversificados es de gran importancia para la estabilidad de los campesinos, permitiendo que los cultivos alcancen niveles aceptables de productividad aun en

condiciones de stress ambiental. En general, los agroecosistemas tradicionales son menos vulnerables a la pérdida catastrófica porque la variedad amplia de cultivos y variedades en varios arreglos espaciales y temporales exhiben compensación en caso de pérdida (Altieri y Nicholls 2009).

### **3.9.1 Experiencias en resiliencia al cambio climático**

Para poder proteger los sistemas de vida de los agricultores de una zona determinada es necesario identificar los factores que incrementan el riesgo, pero más importante es incrementar la resiliencia de sus sistemas productivos. Dada la interconexión entre el ambiente, los recursos naturales, las amenazas naturales y la seguridad alimentaria, se hace necesario reducir la vulnerabilidad mediante la adopción de estrategias de manejo sustentable de recursos naturales como suelo, agua y bosques, mejorando así la matriz ambiental circundante (Nicholls y Altieri, 2012).

El hecho de que muchos campesinos comúnmente basen su producción en los policultivos y/o en sistemas agroforestales, señala la necesidad de volver a evaluar la tecnología indígena como fuente de información clave acerca de la capacidad de adaptación, particularmente centrada en su capacidad selectiva, experimental y de resiliencia frente al cambio climático. Comprender las características agroecológicas de los agroecosistemas tradicionales, puede ser la base para el diseño de sistemas agrícolas resilientes (Altieri y Koohafkan 2008).

Uno de los estudios pioneros realizado en laderas de América Central después del huracán Mitch en 1998, reveló que los agricultores que utilizaban prácticas de diversificación como cultivos de cobertura, sistemas intercalados y sistemas agroforestales, sufrieron menos daño que sus vecinos con monocultivos convencionales. El estudio abarcó 360 comunidades y 24 departamentos en Nicaragua, Honduras y Guatemala.

El estudio reveló que después del huracán, las parcelas diversificadas (“sostenibles”) tenían un 20-40% más de capa arable de suelo, mayor humedad en el suelo, menos erosión y experimentaron menores pérdidas económicas que sus vecinos “convencionales” (Holt-Giménez, 2001).

Rosset *et al.*, 2011 citado por Altieri y Nicholls (2013) en su estudio encontraron que cuarenta días después de que el huracán **Ike** azotó a Cuba en 2008 en las provincias de Holguín y las Tunas se encontró que las fincas diversificadas exhibieron pérdidas de 50% comparadas con el 90 o el 100% en las fincas vecinas con monocultivos. Igualmente, explotaciones manejadas agroecológicamente, mostraron una recuperación más rápida de producción (80-90%) 40 días después del huracán, que las fincas bajo monocultivos.

Philpott *et al.*, 2009 citados por Nicholls y Altieri (2012), en su estudio realizado en cafetales y otros sistemas que exhibían mayor complejidad vegetal sufrieron menor daño por derrumbes después del Huracán Stan que azotó la región del Sotonusco, Chiapas, México. Ambos estudios demuestran la importancia de incrementar la diversidad y complejidad de plantas en sistemas agroforestales (SAFs) a algunos tipos de daños asociados con huracanes.

Lin (2007), encontró que en agroecosistemas de café en Chiapas, México, la temperatura, humedad y las fluctuaciones de la radiación solar incrementaron significativamente a medida que el sombrero decrecía, así ella concluyó que la sombra estuvo relacionada directamente con la mitigación de la variabilidad en microclima y humedad del suelo para el cultivo del café. Claramente, la presencia de árboles en diseños de agroforestería constituye una estrategia clave para la mitigación de la variabilidad del microclima en sistemas de agricultura campesina minifundista.

Salazar (2013), propone una metodología para la medición de la resiliencia agroecológica en sistemas campesinos, comparando prácticas de manejo cultural con enfoque agroecológico y convencional en la cordillera central de los Andes Colombianos. El estudio identificó diferencias en la resiliencia entre fincas agroecológicas e convencionales, mostrando que las prácticas de manejo agroecológico tienden a mostrar una mayor capacidad de resiliencia frente a los riesgos climáticos. La definición e identificación de estas capacidades mostraron el potencial de la gestión del riesgo desde el abordaje de la capacidad de respuesta y adaptación; y son precisamente los campesinos con manejos alternativos los que fueron capaces de enfrentar, resistir y recuperarse de eventos meteorológicos extremos.

Córdoba y León (2013), estudiaron las posibilidades de resiliencia ecosistémica y cultural de seis fincas campesinas (tres ecológicas y tres convencionales) en Anolaima, localidad de los Andes colombianos. Los resultados muestran que las fincas ecológicas presentan mejores condiciones de EAP que las convencionales y que, en general, poseen mayores puntuaciones de resiliencia (entre 2.98 y 3.91) que sus homologas convencionales, ninguna de las cuales alcanza el mínimo de 3.0 / 5.0. Todas las fincas son vulnerables en sus características geomorfológicas y de suelos (fincas en áreas montañosas con pendientes elevadas y suelos arcillosos, susceptibles a los movimientos en masa) y en cuestiones económicas e institucionales.

Ibrahim *et al.*, (2007), en un estudio en el trópico subhúmedo de Costa Rica y Nicaragua buscaban información acerca del potencial de secuestro de carbono en suelo y en la biomasa arbórea en los sistemas de uso de la tierra predominantes en paisajes dominados por la ganadería. En los tres países las pasturas degradadas fueron el uso de la tierra que menos carbono total almacenó. El bosque secundario fue el uso de la tierra que presentó mayores cantidades del total de carbono en Costa Rica y Nicaragua, mientras que en Colombia fueron los bosques riparios.

### **3.10 Uso del sistema de información geográfica (SIG) y su aplicación ante amenazas naturales**

Según Velásquez (2004), citado por Salgado (2005), refiere que un SIG se define como un conjunto de métodos, herramientas y datos que están diseñados para actuar coordinada y lógicamente para capturar, almacenar, analizar, transformar y presentar toda la información geográfica y de sus atributos con el fin de satisfacer múltiples propósitos.

El mundo real es representado espacialmente por los SIG como una superposición de capas temáticas que utilizan, en el formato vector, líneas, polígonos y puntos para representar los diferentes elementos de cada capa presentes en un área definida. Los atributos de los elementos de cada capa temática se almacenan en una base de datos (Molina *et al.*, 2005).

El uso de técnicas geoestadísticas gracias al soporte de diversos software para procesamiento automatizado así como de Sistemas de Información Geográfica (SIG), se ha convertido hoy en día en una herramienta de gran capacidad y aplicabilidad para el estudio de variables espaciales, tal como se desprende de la recopilación de los diferentes trabajos realizados en esta área de investigación.

La gran ventaja de gestionar la información espacialmente referenciada en formato digital ha significado una disminución en el tiempo de manipulación de ésta respecto a la utilización tradicional de soportes analógicos, acorde con la dinámica de los procesos de gestión del territorio en la actualidad, lo cual sitúa a los SIG como una herramienta de gran impacto en la gestión eficiente de los recursos por parte de las instituciones que disponen y utilizan dicha información (Mena *et al.*, 2008).

Según Guerra *et al.*, (2006), existen en el mercado, y también de manera libre por la red (World Wide Web), una diversidad de programas diseñados para procesar, estimar y simular geoestadísticamente bases de datos en diferentes campos tales como: minería, industria petrolífera, geología, meteorología, climatología, cartografía de suelos-edafofología, hidrología, hidrogeología, silvicultura, ecología, patología vegetal, entomología, salud pública y otros. Entre los programas informáticos más utilizados se pueden mencionar: Geo-EAS, GSLIB, GSTAT, VARIOWIN, VESPER, R+, SADA, WINGSLIB, IDRISI, SURFER, ARCGIS GEOSTATISTICAL ANALIST, entre otros.

La capacidad ofrecida por los Sistemas de Información Geográfica (SIG) de generar nueva información a partir de un conjunto de datos espaciales ha revolucionado el manejo y análisis de la información geográfica, convirtiéndose en una herramienta altamente especializada para la gestión de dicha información, lo cual se ve reflejado en la gran difusión de estos sistemas en diferentes sectores que manejan información espacial y temática asociada, principalmente para resolver problemas de tipo ambiental, social y económico.

Los SIG ayudan a los planificadores a identificar medidas de prevención basadas en regulaciones del uso del suelo, sistemas de prevención y alerta, sistemas de información para la educación y concientización. Facilitan la implementación de los preparativos de

emergencia y actividades de respuesta (hospitales, estaciones de policía y bomberos, albergues, y otros elementos de los servicios vitales), permitiéndoles visualizar gráficamente las áreas de impacto de peligros y relacionarlas con personas y propiedades en riesgo. Son adecuados para procesos de evaluación y rehabilitación post-desastre y trabajos de reconstrucción, por su capacidad para manejar y combinar mapas con bases de datos alfanuméricas con la información descriptiva correspondiente (Pusineri, s.f).

## IV MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Descripción del área de estudio

#### 4.1.1 Ubicación

El municipio de Pueblo Nuevo, está ubicado a 56 km en el extremo noroeste de la cabecera departamental Estelí, y a 205 km al norte de la ciudad de Managua (capital de la República). La microcuenca el Espinal se encuentra localizada entre los  $13^{\circ} 17' 51''$  y los  $13^{\circ} 23' 48''$  latitud norte, y entre los  $86^{\circ} 32' 14''$  y  $86^{\circ} 36' 12''$  longitud oeste (Figura 2). Comprende un 45% de la totalidad del territorio del Municipio de Pueblo Nuevo. Su extensión se estima en  $91.53 \text{ km}^2$ . Las hojas cartográficas correspondientes a la zona son: 2956-III, 2955-IV, 2855-I y 2856-II escala 1:50.000. La microcuenca del río el Espinal pertenece a la Subcuenca del río Pueblo Nuevo, que a su vez, forma parte de la Cuenca del Río Estelí, afluente de la cuenca del Río Coco.

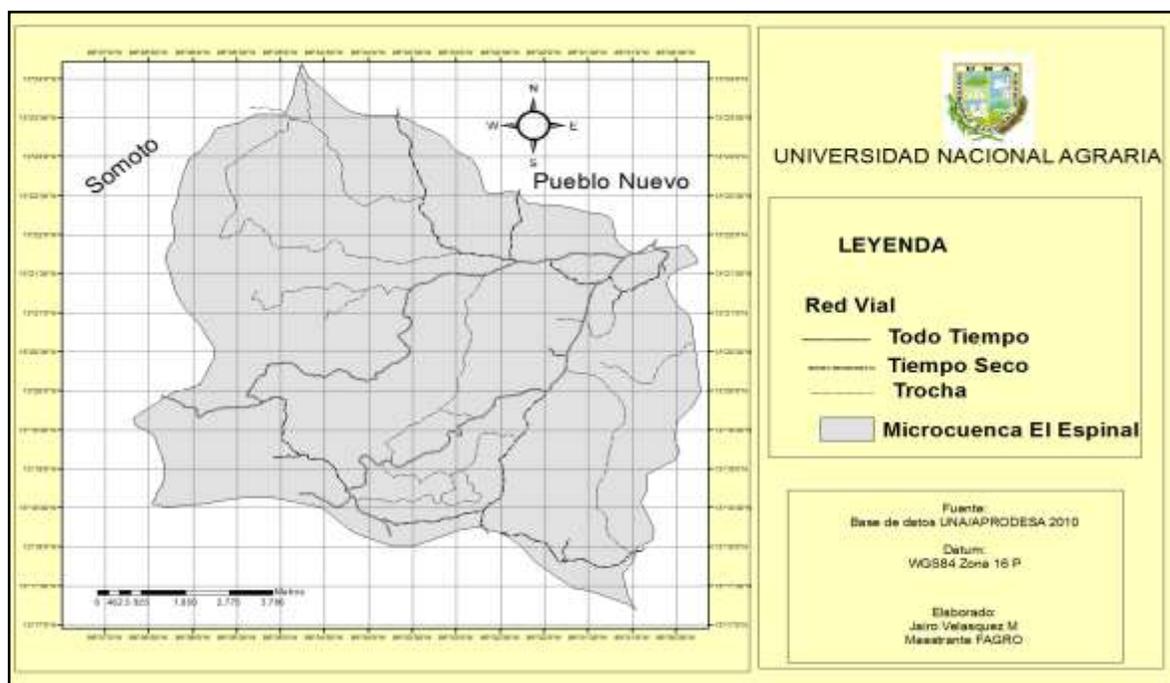


Figura 2. Localización de la microcuenca El Espinal dentro del municipio de Pueblo Nuevo.

## 4.2 Características del subsistema biofísico

### 4.2.1 Precipitación

La precipitación en el municipio de Pueblo Nuevo es variada, en parte debido a su topografía. El período lluvioso inicia en el mes de mayo y termina en octubre, siendo este último el mes de mayor precipitación. En los meses de julio y agosto se presenta el veranillo o canícula, la cual es poco acentuada. La estación seca se inicia en noviembre y finaliza en abril (Cuadro 4).

Cuadro 4. Parámetros climáticos por mes de la estación Condega, periodo 1956-1999

<b>MES</b>	<b>Precipitación Media (mm)</b>	<b>Humeda d Relativa (mm)</b>	<b>Tempera tura Media (°C)</b>	<b>Evapo ración Media (mm)</b>	<b>Velocida d del Viento (m/s)</b>	<b>Evapotra nspiración (mm)</b>
<b>Enero</b>	9.0	78.0	21.8	144.0	2.6	<b>116.8</b>
<b>Febrero</b>	10.0	74.0	22.6	165.0	2.6	<b>121.8</b>
<b>Marzo</b>	15.0	71.0	24.1	211.0	2.5	<b>156.2</b>
<b>Abril</b>	27.0	68.0	25.1	204.0	2.5	<b>164.9</b>
<b>Mayo</b>	109.0	74.0	25.1	171.0	2.0	<b>161.8</b>
<b>Junio</b>	132.0	82.0	23.9	110.0	1.8	<b>137.1</b>
<b>Julio</b>	82.0	83.0	23.4	107.0	2.0	<b>137.9</b>
<b>Agosto</b>	102.0	81.0	23.7	111.0	2.2	<b>143.8</b>
<b>Septiembre</b>	136.0	84.0	23.6	98.0	1.9	<b>129.6</b>
<b>Octubre</b>	146.0	84.0	23.5	92.0	1.8	<b>126.5</b>
<b>Noviembre</b>	39.0	83.0	22.4	101.0	2.0	<b>111.8</b>
<b>Diciembre</b>	14.0	80.0	21.9	115.0	2.4	<b>111.6</b>
<b>T O T A L</b>	<b>787.0</b>	<b>78.5</b>	<b>23.4</b>	<b>1609.0</b>	<b>2.2</b>	<b>1619.9</b>

Fuente: SINAPRED, 2004.

#### 4.2.2 Zonas climáticas

Según la clasificación de Köppen, el clima predominante en la micro cuenca es de Sabana Tropical, caracterizado por ser cálido y seco. La dirección predominante de los vientos es de Este a Oeste y la sub predominante de Norte a Sur (Rivera, 1996).

Debido a las diferencias altitudinales, se distinguen tres zonas naturales:

- **Zona Húmeda:** con una precipitación promedio anual entre 900 y 1,250 mm, altitud promedio de 1500 msnm, temperaturas mínimas de 17.5 °C y pendientes promedio de 30 a 45 %.
- **Zona Semi – Húmeda:** con precipitación anual de 900 mm, temperaturas mínimas de 21 °C, altitud de 800 msnm, con pendientes entre 8 y 15 %.
- **Zona Seca:** con precipitación anual de 800 mm, temperatura superior a los 25 °C, altitud promedio de 600 msnm, con pendientes entre 0 y 8 %.

#### 4.2.3 Geología

La microcuenca el Espinal se caracteriza por el predominio de rocas volcánicas del terciario, de los grupos Matagalpa y Coyol.

El **Grupo Matagalpa** incluye rocas tales como lavas intermedias, lahares, brechas y piroclásticos, la mayoría del tipo andesíticas. Se distinguen de unidades similares del Grupo Coyol por su deformación más intensa y meteorización avanzada a rocas friables, frecuentemente cloritizadas con tonalidades verde, azul, rojo y gris. Cubren un área de 1,192.69 ha.

El **Grupo Coyol** yace discordantemente sobre el grupo Matagalpa, está compuesto de una sucesión de rocas ígneas, con una composición relativamente uniforme; incluye lavas andesíticas, Ignimbritas dacíticas, aglomerados, lavas basálticas e Ignimbritas.

- La **Andesita** (Coyol Inferior Andesita, Tmca) es una roca de grano fino, conocida comúnmente como colada de lava, de color gris a castaño, compuestas principalmente por minerales ortoclasa y plagioclasas, que pueden presentar piroxenos, anfíboles y biotita. Cubren una extensión de 952.65 ha.

- La **Dacita** (Coyol Superior Inferior Dacita) es una toba formada sobre la superficie de la tierra, a partir del depósito de una nube ardiente de cenizas, cuyos componentes son soldados por el calor implicado en su formación. Cubren un área de 3,792.85 ha.
- El **Basalto** (Coyol Superior Basalto, TPcb) es una roca formada a partir de lavas máficas, compuestas principalmente por plagioclasas cálcica y piroxeno, con olivino y anfíboles. Por lo general, son de textura de grano fino, aunque algunas son totalmente vítreas por enfriamiento brusco en la superficie. Cubren un área de 3,792.85 ha
- La **Ignimbrita** (Coyol Superior Ignimbrita, Tpci) consiste de tobas formadas sobre la tierra, provenientes de una nube ardiente de cenizas, cuyos componentes son soldados por el calor implicado en su formación. Cubren una extensión de 84.12 ha.

De manera general, se puede decir que estas rocas son resistentes a la meteorización; sin embargo, después de varios siglos y en condiciones de alta humedad, se lograron formar suelos profundos, arcillosos, de colores pardos a pardo rojizos.

El **Cuaternario Aluvial** (QA1) consiste de depósitos de gravas, arena, arcilla y limo, arrastrados por corrientes de agua desde las partes altas de las laderas, que se acumularon en las partes bajas, generalmente en franjas alargadas a orillas de los ríos. En algunos sectores de la parte baja de la cuenca estos materiales han dado lugar a suelos profundos, francos a franco arcillosos, pardo oscuros; mientras que los depósitos más finos han originado suelos moderadamente profundos, pardo oscuros a pardo grisáceos, de textura arcillosa, que se sellan hasta llegar a encharcarse en la época húmeda, y en la época seca se agrietan, debido a la presencia de arcillas esmectitas. Cubren un área de 952.29 ha.

#### 4.2.4 Suelos

De acuerdo al estudio de APRODESA/UNA (2010), en la microcuenca se identifican cuatro órdenes de suelos los cuales se describen a continuación:

- **Vertisoles:** Son suelos negros, arcillosos o barrialosos, lo que hace que en época de lluvia sean difícil de labrar, mientras que en época seca se endurecen y agrietan; tienen drenaje interno de moderado lento a imperfecto. Generalmente, presentan una buena fertilidad debido a su alta saturación de bases; sin embargo, son bajos en materia

orgánica. En la micro cuenca se identifican los subgrupos taxonómicos Entic pellustert y Typic pellustert; ocupan un área de 743.40 ha, equivalente al 8.11 % del territorio. Están siendo utilizados con granos básicos, hortalizas y pastos.

- **Entisoles:** Son suelos delgados, con un epipedón ócrico (horizonte A, con bajo contenido de materia orgánica), sobre materiales geológicos con poco o ningún grado de meteorización, o superficies fuertemente erosionadas; no son lo suficientemente profundos para ser cultivados; en algunas áreas presentan rocas en la superficie que limitan el desarrollo de las plantas. En la cuenca se identifican los subgrupos taxonómicos Vertic ustorthent, Lithic udorthent, Typic ustorthent; ocupan un área de 508.06 ha, equivalente a 5.54 % del área total. La mayor parte se usan con pastos y tacotales
- **Alfisoles:** Son suelos desarrollados, de color oscuro, de moderada fertilidad; presentan un perfil con horizontes bien diferenciados, con mayor cantidad de arcilla en los horizontes subsuperficiales. En la micro cuenca se encuentran los subgrupos taxonómicos Rhodic kandiudalf, Typic hapludalf; cubren la mayor proporción del área de la cuenca, con 6717.6 ha (73.3 %). Son usados con cultivos en las partes baja y media de la micro cuenca, mientras que en la parte alta se usan con pasto, forestal, café bajo sombra y en menor proporción con granos básicos.

#### 4.2.5 Hidrografía

La red hidrográfica de la microcuenca El Espinal municipio está conformada por ríos principales, tributarios y estacionales, estos son:

- Río El Rosario: La cabecera se localiza al Oeste del municipio; surgiendo sus vertientes de la Fila El Naranjo, Fila Santa Isabel, Cerro Los Placeres y Cerro Las Delicias, con una elevación promedio de 1500 msnm. Su cabecera se ubica en territorio del municipio de San Lucas. El recorrido permanente es de 6.0 Km. y aporte estacional de 29.50 Km., desembocando en el cruce de Paso Hondo.
- Río El Jícaral: Se ubica en la parte Suroeste de la cabecera municipal y tiene afluentes de las quebradas: El Carmen, El Caracol y Los Horcones; estas nacen en la Loma Santa Ana, Cerro El Aguacatal, San Francisco y Los Llanos, que se encuentran a una elevación entre

1,735.8 – 1,121 msnm. Recorre un trayecto de flujo permanente de 3.75 km, su aporte estacional es de 21 km, desembocando en el cruce de Paso Hondo.

- Río San José: Se localiza en la parte Sur del municipio y nace en la comunidad de los Llanos, se alimenta de las quebradas del El Aguay y La Calera. Tiene un trayecto de 1.5 km de flujo permanente, y aporte estacional de 30.5 km. Desembocando en la confluencia de los ríos en el cruce de Paso Hondo.

En la comarca de Los Llanos existe una laguna conocida como Laguna Larga con un área aproximada de 40,000 m<sup>2</sup>. Además se encuentran embalses en las partes altas en sitios tales como: San Francisco, El Chaguitón, Santa Ana, Los Hatillos y La Virgen.

#### **4.2.6 Biodiversidad**

##### **Flora**

En la microcuenca los tipos de bosques predominantes son el bosque espinoso, arbustos de zonas secas caducifolias y el bosque de mediana altura subperennifolia de zonas húmedas. En la parte baja (700 a 900 msnm) se presenta el bosque seco subtropical, con especies arbustivas de porte bajo y pocas especies de porte alto.

En la parte media de la microcuenca (900 a 1100 msnm) se encuentra una vegetación de tipo sub perennifolia, con muchas plantas epifitas (características de plantas maderables). Predominando especies de plantas de porte más alto, debido al aumento de las precipitaciones y a la prolongación del periodo húmedo. También Además, existen algunas especies de plantas y arbustos característicos de las zonas más frescas, tales como barba de viejo (*Tillandsia usneoides*), bromeliaceas, orquídeas, licopodios, briofitas, y una gran cantidad de especies de musgo entre las que sobresale el (*Polytrichum commune*), plantas medicinales como calaguala, diente de león y leguminosas que prevalecen en la zona, existen abundantes lianas trepadoras y plantas epifitas.

La parte alta de la microcuenca, comprendida entre los 900 y 1735 msnm, se caracteriza por presentar una zona de vida de bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con temperatura promedio anual de 21 °C, y es donde se cultiva la mayor parte del café del

municipio. Se diferencia de las otras zonas por presentar vegetación perennifolia, En las partes que no han sido intervenidas y que todavía conservan el bosque original, existe un sotobosque característico de zonas húmedas; también se encuentran abundantes lianas trepadoras y plantas epifitas. Esta zona de pendientes muy pronunciadas, es la única que conserva especies originales (nativas).

## Fauna

La fauna de la zona consiste de pocas especies, algunas en proceso de extinción. Entre las principales especies están conejos (*Oryctolagus cuniculus*), garrobos (*Ctenosaura similis*), zorros (*Urocyon cinereoargenteus*), gavilanes (*Elanus leucurus*), palomas (*Columba flavirostris*, *Zenaida asiática*, *Columbina passerina*), chachalacas (*Ortalis vetula*), culebras (*Atractus sp*), mapachines (*Procyon lotor*), gatos de monte (*Felis sp*), venados (*Odocoileus virginianus*), tigrillos (*Felis wiedii*), guardatinajas (*Agouti paca*) sapos (*Bufo bufo*) y salamandras (*Salamandra salamandra*)

### 4.2.7 Uso actual de los suelos

En la microcuenca existen 12 categorías de usos de los suelos sobresaliendo el uso agropecuario con el 65.18 % del área total; el resto del territorio corresponde a diferentes categorías de bosque 34.82 % del territorio, tal como se describe en el cuadro 5.

Cuadro 5. Uso de la tierra de la microcuenca El Espinal 2010

Categorías de Uso	Área (ha)	%
Árboles + pasto	271.94	2.97
Bosque de galería	776.94	8.48
Bosque de Roble Abierto	65.03	0.71
Bosque de Roble Muy Abierto	1093.41	11.93
Bosque Latifoliado Abierto	726.83	7.93
Bosque Latifoliado Cerrado	528.71	5.77
Café con Sombra	516.90	5.64
Cultivo	2305.70	25.16
Cultivo + Pasto	108.30	1.18
Pasto	213.81	2.33
Pasto + Árboles Dispersos	1665.08	18.17
Pasto + Cultivo	891.34	9.73

Fuente: APRODESA/UNA, 2010. Inicio de cada categoría de uso, significa predominancia

#### 4.2.8 Capacidad de uso de la tierra

De acuerdo con APRODESA/UNA (2010), en la microcuenca El Espinal se establecen seis clases de capacidad de uso de la tierra las cuales se describen en el cuadro 6.

Cuadro 6. Capacidad de uso de la tierra

Uso	Descripción	Área (ha) / porcentaje
<b>III</b>	Comprende suelos moderadamente profundos (50 a 75 cm), con limitaciones moderadas tales como textura arcillosa o franco arenosa, drenaje moderado, topografía moderadamente inclinada, pendientes de 2 a 8 %, erosión moderada, drenaje interno moderado, periodo canicular acentuado, que solas o combinadas restringen la elección de cultivos o incrementan costos de producción. Requieren para su manejo prácticas intensivas de conservación de suelos y agua.	278.74 / 3.04
<b>IV</b>	Son suelos poco profundos (25 a 50 cm), con fuertes limitaciones (relieve ondulado, pendientes de 8 a 15 %, erosión severa, textura gruesa en la superficie y muy gruesas en el subsuelo o finas en la superficie y muy finas en el subsuelo, fertilidad media, salinidad leve, drenaje interno imperfecto a moderadamente excesivo, riesgo de inundación moderado) que solas o combinadas restringen la amplitud de uso a vegetación semipermanente y permanente. Cultivos anuales pueden desarrollarse sólo de manera ocasional y con prácticas muy intensivas de conservación de suelos y agua.	2741.52 / 29.92 %
<b>V</b>	Comprende suelos moderadamente profundos, en áreas planas a casi planas, pero con severas limitaciones, tales como textura arcillosa en todo el perfil (Vertisoles), con drenaje interno imperfecto, problemas de encharcamiento en época lluviosa y agrietamiento en época seca, que solas o combinadas restringen su uso a pastos, regeneración natural, sistemas agroforestales y forestal.	73.78 / 0.81%
<b>VI</b>	Incluye suelos con severas limitaciones tales como relieve fuertemente ondulado, pendientes de 15 a 30 %, erosión severa, profundidad menor de 40 cm, textura gruesa, baja fertilidad, drenaje interno excesivo o moderado lento, que solas o combinadas restringen su uso a la producción forestal, cultivos permanentes (pastos y frutales), sistemas agroforestales, pero con prácticas intensivas de conservación suelos.	3383.07 / 36.92%
<b>VII</b>	Suelos con limitaciones muy severas tales como relieve escarpado, pendientes de 30 a 45 %, erosión severa, pedregosos en la superficie y en el perfil, que solas o combinadas restringen su uso a bosques.	2076.7 / 22.66 %
<b>VIII</b>	Son áreas con suelos superficiales ó pedregosos en terrenos escarpados, por lo que no reúnen las condiciones mínimas para actividades de producción agropecuaria o forestal alguna, debido al alto riesgo ambiental que implican estos usos; deben destinarse a la preservación de la vida silvestre, protección de áreas de recarga acuífera, belleza escénica, entre otras.	610.16 / 6.66 %

#### 4.2.9 Conflictos de uso de la tierra

El análisis de conflictos de uso de la tierra, resulta de contrastar el mapa de uso de los suelos con el mapa de capacidad de uso; en este sentido se define que el uso adecuado es cuando la tierra es utilizada de acuerdo a su capacidad de uso, en el caso de conflicto de uso es todo lo contrario o sea el uso no es de acuerdo a su capacidad. Se identifican dos tipos de conflictos de uso del suelo, el primero se da cuando la actividad que se está realizando es de mayor intensidad a la que la tierra puede soportar en este caso el conflicto es denominado como sobreuso; el segundo caso es la subutilización que se da cuando la tierra se utiliza por debajo de su capacidad.

Según APRODESA/UNA (2010), el 41.37 % del territorio presenta conflictos muy bajo y bajo (Cuadro 7), es decir, se están usando de acuerdo a su capacidad de uso. Sin embargo, el 23.84 % del territorio presenta conflictos alto a muy alto; si a esto se le suma el área con conflicto moderado (35.13 %), indica que casi un 60 % del área de la microcuenca corre el riesgo de degradación por el mal uso de la tierra, debido al deterioro de los suelos de vocación forestal, la deforestación, ganadería extensiva y el establecimiento de cultivos de subsistencia en áreas de laderas con pocas o ninguna práctica de conservación de suelos.

Cuadro 7. Categorías de conflictos de uso de la tierra en la microcuenca El Espinal

<b>Conflicto de uso de la tierra</b>	<b>Descripción</b>	<b>Área (ha)</b>	<b>%</b>
<b>Muy Bajo</b>	Donde el uso actual corresponde con la capacidad de uso de la tierra o uso potencial; por ejemplo, bosques en áreas riparias, algunas zonas de recarga hídrica y remanentes de bosque, principalmente en el área protegida.	1,445.31	15.77
<b>Bajo</b>	El suelo puede llegar a tener el uso potencial, pero con leves restricciones; por ejemplo, suelos con pendiente de 2 a 8 % usados con cultivos de surcos, pero sin prácticas de conservación de suelos que eviten la erosión.	2,314.72	25.26
<b>Moderado</b>	El uso potencial del suelo presenta restricciones moderadas para el uso o usos que se estén practicando; por ejemplo, suelos pendientes de 8 a 15 % usados con cultivos anuales de surcos,	3,219.18	35.13

	pero sin prácticas de conservación de suelos que eviten su degradación (ejemplo en Paso Hondo, Casa Blanca, Rosario).		
<b>Alto</b>	Cultivos anuales de surcos en tierras cuyo potencial no es agrícola (clases VI y VII), sino que deberían ser usados con cultivos permanentes, manejo forestal o una cubierta vegetal protectora. Por ejemplo, áreas en Macuelizo, Horcones, Horno, Chaguitón, con pendientes de 15 a 45 % usados con cultivos de subsistencia (maíz, frijol).	879.13	9.59
<b>Muy Alto</b>	Tierras con pendientes mayores a 45 %, donde se practica agricultura, ganadería, pero que deberían ser áreas protección de la flora y fauna, recarga hídrica, entre otras. Por ejemplo, suelos de clase VII y VIII en El Chorro, San Pedro, Naranjo, usados con cultivos de subsistencia (maíz, frijol),	1,305.64	14.25

### **4.3 Características Socioeconómicas**

#### **4.3.1 Población**

La microcuenca El Espinal cuenta con una población de 7,927 habitantes, distribuidos en 18 comunidades, la densidad poblacional es de 86 habitantes por kilómetro cuadrado. Según el mapa de pobreza del año 2005, en el municipio de Pueblo Nuevo se identifican cuatro niveles: pobreza alta, severa, media y baja, identificándose que los habitantes de la microcuenca El Espinal se encuentran en pobreza severa (INIDE, 2008).

#### **4.3.2 Actividades productivas**

En la microcuenca predomina la agricultura de subsistencia, en dos ciclos de cultivo: primera y postrera. Generalmente, en las fincas se diferencian dos campos agrícolas, uno en el que se cultiva maíz y otro donde se cultiva frijol, solos o en asocio. El maíz se establece en el ciclo de primera cuando las lluvias son más seguras, para asegurar la cosecha; éste se asocia con sorgo (maicillo, millón, criollo de porte alto, adaptado a la zona). Este sistema garantiza la cosecha de granos, ya que si en postrera las lluvias son erráticas, se logra obtener producción tanto de maíz como de sorgo.

Asimismo, se practica ganadería extensiva en las partes media y alta de la cuenca. Otros rubros de importancia, pero en menor extensión son el café bajo sombra en la parte alta de la

cuenca, y los cultivos de tabaco y hortalizas en las áreas planas a ligeramente inclinadas de la parte baja, cercanas a los ríos.

### 4.3.3 Abastecimiento de agua

La mayor parte de las comunidades de la microcuenca se abastecen de agua por medio de pozos perforados, sistemas de abastecimiento por gravedad y MABE; cabe señalar que algunas de estas fuentes presentan problema de disponibilidad, principalmente en época de verano, debido al uso irracional que se hace del recurso.

### 4.3.4 Educación

En la microcuenca existen 16 escuelas, donde se desarrolla educación primaria, de lunes a viernes en el turno matutino. Cuenta con una población estudiantil de 872 educandos, de los cuales 437 son mujeres y 435 son hombres (Cuadro 8).

Cuadro 8. Población estudiantil en la microcuenca El Espinal

<b>Comunidad</b>	<b>Mujeres</b>	<b>Varones</b>	<b>Total</b>
Calera	34	36	70
Suncuán	8	13	21
Horcones	52	32	84
Llanos 2	28	39	67
Llanos 1	88	90	178
Chaguitón	11	14	25
Macuelizo	28	32	60
Chorro	17	13	30
San Pedro	9	7	16
Horno	29	23	52
Motolin	53	57	110
Rosario	23	26	49

Paso Hondo	9	8	17
Cerro Grande	16	12	28
Edén	7	15	22
Sabana Grande	23	20	43
Total	435	437	872

Fuente: MINED, Pueblo Nuevo, 2011.

#### **4.3.5 Atención en salud**

En la microcuenca existen 3 Puestos de Salud ubicados en Los Llanos 1, Casa Blanca y Paso Hondo; cada uno cuenta un médico general y dos enfermeras, que brindan atención a la población de lunes a viernes. Los sectores de la población que más acuden para ser atendidos son niños y mujeres embarazadas, en menor proporción personas mayores de 40 años; las enfermedades más comunes son las de origen diarreico, respiratorias e hipertensión.

Además, existen brigadistas de salud en cada una de las comunidades, que apoyan actividades planificadas por el MINSA, tales como abatización, pesaje de niños, jornadas de limpieza, entre otras.

#### **4.3.6 Migración**

La migración se da principalmente en el periodo seco, cuando disminuyen las actividades agrícolas y se reduce el empleo en las comunidades. A nivel interno del país, el mayor flujo migratorio ocurre en los meses de octubre a abril hacia San Juan de Río Coco, para participar en la recolección de café. Hacia el exterior, la migración se da principalmente a Costa Rica; en menor medida a otros países tales como El Salvador, España, Estados Unidos y Honduras.

#### **4.3.7 Vialidad y transporte**

La accesibilidad al territorio está compuesta por una red caminos de diversas categorías. Los pobladores de la cuenca se transportan hacia la cabecera municipal, por el servicio de transporte colectivo brindado por unidades privadas que prestan el servicio.

## **Red de caminos**

### **Longitud de la red de caminos y estado actual**

La microcuenca cuenta con una red vial de 107.14 kilómetros de caminos; la mayor parte en mal estado. Son tres las vías principales de acceso hacia la cabecera municipal, siendo esto los caminos de todo tiempo (constituyen la vías colectoras) con revestimiento de material selecto, que se encuentran en regular condición.

Además, existen 13 caminos secundarios (caminos de tiempo seco), que se encuentran en mal estado; mientras que existen 15 caminos sin revestimiento y trochas (caminos de tránsito vehicular restringido), que están en muy malas condiciones.

#### **4.3.8 Presencia institucional**

En la microcuenca El Espinal tienen influencia las siguientes entidades:

- CIPRES
- APRODESA
- PECAM
- UNAG
- CAPRI
- Fundación entre Mujeres

#### 4.4 Metodología de la investigación

La metodología utilizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, consistió en el desarrollo de cuatro etapas (Figura 3):

**Primera Etapa:** se consideró la presentación del estudio a los miembros del COMUPRED y líderes comunitarios de la microcuenca El Espinal. La presentación del alcance del estudio permitió un primer acercamiento con los actores sociales y pobladores de las comunidades, necesario para el desarrollo de las coordinaciones de las actividades posteriores del trabajo de campo como eran: Talleres, visitas de campo, entrevistas.

#### **Segunda Etapa:**

- ✓ Recopilación de información de fuentes secundarias. La misma se obtuvo a través de visitas a la alcaldía Municipal, instituciones de gobierno y ONGs Nacionales involucradas en la gestión de riesgo, bibliotecas (Tesis, periódicos, mapas, fotografías, estudios etc.)
- ✓ Recolección de información de fuente primaria (encuestas, recorrido de campo, fichas de campo). Esta etapa se desarrolló a través de la técnica de encuestas mediante cuestionarios de preguntas abiertas y cerradas para el análisis de la vulnerabilidad previamente validados con los comunitarios (anexo 2), para ello se utilizó muestreo aleatorio simple, donde la unidad muestral son el número de viviendas; se escogió la unidad muestral por la capacidad operativa de tiempo, distancia y escases de dinero para el desarrollo de las mismas.

Otra herramienta aplicada fue entrevista a las instituciones involucradas con la gestión de riesgo (Anexo 4), líderes comunitario (Anexo 3) a la vez que se realizaron recorridos y observación de campo (Anexo 5); esta técnica permitió constatar información obtenida a través de los informantes, así como la posibilidad de chequear datos referente al uso actual de la tierra, identificar amenazas (deslizamientos, inundaciones), llenar fichas de campo, a la vez fue una excelente oportunidad para captar información sobre los recursos ambientales que hay en la microcuenca y las actividades económicas que se realizan.

En esta etapa se inició la elaboración de la cartografía base para los análisis de las amenazas, tales como:

- ✓ Mapas de ubicación del área, hojas cartográficas 1:50.000 del INETER.
- ✓ TIN (Trianguled Irregular Network) que es una estructura de datos vectoriales formados por una red de triángulos irregulares interconectados. En cada vértice esta la información de posición y cota x,y,z. Con el TIN se presenta una estructura en 3D del terreno muy semejante a la realidad.
- ✓ MED (Modelo de elevación del terreno) es una estructura de datos raster que al igual que el TIN representa una variable en la cota Z; normalmente suele ser la elevación (Modelo de elevación).
- ✓ Mapas temáticos de: suelo, uso del suelo, capacidad de uso, pendientes, litología, geología, clima, microcuencas y de inundación por medio del método topográfico con ayuda de imágenes Google.

**Tercera etapa:** Consiste en la realización de talleres participativos llevados a cabo en las comunidades. Los talleres y ejercicios grupales constituyeron un apoyo muy importante y significativo para conocer, dialogar, discutir, y profundizar en la información cualitativa de los aspectos biofísicos y socioeconómicos en general de las comunidades; se identificó junto a los comunitarios los tipos de amenazas naturales y antropogénicas a que están expuestos. A la vez se identificó posibles soluciones a los diferentes problemas de la microcuenca. Durante estos talleres se aplicaron diversas técnicas de investigación cualitativa, entre ellos: elementos de diagnóstico rural participativo como son: lluvia de ideas, diagrama de cuenca (Diagnóstico participativo y manejo de recursos naturales), mapa de amenazas, matriz de priorización de problemas y soluciones propuesta por Geilfus, (2000).

Se desarrollaron 4 talleres, el objetivo del primero fue estimar el nivel de conocimiento que tienen los participantes acerca de las amenazas y vulnerabilidades presentes en la microcuenca El Espinal, para ello se aplicaron dos técnicas con el fin de profundizar acerca de los antecedentes existentes en la zona. La primera fue la línea del tiempo, para saber cómo los habitantes perciben los cambios que se han dado en el tiempo; la segunda técnica fue el gráfico histórico de la comunidad, muy relacionado al anterior y busca principalmente

conocer cuáles han sido las amenazas que han causado daños en el pasado y que acciones se realizaron, ya que influyen en las actitudes de los habitantes en el tiempo actual. En este mismo taller se desarrolló las entrevistas a líderes comunitarios a fin de obtener información en cuanto a la gestión del riesgo y su accionar en momentos de emergencias.

Un segundo taller se enfocó en la realización del mapa comunitario de riesgo; en las que identificaron las amenazas a las cuales las comunidades están expuestas (deslizamientos e inundaciones) y dibujaron los detalles de su comunidad como caminos o carreteras principales que atraviesan la comunidad, indicaron hacia donde se dirigen las diferentes vías de comunicación, ubicaron los ríos y demás fuentes de agua existentes, así como otros puntos de referencia como, puesto de salud, escuelas, acueductos, las viviendas, así como también identificaron aquellas zonas que desde el punto de vista de los desastres naturales son importante destacar como lugares de deslizamientos potenciales, sitios históricos de deslizamientos, sitios de inundaciones, etc. De esta manera se crea el mapa comunitario de riesgo de cada una de las comunidades dentro de la microcuenca El Espinal.

En el tercer taller se desarrolló la técnica de lluvia de ideas con el fin de que los participantes identifiquen como perciben los principales riesgo en sus comunidades, cuales han sido los principales problemas que existen en la comunidad y priorizarlos, para luego tratar de buscar soluciones (internas y externas) a través de la matriz de responsabilidades, al mismo tiempo se dan a conocer los elementos básicos que debe contener un plan de riesgo comunitario.

Como una actividad intermedia se realizó un recorrido de campo de 5 días con líderes comunitarios que consistió en la realización de una serie de observaciones en toda la zona de estudio; esto permitió georeferenciar cada uno de los deslizamientos y áreas de inundación ocurridas en el pasado (eventos no reportados). En este recorrido los líderes comunitarios de las comunidades, los cuales señalaron según su conocimiento, donde han ocurrido los deslizamientos e inundaciones; esta información se utilizó para ubicar los puntos de deslizamientos e inundaciones históricas.

**Cuarta etapa** es el análisis, interpretación, socialización y retroalimentación de resultados. Se realizó un cuarto taller con miembros del COMUPRED y líderes comunitarios, en el cual se les dio a conocer los alcances y principales resultados del estudio de las zonas de deslizamiento e inundaciones, en el taller se dieron a conocer los principales indicadores de vulnerabilidad que los tomadores de decisiones deben tomar en cuenta a fin de reducir los riesgos en las comunidades, se da a conocer la propuesta de uso y manejo agroecológico del suelo a fin de desarrollar agroecosistemas resilientes; para luego culminar con las principales acciones que deberían desarrollarse en la microcuenca El Espinal para una mejor gestión del gobierno municipal.

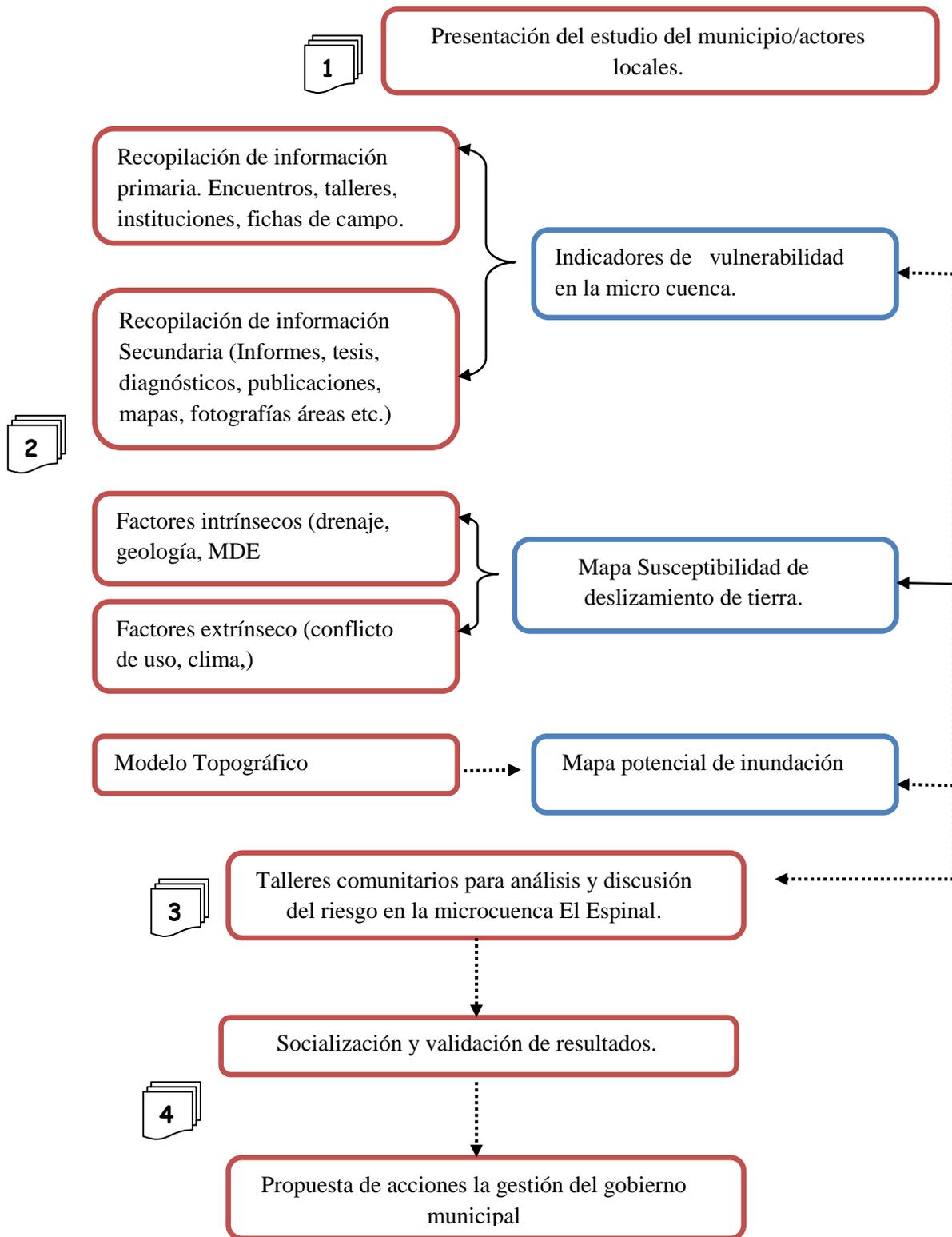


Figura 3. Diagrama de flujo del diseño del estudio.

#### 4.5 Metodología para determinar zonas de susceptibilidad a deslizamiento de tierra

La metodología utilizada para realizar la zonificación a deslizamiento de tierra se fundamentó en el método heurístico geomorfológico (Ruiz y Molina, 2001) el cual consiste en la combinación de mapas temáticos calificados, con la ayuda de la herramienta SIG (Figura 4). El procedimiento para la obtención del mapa de amenaza potencial de ocurrencia de deslizamiento se dividió en dos partes la primera encaminada a obtener el **mapa de susceptibilidad por factores intrínsecos** a la generación de fenómenos de remoción en masa, en donde se involucra información *geológica, de pendiente y de drenaje* y la segunda encaminada a obtener un **mapa de factores extrínsecos** que son contribuyentes o **detonantes**, en donde se tiene en cuenta el *uso potencial, el actual del suelo (conflicto de uso) y el clima*.

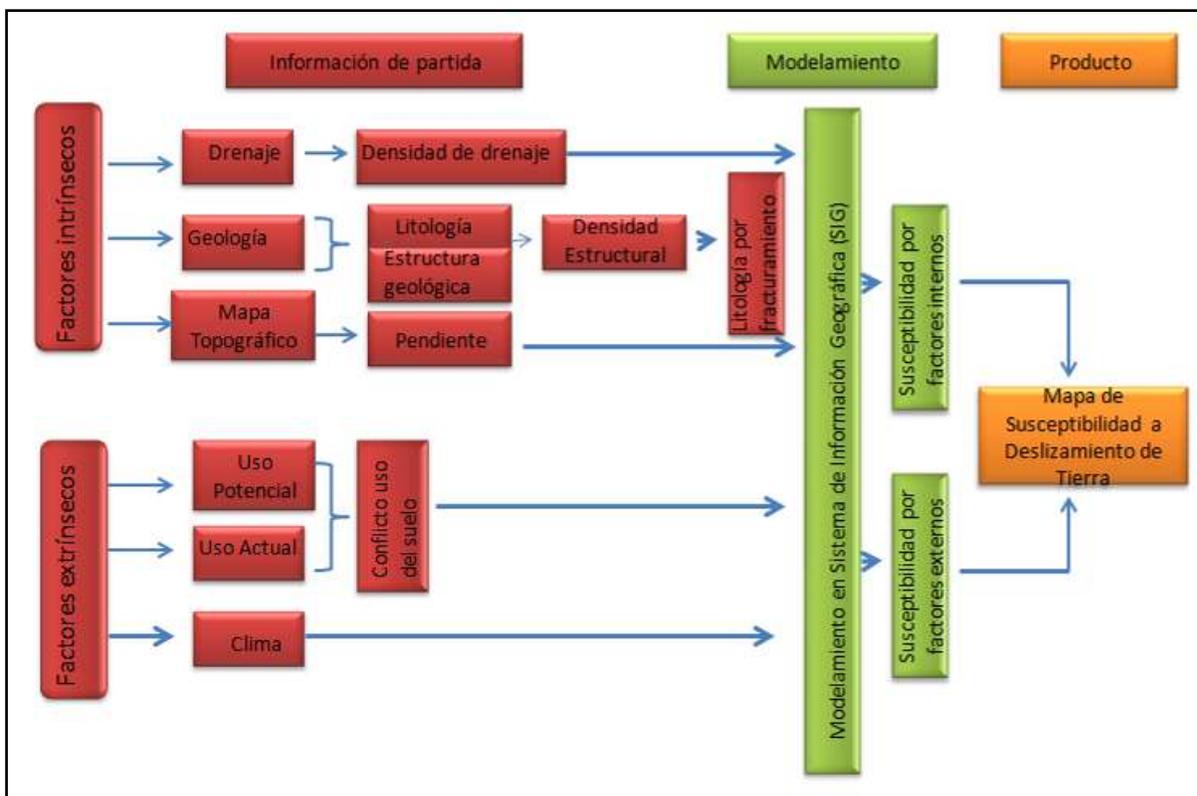


Figura 4. Diagrama conceptual mostrando el proceso de análisis para la determinación de la susceptibilidad a deslizamientos de tierra.

Fuente. (Modificado de Ruiz y Molina, 2001).

Factores de susceptibilidad (intrínsecos) que intrínsecamente forman parte de las propiedades y comportamiento del medio.

- Relieve. (P).
- Geología (G) Densidad de fractura. (Df)
- Densidad de drenaje (D).

Factores de disparo (externos): son los que inducen externamente a activar las masas de suelo.

- Intervención del uso de suelo (IS).
- Precipitación (Pp).

Cada factor se ponderó con un valor, el cual define el grado de influencia en los deslizamientos de tierra. Posteriormente, los valores se combinaron mediante la siguiente expresión matemática:

$$\text{Susceptibilidad} = (P \times G \times D) \times (IS + Pp).$$

A continuación se describe el proceso para la estimación de cada uno de los factores que componen la metodología.

- **Pendiente (P)**

El mapa de pendientes se generó a partir del modelo digital del terreno (MDT) el cual fue generado del mapa topográfico a escala 1:50,000 del INETER con curvas de nivel cada 20 m este factor representa la topografía del área de estudio. Se elaboró el mapa de pendientes en porcentaje y se califica usando la siguiente escala (Cuadro 9).

Cuadro 9. Valoración de la Pendiente

<b>Rango de Valores</b>	<b>Valoración</b>	<b>Grado de susceptibilidad</b>
<b>0 – 4 %</b>	1	Muy Bajo
<b>4-8 %</b>	2	Bajo
<b>8-15 %</b>	3	Medio
<b>15-30%</b>	4	Alto
<b>Mayor de 30%</b>	5	Muy Alto

Fuente: Elaboración propia.

- **Geología (G)**

Las unidades litológicas se calificaron de acuerdo a las características físicas de las formaciones geológicas, principalmente su permeabilidad de manera que la unidad litológica que presente mayor inestabilidad será la más susceptible a ocasionar deslizamientos. Se empleó el mapa geológico de Nicaragua de 1971 a escala 1:50,000. La clasificación empleada para este mapa, es la sugerida de acuerdo a sus características físico-químicas (Cuadro 10).

Cuadro 10. Valoración del material geológico

<b>Rango de Valores</b>	<b>Valoración</b>	<b>Grado de susceptibilidad</b>
Depósitos Aluviales	1	Muy Bajo
Coyol interior Andesita Ignimbritas	3	Bajo
Coyol superior Basalto	3	Medio
Grupo Matagalpa	4	Alto
Coyol inferior Dacitas	5	Muy Alto
Coyol superior Ignimbritas	5	Muy alto

Fuente: APRODESA/UNA, 2010

El mapa de densidad de fallas. Para obtener este mapa fue necesario dibujar todas las fracturas que sean visibles en las fotos áreas. Luego hacer el cálculo de la distancia en metros de fracturas y dividirla entre el área de la formación geológica en Km<sup>2</sup>, derivada del mapa de las unidades litológicas. Se utilizó la siguiente ecuación:

**De = Le/A**, donde:

De = Densidad estructural en la microcuenca

Le = Longitud total de todas las estructuras o fallas que se encuentran dentro de la unidad o microcuenca.

A = Área total de la unidad o microcuenca

La densidad de drenaje es inversamente proporcional a la densidad de estructura y pendiente, por tanto a mayor densidad de drenaje menor la susceptibilidad a deslizamiento de tierra, según se muestra en el cuadro 11. El mapa de la red drenaje, se obtuvo de digitalizar todas las corrientes del río y dividirlo entre el área de la microcuenca, para el cálculo de la densidad de drenaje se determinó mediante la siguiente fórmula:

**$Dd = Lc/A$** , donde:

$Dd$  = Densidad de Drenaje en la microcuenca

$Lc$  = Longitud total de todas las corrientes que se encuentran dentro de la unidad o subcuenca.

$A$  = Área total de la unidad o microcuenca

Cuadro 11. Valoración de la densidad de drenaje

<b>Rango de Valores. (m/km<sup>2</sup>)</b>	<b>Valoración</b>	<b>Grado de susceptibilidad</b>
<b>0-0.00001</b>	5	Muy Alto
<b>0.0001-2249</b>	4	Alto
<b>2250-3439</b>	3	Moderado
<b>3440-4864</b>	2	Bajo
<b>&gt; 4865</b>	1	Muy Bajo

Fuente: Ruiz y Molina 2001.

- **Precipitación (Pp)**

El mapa de clima también es calificado de acuerdo al nivel de amenaza por inestabilidad, considerando al clima seco como el nivel de amenaza más bajo por cuanto se presenta menor precipitación y se incrementa el nivel de amenaza hasta calificar al clima húmedo como el nivel de amenaza más alto.

El factor precipitación mide la influencia de la lluvia en el tiempo y es uno de los factores externos que influyen en el desencadenamiento de los deslizamientos. Para este estudio se utilizaron valores de isoyetas de precipitación anual de INETER del año 2006 en el período de los años 1971-2000 (Cuadro 12).

Cuadro 12. Valoración de precipitación media anual

<b>Rango de Valores</b>	<b>Valoración</b>	<b>Grado de susceptibilidad</b>
<b>&lt; de 800 mm</b>	1	Muy Bajo
<b>800-1000 mm</b>	2	Bajo
<b>1000- 1200 mm</b>	3	Medio
<b>1200-1400 mm</b>	4	Alto
<b>&gt; de 1400 mm</b>	5	Muy Alto

Fuente: Rosales y Centeno 2009.

- **Intensidad de uso de suelo (IS)**

El mapa de conflicto de uso del suelo se generó de la superposición del mapa de uso actual del suelo y el mapa de capacidad de uso de la tierra. El resultado es un mapa de conflicto que refleja el buen o mal uso del suelo (Anexo 7). La intensidad de uso de suelo se entiende como el grado de intervención de los habitantes de la cuenca, o sea el desarrollo de las actividades de uso de la tierra relacionados con el potencial que esta tenga para el soporte de los diferentes usos que se hagan sobre este territorio; de esta manera entre mayor sea el conflicto de la tierra definido mayor será la susceptibilidad a que se presenten fenómenos de deslizamientos de tierra (Cuadro 13).

El grado de susceptibilidad a los deslizamientos de tierra es calificado de la siguiente manera:

Cuadro 13. Valoración de conflicto de uso de la tierra

<b>Rango de Valores</b>	<b>Valoración</b>	<b>Grado de susceptibilidad</b>
<b>Muy Bajo</b>	1	Muy Bajo
<b>Bajo</b>	2	Bajo
<b>Moderado</b>	3	Medio
<b>Alto</b>	4	Alto
<b>Muy Alto</b>	5	Muy Alto

Fuente: APRODESA/UNA, 2010

Otra herramienta utilizada fue el inventario de los deslizamientos y la interpretación de fotografías aéreas, con su respectivo trabajo de campo, esta herramienta fue un instrumento clave para el entendimiento de la amenaza y para calibrar los resultados en la zonificación de la susceptibilidad.

#### **4.6 Metodología para determinar zonas susceptibles de inundaciones**

Para determinar zonas susceptible a inundación se utilizó el método topográfico, interpretación de fotografías aéreas con imágenes de Google Earth, se buscó en reconstruir y caracterizar la dinámica histórica del río e identificar las evidencias de terreno en compañía de líderes comunitarios. Ello constituye una primera aproximación al conocimiento de la amenaza y es muy útil cuando hay limitaciones de registros históricos de información de redes de monitoreo hidrometeorológicos y recursos económicos, ya que lo deseable para el proceso de planificación del territorio es contar con modelos “prospectivos” de futuras inundaciones.

Por ello es importante advertir que, si bien es deseable para el proceso de planificación territorial contar con estos modelos ‘prospectivos’ de posibles inundaciones futuras, si ello no es factible por limitaciones de recursos o información, igualmente a partir de la información histórica, fotointerpretación de imágenes estáticas, es posible hacer aproximaciones generales de la dinámica histórica y actual del río, así como tipo e intensidad de las inundaciones pudiendo avanzar en la incorporación de criterios de reducción de riesgo en la planificación territorial. A partir de esta información es posible hacer un primer desarrollo de disposiciones de regulación de las áreas inundables así como identificar proyectos de mitigación.

Los elementos fundamentales para identificar las zonas inundables asociadas a los ríos son las terrazas fluviales, que son los elementos topográficos identificables en el campo, por fotointerpretación de las fotografías aéreas verticales, mapas topográficos o modelos digitales del terreno. Las terrazas son los rellenos más o menos continuos, que están

situados sobre el nivel ordinario del río. Por tanto, el primer paso fue identificar y cartografiar los diferentes niveles de terrazas.

Para determinar el mapa de zonas inundables se determinó a través del método topográfico con ayuda de los sistemas de información geográficos (Figura 5). Este modelo sencillo está basado en la topografía del terreno y la red de drenaje. Este proceso se realizó a partir de la curvas a nivel del mapa topográfico (INETER, 1989) realizando un modelo de elevación del terreno (MED); del MED se elaboró un mapa de “aspecto” el cual representó la dirección pendiente abajo del máximo cambio en valor de cada pixel vecino, es decir la dirección de la pendiente del terreno. De este mapa de aspecto se extraen todas las áreas planas que se corresponden con aquellas que sus valores son menores del 2% de pendiente.

También, del modelo de elevación del terreno (MED) se extrajeron las zonas bajas, esto es, definir la cota o las cotas en áreas representadas por los niveles de base de los ríos que corren a través del área de estudio. El siguiente paso en el modelo fue interceptar todas las áreas planas con la red de drenaje; esto permitió sólo extraer las áreas de nivel de base de los cursos de los ríos (todas las áreas planas que no son cursadas por ríos se eliminan). Por último, se interceptan las áreas planas con las áreas bajas y se obtiene las áreas potencialmente susceptibles a sufrir inundaciones por crecidas extremas de los ríos.

Posteriormente se realizó fotointerpretación de imágenes Google 2009<sup>®</sup> con resolución de 10 metros con la respectiva verificación de campo acompañados de líderes comunitarios a los sitios en que presumiblemente hubo inundaciones según lo indicado en los mapas elaborados por los miembros del grupo focal; por lo que los resultados muestran una aproximación de las áreas susceptibles a inundación, estos mapas comunitarios sirvieron para hacer una comparación de los resultados obtenidos con el mapa generado en Arc Gis 9.3 ESRI<sup>®</sup>.

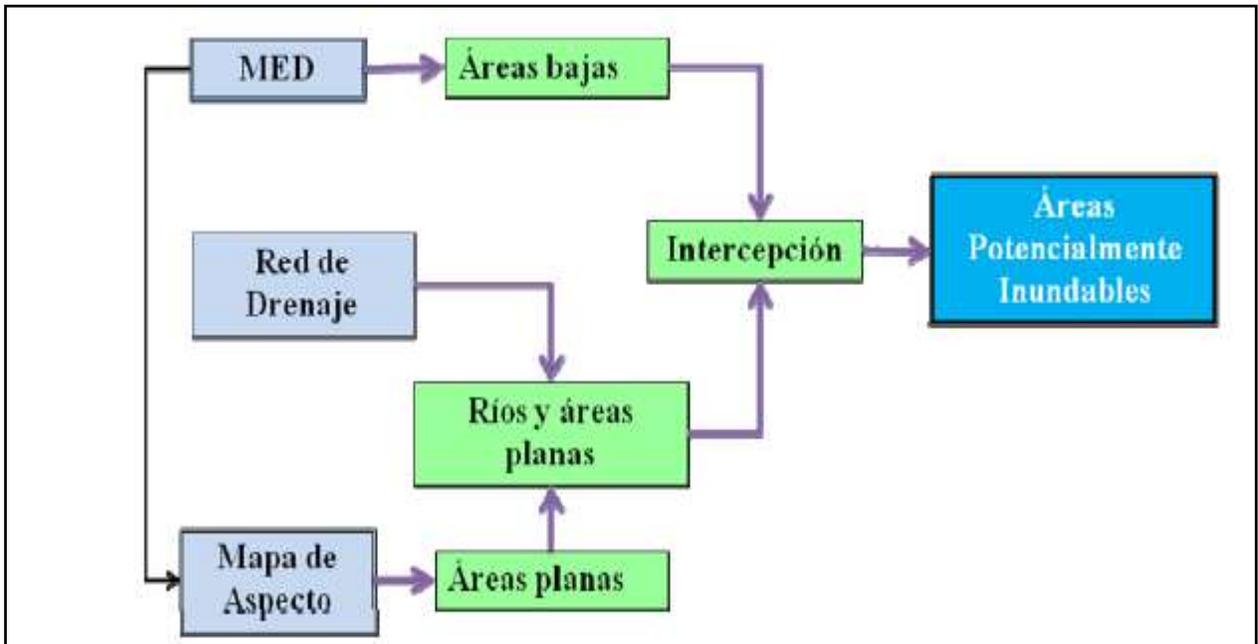


Figura 5. Modelo conceptual para determinar áreas potencialmente inundables.

#### 4.7 Metodología para evaluar la vulnerabilidad global

##### 4.7.1 Estimación de las vulnerabilidades en las comunidades en la microcuenca El Espinal

La vulnerabilidad global está interpretada por diferentes vulnerabilidades (Wilches- Chaux, 1998): física, social, política, ideológica, educativa, cultural, económica, ecológica y técnica.

La evaluación de la vulnerabilidad en la microcuenca El Espinal consistió en la identificación de los elementos que pudieran estar en riesgo ante las amenazas presentes de inundación y deslizamiento en el área de estudio. Para la misma se elaboró un formulario con indicadores que se consideraron útiles para cada una de las vulnerabilidades evaluadas (Cuadro 14); dichos rangos de cuantificación de los indicadores se realizó de acuerdo a experiencia del trabajo realizado en la temática de riesgo y consulta con expertos, las que posteriormente fueron validadas en campo con los comunitarios.

Para lograr la medición de la vulnerabilidad de la microcuenca El Espinal se trabajó por comunidades, es decir, de lo más específico para luego extrapolar a través de promedios a lo general. Se empleó el enfoque metodológico utilizado en otros estudios específicos realizados por estudiantes de maestría del CATIE, en diferentes cuencas de América Central, las cuales indican que para cada uno de los tipos de vulnerabilidad se identifican indicadores representativos de la microcuenca ejemplo: Buch (2001), Rivera (2002), Gómez (2003), Reyes (2003), Salgado (2005), Gálvez (2010), Castillo (2010).

La medición de los indicadores que permitieron cuantificar el nivel de riesgo de cada una de las comunidades de la microcuenca, se desarrolló de la siguiente manera:

- a) Se elaboraron formatos de recopilación de información, la toma de datos en el campo de cada uno de los indicadores (Anexo 2) durante las visitas a las comunidades.
- b) Se seleccionaron las comunidades ubicadas dentro del límite de la microcuenca El Espinal y que los líderes comunitarios estuvieran anuentes en participar en todo el proceso del estudio.
- c) Planificación de entrevistas con líderes comunitarios (anexo 3) que se convirtieron en informantes claves, se recabo información de los formatos y se hicieron recorridos de campo para conocer la situación general del problema.
- d) Planificación con entrevista semi-estructurada a miembros del COMUPRED del municipio de Pueblo Nuevo (Anexo 4).
- e) La información obtenida de cada comunidad se ordenó en una base de datos, para lo cual se utilizó el programa Excel, en donde se hizo una valoración y estandarización de los indicadores calculando los índices para cada indicador y posteriormente se procedió al análisis de los mismos.

En el cuadro 14 se presentan las variables e indicadores para la estimación de la vulnerabilidad utilizando la comunidad como unidad primaria de análisis.

Cuadro 14. Variables e indicadores utilizados para la estimación de la vulnerabilidad a la amenaza de inestabilidad en laderas e inundaciones en microcuenca El Espinal

Tipo de vulnerabilidad	Variable de Respuesta	Indicador
Física	Asentamientos Humanos	Porcentaje de viviendas con 7 ó más habitantes
		Número de viviendas cercas de los ríos en 1-50 metros
		Número de viviendas ubicadas en laderas
		Número de viviendas cercas de los ríos en 1-50 metros
	Infraestructura Comunal	Porcentaje de obras hidráulicas con capacidad a resistir eventos extremos
Accesibilidad a Comunidades	Tipo de acceso a la comunidad	
Social	Organización Social	Porcentaje de la población que se integra a las organizaciones comunales
		Porcentaje de la población que conoce las autoridades que atienden las emergencias
		Porcentaje de la población que cuenta con plan de emergencia personal
		Porcentaje de la población que reconoce el liderazgo comunitario
		Porcentaje de la población que conoce las infraestructuras destinadas a emergencias
		Porcentaje de la población que conoce los sitios de albergues en caso de emergencias
	Instituciones	Número de COLOPRED conformado y funcionando
	Organización Comunal	Número de organizaciones vinculadas al manejo y protección de recursos naturales
	Salud	Tipo de servicio de salud
Medios de comunicación	Porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación	
Ecológica	Cobertura vegetal	Porcentaje de área deforestada
	Uso de suelo	Intensidad de uso de suelo
	Acceso al agua de consumo humano	Porcentaje de viviendas con acceso al agua de consumo humano
Económica	Capacidad económica	Ingreso promedio mensual (córdobas)
	Desempleo	Porcentaje de la población desempleada
	Acceso a servicios públicos	Porcentaje de la población sin acceso a servicios públicos
	Actividades productivas	Número de actividades productivas
Política	Normativas	Número de ordenanzas o normativas vinculadas al manejo y gestión del riesgo impulsada por municipio
	Apoyo municipal y estatal en proyectos comunales	Número de proyectos ejecutados por año por la municipalidad.
	Participación comunitaria en las decisiones	Número de representantes de la comunidad que participan en las decisiones municipales

<b>Tipo de vulnerabilidad</b>	<b>Variable de Respuesta</b>	<b>Indicador</b>
Política	Liderazgo de la comunidad	Porcentaje de la población que reconoce líderes locales
	Tecnología para monitorear los fenómenos naturales a deslizamiento e inundaciones	Número de comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas a deslizamiento e inundaciones
	Normas de construcción	Porcentaje de viviendas que toman en cuenta las normas de la construcción
	Tecnología de construcción	Porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural
	Gestión de riesgo	Tipos de mapas o estudios de riesgos ante desastres naturales
Cultural	Participación de la mujer en actividades de preparación, prevención y mitigación de riesgos	Porcentaje de mujeres que participan en actividades de prevención y mitigación de desastres naturales
	Actividades culturales	Número de actividades culturales a favor de la prevención y mitigación de desastres naturales
	Integración comunal para la preparación, prevención o mitigación de riesgos	Porcentaje de la población dispuesto a trabajar en equipo en las medidas preventivas de desastres naturales
Educativa	Acceso a la educación	Porcentaje de analfabetismo
		Nivel de escolaridad en la comunidad
	Programas radiales en gestión de riesgo	N° de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales
Institucional	Instituciones vinculadas a la prevención y gestión de riesgo	Número de instituciones con presencia activa con agendas de trabajo en la gestión de riesgo
	Conocimiento de los comunitarios	Porcentaje de comunitarios tienen conocimiento del plan de riesgo Municipal
	Nivel de cumplimiento y gestión del gobierno municipal en la gestión del riesgo	Porcentaje de la población que considera eficiente la gestión del gobierno municipal
		Porcentaje del presupuesto destinado a la prevención y mitigación de desastres naturales
Ideológica	Percepción fatalista	Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres naturales

#### 4.7.2 Valoración, estandarización y ponderación de los indicadores seleccionados

Para lograr uniformidad en el análisis de los diferentes indicadores, sabiendo que unos son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente, se hizo necesario estandarizar las variables que miden a cada uno de los indicadores. Esta estandarización dentro de los indicadores parte 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.

Entonces, se asignaron valores de acuerdo con la variable medida; el valor mínimo calificará como vulnerabilidad muy baja con una valoración de 1, seguido de vulnerabilidad baja con valoración 2, vulnerabilidad media con una valoración de 3, para la vulnerabilidad alta tendrá una valoración de 4 y para la vulnerabilidad muy alta tendrá una valoración de 5 (Cuadro 15).

Aplicando esta escala, tanto a los indicadores cualitativos como a los cuantitativos se les asignó un valor numérico, lo cual facilitó la comprensión al tener una misma unidad de análisis.

Cuadro 15. Valoración de la vulnerabilidad

<b>Calificación de Vulnerabilidad</b>	<b>Valoración</b>
<b>Muy Alta</b>	5
<b>Alta</b>	4
<b>Media</b>	3
<b>Baja</b>	2
<b>Muy Baja</b>	1

La vulnerabilidad global en la microcuenca el Espinal se realizó con base al procedimiento que se detalla a continuación:

- Se suman los valores de los índices de calificación correspondiente a cada una de las variables o indicadores considerados, luego de su ponderación.
- El valor resultante se divide entre el número total de índices para obtener un índice promedio.
- El índice promedio se dividió entre el valor máximo posible del índice (5) y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la comunidad y para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente (Cuadro 16).

Cuadro 16. Escala de vulnerabilidad

<b>Vulnerabilidad (%)</b>	<b>Categoría</b>
79.99 - 100	Muy Alta
59.99 – 79.99	Alta
39.99 – 59.99	Media
20 - 39.99	Baja
0 - 19.99	Muy Baja

#### 4.7.3 Cálculo de la vulnerabilidad global ponderada

Para darle un peso mayor a los tipos de vulnerabilidad que son consideradas más importantes, se le asignó un peso relativo a cada tipo de vulnerabilidad (Cuadro 17).

Cuadro 17. Peso relativo asignado a cada tipo de vulnerabilidad para la ponderación global

<b>Vulnerabilidad</b>	<b>Peso Relativo</b>
Física	0.15
Social	0.10
Ecológica	0.20
Económica	0.15
Política	0.05
Ideológica	0.05
Educativa	0.10
Técnica	0.10
Cultural	0.05
Institucional	0.05

Fuente: Gálvez, 2010.

Para el cálculo de la vulnerabilidad global se empleó la siguiente fórmula:

**Vulnerabilidad global ponderada =**

$$\sum_{i=0}^n = [(a * F) + (b * F) + (c * F) + (d * F) + (e * F) + (f * F) + (g * F) + (h * F) + (i * F) + (j * F)]$$

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.

Para el cálculo integral de la vulnerabilidad (vulnerabilidad global) los indicadores utilizados en esta metodología resultaron con un valor promedio de vulnerabilidad, el cual es multiplicado por un peso estimado, representado en la formula por la letra “F” o la contribución relativa en porcentaje, de cada una de las vulnerabilidades. Este se determinó de acuerdo a experiencias de expertos y consultas en literatura relacionadas con el tema.

A continuación se muestran en cuadros sucesivos los indicadores utilizados para cada una de las variables dentro de cada tipo de vulnerabilidad, detallada en el cuadro 14. Además, se muestra la respectiva calificación para cada estado en el cual se presenta el indicador respectivo.

### **Vulnerabilidad física**

Este tipo de vulnerabilidad está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos. Las variables consideradas en este tipo de vulnerabilidad son:

Cuadro 18. Ponderación de la variable habitante por vivienda

Porcentaje de viviendas con 7 o más habitantes	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 40	Muy Alta	5
30-39.99	Alta	4
20-29.99	Media	3
10-19.99	Baja	2
0-9.99	Muy Baja	1

Cuadro 19. Ponderación de la variable acceso a la comunidad

Acceso a la comunidad	Vulnerabilidad	Calificación
Difícil todo el año	Muy Alta	5
Acceso muy limitado todo el año	Alta	4
Acceso limitado todo el año	Media	3
Acceso limitado en época de lluvia	Baja	2
Fácil todo el año	Muy Baja	1

Cuadro 20. Ponderación de la variable viviendas ubicadas en laderas

Viviendas ubicadas en laderas	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 9	Muy Alta	5
8-9	Alta	4
6-8	Media	3
4-5	Baja	2
1-3	Muy Baja	1

Cuadro 21. Ponderación de la variable viviendas ubicadas cerca de los ríos o quebrada entre 1-50 metros

Viviendas ubicadas cerca de ríos o quebradas entre 1-50 mts	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 8	Muy Alta	5
6-7	Alta	4
4-5	Media	3
2-3	Baja	2
1	Muy Baja	1

Cuadro 22. Ponderación de la variable porcentaje en diseño de obras hidráulicas con capacidad para eventos extremos

Porcentaje de obras hidráulicas con capacidad a eventos extremos	Vulnerabilidad	Calificación
51-60	Muy Alta	5
61-70	Alta	4
71-80	Media	3
81-90	Baja	2
91-100	Muy Baja	1

Cuadro 23. Ponderación de la variable viviendas ubicadas a 1 kilómetro del deslizamiento

Viviendas ubicadas a 1 km del deslizamiento	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 8	Muy Alta	5
7-8	Alta	4
5-6	Media	3
3-4	Baja	2
1-2	Muy Baja	1

### 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. A continuación los indicadores evaluados:

Cuadro 24. Ponderación de la variable porcentaje de población que forma parte de organizaciones

Porcentaje de población que forma parte de organizaciones	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 39.99	Alta	4
40-49.99	Media	3
50-59.99	Baja	2
Mayor del 60	Muy Baja	1

Cuadro 25. Ponderación de la variable existencia de comités locales de prevención y atención de desastre

COLOPRED conformado y activo	Vulnerabilidad	Calificación
No existe	Muy Alta	5
Poco interés de la comunidad	Alta	4
Existe actualmente la consulta de conformarlo en la comunidad	Media	3
Está en proceso de conformación actualmente	Baja	2
Está conformado el COLOPRED	Muy Baja	1

Cuadro 26. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce a los organismos para atender las emergencias en caso de desastres

Porcentaje de la población que conoce a los organismos que atienden las emergencias en caso de desastres.	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 39.99	Alta	4
40-49.99	Media	3
50-59.99	Baja	2
Mayor del 60	Muy Baja	1

Cuadro 27. Ponderación de la variable porcentaje de la población que cuenta con plan de emergencia personal

Porcentaje de la población que cuenta con plan de emergencia Personal.	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 39.99	Alta	4
40-49.99	Media	3
50-59.99	Baja	2
Mayor del 60	Muy Baja	1

Cuadro 28. Ponderación de la variable número de organizaciones comunales vinculadas al manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca

Número de organizaciones comunales vinculadas al manejo y protección de los recursos naturales en la microcuenca	Vulnerabilidad	Calificación
1	Muy Alta	5
2	Alta	4
3	Media	3
4	Baja	2
Mayor de 5	Muy Baja	1

Cuadro 29. Ponderación de la variable porcentaje de la población que reconoce a los líderes comunitarios(as) presentes en la zona

Porcentaje de Población que reconoce a los líderes comunitarios(as) presentes en la zona.	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 39.99	Alta	4
40-49.99	Media	3
50-59.99	Baja	2
Mayor del 60	Muy Baja	1

Cuadro 30. Ponderación de la variable porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación

Porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 39.99	Alta	4
40-60	Media	3
60.1-79.99	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

Cuadro 31. Ponderación de la variable tipo de servicio de salud

tipo de servicio de Salud	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy Alta	5
Promotor de salud	Alta	4
Casa base de Salud	Media	3
Puesto Salud	Baja	2
Centro de Salud	Muy Baja	1

Cuadro 32. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce las infraestructuras destinadas a emergencias

Porcentaje de la población conoce infraestructura destinados a emergencias.	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 40	Alta	4
40.1-60	Media	3
60.1-80	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

Cuadro 33. Ponderación de la variable porcentaje de la población que conoce los sitios de albergues en caso de emergencia

Porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 40	Alta	4
40.1-60	Media	3
60.1-80	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

### Vulnerabilidad ambiental

Las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona la definen, 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, los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad son:

Cuadro 34. Ponderación de la variable deforestación

Porcentaje de área Deforestada	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor del 60	Muy Alta	5
46-60	Alta	4
31-45	Media	3
16-30	Baja	2
1-15	Muy Baja	1

Cuadro 35. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas con acceso a agua de consumos humano

Porcentaje de viviendas con acceso a agua de consumos humano	Vulnerabilidad	Calificación
1 a 15	Muy Alta	5
16 a 30	Alta	4
31 a 45	Media	3
46 a 60	Baja	2
mayor de 60	Muy Baja	1

Cuadro 36. Ponderación de la variable intensidad del uso del suelo

% de degradación del suelo	Vulnerabilidad	Calificación
Muy Baja	1	Muy Baja
Baja	2	Baja
Media	3	Media
Alta	4	Alta
Muy Alta	5	Muy Alta

### **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 a la que se encuentra ante los desastres, los indicadores que se tomaron en cuenta en este tipo de vulnerabilidad son:

Cuadro 37. Ponderación de la variable número de actividades productivas en la comunidad

Número de actividades productivas en la comunidad.	Vulnerabilidad	Calificación
1	Muy Alta	5
2	Alta	4
3	Media	3
4	Baja	2
5 o mas	Muy Baja	1

Cuadro 38. Ponderación de la variable ingresos per cápita del salario mínimo mensual

Ingresos per cápita (C\$), salario mínimo, mensual	Vulnerabilidad	Calificación
Menor de C\$2000	Muy Alta	5
2001-2500	Alta	4
2501-3000	Media	3
3001-3500	Baja	2
Mayor de 3500	Muy Baja	1

Cuadro 39. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas que no tienen acceso a servicios públicos de agua potable y saneamiento

Porcentaje de viviendas que no tienen acceso a servicios públicos de agua potable y saneamiento.	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor del 20	Muy Alta	5
15-19.99	Alta	4
10-14.99	Media	3
5-9.99	Baja	2
0-4.99	Muy Baja	1

Cuadro 40. Ponderación de la variable porcentaje de población desempleada

Porcentaje de población desempleada	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor del 20	Muy Alta	5
15-19.99	Alta	4
10-14.99	Media	3
5-9.99	Baja	2
0-4.99	Muy Baja	1

### **Vulnerabilidad política.**

Es importante conocer el nivel de aceptación, ejecución de proyecto de las autoridades gubernamentales hacia las comunidades, para determinar si los programas ejecutados en las mismas son efectivos o no. los indicadores que se tomaron en cuenta son:

Cuadro 41. Ponderación de la variable número de proyectos ejecutados por año por la municipalidad

Número de proyectos ejecutados por año.	Vulnerabilidad	Calificación
1	Muy Alta	5
2	Alta	4
3	Media	3
4	Baja	2
Más de 4	Muy Baja	1

Cuadro 42. Ponderación de la variable número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales

Número de representantes de la comunidad en las decisiones municipales	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy Alta	5
Una para toda la comunidad	Alta	4
Dos para toda la comunidad	Media	3
Tres para toda la comunidad	Baja	2
4 para toda la comunidad	Muy Baja	1

Cuadro 43. Ponderación de la variable porcentaje de la población que reconoce a sus líderes

Porcentaje de la población que reconoce a sus líderes	Vulnerabilidad	Calificación
0% - 19,9%	Muy Alta	5
20% - 39,9%	Alta	4
40% - 59,9%	Media	3
60% - 79,9%	Baja	2
80% - 100%	Muy Baja	1

Cuadro 44. Ponderación de la variable número de ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo y gestión de riesgo impulsada por la municipalidad

Número de ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo y gestión de riesgo impulsada por la municipalidad.	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguna	Muy Alta	5
1	Alta	4
2	Media	3
3	Baja	2
4 o mas	Muy Baja	1

### **Vulnerabilidad técnica.**

Está determinada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras, normativas, estudios o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está una comunidad expuesta, las variables que se tomaron en cuenta para este estudio son:

Cuadro 45. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas que toman en cuenta las normas para la construcción

Porcentaje de viviendas que toman en cuenta las normas para la construcción.	Vulnerabilidad	Calificación
menos del 20%	Muy Alta	5
de 20.1% a 40%	Alta	4
de 40.1% a 60%	Media	3
de 60% a 80%	Baja	2
más del 80%	Muy Baja	1

Cuadro 46. Ponderación de la variable porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural

Porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 40	Alta	4
40.1-60	Media	3
60.1-80	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

**Nota:** Viviendas con buena resistencia estructural: Bloques y Ladrillos.

Cuadro 47. Ponderación de la variable número de comunidades que cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas a deslizamiento e inundaciones

Número de comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguna	Muy Alta	5
1	Alta	4
2	Media	3
3	Baja	2
4 o mas	Muy Baja	1

Cuadro 48. Ponderación de la variable tipos de mapas o estudios de riesgos ante amenazas naturales

Tipos de mapas o estudios de riesgos ante amenazas naturales	Vulnerabilidad	Calificación
5 años o más	Muy Alta	5
4 años	Alta	4
3 años	Media	3
2 años	Baja	2
1 año o menos	Muy Baja	1

## Vulnerabilidad cultural

Cuadro 49. Ponderación de la variable porcentaje de mujeres participando en actividades de prevención y mitigación a desastres naturales

Porcentaje de mujeres participando en actividades de prevención y mitigación de desastres naturales	Vulnerabilidad	Calificación
0% - 19,9%	Muy Alta	5
20% - 39,9%	Alta	4
40% - 59,9%	Media	3
60% - 79,9%	Baja	2
80% - 100%	Muy Baja	1

Cuadro 50. Ponderación de la variable porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación de desastres naturales

Porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación de desastres naturales	Vulnerabilidad	Calificación
0% - 19,9%	Muy Alta	5
20% - 39,9%	Alta	4
40% - 59,9%	Media	3
60% - 79,9%	Baja	2
80% - 100%	Muy Baja	1

Cuadro 51. Ponderación de la variable número de actividades culturales a favor de la prevención y mitigación de desastres naturales en los últimos 2 años

Número de actividades culturales a favor de la prevención y mitigación desastres en los últimos 2 años	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguna	Muy Alta	5
1 o 2	Alta	4
3	Media	3
4 o 5	Baja	2
más de 5	Muy Baja	1

## 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 de peligro presentes en la zona que habita. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad son:

Cuadro 52. Ponderación de la variable porcentaje de analfabetismo

Porcentaje de analfabetismo	Vulnerabilidad	Calificación
Mayor de 20	Muy Alta	5
15-19.99	Alta	4
10-14.99	Media	3
5.1-9.99	Baja	2
Menor de 5	Muy Baja	1

Cuadro 53. Ponderación de la variable nivel de escolaridad

Nivel de escolaridad.	Vulnerabilidad	Calificación
Pre- escolar	Muy Alta	5
Hasta 3er grado	Alta	4
4to a 6to grado	Media	3
Secundaria	Baja	2
Universitaria	Muy Baja	1

Cuadro 54. Ponderación de la variable número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales

Número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy Alta	5
1	Alta	4
2	Media	3
3	Baja	2
Más de 4	Muy Baja	1

### **Vulnerabilidad institucional**

Está 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.

Cuadro 55. Ponderación de la variable porcentaje de la población que percibe la buena gestión del gobierno Municipal

Porcentaje de la población que percibe la buena gestión del gobierno Municipal	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 40	Alta	4
40.1-60	Media	3
60.1-80	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

Cuadro 56. Ponderación de la variable porcentaje de la población con conocimiento del plan de riesgo municipal

Porcentaje de la población con conocimiento del plan de riesgo municipal	Vulnerabilidad	Calificación
1-20	Muy Alta	5
20.1- 40	Alta	4
40.1-60	Media	3
60.1-80	Baja	2
Mayor de 80	Muy Baja	1

Cuadro 57. Ponderación de la variable porcentaje del presupuesto municipal destinado a la prevención y atención de desastres

Porcentaje del presupuesto municipal destinado a la prevención y atención de desastres.	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguno	Muy Alta	5
0.5	Alta	4
1	Media	3
2	Baja	2
3	Muy Baja	1

Cuadro 58. Ponderación de la variable número de instituciones que tienen en agenda la temática de gestión de riesgo

Número de instituciones que tienen en agenda la temática de gestión de riesgo.	Vulnerabilidad	Calificación
Ninguna	Muy Alta	5
1	Alta	4
2	Media	3
3	Baja	2
4 a mas	Muy Baja	1

### **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.

Cuadro 59. Ponderación de la variable porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres naturales

Porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres naturales.	Vulnerabilidad	Calificación
80% - 100%	Muy Alta	5
60% - 79,9%	Alta	4
60% - 79,9%	Media	3
20% - 39,9%	Baja	2
0% - 19,9%	Muy Baja	1

### **4.8 Metodología para zonificación agroecológica con énfasis a fenómenos de deslizamiento de tierra e inundaciones.**

El propósito de zonificar la tierra con fines de planificación del uso de recursos naturales, es separar áreas con similares potencialidades y limitaciones para el desarrollo, por tanto tendrá como objetivo principal alcanzar la máxima armonía posible en las interrelaciones de la sociedad con su medio ambiente.

La propuesta de zonificación agroecológica parte de la elaboración de los mapas temáticos con herramientas SIG que permitan caracterizar el territorio en diferentes categorías de uso y manejo; los mapas temáticos se realizaron a través de Arc Gis 9.3 ESRI®.; siendo estos: geología, pendiente, drenaje, conflicto de uso de suelo, clima y mapa de inundación (Figura 6), dando las condiciones básicas en términos biofísicos, ambientales de la susceptibilidad del territorio, además siguiendo los lineamientos de las normas, pautas y criterios para el ordenamiento territorial que establece el Decreto N° 78-2002, se logró definir el grado de restricción que se debe imponer.

La novedad de este enfoque es la de darle prioridad a los aspectos ambientales y manejo agroecológico, calificando en primera instancia los diferentes sectores de la cuenca en función de susceptibilidad ante fenómenos naturales (deslizamiento e inundaciones), para luego proponer los usos considerados como prioritarios. Esta herramienta pretende aportar y orientar las restricciones para la ocupación del territorio, sugerir las acciones para intervenir las áreas degradadas o expuestas a amenazas.

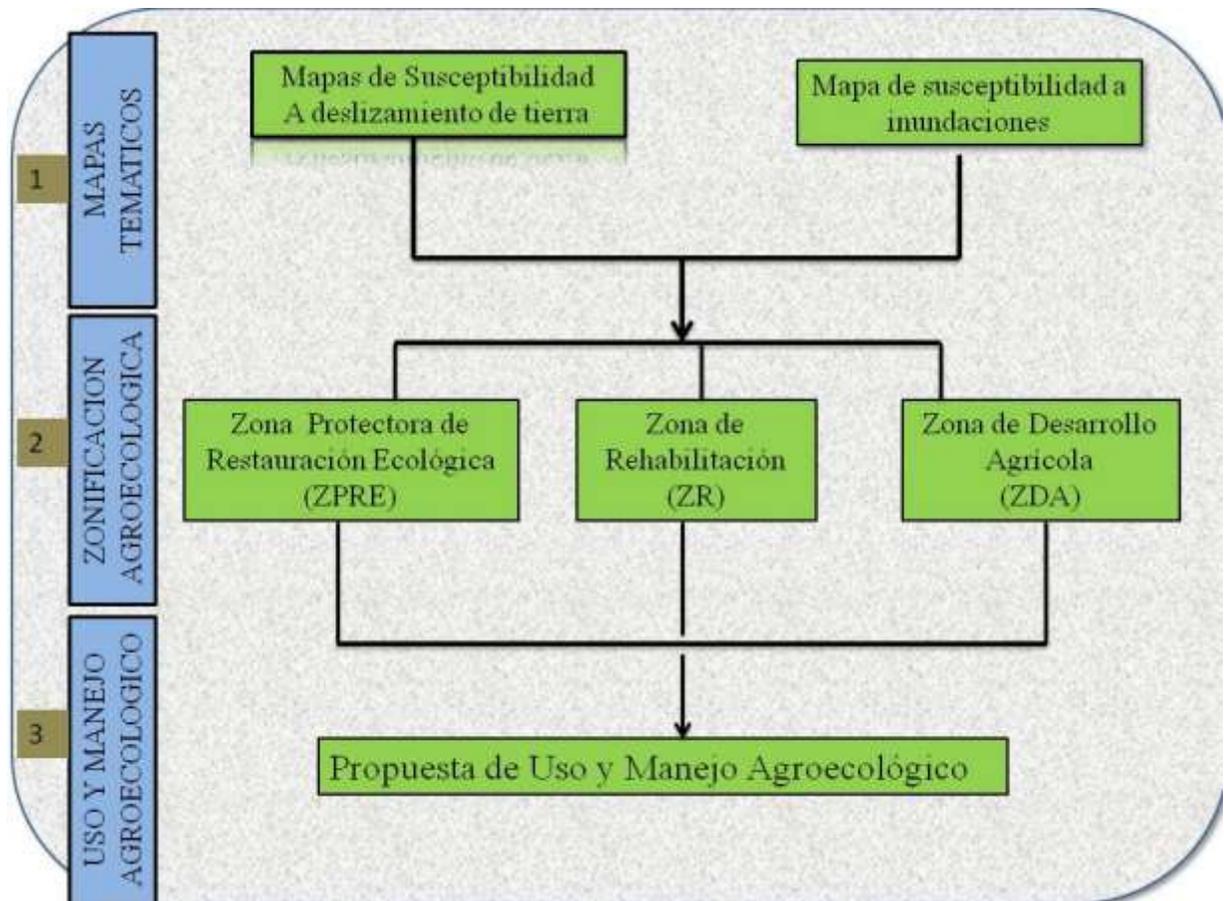


Figura 6. Esquema para la propuesta de zonificación agroecológica.

#### **4.9 Metodología para plantear lineamientos y acciones para el manejo y mitigación del riesgo.**

Existen un conjunto de medidas o acciones que permiten atenuar los efectos de los deslizamiento e inundaciones, tales acciones se deben llevar a cabo antes de que ocurra el mismo, para minimizar los efectos que puedan presentarse durante y después de ocurrido el mismo.

Para determinar tales acciones fue necesario tomar en cuenta dos aspectos determinantes, uno de ellos la participación de la comunidad y actores locales, ya que son los principales afectados, el segundo pero igual de importante fue la identificación y ubicación de las amenazas existentes en la zona.

El proceso de cumplimiento de este objetivo, se desarrolló por todo el esfuerzo de recopilación de datos realizado en etapas anteriores como: antecedentes de las amenazas, la ubicación de las amenazas (a través de la participación de la población y realización de mapas temáticos), reconocimiento del área, análisis de vulnerabilidad, entrevistas semi estructuradas a las instituciones y actores claves (Anexo 4), taller de socialización para exponer resultados, así como revisión bibliográfica; todos estos procesos se conjugaron para lograr determinar lineamientos y acciones necesarias para la reducción del riesgo, lo que permite emprender un estudio prospectivo confiable.

## **V RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

### **5.1 Delimitación de áreas susceptible a deslizamientos de tierra**

El mapa de la susceptibilidad del territorio a los deslizamientos, empleando el método heurístico geomorfológico, indica que una proporción significativa del territorio esta propensa a este fenómeno. El mapa de susceptibilidad potencial a deslizamientos de tierra que conjuga tanto factores internos como externos, refleja cinco niveles de amenaza potencial (Figura 7).

El cuadro 60, describe los niveles de susceptibilidad a deslizamiento de tierra; las áreas con niveles de baja y muy baja susceptibilidad a deslizamientos abarcan 54.70 Km<sup>2</sup>, correspondiente al 59% del territorio (20 y 39% respectivamente), que coinciden con las áreas con pendientes menores de 8 % y conflicto bajo de uso de los suelos, ya que en su mayoría representan áreas utilizadas según su capacidad de uso natural o están cubiertas por vegetación importante, lo que indica que el nivel de intervención del hombre no ha causado repercusiones al ambiente, existiendo un buen equilibrio.

El nivel moderado cubre 20.01 Km<sup>2</sup>, correspondiente al 22 % del área total; estas áreas están condicionadas por la combinación de factores como el tipo de suelos, pendientes bajas a onduladas y cierto nivel de cobertura vegetal; mientras que los niveles alta y muy alta susceptibilidad cubren 16.82 Km<sup>2</sup>, correspondiendo al 19 % del área de la microcuenca (15 y 4 % respectivamente), que corresponde a áreas con pendientes mayores de 30 %, alta densidad de fractura y conflictos de uso de suelo alto a muy alto, son áreas fuertemente intervenidas por actividades agropecuarias y aprovechamiento forestal (figura 8, figura 9 y Anexo 6). En este sentido, Pérez y Rojas (2005), Domínguez (2008), Rosales y Centeno (2009), señalan que a pendientes muy pronunciadas desprovistas de vegetación y alta intensidad de uso de los suelos los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia.



Cuadro 60. Nivel de susceptibilidad a deslizamiento de tierra en la microcuenca El Espinal, 2011.

Nivel de susceptibilidad a deslizamiento de tierra	Descripción	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Muy Baja	No hay probabilidad de que ocurran deslizamientos de tierra, debido a que el paisaje es plano, siendo la pendiente el factor más importante	36.11	40
Baja	La combinación de factores como la pendiente del terreno, uso de la tierra y la litología además de un evento de precipitación extremo, puede provocar deslizamientos muy pequeños o en algunos casos hundimiento del suelo por soliflucción	18.59	19
Moderada	Se considera moderado debido a la combinación de factores que favorecen a que se suscite el fenómeno, la pendiente por encima de 15%, la litología impermeable, los conflictos de uso de la tierra (sobre utilizado) más la precipitación detonante.	20.01	22
Alta	Consideramos una vulnerabilidad alta por la combinación de los factores pendientes del terreno por encima de 30%, litología impermeable, alta cantidad de fallas geológicas locales, baja densidad de drenaje, sobre utilización de la tierra en laderas, sobre pastoreo y los eventos lluviosos extremos. Normalmente hay evidencia de roturas en las laderas (derrumbes).	13.56	15
Muy Alta	Se considera vulnerabilidad muy alta cuando los factores pendientes del terreno mayor 45% (laderas empinadas), litología impermeable, alta cantidad de fallas geológicas locales, baja densidad de drenaje, sobre utilización de la tierra en laderas, sobre pastoreo y los eventos lluviosos extremos. Normalmente hay evidencia de deslizamientos, derrumbes de piedras, fisuras de más de 50 metros de longitud.	3.26	4



Figura 8. Área de potrero degradado sobre utilizado de acuerdo a su capacidad de uso en la parte alta de las comunidades de San Pedro y Macuelizo.

En estas áreas de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamiento de tierra ocurren fuertes acumulados de precipitaciones, de acuerdo al mapa de isoyetas elaborado con datos de precipitación anual de INETER del año 2006. Al mismo tiempo estas áreas al no contar con una capa vegetal protectora, producto del sobre uso del suelo, se predispone el terreno a sufrir deslizamientos; en estas áreas convergen pendientes mayores a 30 %, las cuales en un momento pueden ceder ante la fuerza ejercida por la gravedad dado al peso excesivo del suelo producto de saturación de agua.

Un incremento del contenido en agua reduce la resistencia al corte de los planos de rotura, aumenta el peso del material por saturación, puede provocar la meteorización y/o disolución de los materiales del talud y la apertura de grietas por meteorización física y puede producir erosión interna por flujo sub superficial o externo lo que disminuiría la resistencia al corte en laderas, estas áreas también son potencialmente susceptible a que ocurran fenómenos de deslizamientos de tierra. De acuerdo con INETER (2005a), la rotura de los materiales en las laderas ocurre cuando la fuerza de la gravedad excede el esfuerzo de la roca o suelo que conforma la ladera, es decir, ocurren cambios en el equilibrio de las fuerzas de resistencia al corte.

De acuerdo a los resultados encontrados el número de casas que se encuentran dentro de las áreas susceptibles a deslizamiento se encontró los siguientes datos: 9 casas en áreas de muy alta susceptibilidad, 37 casas en alta, 52 casas en moderada, 92 casas en baja y 356 en muy baja susceptibilidad.

Según el mapa de susceptibilidad a deslizamiento de tierra y el inventario de deslizamiento (Figura 7), las comunidades con mayor vulnerabilidad son: San Pedro, Horno, Chaguitón, Los Llanos 1 y 2, San José, pero a las que se tiene que prestar mayor atención y vigilancia son las comunidades de Macuelizo y El Chorro por la evidencia encontrada de mayor registro de deslizamiento y en estado activo (Figura 9 y 10). Son estas mismas áreas en donde se ha registrado eventos anteriores, lo cual se corrobora que al darse eventos de lluvias extraordinarios (como factor detonante), más la sobreutilización del uso del suelo por encima de su capacidad natural y pendientes mayores a 30%, pone en riesgo a la población que vive en las inmediaciones de estas áreas y los que habitan en las partes bajas por el arrastre de sedimentos, piedras y árboles.



Figura 9. Vista panorámica de deslizamientos a) deslizamiento activo rotacional en la comunidad de Macuelizo, b) deslizamiento sub activo en Cerro los Martínez en caserío El Edén.

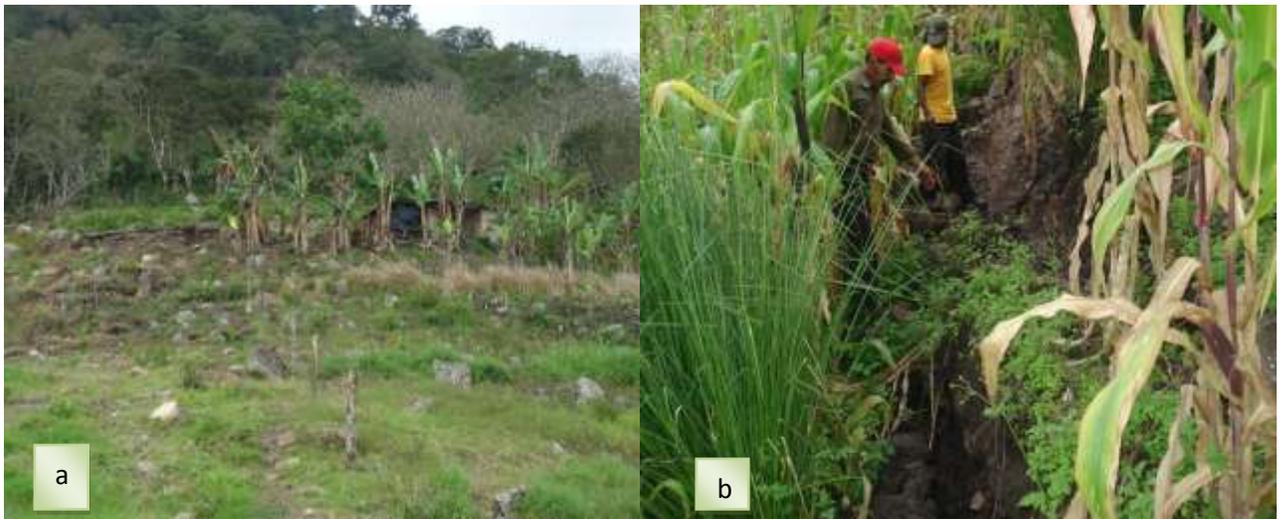


Figura 10. Evidencia de deslizamientos. a) deslizamiento de detritos cercano a una vivienda en la comunidad El Chorro, b) deslizamiento rotacional en área de cultivo en la finca del señor José Julián Martínez en la comunidad El Chorro.

La normativa 78-2002, en el artículo 32 numeral 1, indica que no son tierras aptas para el establecimiento y expansión de asentamientos humanos las ubicadas en las laderas inestables de macizos montañosos con pendientes mayores de quince por ciento; las tierras ubicadas en las laderas de volcanes activos, las tierras con antecedentes conocidos de haber sufrido rupturas o deformaciones en anteriores eventos sísmicos.

A la vez la ley 462 de fomento forestal en su artículo 27 indica que son áreas de protección forestal municipal las áreas con pendientes mayores a 75%, prohibiendo el aprovechamiento de madera, uso de plaguicida y remoción de vegetación herbácea. Por tanto la situación lógica de las viviendas ubicadas en la parte alta de la microcuenca El Espinal es inadecuada, la opción sería de reubicación o emplear mecanismo de consenso entre todos los actores que tienen incidencia en el municipio y en el menor tiempo posible tomar medidas preventivas y de mitigación en las áreas con posibilidades de afectaciones.

El uso de los sistemas de información geográfica (SIG) para la evaluación de susceptibilidad a deslizamiento de tierra son de gran utilidad, en vista que los resultados encontrados son válidos con la realidad observada en el terreno, por lo que la metodología

usada para delimitar áreas susceptible a deslizamiento se convierte en una herramienta de gran utilidad para la prevención y mitigación de desastres.

Si bien es cierto que se tiene el conocimiento de la importancia de realizar actividades que prevengan los constantes derrumbes en las comunidades en estudio, no se tiene una percepción o conocimiento claro acerca de los Sistemas de Alerta Temprana (SAT) y lo que esto implicaría en el resguardo y seguridad de los habitantes y sus bienes.

### **Reflexión sobre las amenazas y factores coadyuvantes del riesgo en la microcuenca El Espinal**

De acuerdo a la información recabada por parte de las personas que participaron en los talleres, de las instituciones visitadas, así como las visitas de campo, se tiene que en la microcuenca El Espinal, sí existen sectores con amenazas a deslizamientos evidentes que no han recibido la atención necesaria para monitorearlas y disminuir el riesgo que éstas generan.

Las zonas en las cuales se han detectado y ubicado las amenazas son, en primer lugar aquellas con antecedentes a deslizamientos, como son: Macuelizo, El Chorro, San Pedro, Chaguitón y San José. La densidad de fractura presente en estas áreas puede influir en la generación de fenómenos de deslizamientos debido a que estos son suelos de litología inestable con característica de textura arenosa y suelto, frágil desde el punto de vista geológico, a la vez, se localizan en pendientes de 30% a 45% de inclinación, alta densidad de estructuras y rocas impermeables.

En estas áreas se ubican casas humildes de baja resistencia estructural construidas al pie o a la mitad de las laderas lo cual incrementa la susceptibilidad al poder desencadenarse algún evento extraordinario. Las condiciones anteriores: características de suelo, pendiente y presencia de fallas, presenta un agravante que viene dado por el uso del suelo, particularmente la deforestación del bosque para la apertura de las actividades agropecuarias.

Es conocido que la cobertura sirve de protección al suelo y en la microcuenca El Espinal existen zonas que, por el cambio de uso del suelo, no presentan una cobertura diversificada en cuanto a doseles, por ello son susceptible ante un evento atípico de precipitación, esto es, sí se llega a presentar una precipitación extrema, dichos suelos no cuentan con la cobertura vegetal necesaria para atenuar el impacto del agua en éstos, por lo tanto los niveles de escorrentía así como la erosión tienden a aumentar y con ello el arrastre de material edáfico, provocando así flujos de lodo o deslizamientos, que no solo afectan pendiente abajo durante el recorrido, sino que también afectan las partes más bajas, precisamente donde se encuentran algunos poblados asentados a las orilla del rio como por ejemplo Paso Hondo y La Calera, que es donde termina depositándose el material arrastrado.

## **5.2 Delimitación de áreas susceptible de inundación.**

Tomando en cuenta que para el análisis de zonas inundables en la microcuenca no se contó con un modelo digital de elevación (MDE) de alta resolución, registros promedios de lluvias máximas de 30 años de las estaciones pluviométricas más cercanas debido a su alto costo y además de no contar con un hidrograma-hietograma de una tormenta como la producida por el huracán Mitch, se realizó la delimitación de áreas susceptibles a inundarse por el método topográfico, para luego hacer uso de la huella máxima mediante fotointerpretación de imágenes Google<sup>®</sup> 2009 con resolución de 10 metros con la respectiva verificación de campo acompañados de líderes comunitarios; en ella se observó la dinámica cambiante del río en los diferentes tramos de la llanura de inundación.

Si bien es deseable contar con una historia dinámica y de larga duración sobre inundaciones, las técnicas estáticas haciendo uso de fotointerpretación de imágenes son capaces de proporcionar información útil para la evaluación del peligro de inundación, especialmente en las etapas preliminares y de diagnóstico de un estudio de planificación para el desarrollo integrado.

En la figura 11, se muestra el mapa de zonas de inundación en la microcuenca El Espinal, este mapa indica la dirección del flujo del evento simulado, observándose que las áreas afectadas coinciden con planicies de inundación que abarcan un área de 240 ha; en estas áreas existen 128 viviendas a una distancia menor a 50 metros y 29 viviendas están localizadas en el área inundable (Figura 12).

De acuerdo a la normativa 78-2002 en el artículo 32, numeral 5 y 6 indica que existen restricciones en los sitios en zonas de relleno mal compactadas o emplazadas en antiguas lagunas; o bien aquellas tierras cubiertas por depósitos gruesos o suelos de aluvión y las ubicadas a menos de 50 metros del límite de máxima crecida o cota de inundaciones de cuerpos de agua.

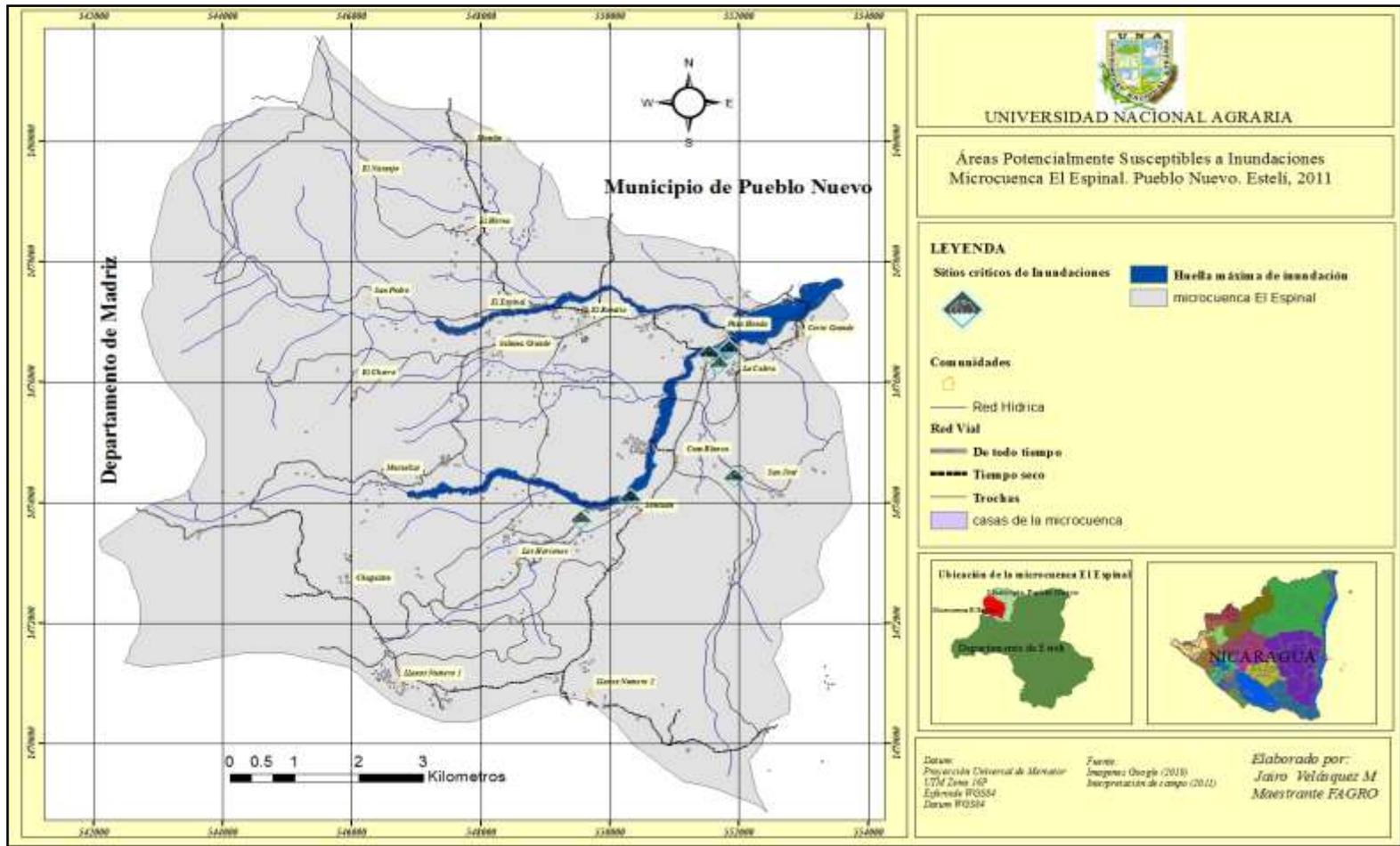


Figura 11. Mapa de áreas susceptibles a inundaciones en la microcuenca El Espinal.



Figura 12. Viviendas ubicadas a menos de 50 metros de la rívera del río y muy cerca de los puentes vados, comunidades de La Calera y Paso Hondo.

Los resultados de esta delimitación de susceptibilidad a inundaciones muestran un mayor desbordamiento del río en las comunidades que se encuentran en la parte noreste de la zona de estudio, específicamente en las comunidades de Paso Hondo y La Calera donde existen concentración de infraestructuras de viviendas, puentes vado y cultivos agrícolas de granos básicos y hortalizas en los márgenes del río; que ante una avenida rápida de la parte alta, se afectarían de manera considerable, impactando aún más la economía de los habitantes.

También se observa que los desbordes del río tienden a ser más severos en las áreas de los meandros, donde la dirección del flujo del río es perpendicular a los mismos, esto se debe a que el curso medio el río deja de tener tanta fuerza como en el curso alto. En vez de erosionar el suelo por donde fluye (lecho del río), erosiona los lados (márgenes del río); el río se hace cada vez más ancho y menos profundo; llevando más agua (caudal) que en el curso alto, por lo que se considera que cualquier corrección o intervención para construir obras de protección deberían implementarse principalmente en esos puntos (Figura 13)



Figura 13. Rio El Jicaral afluente del rio El Espinal, donde se observan los meandros erosionando las paredes en su recorrido.

Los resultados generados del mapa de inundación realizada en la zona de estudio es preocupante, ya que las inundaciones en la parte baja de las comunidades de Paso Hondo y La Calera, se pueden ver agudizadas por los deslizamiento activos de la parte alta de la comunidad de Macuelizo (Figura14), haciendo que el caudal se desborde con mayor fuerza por encima de los márgenes del río y puentes vados; en vista que dichas infraestructuras fueron construidos sin dejar espacio suficiente para el paso del agua; es decir, no hubo concordancia entre los parámetros hidrológicos y las dimensiones de las obras civiles, provocando que aumente el riesgo para estas comunidades; a como se evidenció en los daños en infraestructura a 6 viviendas y daños parciales a puentes vados producto de las lluvias del mes de Agosto del año 2010 (Ver figura 15). Además, este fenómeno según la percepción de los comunitarios es uno de los más peligrosos y recurrentes (Figura 16).



Figura 14. Deslizamientos activos en la comunidad de Macuelizo



Figura 15. Daños a viviendas en la comunidad de Paso Hondo por inundación de Agosto del año 2010.

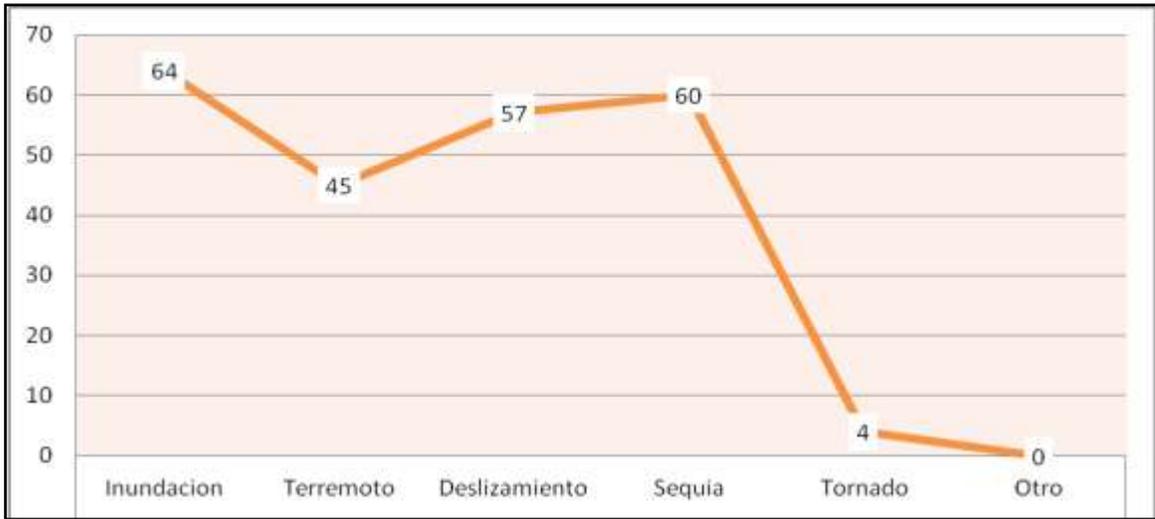


Figura 16. Percepción de comunitarios de las amenazas naturales que mayormente afecta a las comunidades.

### 5.2.1 Medidas de mitigación para la disminución de riesgo por inundación

El manejo de las llanuras de inundación, la prevención de inundaciones, y las medidas de mitigación de inundaciones se pueden clasificar en 2 medidas:

- Medidas estructurales.
- Medidas no estructurales.

Las medidas estructurales se asocian con obras (en el ámbito de la ingeniería civil) que permiten que el caudal de diseño pueda ser conducido a través de la zona en estudio sin producir inundaciones y pueden manifestarse de muy distintas maneras.

Las no estructurales se asocian con medidas que no intentan darle la capacidad necesaria al cauce a través de obras civiles, sino de minimizar los daños a la población (en sus vidas, pertenencias o actividades) a través de otros medios.

Varias alternativas de medidas de mitigación se presentan a continuación:

- ✚ **Modificar el peligro:** presas, áreas de embalse, lagunas de retención, diversión de crecientes, canalización de ríos y barrancos, patrones de cosechas, reforestación.
- ✚ **Modificar el curso de aguas:** diques, presas, canales, rectificación de ríos, control de erosión, sistemas de drenaje.
- ✚ **Modificar estructuras:** elevación de viviendas o reforzamiento, para ponerlos a prueba de inundaciones.
- ✚ **Modificar uso de tierras:** utilizar zona con restricciones de desarrollo, manejo de llanuras de inundación, aplicación de normativas de construcción.
- ✚ **Pronósticos, sistemas de alerta temprana y emergencia:** monitoreo de inundaciones, sistemas de alerta, planes de aviso, evacuación y rescate a la población en peligro.
- ✚ **Regulación de las llanuras de inundación a través de zonificación del territorio acompañado con ordenanzas municipales.**
- ✚ **Educación a la población asentadas en las llanuras susceptibles de inundación**

### 5.3 Vulnerabilidad integral a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el análisis de vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones de las comunidades en estudio: El Rosario, El Chorro, Macuelizo, Paso Hondo, San José, Sabana Grande, Chaguitón, Horcones San Pedro, Casa Blanca, Horno y la Calera, todos pertenecientes a la microcuenca El Espinal en el municipio de Pueblo Nuevo-Estelí.

#### 5.3.1 Vulnerabilidad física

Este tipo de vulnerabilidad está referida directamente a la ubicación de asentamientos humanos en zonas de riesgo, acceso a las comunidades y las deficiencias de sus infraestructuras para absorber los efectos de dichos riesgos. Las variables consideradas en este tipo de vulnerabilidad fueron:

**Porcentaje de viviendas con 7 o más habitantes:** Es importante conocer el número de personas que habitan una vivienda, ya que al ser mayor éste, quiere decir que más dificultad habrá en caso de que sea necesaria la evacuación. Al evaluar este indicador de acuerdo a la escala de vulnerabilidad resultó con una vulnerabilidad alta en la microcuenca El Espinal siendo las comunidades menos vulnerables Horcones, Sabana Grande y Chaguitón donde menos del 20% de las viviendas tienen menos de 7 habitantes y las comunidades más vulnerables son: Casa Blanca, La Calera, Paso Hondo y San José ubicadas en la parte baja y el Chorro en la parte alta (Figura 17).

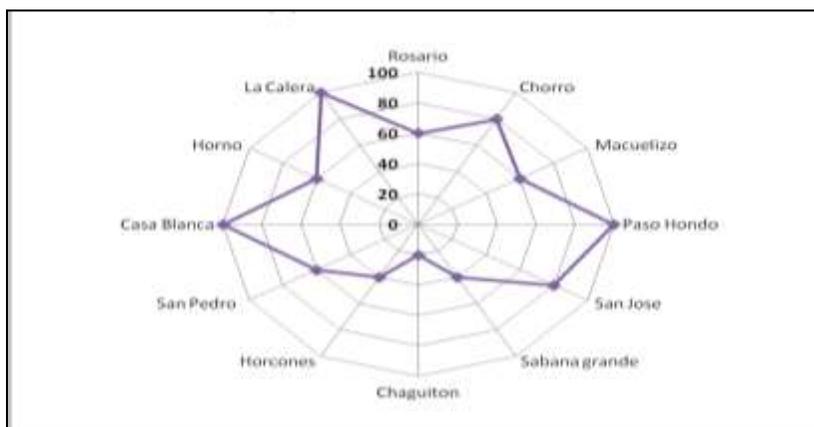


Figura 17. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas con 7 ó más habitantes en comunidades de la microcuenca El Espinal.

### Acceso a la comunidad

Este es un aspecto importante principalmente por lo que a ayuda de emergencia se refiere. El municipio sólo cuenta con carretera de macadán que va hacia la mayoría de las comunidades; estando en buenas condiciones en época de verano, pero en la época de lluvia existen dificultades para acceder. De acuerdo a los resultados para este indicador, resultó con una vulnerabilidad moderada siendo las comunidades que presentan una mayor vulnerabilidad para este indicador El Chorro, Macuelizo, San José, Sabana Grande, Chaguitón, Horcones, San Pedro, Horno y Rosario. Esto indica que estas comunidades en caso de emergencia, la ayuda se vería limitada por el acceso a la zona, por lo que estas comunidades deben de tomarse como prioritarias al momento de un desastre en la zona (Figura 18).

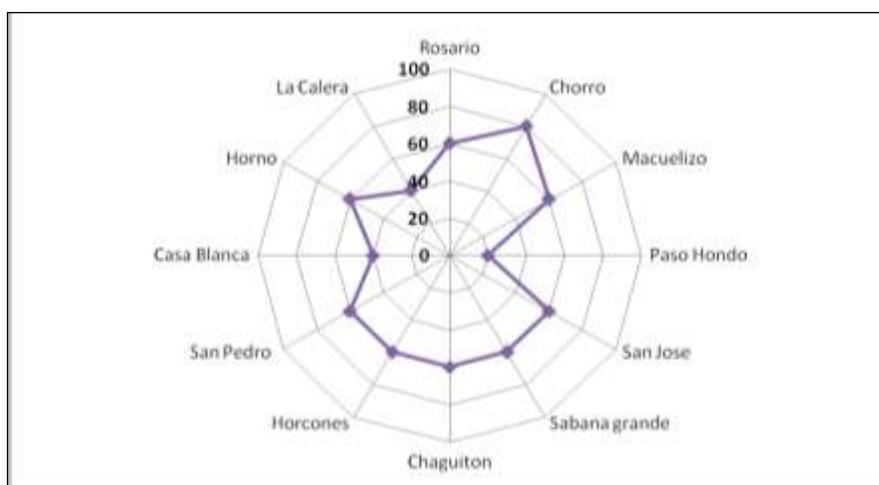


Figura 18. Representación gráfica del indicador acceso a las comunidades.

### Viviendas ubicadas en laderas

Este indicador es determinante para conocer la vulnerabilidad ante la que se encuentran los habitantes de una comunidad, es por ello que se toman en cuenta en este aspecto las viviendas ubicadas en laderas, ya que estas son las zonas donde se producen mayormente flujos de lodo o deslizamientos.

De manera general, este indicador tiene una vulnerabilidad moderada, pero existen comunidades que se les tiene que prestar atención en vista que existen más de 8 viviendas asentadas en áreas de laderas o cerros, siendo estas las comunidades Macuelizo, El Chorro, Horno y San Pedro, localizadas en la parte media y alta de la microcuenca (Figura 19).

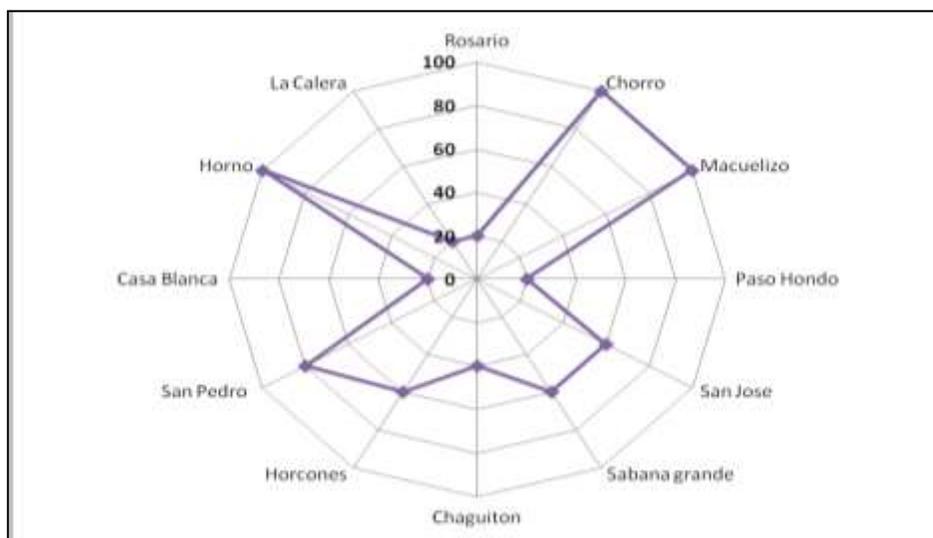


Figura 19. Representación gráfica del indicador número de viviendas ubicadas en áreas de laderas.

### Viviendas ubicadas cerca de ríos (a < 50 metros)

Los asentamientos humanos en las planicies de inundación determinan un alto riesgo tanto para las personas que las habitan como para la infraestructura que en ella se construye.

De acuerdo a los resultados obtenidos para este indicador de manera general la vulnerabilidad es alta, siendo las comunidades que presenta mayor vulnerabilidades, Rosario, La Calera, Casa Blanca, San José, Paso Hondo y Sabana Grande ubicadas en la parte baja, Horcones y Macuelizo ubicadas en la parte alta de la microcuenca; estas comunidades cuentan con más de 6 viviendas ubicadas en los primeros 50 metros de los lecho del río lo que resulta en vulnerabilidad alta y muy alta (Figura 20).

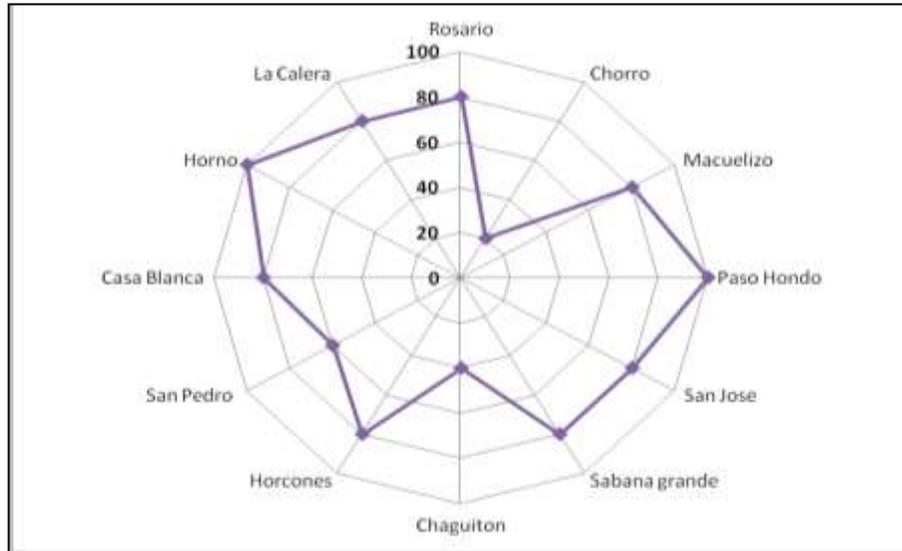


Figura 20. Representación gráfica del indicador número de viviendas ubicadas en los primeros 50 metros de las riveras de los ríos.

### **Porcentaje de obras hidráulicas con capacidad de resistir eventos extremos**

En la microcuenca El Espinal existen 3 puentes vados construidos en el año 2009, pero se observó que su diseño no soportó las fuertes lluvias caídas en los años 2010 y 2011. Los mismos han sufrido daños en su estructura producto del desborde del río causando daños materiales a 6 viviendas producto del atascamiento de las boquillas de los puentes. Estos daños han causado deterioro a la economía de la municipalidad, en vista que se invirtieron más de C\$ 800,000 córdobas del Plan de Inversión Anual del año 2011, que pudieron ser invertidos en otras necesidades del municipio (Figura 21). Este indicador es evaluado con una vulnerabilidad muy alta en vista que las obras no cumplen con la función de drenaje; además que no se realizan a tiempo las actividades de mantenimiento cada vez que se atascan, pasando a veces más de 6 meses sin darle mantenimiento, como lo ocurrido en Agosto del año 2010 (Figura 22).



Figura 21. Daños parciales en las estructuras de puentes vados. a) En la comunidad Paso Hondo; b) Desbordamiento del río El Espinal en puente vado en la comunidad La Calera, producto del atascamiento de las boquillas, dejando sedimentos y trozos de madera en su recorrido.

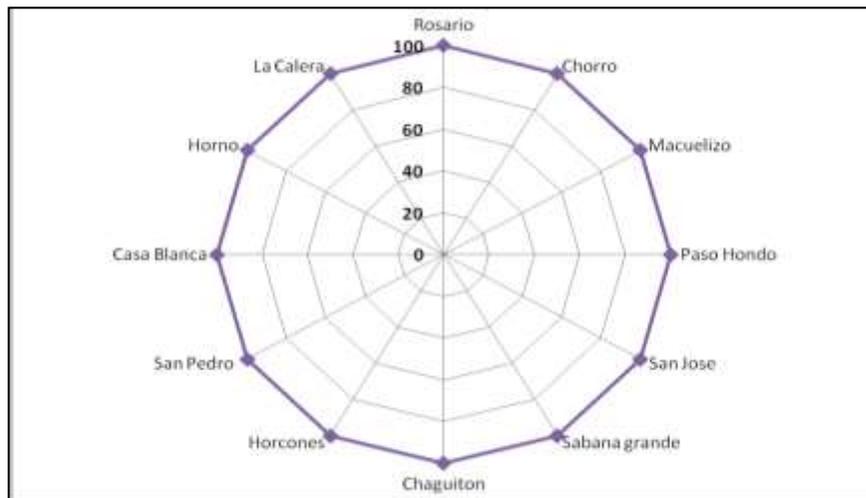


Figura 22. Representación gráfica del indicador número de obras hidráulicas para resistir eventos extremos.

### Número de viviendas ubicadas a 1 Km de distancia del deslizamiento

Las comunidades con mayor vulnerabilidad a este riesgo están ubicadas en la parte alta las cuales son El Chorro, Macuelizo, Chaguitón, El Horno; de manera general la vulnerabilidad de este indicador es moderada (Figura 23).

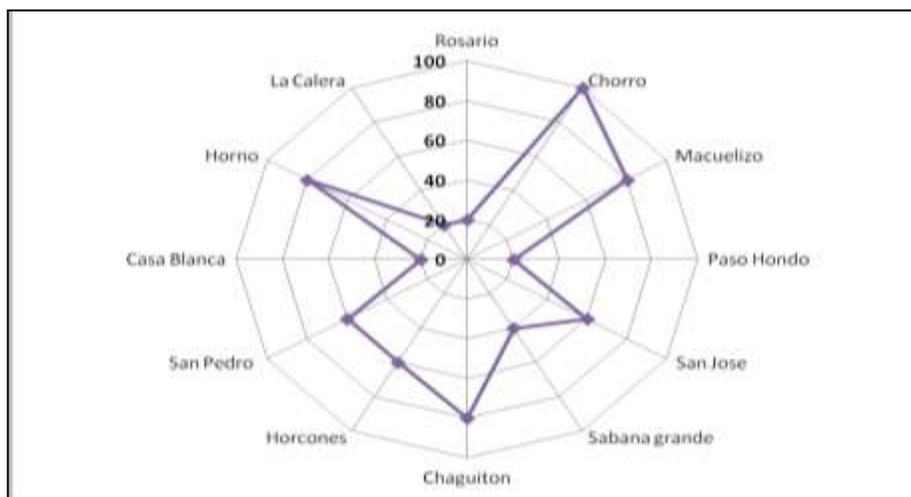


Figura 23. Representación gráfica del indicador número de viviendas a 1 Km de distancia del último deslizamiento.

### 5.3.2 Vulnerabilidad ecológica

Las condiciones ambientales y ecológicas presentes en una zona definen como se están manejando los recursos naturales, esto es, cuanto mayor sea la degradación ambiental y cuanto menos sostenible sea el uso a los recursos naturales presentes en las comunidades, mayor será la vulnerabilidad ecológica, los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

#### **Deforestación.**

La deforestación deja al suelo sin cobertura vegetal lo que provoca con las lluvias pérdida de suelo y socavación de márgenes en los ríos. Esta variable se evaluó en base a porcentaje de área deforestada y luego corroborado en talleres y visitas al área de estudio.

En general, la microcuenca presenta un 34.82% de bosque y un 65.18% de área de uso agropecuario, siendo utilizada para la agricultura con muy pocas obras de conservación de

suelo y prácticas de ganadería extensiva (Cuadro 5); estas prácticas del uso del suelo se debe principalmente por la presión de los productores en producir alimentos y satisfacer sus necesidades. La valoración de este indicador a todas las comunidades resulta con vulnerabilidad muy alta (Figura 24).

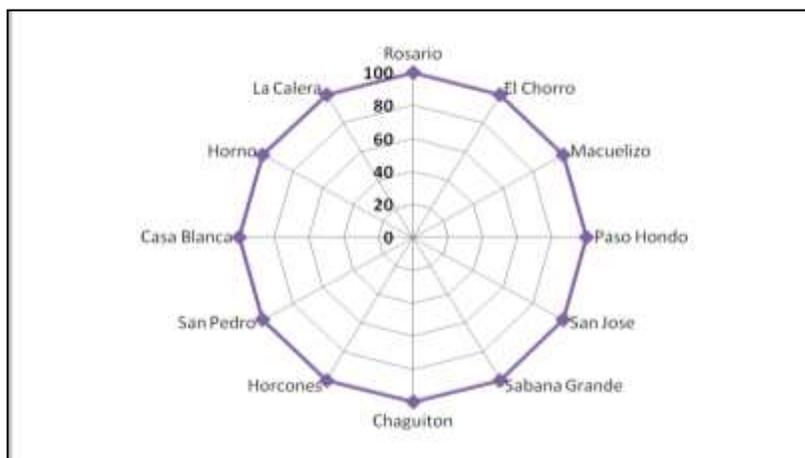


Figura 24. Representación gráfica del indicador área deforestada en las comunidades.

### **Intensidad del uso del suelo.**

La intensidad del uso de la tierra como indicador se consideró basándose en que un uso adecuado de la tierra contribuye a disminuir el grado de amenaza existente dentro de una zona, mientras que un uso intensivo de la tierra, contribuye a incrementar el riesgo a que se manifieste una amenaza.

El análisis de conflictos de uso de la tierra, resultante de contrastar el mapa de capacidad de uso con el mapa de uso de los suelos, refleja que el 41.37 % del territorio presenta conflictos muy bajo y bajo (Cuadro 7), es decir, se están usando de acuerdo a su capacidad de uso. Sin embargo, el 23.84 % del territorio presenta conflictos alto a muy alto; si a esto se le suma el área con conflicto moderado (35.13 %), indica que casi un 60 % del área de la microcuenca El Espinal corre el riesgo de degradación por el mal uso de la tierra.

De acuerdo a este indicador todas las comunidades localizadas en la parte alta presentan una vulnerabilidad muy alta, estas son: El Chorro, Macuelizo, Chaguitón, Horcones, San Pedro (Figura 25).

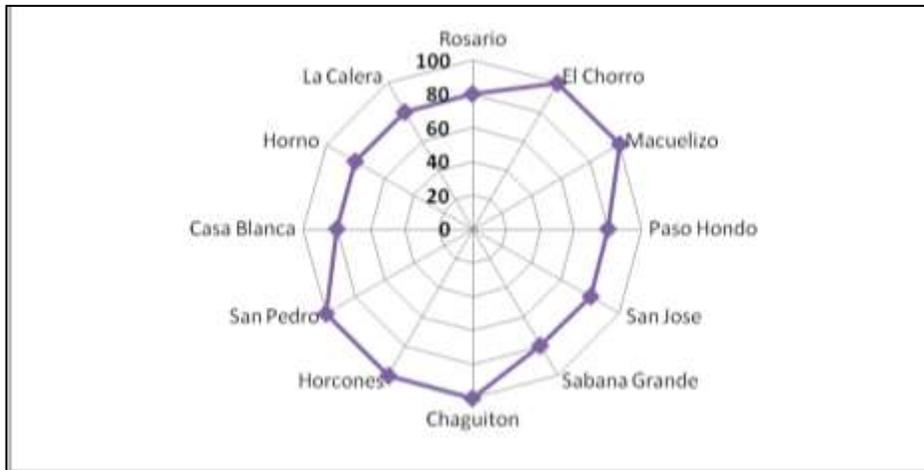


Figura 25. Representación gráfica del indicador intensidad del uso de suelo.

### **Porcentaje de viviendas con acceso al agua para consumo humano**

El resultado general para este indicador resultó con vulnerabilidad moderado; en el caso de las comunidades de Rosario y Sabana Grande tiene una vulnerabilidad baja, en vista que en estas comunidades tienen proyectos de agua potable y letrinas en las viviendas; lo mismo que para las comunidades de Paso Hondo y La Calera; en el caso de las comunidades de Horcones y Casa Blanca la obtienen el agua a través de acueductos por gravedad, en ellas más del 60% de las viviendas tiene acceso al agua para consumo humano.

Entre las comunidades que presentaron una vulnerabilidad alta están El Chorro, Macuelizo, San José, Chaguitón, San Pedro, Horno, estas comunidades no tienen acceso al recurso agua para tomar, por tanto serán las que se tienen que priorizarse por la municipalidad para impulsar proyectos de agua, a fin de aumentar el número de viviendas con acceso al agua (Figura 26).

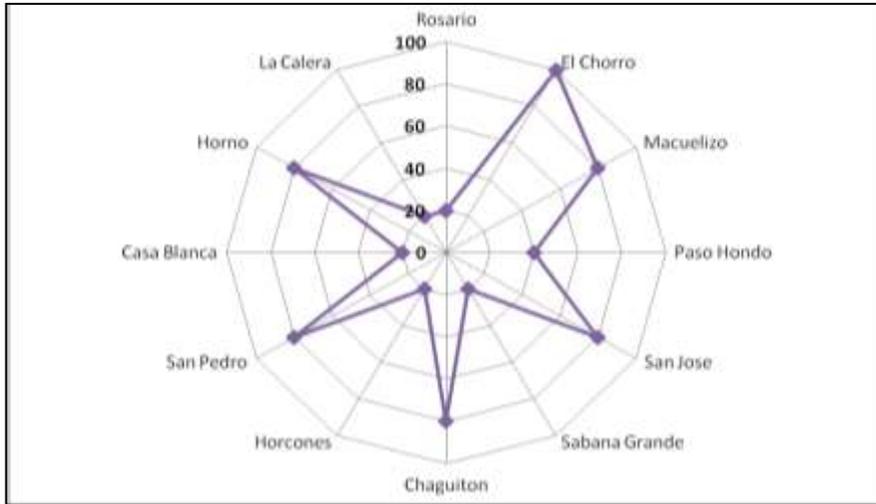


Figura 26. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas con acceso al agua de consumo humano.

### 5.3.3 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 a la que se encuentra ante los desastres, los indicadores que se tomaron en cuenta en este tipo de vulnerabilidad son:

#### Capacidad económica.

Este indicador se evaluó con base en el ingreso per cápita. Las familias de las comunidades en la microcuenca, en su mayoría no presentan ingresos fijos mensuales y según los resultados; los ingresos promedios son menores a 2,000 Córdobas/mes, por lo que de acuerdo a los criterios establecidos para este parámetro, existe una vulnerabilidad muy alta para todas las comunidades (Figura 27).

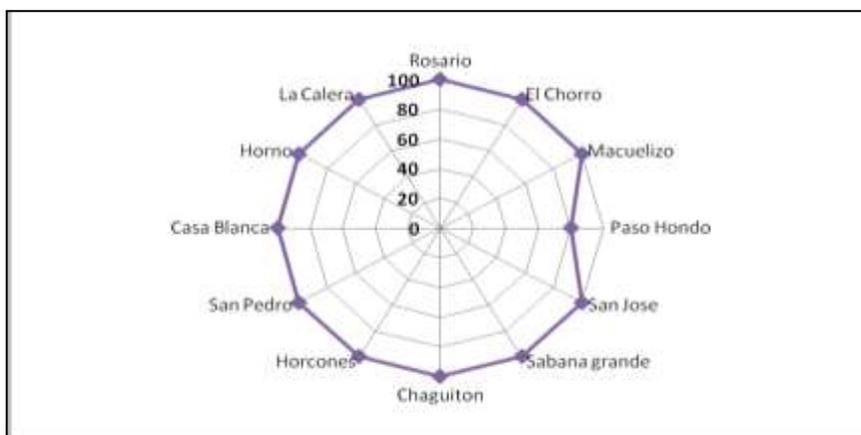


Figura 27. Representación gráfica del indicador ingreso del salario mínimo al mes.

### Dependencia económica

Este indicador se evaluó con base en el número de actividades productivas desarrolladas en las comunidades; de acuerdo a los resultados en esta microcuenca la base económica la representa el sector primario (sector agropecuario) con un 89% (Figura 28). Los principales rubros cultivados son: maíz, frijoles, pastos, hortalizas y café en menor proporción; sin embargo, estas actividades no son permanentes por lo que la dependencia económica se ve limitada por la época de cosecha. Este indicador es evaluado como una vulnerabilidad alta para todas las comunidades (Figura 29).

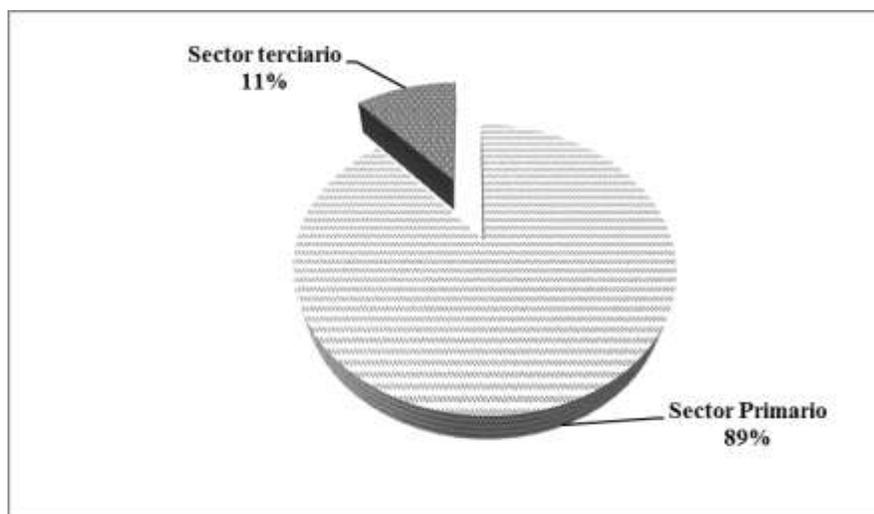


Figura 28. Porcentaje de población ocupada según sector económico en la microcuenca El Espinal.

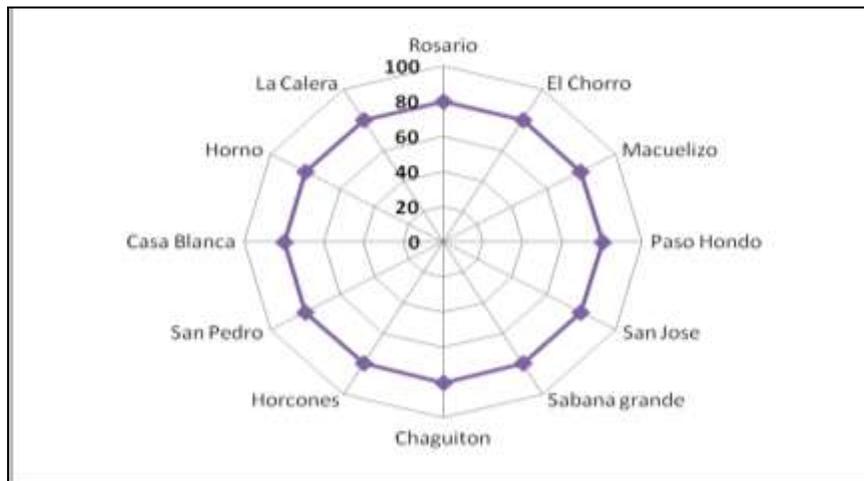


Figura 29. Representación gráfica del indicador número de actividades productivas.

**Desempleo** está relacionado con el indicador dependencia económica, ya que un alto porcentaje de la población queda desempleada durante la mayor parte del año al terminar los ciclos productivos, por no existir diversificación de fuentes de empleo en la microcuena. Se depende principalmente de las actividades agropecuarias; por lo tanto, para atender las necesidades básicas del hogar tienen que emigrar fuera de la comunidad o del país o se ocupan en el sector informal como trabajadores por cuenta propia. Este indicador es evaluado como vulnerabilidad muy alta para todas las comunidades (Figura 30).

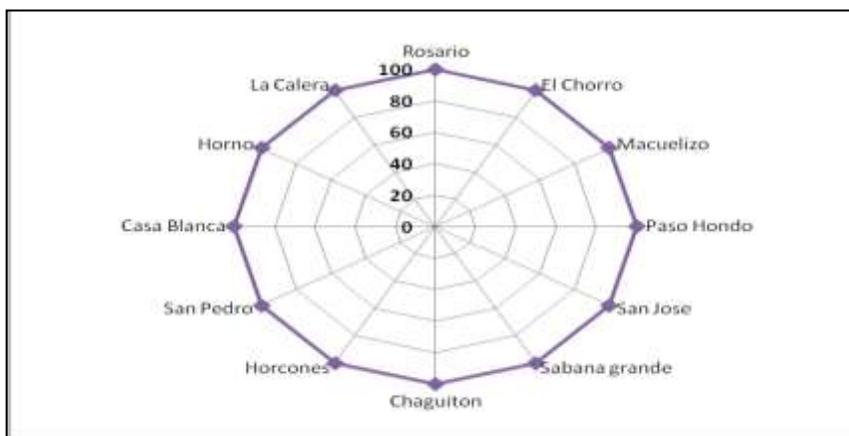


Figura 30. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población desempleada.

## **Porcentaje de viviendas que no tienen acceso a servicios públicos de agua potable y saneamiento**

Los servicios públicos son inherentes a la finalidad social del Estado; es deber del Estado asegurar su prestación eficiente a todos los habitantes del territorio nacional. La valoración de este indicador se centró en la atención prioritaria de las necesidades básicas insatisfechas en materia de agua potable y saneamiento básico.

De las 12 comunidades en estudio, en 10 de ellas más del 60% de las viviendas no tienen acceso a servicio de agua potable, lo que afecta a una población aproximada de 3,978 habitantes; esto es debido a la falta de inversión en infraestructura en las redes de distribución y un deficiente manejo de las fuentes de agua. Estas fuentes han sido administradas por grupos de pobladores en pequeños Comités de Agua Potable (CAPS), que no cuentan con asesoría del Instituto Nacional de Acueductos y Alcantarillado (INAA) ni cuentan con fondos para el mantenimiento de las tuberías. Además, estas comunidades no poseen servicio de alcantarillado sanitario, solamente cuentan con letrinas con más de 15 años de haberse construidos y en tiempo de invierno se inundan creando condiciones insalubres.

Este indicador es evaluado como vulnerabilidad muy alta, al realizar los promedios y relacionarlo con su ponderación; solamente las comunidades de Sabana Grande y El Rosario se catalogan con vulnerabilidad moderada, en vista que en estas el 77% de las viviendas cuenta con servicio de agua potable y letrinas en buen estado, producto que en el año 2010 se ejecutó un proyecto de agua y saneamiento a través de financiamiento del Banco Centroamericano de Integración Económica (BCIE) (Figura 31).

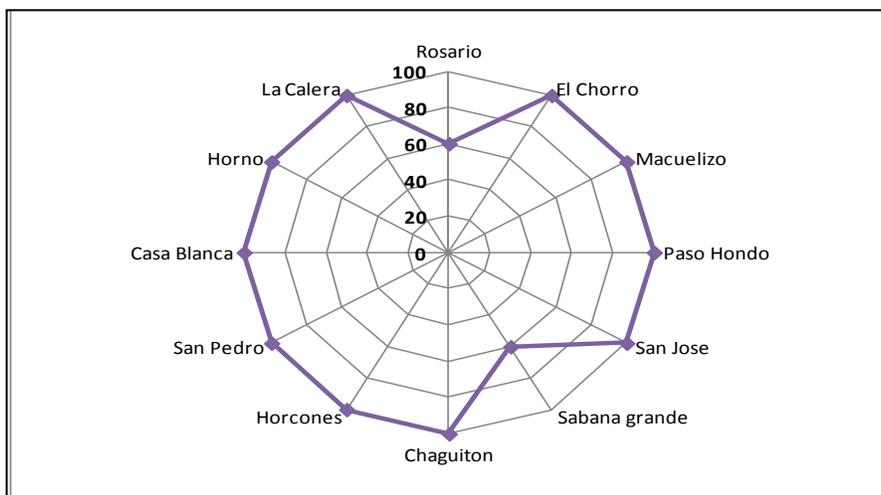


Figura 31. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que no tiene acceso a servicios públicos de agua y saneamiento.

### 5.3.4 La vulnerabilidad política

Trata de reflejar el apoyo que pueda estar teniendo o pueda tener la comunidad por parte de la municipalidad, las disposiciones jurídicas para proponer ordenanzas relacionadas a la gestión de riesgo; a la vez, refleja el nivel de participación y representatividad de la población ante el estado, factor muy importante para canalizar la ayuda necesaria en momentos y lugares claves.

#### Apoyo municipal

Este indicador se ve reflejado en el número de proyectos que la municipalidad ejecuta por año en las comunidades, a través del Plan de Inversión Anual (PIA), del que recibe del gobierno central mediante las transferencias municipales y convenios de colaboración con otras instituciones.

Para el caso de la microcuenca El Espinal, el promedio de proyectos ejecutados por la alcaldía es de 2, de acuerdo a los criterios de ponderación para este indicador es considerado como vulnerabilidad alta. Los comunitarios expresan que los proyectos que la municipalidad impulsa en coordinación con el gobierno son: Bono Productivo, Plan techo, Usura Cero y apoyo a la siembra de granos básicos, pero que son insuficientes para todas las comunidades; además, señalan que la municipalidad impulsa pocos proyectos de inversión.

Las comunidades con mayor apoyo de parte de la municipalidad son: Horcones y Chaguitón (Figura 32).

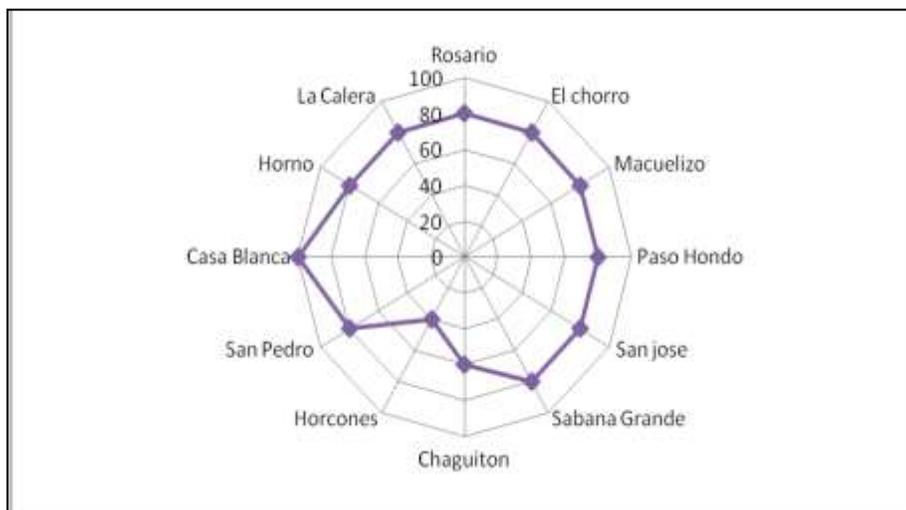


Figura 32. Representación gráfica del indicador número de proyectos ejecutados por la municipalidad.

### Participación comunitaria en la toma de decisiones locales.

Este indicador se evaluó con base en el número de representantes de las comunidades que participan en decisiones municipales. En este caso, la vulnerabilidad es alta para todas las comunidades, ya que sólo una persona por comunidad los representa en reuniones de cabildos municipales abiertos, reuniones en la alcaldía o instituciones; por lo que debería haber mayor participación de los miembros de los Gabinetes del Poder ciudadano (GPC), llevando propuestas concretas a espacios de toma de decisiones (Figura 33).



Figura 33. Representación gráfica del indicador número de representantes líderes en las decisiones municipales.

**Liderazgo comunal.** Se evaluó con base en el porcentaje de la población dentro de la comunidad que reconoce a los líderes como tales. Este indicador refleja una vulnerabilidad muy baja ya, que según las encuestas más del 80% de las personas encuestadas reconocen a los líderes y la labor que desarrollan por el bien de la comunidad; aunque, los mismos entrevistados hacen referencia que sólo 2 a 3 personas que conforman el Gabinete del Poder Ciudadano (GPC) son los más activos (Figura 34).

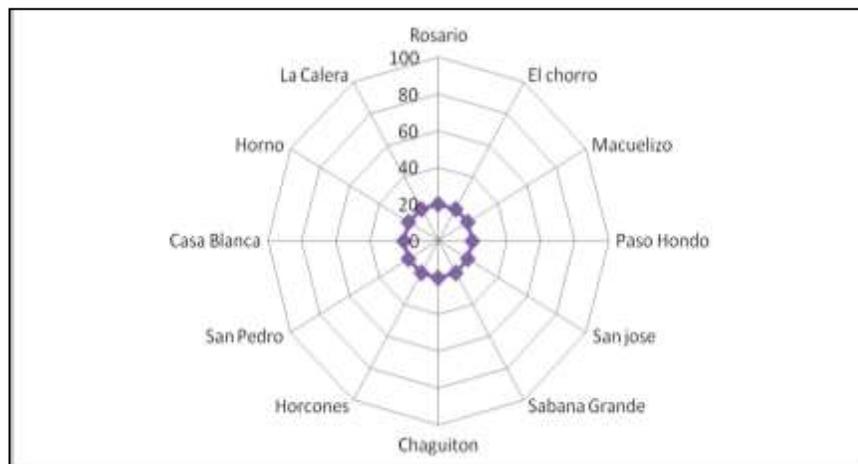


Figura 34. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que reconoce el trabajo de los líderes.

**Ordenanzas o normativas impulsadas por la municipalidad en la gestión de riesgo a desastres naturales**

Este indicador se evaluó en base al número de ordenanzas o normativas relacionadas a la gestión de riesgo o desastres naturales; de acuerdo a los talleres realizados en las comunidades, entrevista a líderes comunitarios y Secretario del Consejo Municipal del municipio de Pueblo Nuevo, se constata que para este indicador existe una vulnerabilidad muy alta en vista que la municipalidad no cuenta hasta el momento con instrumento jurídico al respecto (Figura 35).

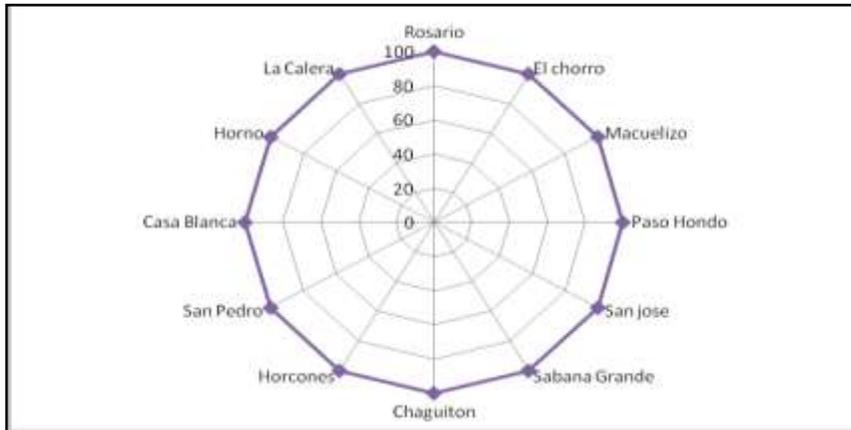


Figura 35. Representación gráfica del indicador número de ordenanzas o normativas relacionadas a la gestión de riesgos por desastres.

### 5.3.5 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.

De acuerdo a las encuestas levantadas, se pudo rescatar que existe una **percepción fatalista, con vulnerabilidad** alta en la microcuenca El Espinal, siendo la comunidad de San José la que tiene mayor vulnerabilidad; este parámetro indica que las personas aducen que los desastres son debidos a la intervención divina (Figura 36).

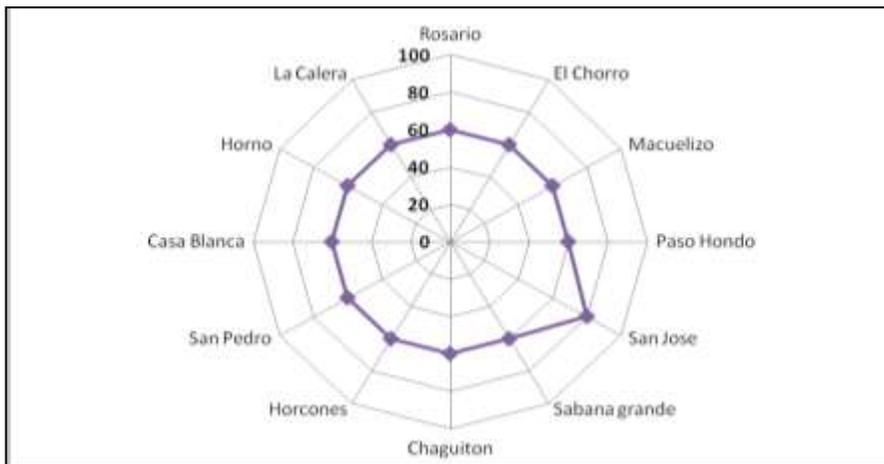


Figura 36. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que tiene percepción fatalista cuando se dan los desastres.

### 5.3.6 Vulnerabilidad técnica

Está determinada por la presencia y/o ausencia de infraestructuras, estudios o diseños de edificaciones resistentes o adaptables a la diversidad de eventos o amenazas a la cual está expuesta una comunidad; las variables que se tomaron en cuenta son:

#### **Viviendas toman en cuenta normas de la construcción.**

Para este indicador la ponderación de la vulnerabilidad fue muy alta; los resultados son más del 80% de las viviendas desconocen y por tanto no toman en cuenta normas para la construcción de sus hogares. De acuerdo al Reglamento Nacional de la Construcción en **Art. 2 y 3** corresponde a los gobiernos municipales que en lo adelante se denominarán Alcaldías, la aplicación de las normas; además menciona que los proyectos que se ejecuten en su jurisdicción tienen que solicitar permiso para construir (Figura 37).

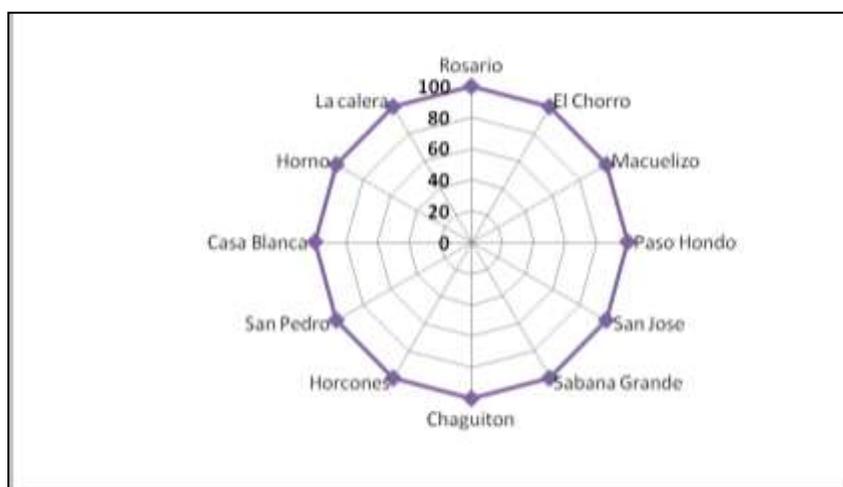


Figura 37. Representación gráfica del indicador porcentaje de viviendas toman en cuenta las normas de la construcción.

#### **Porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural.**

Este indicador es de mucho interés debido que se necesita saber el material del cual están construidas las viviendas; aquellas construidas con materiales menos resistentes son más vulnerables a sufrir daños; las viviendas construidas de bloques y ladrillos se consideraron buena resistencia estructural. Según los resultados obtenido el 41% de las viviendas de la

microcuenca El Espinal tienen buena resistencia estructural (Figura 38), lo que de acuerdo a la ponderación del indicador es considerado como vulnerabilidad moderada.

De acuerdo a los parámetros de evaluación para este indicador, las comunidades que presentan viviendas con buena resistencia estructural y vulnerabilidad baja son: Macuelizo, Horcones y Casa Blanca, le siguen las comunidades Horno, La Calera, Chaguitón y Paso Hondo; mientras que las comunidades más vulnerables a este indicador son: El Chorro, Sabana Grande y San Pedro, ubicados en la parte media y alta de la microcuenca, Rosario y San José ubicados en la parte baja (Figura 39).

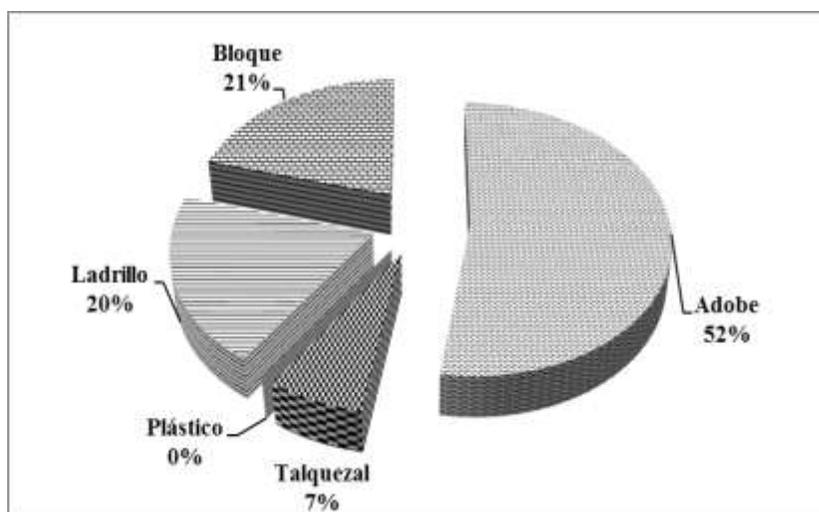


Figura 38. Tipo de material de construcción de las viviendas en la microcuenca El Espinal.

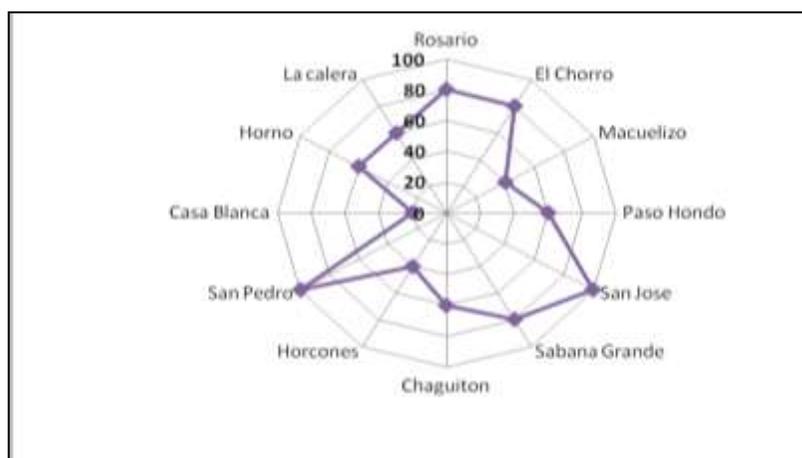


Figura 39. Representación gráfica del indicador porcentaje de las viviendas con buena resistencia estructural.

## N° de Comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas

Para este indicador la ponderación resulta ser con una vulnerabilidad muy alta, en vista que en la microcuenca el Espinal los instrumentos que cuentan para alertar y monitorear las amenazas de deslizamiento e inundaciones son 3 radios bases y un pluviómetro localizados en la comunidades de Macuelizo, Casa Blanca (Ver figura 40); dichos instrumentos son insuficiente para un área extensa. De las 3 estaciones de radios solamente las estaciones de Casa Blanca y Macuelizo operan regularmente; en el caso de la estación de radio de Los Llanos 1, el operador de radio se le dificulta su operación en vista que tiene que atender sus actividades familiares y agrícolas (Figura 41).

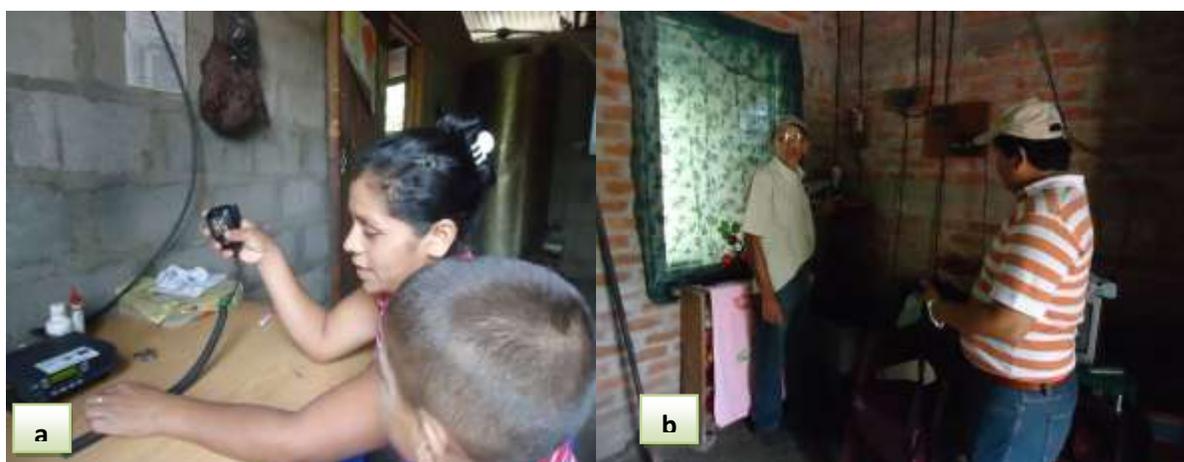


Figura 40. Estaciones de radiocomunicación. a) Operadora de radio Rosibel Padilla de la comunidad de Casa Blanca, b) Operador de radio Martin Castillo de la comunidad Macuelizo.

Las estaciones de radio fueron establecidas por Agro Acción Alemana en el año 2009, para manejarse en base a un Sistema de Alerta Temprana a inundaciones en la cuenca del río Negro; dichas estaciones de radio remiten información a Defensa Civil de Estelí, para que luego retorne al Municipio de Pueblo Nuevo a través del COMUPRED; pero, su funcionalidad no ha sido efectiva en el municipio, en vista que no existe una buena coordinación en la comunicación entre los radio operadores de las comunidades y los radios que operan las instituciones como la Alcaldía Municipal, Centro de Salud y Policía Nacional para atender las situaciones de emergencia, como se evidenció en la afectación de

6 viviendas destruidas en la comunidad de Paso Hondo en Agosto del 2010 por desborde del río El Espinal en la que el sistema de alerta falló y solo se actuó después del desastre.

Existe la necesidad de fortalecer los mecanismos de coordinación entre todos los actores que inciden en la microcuenca, mejorar los mecanismos de pronóstico para fortalecer las alertas, a la vez se hace necesario reforzar con capacitaciones y entrenamiento práctico a los miembros del COLOPRED, COMUPRED, junto con la realización de simulacros con las comunidades y autoridades municipales.

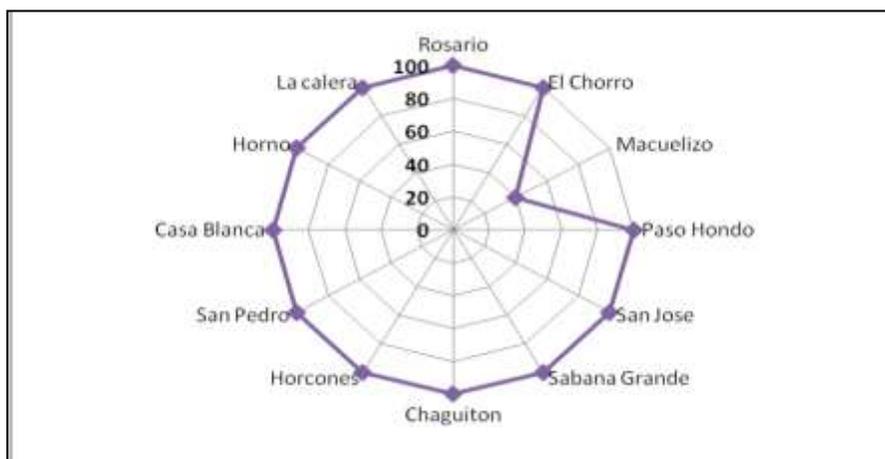


Figura 41. Representación gráfica del indicador número de comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas.

### Mapas o estudios de riesgo ante amenazas naturales

El hecho que las comunidades cuenten con sus mapas, planes de riesgos actualizados y formados los Comité Locales de Prevención y Mitigación a Desastres (COLOPPRED), les hacen menos vulnerables y con capacidad de responder de mejor manera las emergencias.

Para este indicador se toma en cuenta si las comunidades tienen actualizado su mapa o plan de riesgo comunitario. En los talleres realizados con los comunitarios se constató que las comunidades Rosario, La Calera, Paso Hondo, San José y Sabana Grande son las comunidades con mayor vulnerabilidad, en vista que sus planes de riesgo o mapas comunitarios tienen más de 5 años de no estar actualizado, además, no cuentan con COLOPRED conformado. En tanto, las comunidades que han sido atendidas por

APRODESA en la temática de gestión de riesgo como Horno, Casa Blanca, San Pedro, Horcones, Chaguitón, El Chorro y Macuelizo cuentan con 2 y 3 años respectivamente de tener sus mapas, planes de riesgo comunitario actualizados y conformados los COLOPRED, por tanto, los hace menos vulnerables a enfrentar las emergencias (Figura 42).

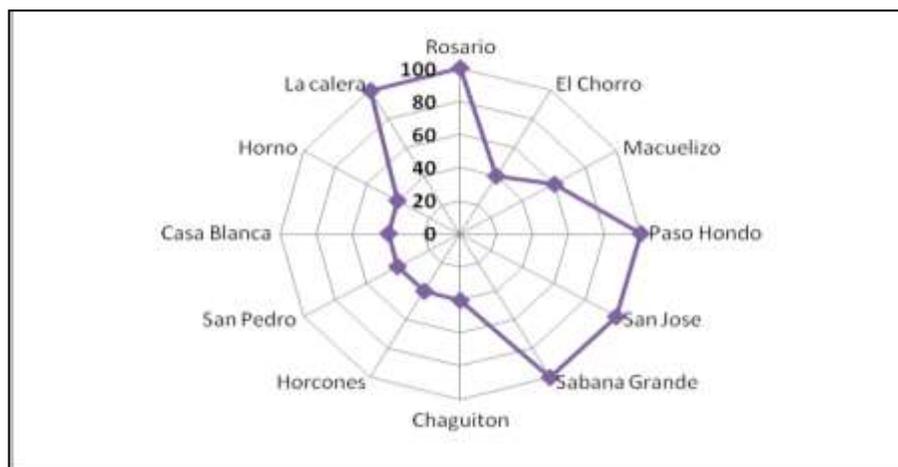


Figura 42. Representación gráfica del indicador mapas o estudios de riesgo ante amenazas naturales.

### 5.3.7 Vulnerabilidad cultural

Uno de los indicadores que se tomó en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fue la **participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de riesgo**. Para este indicador la ponderación fue moderada, ya que la participación de la mujer es bien reconocida en todas las comunidades, en vista que han participado en diferentes proyectos de rehabilitación, cada vez que se dan situaciones de emergencia (Figura 43).

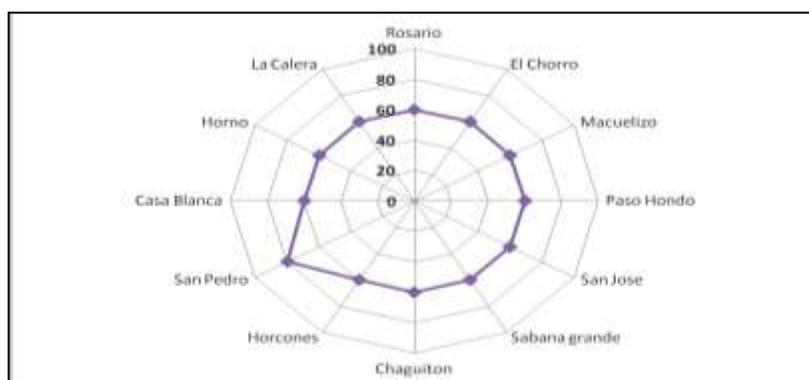


Figura 43. Representación gráfica del indicador porcentaje de participación de la mujer en actividades de prevención y mitigación de desastres.

### **Integración de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas para la prevención y/o mitigación del riesgo a desastres naturales**

El 60 % de los pobladores encuestados en cada una de las comunidades manifestó estar dispuestos a realizar acciones coordinadas con las demás comunidades a fin de reducir el riesgo a desastres, por tanto, de acuerdo a la ponderación de este indicador tiene una vulnerabilidad moderada (Figura 44).

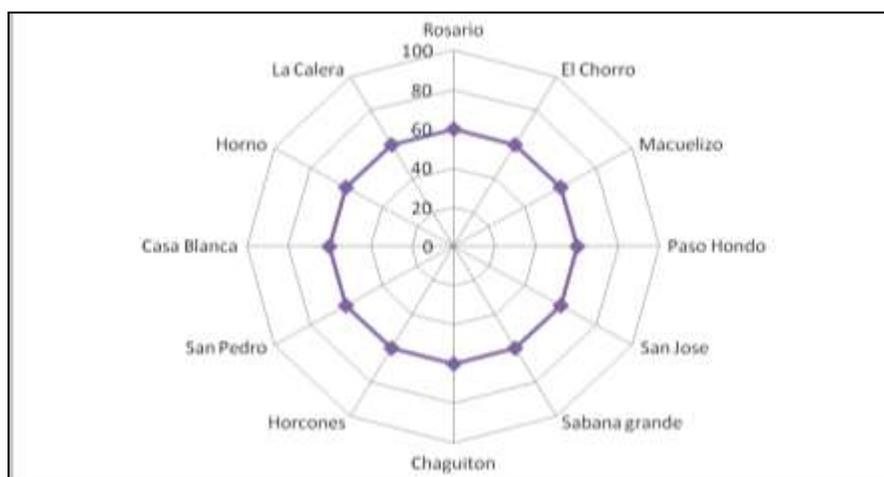


Figura 44. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población dispuesta a trabajar en equipo en las medidas de prevención y mitigación de desastres naturales.

### **Número de actividades culturales a favor de la preservación de los recursos naturales en los últimos 2 años**

Se concluye de la consulta en los talleres con los comunitarios, entrevista con líderes y con organizaciones que tienen presencia en la microcuenca, que no se han realizado programas o actividades culturales destinados a la gestión de riesgo, por lo que se le asignó una valoración ponderada de vulnerabilidad muy alta para la mayoría de las comunidades en estudio (Figura 45).

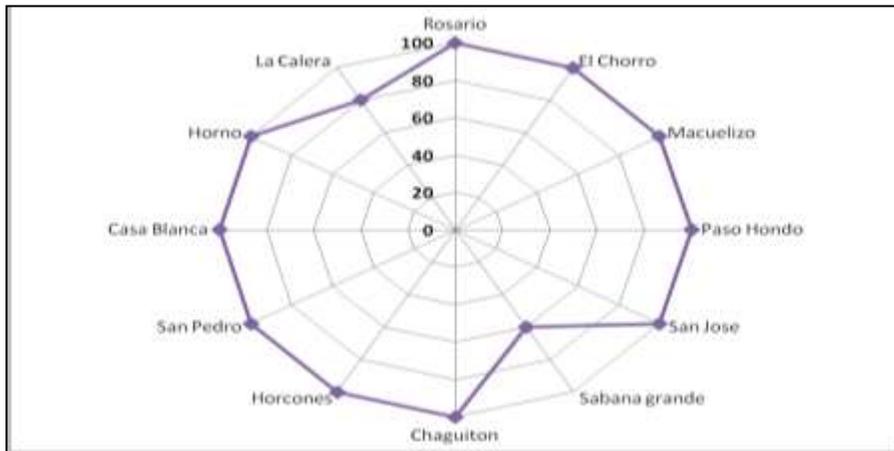


Figura 45. Representación gráfica del indicador número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 2 años.

### 5.3.8 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 de peligro presentes en la zona que habita. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

**Analfabetismo.** Limita a las personas tanto desde el punto de vista de las oportunidades de empleo como el pleno disfrute de sus derechos como ciudadanos. Según las encuestas realizadas existen en la microcuenca una tasa de analfabetismo del 11%, por lo que la ponderación de esta variable indica una vulnerabilidad moderada (Figura 46); actualmente el MINED está trabajando con las comunidades en el programa “YO SI PUEDO” con personas de edad adulta a fin de reducir los índices de analfabetismo. Según las encuestas realizadas, las comunidades que hay que prestar atención son: Horno y Macuelizo, le siguen en orden de prioridad La Calera, Sabana Grande y San José (Figura 47).

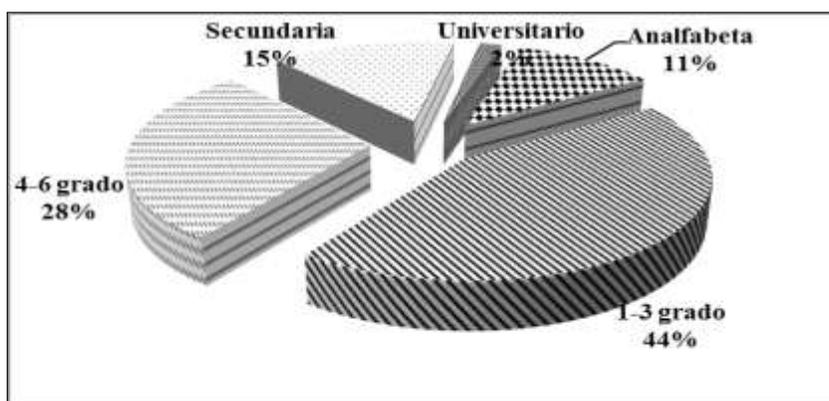


Figura 46. Representación gráfica del indicador nivel de escolaridad en la microcuenca El Espinal.

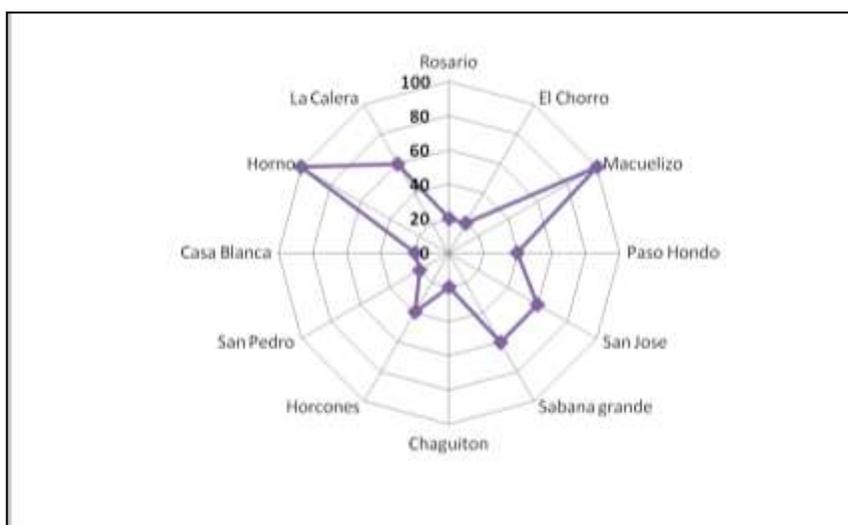


Figura 47. Representación gráfica del indicador porcentaje de analfabetismo.

### Grado de escolaridad

Este indicador fue evaluado con una calificación de vulnerabilidad alto para las comunidades que integran la microcuenca, ya que en su mayoría las presentan una escolaridad a nivel de primaria (primero a tercer grado). Se destaca que las comunidades con más problemas con nivel de escolaridad (primero a tercer grado) son La Calera, Macuelizo y El Chorro, mientras que las comunidades de Paso Hondo, San José, Sabana Grande, Chaguitón, Horcones, San Pedro, Casa Blanca, La Calera y El Rosario tienen un nivel de escolaridad moderado (cuarto a sexto grado) (Figura 48).

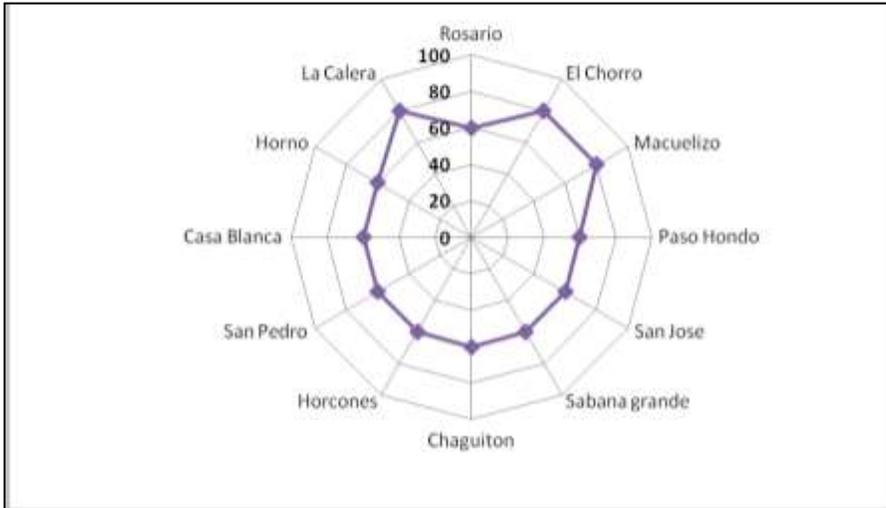


Figura 48. Representación gráfica del indicador nivel de escolaridad.

**N° de programas radiales en prevención y mitigación de riesgo de desastres naturales**

Este indicador fue calificado como vulnerabilidad muy alto en la microcuenca, ya que al realizar las encuestas se encontró que existe al menos 1 programa radial que trata la temática gestión de riesgo; pero, este programa lo relacionan con la escucha de viñetas radiales, sin embargo desconocen si existen programas radiales relacionados a la prevención y mitigación de desastres (Figura 49).

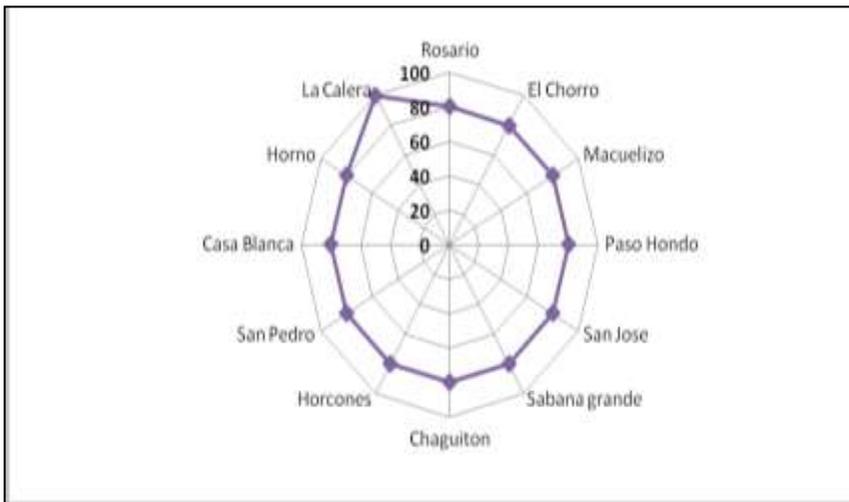


Figura 49. Representación gráfica del indicador número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres naturales.

### 5.3.9 Vulnerabilidad institucional.

Está 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. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad fueron:

#### **Instituciones relacionadas con la prevención y/o mitigación de riesgo**

Hasta el año 2011 solamente 2 organizaciones estaban trabajando específicamente en la microcuenca en lo que a prevención y mitigación de desastres se refiere. Estas organizaciones son Agro-Acción Alemana que trabaja con el Comité Municipal de Prevención y Atención de Desastres (COMUPRED) de Pueblo Nuevo y 6 comunidades, y la ONG APRODESA que trabaja con 13 comunidades en la microcuenca El Espinal y Los Mojones. De acuerdo a los criterios evaluados, este indicador se tiene una vulnerabilidad muy alta (Figura 50).

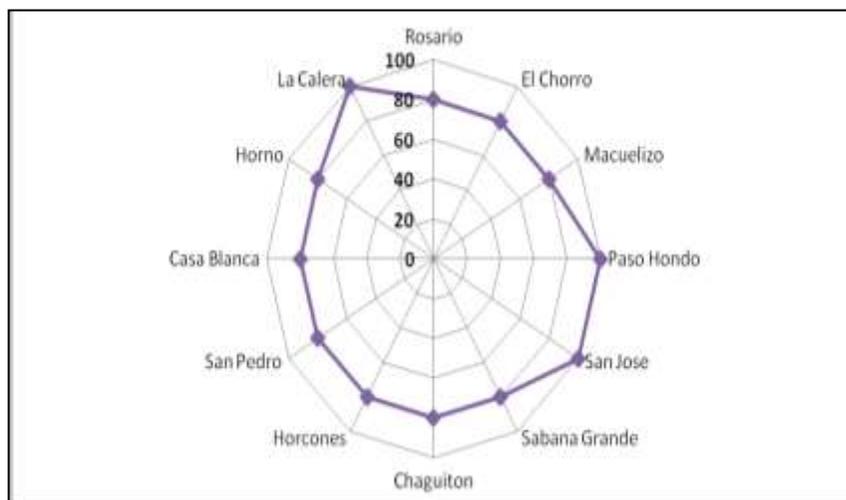


Figura 50. Representación gráfica del indicador número de instituciones con presencia activa en la temática de gestión de riesgo.

### Conocimiento del plan de riesgo municipal de parte de los comunitarios

Este indicador fue calificado como vulnerabilidad muy alto para todas las comunidades, en vista que los comunitarios desconocen la existencia del documento, cuál es su contenido y para que les puede servir en sus comunidades (Figura 51).

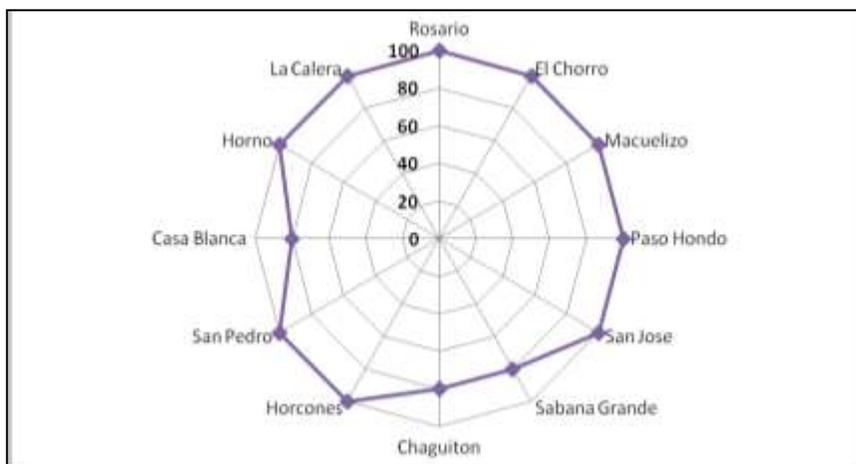


Figura 51. Representación gráfica del indicador porcentaje de comunitarios tienen conocimiento del plan de riesgo municipal.

### Porcentaje de la población que considera eficiente la gestión del gobierno municipal

Este indicador fue calificado con vulnerabilidad moderado, que obtuvo un porcentaje de 45% (Figura 52), que indica una vulnerabilidad moderado. Esta afirmación concuerda con lo expresado en los talleres con la población, ya que señalan su descontento con la gestión del gobierno municipal, expresan que existe poco apoyo en proyectos sociales, demandas no cumplidas, nulo acercamiento de las autoridades municipales en sus comunidades, manifestando que solo se aparecen en tiempos de elecciones municipales, las comunidades que manifestaron la deficiente gestión del gobierno municipal son: Paso Hondo, San José, Chaguitón, Horcones, Casa Blanca y Horno (Figura 53).

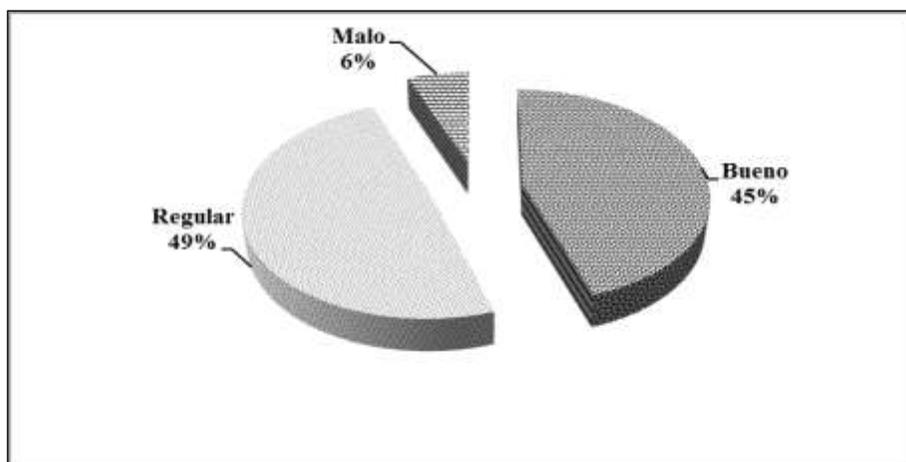


Figura 52. Porcentaje de la población que considera buena la gestión del gobierno municipal en la microcuenca El Espinal.

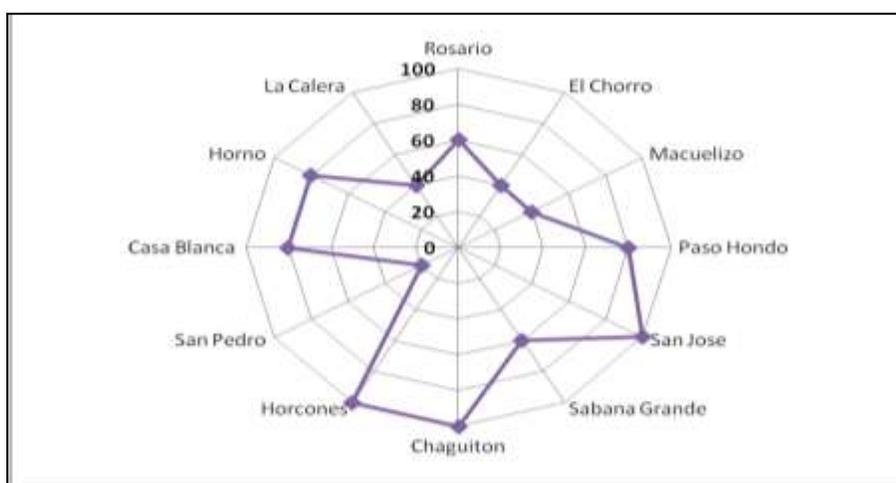


Figura 53. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población que considera eficiente la buena gestión del gobierno municipal por comunidad.

### **Porcentaje del presupuesto destinado la prevención y mitigación de desastres naturales**

Al realizar los talleres con los comunitarios, entrevista a líderes de las comunidades y miembros del COMUPRED del municipio de Pueblo Nuevo, se constata que no existe una partida presupuestaria destinada a la prevención y mitigación de desastres, por lo que este indicador tiene una valoración de vulnerabilidad muy alta. La municipalidad debe poner atención a la temática de riesgo del municipio por las amenazas hidrometeorológicas a la que está propenso; se deben realizar acciones de capacitación de personal, tanto a técnico

como comunitarios, estudios de investigación, diseño de mecanismo de alerta temprana, aumentar la resiliencia de los productores en el campo agrícola, pecuario y forestal, así como la construcción de pequeñas obras de ingeniería (puentes vados, caja puente, muros de contención, manejo de taludes de ladera), tomando en cuenta la realidad de la zona (Figura 54).

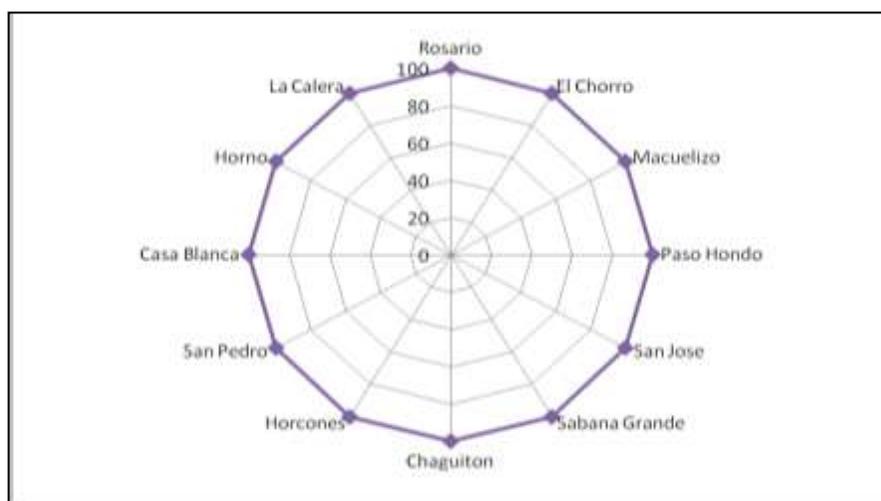


Figura 54. Representación gráfica del indicador porcentaje del presupuesto destinado a la prevención y mitigación de desastres.

### 5.3.10 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. Los indicadores que se tomaron en cuenta para este tipo de vulnerabilidad son:

#### Organización Comunal

Representa el apoyo que las organizaciones e instituciones vinculadas al manejo y protección de recursos naturales realizan en las comunidades; en la medida que las

comunidades tengan mayores fuentes de financiamiento en los proyectos, serán menos vulnerables y podrán afrontar las amenazas de mejor manera.

Para el caso de la microcuenca El Espinal, este indicador fue valorado en función del número de instituciones que tienen presencia en cada comunidad. Comunidades tales como: Macuelizo, San José, Sabana Grande, San Pedro, Casa Blanca, Horno y La Calera, presentan una vulnerabilidad alta con base en este indicador, debido a que los informantes claves y las encuestas realizadas indicaban que el promedio de instituciones presentes en las comunidades apoyando el desarrollo comunitario eran dos (Figura 55).

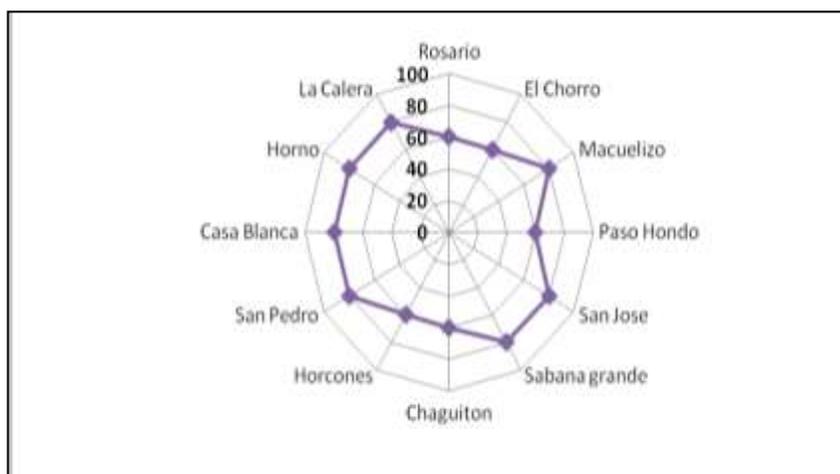


Figura 55. Representación gráfica del indicador número de organizaciones comunales vinculadas al manejo y protección de recursos naturales en la microcuenca El Espinal.

### **Organización Social**

Si existen organizaciones locales funcionales en función del bienestar comunitario, existe la posibilidad de reducir la vulnerabilidad.

Este indicador fue calificado como vulnerabilidad baja, para la mayoría de las comunidades en estudio; los resultados indican que el 71% de los entrevistados forman parte de alguna expresión de organización. Ejemplo de estas organizaciones son: miembros del comité de agua potable, miembros de gabinetes de poder ciudadano, consejos de padres de familia, integrantes de iglesias etc. (Figura 56 y 57).

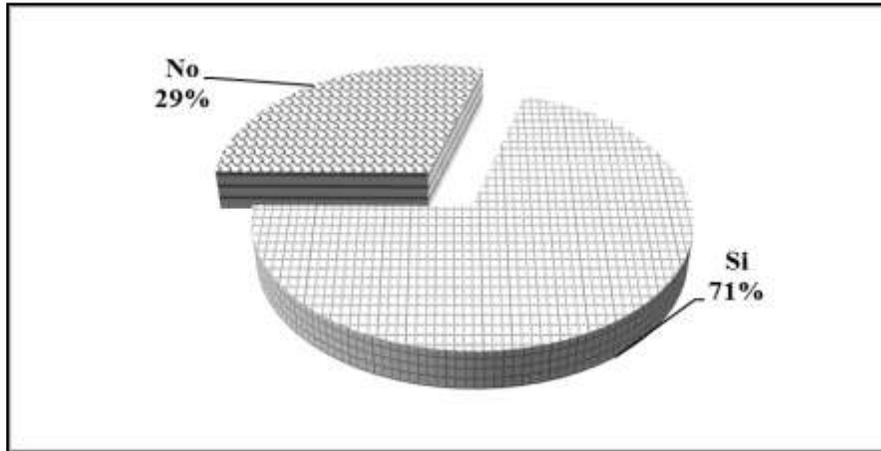


Figura 56. Porcentaje de comunitarios que pertenecen a alguna organización comunitaria en la microcuenca El Espinal.

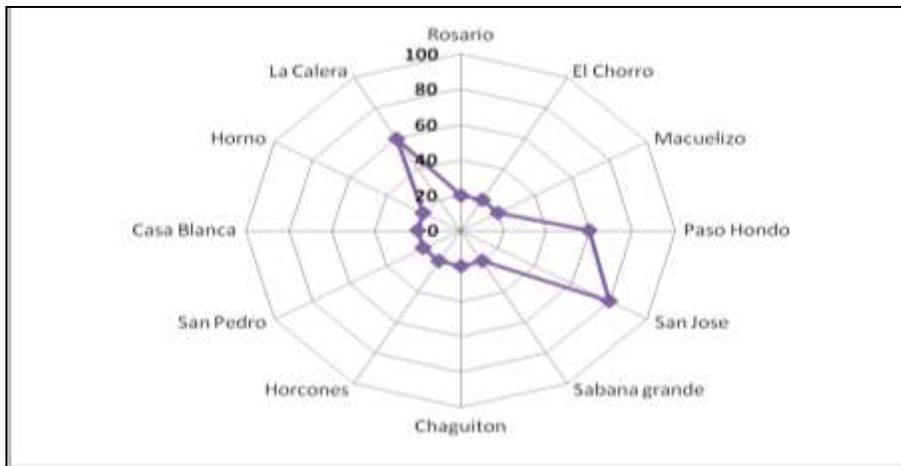


Figura 57. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población en la microcuenca que se integra a las organizaciones comunales.

### Acceso a medios de comunicación

Este indicador representa el grado de información que las comunidades reciben. De acuerdo a las encuestas realizadas, el 78% de las viviendas de la microcuenca cuentan con al menos 1 medio de comunicación, tales como radio, televisor, celular u otro equipo (Figura 58), por lo que este indicador se evalúa como vulnerabilidad baja para las comunidades en estudio, ya que garantiza que los pobladores de la zona puedan estar informados del acontecer municipal, departamental y nacional, en caso de situaciones de emergencia (Figura 59).

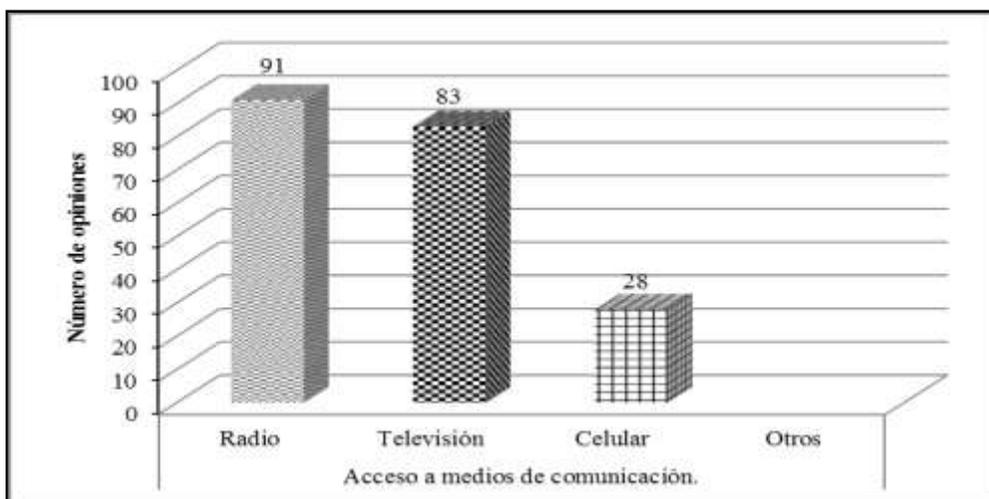


Figura 58. Acceso a medios de comunicación de comunitarios en microcuenca El Espinal.

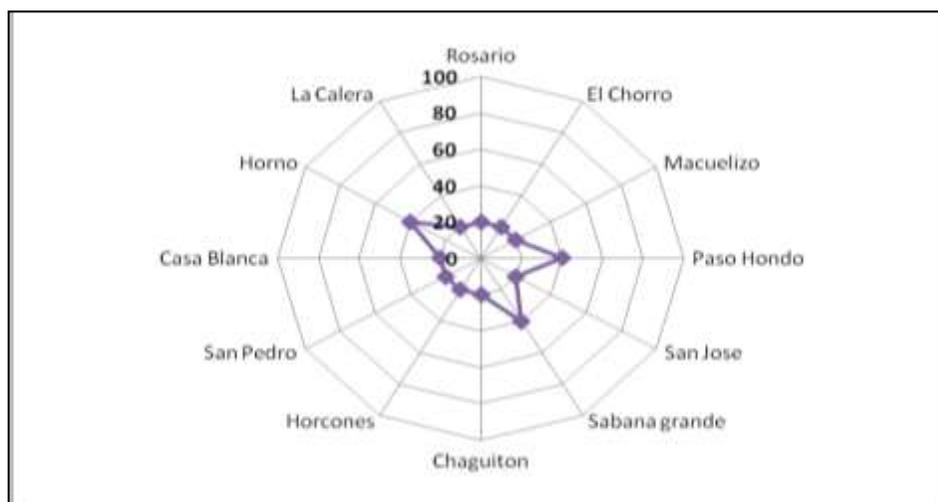


Figura 59. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población con acceso a medios de comunicación por comunidad.

### Servicio de salud

Los servicios de salud en la microcuenca son muy limitados, existen sólo tres puestos de salud, ubicados en Paso Hondo, Casa Blanca y Los Llanos 1 (Figura 61); estos 3 puestos atienden una población aproximada de 7000 habitantes, los cuales son atendidos por un médico general y 2 enfermeras en cada puesto de salud. La asistencia brindada se limita a la atención de consultas externas, curaciones, asistencia a mujeres embarazadas, niños y niñas de

hasta 5 años; en ellos se asignan medicamentos para enfermedades comunes, en casos graves los comunitarios tienen que trasladarse al Centro de Salud del municipio de Pueblo Nuevo, lo cual es muy difícil principalmente para las comunidades ubicadas en las partes altas de la microcuenca.

De acuerdo con la clasificación propuesta, estos dos indicadores se calificaron con una vulnerabilidad alta en vista que las mayorías de las comunidades únicamente cuentan con brigadistas de salud; esto implica que la mayoría de las comunidades para poder atender una emergencia de salud en caso de desastres, deben acudir a los 3 puestos de salud establecidos, lo que asociado con el difícil acceso a muchas comunidades se vuelve un problema muy serio al momento de una emergencia en la microcuenca, donde el 95% de los comunitarios (111/116) el principal medio de transporte para llegar a los puestos de salud es a pie (Figura 60).

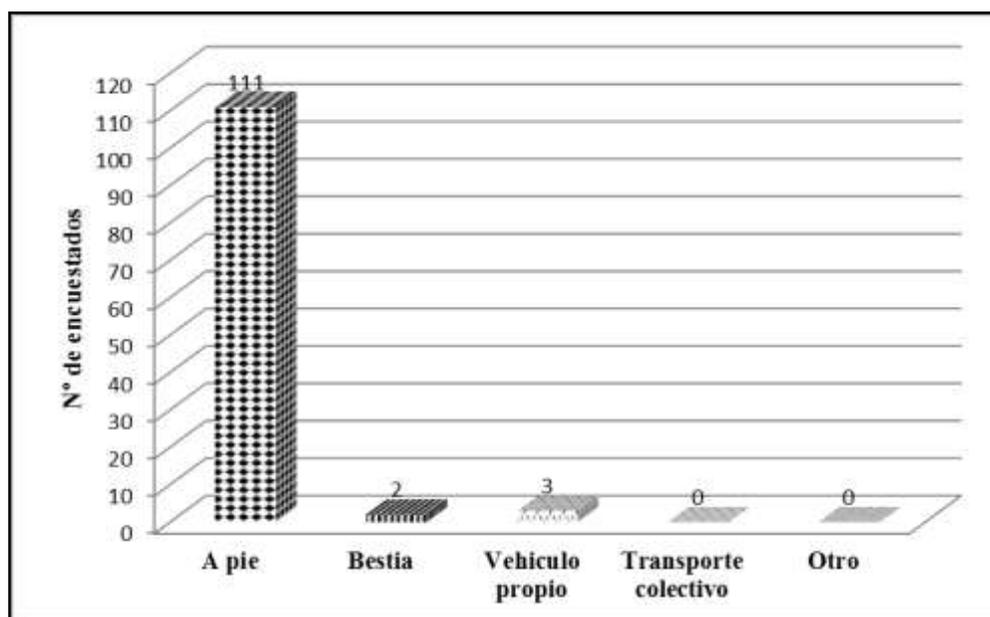


Figura 60. Medio de transporte usado por los comunitarios de la microcuenca El Espinal para llegar a los puestos de salud.

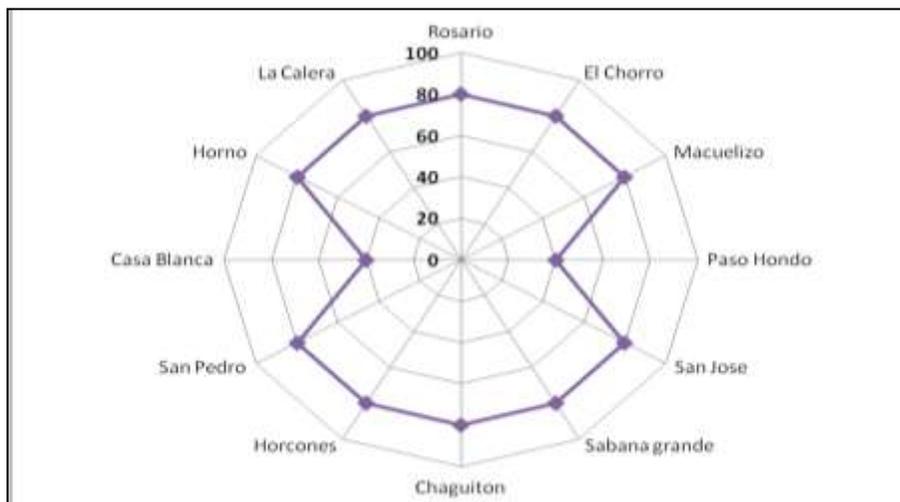


Figura 61. Representación gráfica del indicador servicios de salud por comunidad.

### **Porcentaje de la población que conoce las autoridades que atienden las emergencias en caso de desastres**

Este indicador determina el conocimiento y la disponibilidad de los entes o instituciones con los cuales se cuenta en caso de emergencias.

La evaluación de este indicador es evaluado como vulnerabilidad bajo para las comunidades en estudio, ya que los resultados reflejan que el 66% de las familias encuestadas manifestaron conocer las autoridades que atienden las emergencias a desastres (Figura 62); entre las instituciones que mencionan con mayor frecuencia están: COCOPRED, APRODESA, Alcaldía Municipal, AGROACCION ALEMANA, MINSA, etc. (Figura 63). Dichas instituciones son mencionadas por los comunitarios, ya que las reconocen cuando estas instituciones participan después que ha ocurrido una emergencia y para el periodo de rehabilitación en las comunidades; a la vez mencionan que existe muy poco trabajo en la parte preventiva y de mitigación respecto a la temática de riesgo.

Las comunidades a la que hay que tomar medidas en cuanto fortalecer la temática de riesgo en sus comunidades son: San José, Paso Hondo, Sabana Grande y Rosario (Figura 64).

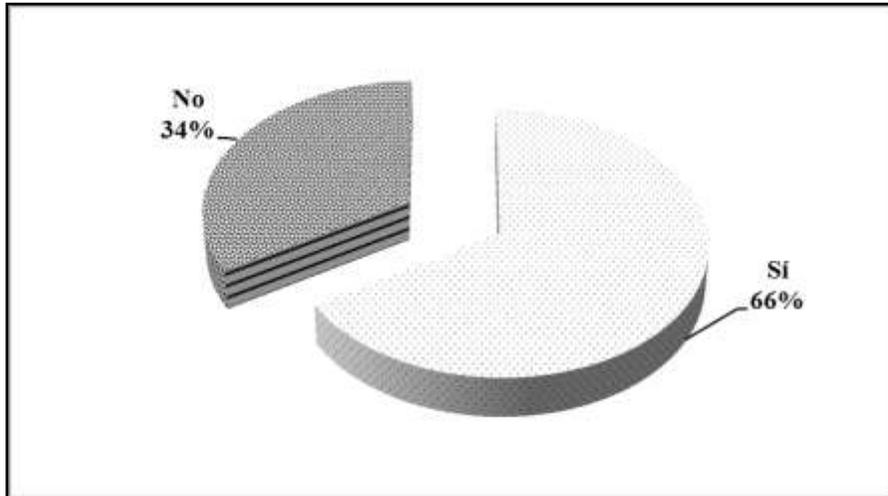


Figura 62. Porcentaje de comunitarios que tienen conocimiento de las instituciones encargadas de atender las emergencias en caso de desastres.

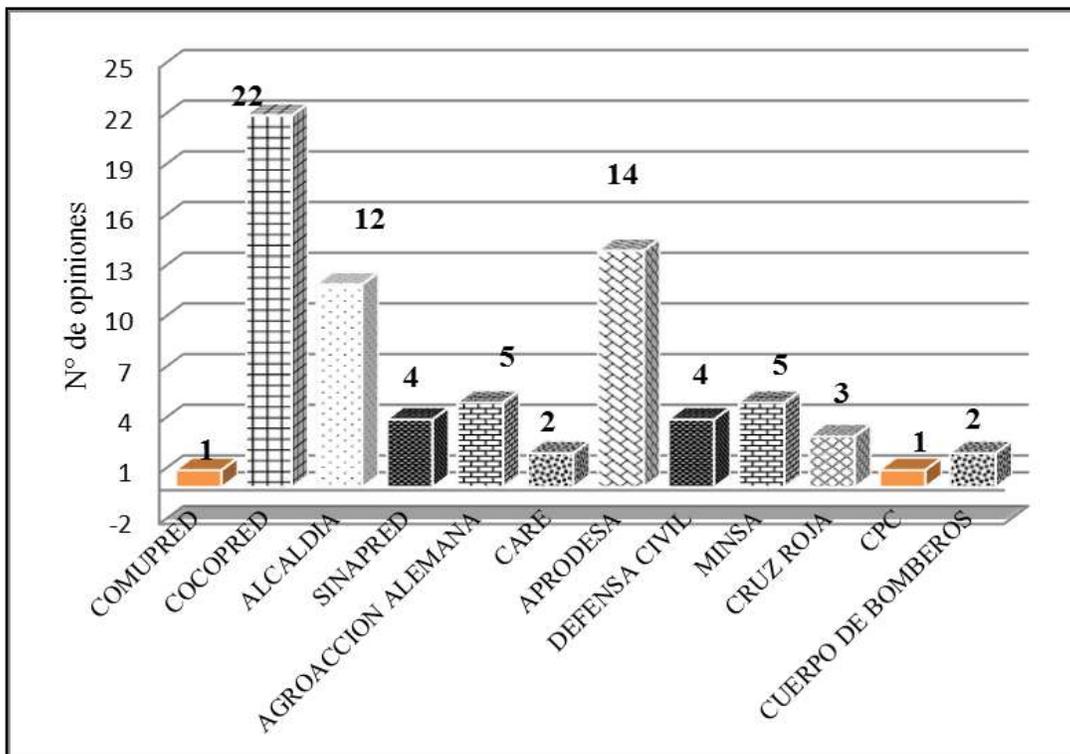


Figura 63. Instituciones encargadas de atender la emergencia según la percepción de los comunitarios de la microcuenca El Espinal.

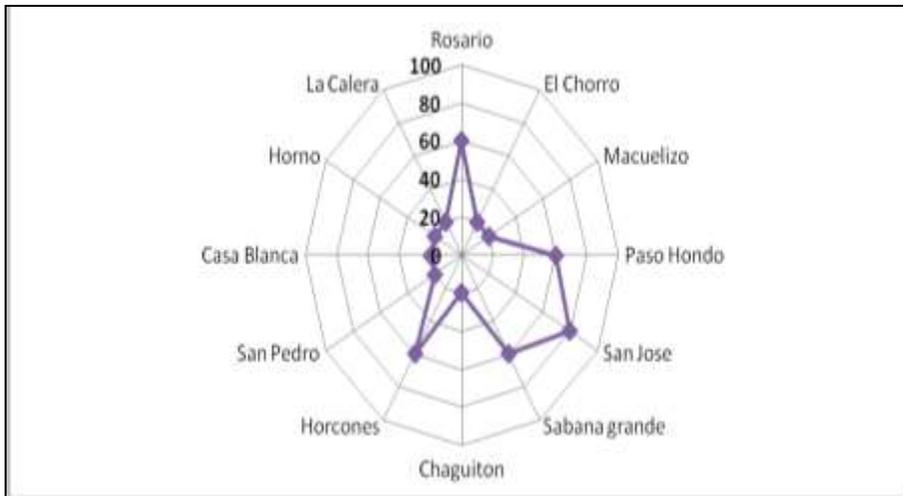


Figura 64. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce las autoridades encargadas de atender las emergencias en caso de desastres.

### Número de COLOPRED conformado y funcionando

Este indicador es evaluado como vulnerabilidad moderado, en vista que la mayoría de las comunidades en estudio tienen conformado y funciona regularmente su COLOPRED por iniciativa de la organización no gubernamental APRODESA. Las otras comunidades a las que hay que trabajar el tema de riesgo y conformación de COLOPRED son: Paso Hondo, San José, Sabana Grande y La Calera (Figura 65).

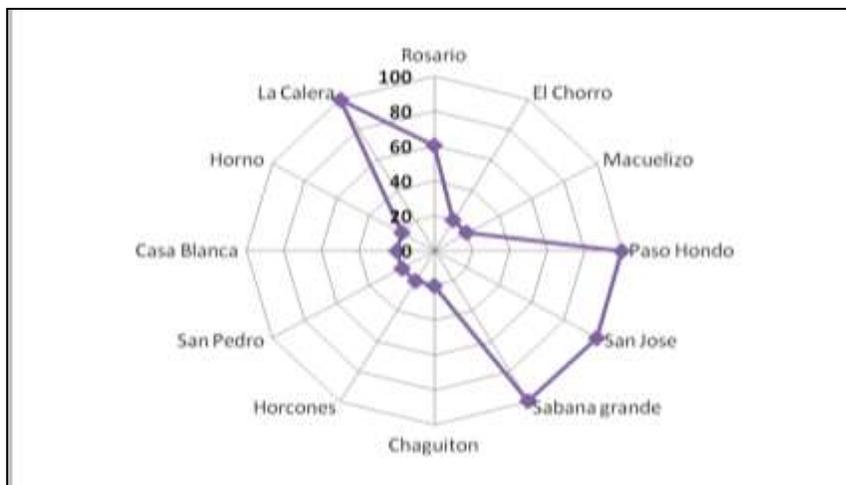


Figura 65. Representación gráfica del indicador número de COLOPRED conformados y funcionando por comunidad.

### **Porcentaje de la población que cuenta con plan familiar de emergencia**

En la medida que las familias tengan y se han apropiado del plan familiar de riesgo que tiene su vivienda, estas familias serán menos vulnerable y podrán actuar de una mejor manera ante una emergencia.

Este indicador es evaluado como vulnerabilidad alta de manera general en la microcuenca, el 59% de las familias manifestaron desconocer en qué consiste el plan de emergencia familiar; en tanto, 41% de los encuestados que sí manifestaron tener un plan de emergencia, el máximo de acciones que realizan son tres, cuando en la realidad un plan familiar debe de contar con más de 8 acciones importantes como mínimo (Figura 66).

A pesar de que existe la ONG APRODESA trabajando el tema de riesgo, en muchas de estas comunidades es necesario seguir promoviendo la sensibilización entre los comunitarios que trabajan con el proyecto, para que transmitan el conocimiento a los demás miembros que viven en sus comunidades. Las comunidades más vulnerables a este indicador son: Rosario, Paso Hondo, San José, Sabana Grande, Chaguitón, Horcones, Horno y La Calera (Figura 67).

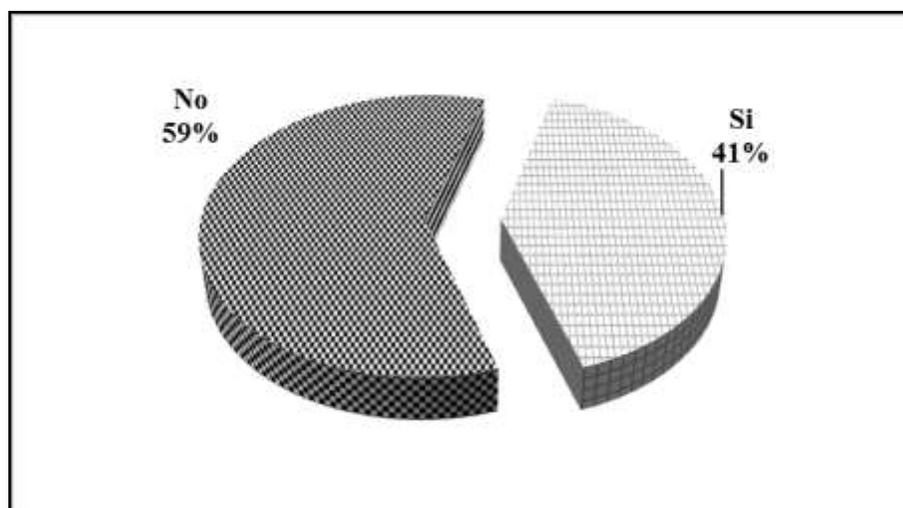


Figura 66. Porcentaje de la población que cuentan con plan de emergencia familiar en caso de amenazas a deslizamiento e inundaciones.

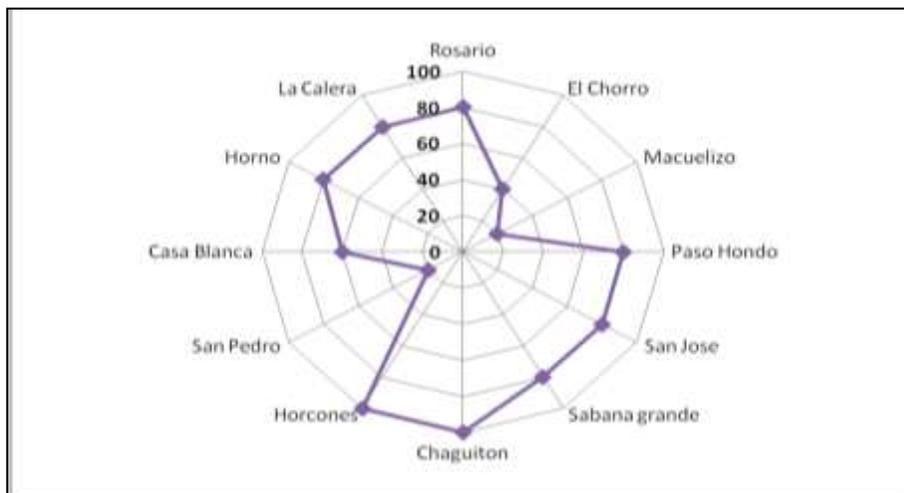


Figura 67. Representación gráfica del indicador porcentaje de población por comunidad que cuenta con plan de emergencia familiar.

### Porcentaje de la población que conoce el liderazgo comunitario en su zona

Este indicador es evaluado como vulnerabilidad muy bajo para las comunidades en estudio (Ver Figura 68), en vista que los comunitarios conocen a sus líderes, el 61% de los comunitarios consideran que el trabajo de gestión que realizan es bueno (Figura 69).

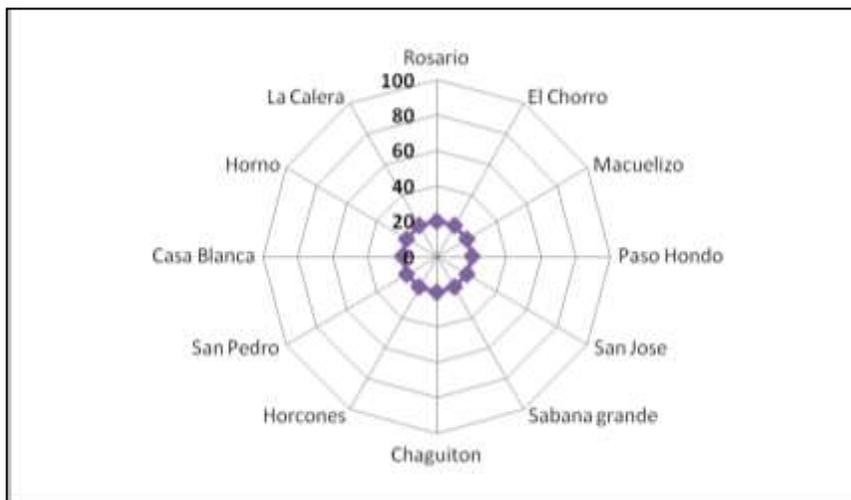


Figura 68. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce el liderazgo comunitario en su zona.

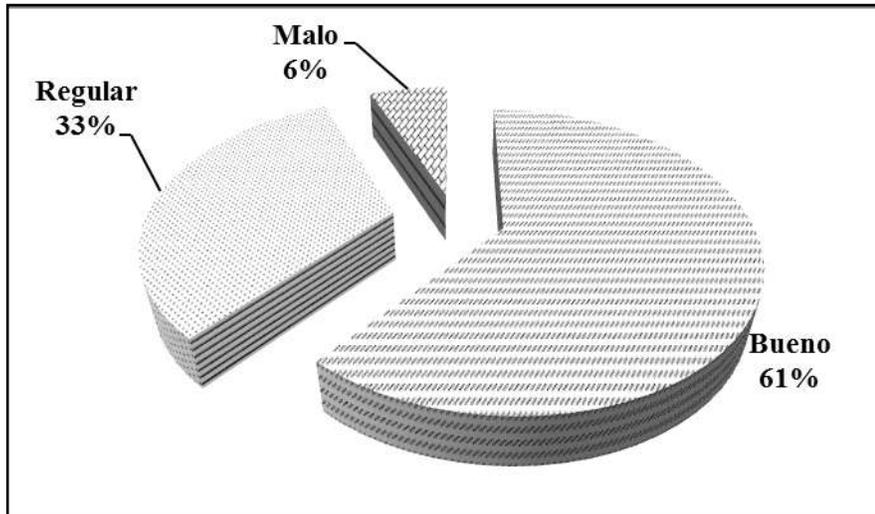


Figura 69. Percepción de los comunitarios de la microcuenca El Espinal respecto al trabajo de gestión de los líderes comunitarios.

### Porcentaje de la población que conoce los sitios de albergue en caso de emergencia

En este indicador se establece si los comunitarios conocen la existencia de albergues.

Este indicador es evaluado como vulnerabilidad bajo para las comunidades en estudio, ya que el 73% de la población conoce a dónde acudir en situaciones de emergencia, aunque muchos de ellos carezcan de servicios de luz, agua y letrinas. Estos sitios son reconocido en vista de la experiencia del huracán MITCH donde los sitios de albergues fueron las escuelas, iglesias, casa de parientes etc. (Figura 70)

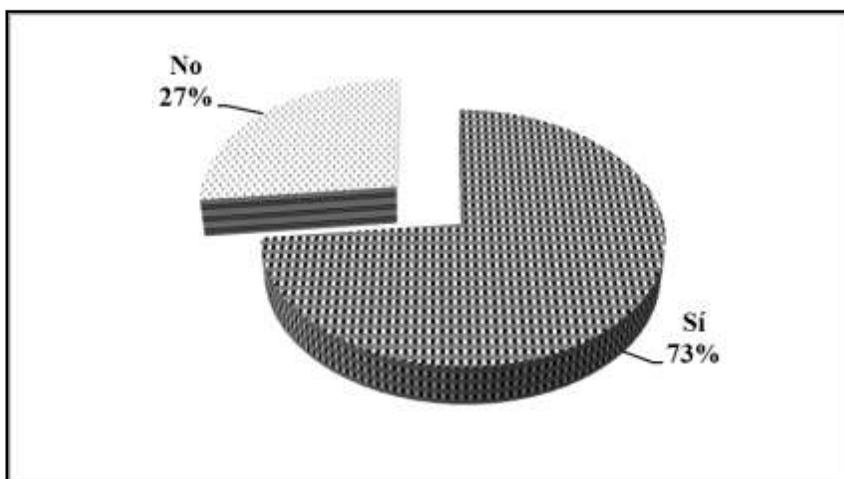


Figura 70. Porcentaje de personas que conocen en su comunidad los sitios de albergue en situaciones de emergencia.

De acuerdo al Art. 4 del Reglamento 98/2000 el Ministerio de Educación tiene la responsabilidad “Coordinar con el Comité Nacional, la Secretaria Ejecutiva y el Estado Mayor de Defensa Civil del Ejército de Nicaragua, la utilización de la infraestructura educativa como albergues provisionales de la población evacuada en situaciones de alerta o desastres”. Los comunitarios están claros que en sus comunidades ninguno de los albergues temporales cumple con criterios técnicos para situaciones de emergencia, es importante señalar que tanto los comunitarios, las instituciones y las autoridades están conscientes de esta necesidad; sin embargo, las limitaciones económicas de la Alcaldía municipal han impedido tomar acciones al respecto. Las comunidades con mayor vulnerabilidad son: El Rosario y San José (Figura 71).

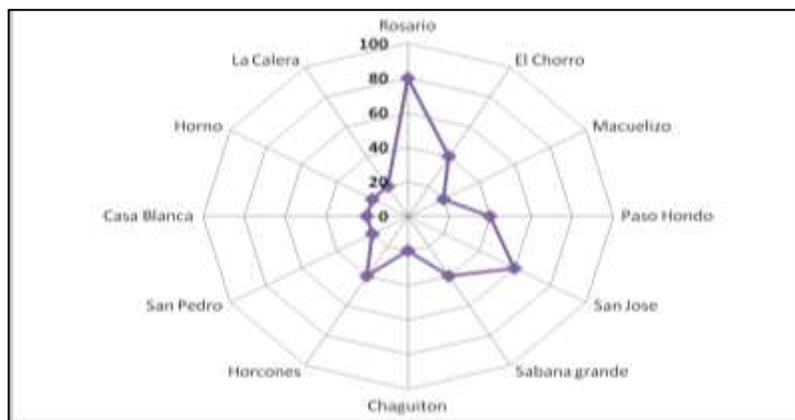


Figura 71. Representación gráfica del indicador porcentaje de la población por comunidad que conoce los sitios de albergue en caso de emergencia.

#### 5.4 Vulnerabilidad global ponderada en la microcuenca El Espinal

A continuación se presentan los resultados de la evaluación de la vulnerabilidad global de la microcuenca El Espinal, tanto para deslizamientos como inundaciones, donde a cada tipo de vulnerabilidad se le aplicó un factor de corrección a fin de observar su comportamiento de acuerdo a la metodología planteada (cuadro 17). Las comunidades evaluadas fueron las siguientes: Paso Hondo, La Calera, Casa Blanca, Sabana Grande, Rosario, San José, Horcones, Chaguitón, Macuelizo, San Pedro, Macuelizo y El Horno.

A continuación se presenta los resultados y análisis de la evaluación de la vulnerabilidad global a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal, con base a la información antes presentada de las diferentes tipos de vulnerabilidades analizadas. Por lo expuesto anteriormente, es preciso analizar las vulnerabilidades estudiadas como un conjunto, en donde la vulnerabilidad resultante, será la que guíe para desarrollar estrategias y acciones en la prevención y mitigación de la microcuenca El Espinal.

Al ponderar los tipos de vulnerabilidades, los porcentajes de vulnerabilidades cambiaron hacia una categoría más alta; así se obtuvo que la vulnerabilidad física pasa de alta a muy alta y las demás tipos de vulnerabilidades mantuvieron su categoría aunque haya aumentado su porcentaje (Figura 72).

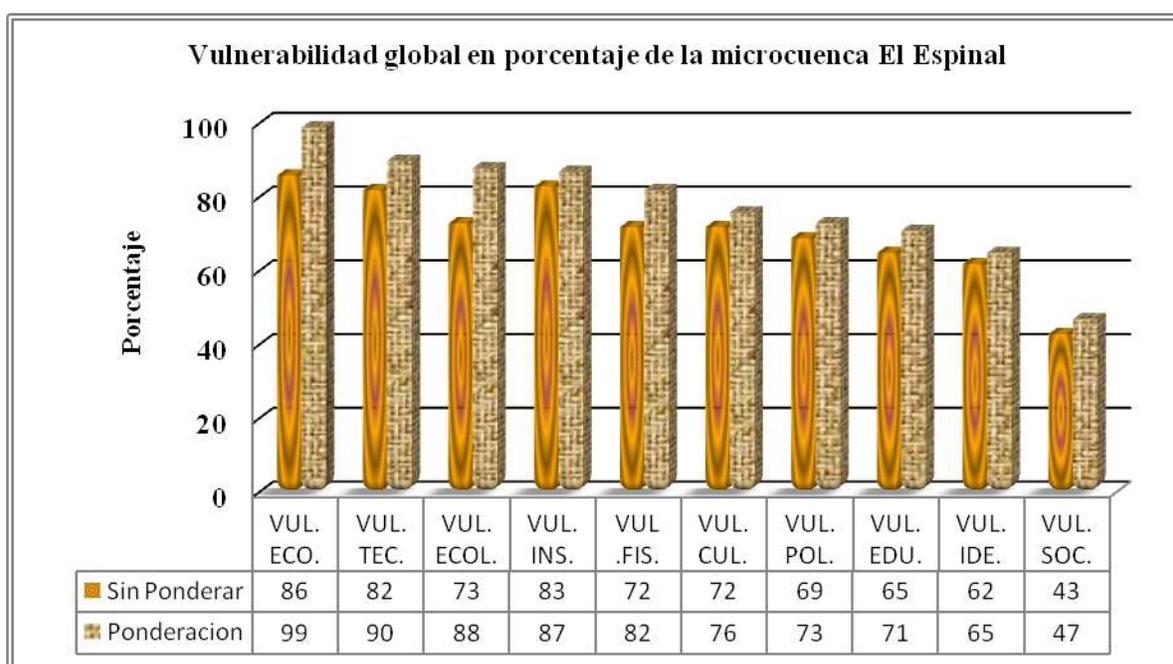


Figura 72. Tipo de vulnerabilidad global sin ponderar y ponderados de la microcuenca El Espinal.

VUL ECO= vulnerabilidad económica, VUL TEC= vulnerabilidad técnica, VUL ECOL= vulnerabilidad ecológica, VUL INS= vulnerabilidad institucional, VUL FIS= vulnerabilidad física, VUL CUL= vulnerabilidad cultural, VUL POL= vulnerabilidad política, VUL EDU= vulnerabilidad educativa, VUL IDE= vulnerabilidad ideológica, VUL SOC=vulnerabilidad social.

Los cuadros 61 y 62 presentan un resumen de la vulnerabilidad por comunidad y tipo existente en la microcuenca El Espinal de acuerdo a la metodología descrita.

El Cuadro 61 muestra a las comunidades de San José, La Calera y el Horno, como las que presentan una valoración de vulnerabilidad muy alta, y las comunidades de Paso Hondo, Casa Blanca, El Rosario, Sabana Grande, horcones, Chaguitón, Macuelizo, El Chorro y San Pedro como las que presentan vulnerabilidad alta (Ver Anexo 15). Pero tomando en cuenta la escala de medición de la vulnerabilidad, todas las comunidades en su conjunto al promediarlas presentan una vulnerabilidad alta.

Cuadro 61. Vulnerabilidad global en porcentaje por comunidad en la microcuenca El Espinal

<b>Comunidad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Calificación de Vulnerabilidad</b>
San José	87	Muy Alta
La Calera	82	Muy Alta
El Horno	82	Muy Alta
San Pedro	79	Alta
El Chorro	79	Alta
Macuelizo	77	Alta
Chaguitón	77	Alta
Horcones	75	Alta
Sabana Grande	74	Alta
Rosario	74	Alta
Casa Blanca	72	Alta
Paso Hondo	70	Alta
<b>Promedio</b>	<b>77</b>	<b>Alta</b>

Como se puede observar en el cuadro 62, en el análisis por tipo de vulnerabilidad se destaca que existe una vulnerabilidad muy alta en los aspectos económicos, técnicos, ecológicos, institucionales y físicos; le siguen en orden de importancia con vulnerabilidad alta los aspectos culturales, políticos, educativos e ideológicos, y por último con una vulnerabilidad moderada en la parte social siendo una fortaleza identificada en el estudio.

Cuadro 62. Tipo de vulnerabilidad global en porcentaje en la microcuenca El Espinal

<b>Tipo de Vulnerabilidad</b>	<b>Porcentaje</b>	<b>Calificación de Vulnerabilidad</b>
Económica	99	Muy Alta
Técnica	90	Muy Alta
Ecológica	88	Muy Alta
Institucional	88	Muy Alta
Física	82	Muy Alta
Cultural	76	Alta
Política	73	Alta
Educativa	71	Alta
Ideológica	65	Alta
Social	47	Moderada
<b>Promedio</b>	<b>78</b>	<b>Alta</b>

**La vulnerabilidad económica,** resultó con una valoración de vulnerabilidad muy alta (99%). En estas comunidades predomina el empleo informal o subempleo; donde la actividad del sector agropecuario es la principal fuente de ingresos, el nivel de desempleo es mayor del 20%, ya que el 89% de la población se dedica más que todo al trabajo de campo agropecuario siendo la principal entrada de recursos en las familias.

Es importante mencionar que las familias no poseen ingresos fijos mensuales, más del 80% de los encuestados reportan ingresos promedios mensuales inferiores a 2,000 córdobas lo que equivale a menos de un salario mínimo del sector agropecuario que es de C\$2,204 córdobas (MITRAB, 2011), este promedio alcanza para que un trabajador adquiriera el 24 por ciento de 39 productos de uso del hogar del valor de la canasta básica urbana (MITRAB, 2011a). Las fuentes de los ingresos son obtenidos de las ventas de cosechas, remesas familiares, trabajo en cortes de café, venta de mano de obra temporal, etc.

Las insuficientes actividades de las que dependen económicamente en la zona, contribuyen a un alto grado de desempleo y bajos niveles de ingresos, situación que obliga al uso irracional y deterioro de los recursos naturales, acentuándose aún más el grado de vulnerabilidad en la microcuena. La forma de mitigar esta vulnerabilidad es mediante la diversificación de la economía local, mediante el desarrollo de actividades productivas paralelas que le garanticen a las comunidades mayores ingresos.

**La vulnerabilidad técnica** resultó con vulnerabilidad muy alta (90%), se utilizaron indicadores como; porcentajes de viviendas que toman en cuenta normas de la construcción, comunidades que cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas a deslizamiento e inundaciones, porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural y comunidades que cuentan con mapas o estudio de riesgo.

Los 2 primeros indicadores son los más críticos, en el primero más del 80% de los encuestados no toman en cuenta las normas de la construcción, si a eso se añade que la municipalidad no cuenta con una reglamentación jurídica a través de ordenanza ni presupuesto para su implementación a pesar que el reglamento nacional de la construcción los mandata, al mismo tiempo no existe la certificación ni supervisión de parte del ministerio de transporte e infraestructura (MTI) de los establecimientos en el municipio a que cumplan con normas de calidad de los materiales de construcción que fabrican.

En cuanto al segundo indicador, sí existen instrumentos para monitorear las amenazas a deslizamiento e inundaciones, pero estos instrumentos son escasos al existir solamente 3 instrumentos (3 estaciones de radio comunicador y 1 pluviómetro) para monitorear las

amenazas a deslizamiento e inundaciones, sin tener bien claro un pronóstico de las variables a monitorear y no tener un mecanismo de alarma y alerta consensuado entre todos los actores.

En el caso de los medios de comunicación se identificó que existen problemas de coordinación y comunicación entre los mismos operadores de radio y el COMUPRED de Pueblo Nuevo. Para lograr que el Sistema de Alerta Temprana (SAT) funcione tiene que fortalecerse los otros componentes como son: pronóstico, difusión de las alertas en sus tres niveles verde, amarillo y roja desde el municipio a las comunidades y el fortalecimiento en capacitaciones en temática de riesgo tanto a los comunitarios e instituciones que conforman el COMUPRED a fin de fortalecer su capacidad de respuesta.

En el caso del indicador porcentaje de viviendas con buena resistencia estructural de acuerdo a los parámetros de evaluación para este indicador, las comunidades que presentan viviendas con buena resistencia estructural y vulnerabilidad baja están las comunidades de Macuelizo, Horcones y Casa Blanca, le siguen luego las comunidades de Horno, La Calera, Chaguitón y Paso Hondo; las comunidades más vulnerables a este indicador están El Chorro, Sabana Grande y San Pedro ubicados en la parte media y alta de la microcuenca y Rosario, San José ubicados en la parte baja, siendo estas las comunidades que las autoridades municipales tomen en cuenta en la priorización de programas que la municipalidad impulsa a través del “Plan Techo” que desarrolla el gobierno de Nicaragua.

En cuanto a las comunidades que no cuentan con mapas y planes de riesgo comunitario actualizados como: Rosario, Paso Hondo, La Calera, Sabana Grande y San José es necesario que la municipalidad coordine con defensa civil su capacitación, conformación de los COLOPRED y actualizar su plan de riesgo comunitario.

**La vulnerabilidad ecológica** resulto con vulnerabilidad muy alta, de acuerdo a su caracterización de ponderación con el 88 %. Los indicadores que se tomaron en cuenta fueron: grado de deforestación, intensidad de uso del suelo y viviendas con acceso a agua de consumo humano.

El principal problema en la zona de estudio es el nivel de pobreza; al no existir trabajos permanentes, los comunitarios no pueden suplir sus necesidades, lo cual lleva un problema fundamental que es el uso inadecuado del suelo y mayor explotación de los recursos naturales (ver anexo 7) que ha provocado que en la zona exista una alta vulnerabilidad a inundaciones y deslizamiento.

Las autoridades deben de implementar medidas de mitigación en las comunidades que viven en las áreas potenciales de ocurrencia de inundaciones y deslizamientos en la zona de estudio para bajar los riesgos, como por ejemplo: diseñar buenos sistemas de drenaje superficial en las áreas dedicadas a viviendas, carreteras y vías de acceso a las diferentes comunidades, realizar actividades agropecuarias amigables al medio ambiente; construir estructuras de contención en las zonas de amenaza alta y de mayor vulnerabilidad. La planificación del uso de la tierra y el uso de las técnicas de cultivos que se practican en estas áreas, tiene que cambiar, para evitar que los sistemas ecológicos sufran más daños y así poder evitar los efectos futuros de inundaciones y deslizamientos.

**La vulnerabilidad institucional** resulto con vulnerabilidad muy alta (87%), refleja la falta de apoyo que puedan estar teniendo las comunidades por las ONGs de la sociedad civil o las instituciones del estado en la temática de gestión de riesgo; de igual forma, refleja el poco nivel de conocimiento que tienen los comunitarios del plan de riesgo municipal, donde según los resultados más del 80% lo desconocen no sabiendo que información recoge dicho plan.

En cuanto al porcentaje del presupuesto que destina la municipalidad para la prevención y mitigación de riesgo resultó nulo, por tanto la municipalidad de Pueblo Nuevo y el gobierno central deben prestar atención y destinar fondos en la temática de riesgo a fin de evitar que las poblaciones asentada en la microcuenca y los sistemas ecológicos (agua, suelo, bosque, fauna etc.) no sufran mayores daños por los efectos futuros de los deslizamientos e inundaciones; los comunitarios demandan mayor acercamiento de las autoridades municipales con las comunidades para conocer sus problemáticas y mejorar los canales de comunicación.

De manera general los indicadores de **vulnerabilidad física** evaluados en la microcuenca El Espinal resulto con una vulnerabilidad muy alta (82%), pero entre los indicadores que

presentaron una vulnerabilidad moderada resultaron los siguientes: acceso a las comunidades, viviendas a 1 kilómetro de distancia del deslizamiento y viviendas en laderas. Los indicadores que hay que tomar acciones para darles mayor seguimiento son: mantenimiento de obras hidráulicas (caja puente) que no fueron diseñadas para las avenidas de aguas rápidas provenientes de la parte alta y los indicadores número de viviendas ubicadas en la primera terraza de los ríos y número de viviendas con 7 o más habitantes.

**La evaluación de la vulnerabilidad cultural** resultó con vulnerabilidad alta (76%), se utilizaron indicadores como el porcentaje de las mujeres en participar en actividades de prevención y mitigación, población dispuesta a trabajar en equipo y número de actividades culturales en prevención de riesgo en los últimos 2 años. Con respecto a los 2 primeros indicadores estos son considerados como moderado según la ponderación del indicador tanto hombres como mujeres están dispuestas a participar en las actividades de prevención y mitigación siempre y cuando sean consultados en su participación. El indicador que se tiene que prestar atención es la nula y la poca realización de actividades de sensibilización en la temática de riesgo en todas las comunidades.

**La vulnerabilidad política** resultó con vulnerabilidad alta (73%), por el poco compromiso por parte de los gobiernos municipales para mitigar los riesgos a deslizamiento e inundaciones, no destinar fondos para la prevención y mitigación de desastres, por la falta de normativas en la gestión de riesgo y la poca participación de líderes comunitario en la toma de decisión en proyectos de inversión en las comunidades, esto hace pensar que las comunidades a la cabeza con sus líderes tienen que mejorar en sus capacidades de autogestión e incidir en la municipalidad para que la gestión de riesgo sea una prioridad para el municipio y que las obras se vean reflejada para el bienestar de las comunidades a las que ellos representan.

En entrevistas a integrantes del COMUPRED comentaban la gran limitante que en la mayoría de instituciones pertenecientes al estado, no cuentan con recursos humanos, logísticos y económicos suficientes para priorizar dentro de sus agendas y funciones la prevención, mitigación y atención a desastres.

Esto se evidencia con lo encontrado por Alcarraz (2010), en el Documento País Nicaragua, que demuestra que una gran parte de los avances y logros conseguidos en el ámbito municipal durante la implementación de los proyectos DIPECHO, están muy condicionados y afectados por las dinámicas socio-políticas y cambios institucionales vinculados a éstas.

Con base a los talleres realizados con los líderes comunitarios y miembros de la comisión municipal de prevención de desastres (COMUPRED) del municipio de Pueblo Nuevo se reflexionó que la alcaldía municipal, los gabinetes del poder ciudadano (GPC) e instituciones que forman parte del COMUPRED se requiere la participación, coordinación, involucramiento de cada uno de los actores, asumiendo roles y compromisos, con el fin de tomar medidas para estar mejor preparados y minimizar el impacto causado por un desastre.

Por tanto, se sugiere que se debe seguir fortaleciendo las relaciones entre actores, mediante diferentes estrategias y acciones, con el propósito de lograr incrementar la participación, articulación y sinergias entre todos los actores con miras al desarrollo de gestión del riesgo.

**La vulnerabilidad educativa** con la ponderación realizada presento una valoración de vulnerabilidad alta (71%), en ella se evaluaron 3 indicadores porcentaje de analfabetismo, nivel de educación de la comunidad y número de programas radiales en la temática de gestión de riesgo.

El grado de escolaridad en la microcuenca es de primero a tercer grado por lo que se deben hacer esfuerzo de elevar el nivel de escolaridad a sexto grado a fin de tener una población con una mejor educación y poder tener mejor análisis de los riesgos a que están expuestos.

De acuerdo a entrevista al delegado del MINED del Municipio de Pueblo Nuevo, señala que existen orientaciones que las escuelas inserten en la currícula de manera transversal y obligatoria programas educativos sobre la prevención de riesgos en los centros escolares.

En los talleres donde participaron algunos directores de centros escolares expresaban que existen dificultades en las escuelas, ya que no se cuentan con planes de respuestas escolares actualizados, profesores con desconocimiento del tema de riesgo y centros escolares no

cuentan con suficiente material bibliográfico y metodológico para poderlo aplicar con los estudiantes, lo que repercute en el desconocimiento y la concientización de la población estudiantil.

De acuerdo al Art. 4 del Reglamento 98/2000 el Ministerio de Educación tiene la responsabilidad de: “Garantizar la inclusión en los programas de educación general de prevención mitigación y atención de desastres, de acuerdo en la temática y el contenido de estudios que apruebe el Comité Nacional”

La población en la micro cuenca El Espinal requiere de programas radiales y televisivos que fortalezcan la educación en la zona, al mismo tiempo incorporar programas de capacitación en lo que a gestión de riesgo se refiere y seguir alfabetizando a la población y mejorar los índices en elevar el nivel de educación hasta sexto grado.

**La vulnerabilidad ideológica** presentó una vulnerabilidad alta (65%) en estas comunidades, donde los encuestados consideran que los desastres naturales ocurren porque Dios así lo tiene destinado o porque simplemente tienen que ocurrir. Este resultado sugiere que la población cree que los desastres naturales ocurren debido a la fuerza divina, por lo que se sugiere seguir capacitando y educando a la población a fin de tener mejor conocimiento de las causas y consecuencias de los desastres naturales.

**La vulnerabilidad social** con la ponderación realizada presento una valoración de moderada con 47%, siendo una fortaleza en capital humano que se debe aprovechar por los actores que tienen influencia en la microcuenca El Espinal a fin de coordinar acciones de prevención y mitigación para la reducción de vulnerabilidad.

## **5.5 Propuesta de uso y manejo agroecológicos para aumentar la resiliencia ante las amenazas de deslizamiento de tierra e inundaciones.**

Las propuestas de uso y manejo agroecológico constituyen un marco de referencia para la gestión del territorio de la microcuenca El Espinal; están orientadas a revertir el proceso de degradación de los recursos naturales ocasionado por mal uso del suelo y las afectaciones de las amenazas hidrometeorológicas actuales como son los deslizamientos e inundaciones, que incrementan la vulnerabilidad ecológica y social de las comunidades que conforman esta unidad hidrográfica. El objetivo fundamental de estas propuestas está enmarcado en promover procesos de cambio en torno a las formas de utilización del territorio, desarrollo de alternativas productivas sostenibles y protección del medio ambiente.

Las ideas de las propuestas suministran una serie de insumos que permitirán elaborar perfiles de planes de manejo más desarrollados que pueden ser sometidos al financiamiento de organismos donantes, interesadas en apoyar proyectos con enfoque conservacionista.

La propuesta de uso y manejo se realizó tomando en cuenta las limitantes del uso del suelo y delimitación de áreas susceptibles a deslizamiento de tierra e inundaciones; con la información generada se tiene una visión espacial donde se pueden priorizar esfuerzos en planes de ordenamiento de uso de la tierra, planes de conservación de suelos y aguas, proyectos de reforestación, implementación de tecnologías agroforestales, agrosilvopastoriles y proyectos de ecoturismo.

En ese sentido, la propuesta de zonificación agroecológica, es una propuesta técnica de carácter cualitativo basada en los aspectos biofísico, técnico, legal y socioeconómico estableciéndose 3 áreas que son: zona protectora de restauración ecológica, zona de rehabilitación y zona de desarrollo agrícola (Cuadro 63, Anexo 14), para los cuales se establecen normas de manejo que permitan actividades humanas de carácter económico que conduzcan a la sostenibilidad. Sin embargo esta propuesta está sujeta a consenso, sugerencias y observaciones por parte de las instituciones que conforman el Comité Municipal de Prevención y Mitigación de Desastres (COMUPRED) del municipio de Pueblo Nuevo; así como de otros actores locales y externos.

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

Los principales usos y manejos contemplados en esta zonificación son:

Cuadro 63. Zonas agroecológicas de la microcuenca El Espinal

Zonificación Agroecológica	Símbolo	Área (Km <sup>2</sup> )	Porcentaje (%)
Zona Protectora de Restauración Ecológica	ZPRE	16.82	18.37
Zona de Rehabilitación	ZR	20.01	21,86
Zona de Desarrollo Agrícola	ZDA	54.70	59.77
<b>Total</b>		91.53	100

### 5.5.1 Zona protectora de restauración ecológica

**Caracterización:** Área de importancia forestal y protección de la cobertura vegetal, de gran importancia para la diversidad biológica y paisajística, clase de capacidad de uso VI al VIII, pendiente mayores de 30% con alto riesgo de erosión, alta cantidad de fallas locales, litología impermeable y sobre uso del suelo, alta susceptibilidad a deslizamiento de tierra donde existe evidencia de deslizamientos activos o sub activos o existe una alta posibilidad de que ocurran, abarcan un área: 16.82 Km<sup>2</sup>

Zonas que por su alta fragilidad ambiental, alta producción de agua, y/o por la alta producción potencial de sedimentos, deben ser protegidas legalmente, regularizando su uso a través de unidades de ordenamientos restrictivas. Posibles usos: producción de agua, captura de CO<sub>2</sub>, reserva de flora y fauna, agricultura con altas restricciones con implementación de prácticas de conservación de suelo y agua.

**Las zonas protectoras de restauración ecológica (ZPRE):** delimitan los sistemas cuya estructura no ha sido seriamente degradada que presta servicios ecológicos vitales. Los servicios ecológicos incluyen todos los mecanismos de estabilización dinámica de los ecosistemas de la microcuenca El Espinal, tales como evapotranspiración e interceptación del escurrimiento en el ciclo hidrológico, infiltración, descarga hídrica, control topográfico de la atmósfera, producción de núcleos de condensación así como las funciones relacionadas con

los procesos de evolución que conducen a la diversidad biológica, la relevancia ecológica de estos sectores radica en su capacidad generadora de aguas y como zonas de protección de la fauna silvestre.

Se incluyen dentro de éstas áreas para la regulación hídrica las partes más altas y medias de las microcuencas, los nacedores, los acuíferos, los drenajes, quebradas y ríos. Estas zonas son propicias para intervención por medio de obras de mitigaciones menores y su clasificación, de acuerdo con las condiciones ambientales, corresponde a suelos de protección y/o conservación, o a uso agrícola, agropecuario o forestal bajo restricciones, al mismo tiempo no se debe permitir la ocupación de muchas viviendas o intervenciones agresivas.

### **Consideraciones prácticas de manejo en las zonas agroecológicas.**

#### ***Estrategias de manejo en las áreas de protección y restauración ecológica.***

La zona de protección se define por su importancia biológica, dedicación a la conservación, investigación y educación; no incluye planes de aprovechamiento forestal, no se permite la quema, ni aprovechamiento de madera cerca de fuente de agua y zonas de recarga hídrica.

Esta área es compatible con actividades turísticas, recreativas o deportivas de naturaleza, se aplican obras de conservación de suelo, se deben respetar las franjas riverieñas de ríos, fuentes y zonas de recarga hídrica que de acuerdo a La ley de Aguas Nacionales N° 620 artículo 96 indica que se prohíbe la tala de árboles en una zona de 200 m a partir de las riberas de los ríos, costas de lagos y lagunas, a fin de proteger el recurso hídrico y los servicios ambientales que éstas brindan.

Se permite la implementación de senderos para caminatas libres y miradores ubicados en sitios estratégicos para la actividad turística y educación ambiental; para ello es necesario realizar un estudio previo de impacto ambiental, además en los senderos y miradores deben construirse con material de la zona. En áreas que no son sensible para la recarga hídrica se permite el establecimiento de sistemas silvopastoriles, pero estricto control de la carga animal

De acuerdo a la normativa Decreto 78-2002 de Normas Pautas y Criterios de Ordenamiento Territorial, arto 32, indica que no son tierras aptas para establecimiento de asentamientos las ubicadas en las laderas inestables de macizos montañosos con pendientes mayores de quince por ciento; pero si es permitido la construcción de viviendas dispersa 10 a 15 por hectárea, pero tomando en cuenta el Reglamento Nacional de la Construcción del MTI. En general, en dichas áreas, se debe exigir, para la realización de cortes y taludes, estudios de suelos y análisis de estabilidad puntuales en los cuales se evalúen el factor de seguridad para condiciones críticas.

Se deben proteger las zonas que se encuentran por encima de la cota de los 1.000 m.s.n.m. Los lugares donde se requiere vegetación protectora se encuentran en las quebradas, en las cabeceras de los drenajes, en los nacedores en las zonas de recarga hidrogeológica, en las zonas de mayor inestabilidad geotécnica y en los ríos se debe mantener una franja no menor a 50 metros en cada margen del cauce principal. Las especies representativas para reforestar dichas zonas se recomienda que sean frondosos y que generen hojarasca, que mejoren la estructura del suelo con el fin de controlar adicionalmente los fenómenos de remoción en masa como avalanchas, deslizamientos, flujos de tierra y desplomes entre otros. La vegetación debe ser en lo posible nativa y/o que se adapte a las condiciones de la microcuenca El Espinal.

***Especies predominantes en la parte alta:***

Aguacate mico (*Persea americana*), Majagua (*Heliocarpus appendiculatus*), Guaba (*Inga densiflora*), Roble (*Quercus oocarpa*), Coralillo (*Erythrina bartereana*), Cordoncillo (*Piper Aduncom*), Sangregado (*Croton*), Muñeco (*Cordia bicolor*), Ojoche (*Brosimum alicastrum*), Moda (*Clorophora tintoria*), Pino (*Pinus oocarpa*)

El fomento de la agricultura de granos básicos debe estar bajo las bases de la Agricultura de Conservación (AC), que se basa en el concepto fundamental del manejo integrado del suelo, del agua y de todos los recursos agrícolas. Su característica principal es que bajo formas específicas y continuadas de cultivo, la regeneración del suelo es más rápida que su degradación de modo que la intensificación de la producción agrícola es económica, ecológica y socialmente sostenible.

La Agricultura de Conservación es la combinación del uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas que mejoran la calidad del suelo (Ver anexo 12), implicando generalmente la utilización de material biológico vivo o muerto. Usa tres principios técnicos cruciales: no alterar el suelo de forma mecánica (se planta o siembra directamente); cobertura permanente del suelo; especialmente con el uso de rastrojos y cultivos de cobertura; selección juiciosa para las rotaciones de los cultivos y cultivos múltiples, agroforestería e integración pecuaria.

En esta zona se deben realizar fuertes prácticas de conservación de suelos para evitar la erosión hídrica; siembras al contorno siguiendo las curvas a nivel, barreras vivas y muertas, acequias de ladera y pozos de infiltración. Los suelos necesitan la incorporación de materia orgánica para mantener su fertilidad y reducir el impacto de la gota de lluvia, incorporación de abonos verdes, residuos de cosechas, manejo de hojarasca, Para manejar la fertilidad de los suelos y sustituir el uso de insumos sintéticos se llevaran a cabo la utilización de una serie de alternativas entre las que se encuentran.

- Uso de biofertilizantes.
- Micorrizas.
- Biofertilizantes múltiples.
- Estiércoles, compost, biotierras y humus de lombriz.
- Abonos verdes.

Un posible uso es el desarrollo de cultivos multiestrato (Forestal, musáceas, cítricos y frutales), especialmente café con sombra regulada que debe plantarse en áreas de menor pendiente entre 35 a 45% y manejarse con adecuadas prácticas que fomenten la conservación del recurso suelo, evitando el desarrollo de procesos erosivos acelerados; además establecer obras de captación para el manejo adecuado de las aguas mieles (biodigestores, aboneras orgánicas. lombricultura, etc.) proveniente de los beneficios húmedos.

En estas zonas se pueden usar terrazas pequeñas para sembrar los árboles frutales, siendo una práctica de conservación de suelos relativamente económica. Se recomiendan las barreras vivas, acequias de ladera o bordes de tierra, terrazas de base ancha, cubetas para humificación

e infiltración, incorporación de abonos orgánicos y adecuada fertilización orgánica, por tanto el uso de medidas agronómicas, biológicas y mecánicas; deben apuntar para mejorar la calidad del suelo. El suelo requiere del aporte de nutrientes naturales, cobertura natural y/o arbórea para la continua renovación de las propiedades fisicoquímicas.

La ganadería debe tener una menor carga animal por unidad de área para evitar la erosión, rotar los potreros y evitar el sobre pastoreo. Plantaciones forestales sembrar al contorno para evitar erosión.

### ***5.5.2 Zonas de rehabilitación***

#### **Caracterización:**

Estas zonas se caracterizan por tener topografías onduladas a escarpadas 15% al 30%, capacidad de uso de suelo IV y V, uso de suelo moderado, moderada susceptibilidad a deslizamiento de tierras con poca evidencia de registro; zonas que por presentar signos de degradación física, específicamente erosión, requieren de rehabilitación y mejoramiento, abarcan un área 20.01 Km<sup>2</sup>. Zonas que por presentar signos de degradación física, específicamente erosión, incendios, malas prácticas de manejo y riesgos moderados de deslizamiento, requieren de rehabilitación y mejoramiento.

Los usos permitidos: captura de CO<sub>2</sub>, ecoturismo, usos forestales, agroforestales y silvopastoriles con prácticas conservacionistas.

Las prácticas agrícolas se restringen a plantaciones de frutales o de café de sombra en zonas donde la altura y el clima lo permiten, y deberán realizarse incorporando medidas de conservación de los suelos. En estas zonas es conveniente la cobertura del suelo con cultivos permanentes y anuales bajo prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas, para normalizar el ciclo hidrológico del agua. Su objetivo principal se enfoca en la producción diversificada de cultivos bajo manejo con especies forestales (maderables, energéticas y/o frutales propios de la zona), asociados con cultivos alimenticios (maíz, frijol y otros) para garantizar la seguridad alimentaria, la calidad de vida y reducir la pobreza de las familias campesinas que habitan en la microcuenca. En este sentido, el control de incendios, de acusada incidencia durante la estación seca, resulta una acción a realizar de suma importancia.

### ✓ *Estrategias de manejo de áreas de rehabilitación*

Las especies forestales que se implementen deben tener énfasis en la protección y no en producción para extraer maderas. Algunas de las especies forestales que se adaptan a estas condiciones son: Madero Negro (*Giricidia sepium*), Cedro Real (*Cedrela odorata*), Roble (*Quercus lanceifolia*), Ocote (*Pinus oocarpa*), Laurel (*Cordia alliodora*), Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Carbón (*Acacia pennatula*), Carao (*Cassia grandis*).

En cuanto a los manejos específicos de fomento de agricultura de granos básicos se recomienda tener en cuenta las consideraciones planteadas en las bases de la Agricultura de Conservación (AC) anteriormente descrito.

El mal uso de estas tierras, en especial aquellas dedicadas a la ganadería, en donde se ha permitido el sobrepastoreo, ha propiciado el desarrollo de erosión acelerada; por esta razón es conveniente controlar el pastoreo o fomentar el sistema de corte y transporte de forrajes. Estos suelos se pueden destinar a actividades silvopastoriles con pastos protectores con sombra de copa ancha con variedades de pastos que se adaptan bien a las condiciones climatológicas de esta zona, a la vez estos sistemas se deben mantener con muy baja carga animal. Los pastos más resistentes a la sequía y que previenen la erosión son el Ángleton (*Dichanthium aristatum*), y Estrella (*Cynodon plectostachyus*). El pasto Ángleton es muy favorable pues es resistente al pisoteo, sequía y sirve como pasto de pastoreo y corte. Como leguminosas forrajeras se citan el Gandul (*Cajanus cajan*) y la Leucaena (*Leucaena leucocephala*).

### **Fomento de manejo silvopastoril y/o plantaciones energéticas**

Tiene por objetivo fomentar la actividad ganadera de doble propósito bajo manejo sostenible y diversificado con especies forestales maderables, energéticas y/o frutales que se adapten a las condiciones climáticas de la zona; para mejorar las condiciones económicas de los pequeños y medianos productores. Esta acción debe realizarse en áreas que presentan fuertes procesos de degradación de suelos por efectos de sobrepastoreo y afectación de recursos naturales por incendios agropecuarios.

Existen diferentes alternativas para la incorporación de árboles en los sistemas ganaderos, entre los cuales se pueden nombrar las cercas vivas, árboles dispersos en potrero, bancos forrajeros, pastoreo en plantaciones forestales o frutales, pasturas en callejones y cortinas rompe vientos. Además, estos arreglos pueden incluir sistemas de dos, tres o más estratos, formados con especies herbáceas, arbustivas y arbóreas, seleccionadas según un objetivo específico (producción de forraje, madera, leña, sombra, etc.) que determinará el manejo y la densidad de siembra. Con estas prácticas se logrará mitigar los procesos erosivos del sobrepastoreo, manejar la carga adecuada de ganado por unidad de área y pastoreo rotativo, complementar la alimentación del ganado con vainas y forrajes de los árboles de sombra (leguminosas).

### ***5.5.3 Zonas de desarrollo agrícola***

**Caracterización:** Área de importancia socioeconómica donde se desarrollan los principales rubros de hortalizas y tabaco, estas áreas se encuentran en estado de subutilización con pastos naturales, malezas y/o vegetación arbustiva rala, y que por su alto potencial agropecuario requieren ser incorporados a la producción. Estas zonas se caracterizan por tener topografías planas en la mayoría de los casos de origen aluvial, topografía entre 2% al 15%, clase de capacidad de uso III y IV, sobre uso de suelo bajo, baja susceptibilidad a deslizamiento de tierras, alta susceptibilidad a inundación con evidencia de registro, alturas de 600 msnm a 800 msnm, abarcan un área de **54.70 Km<sup>2</sup>**. Áreas de posible uso conservacionista y/o agrícola más intensivo, ofrecen un amplio rango de alternativas de producción, con prácticas de manejo y conservación para la sostenibilidad de las características físico-químicas de los suelos.

Son las áreas que por sus condiciones edafológicas y topográficas se pueden realizar prácticas de sistemas de producción, combinando actividades dirigidas al manejo agropecuario. Son áreas aptas para cultivos anuales preferiblemente (Ver anexo 13), pero también es posible para cultivos semi-perennes y perennes, ganadería de doble propósito y producción forestal asociada con pastos en sistema silvopastoril.

Estos suelos presentan propiedades que aunque pueden ser restrictivas pueden manejarse con tecnologías apropiadas, están localizados en la parte baja de la microcuenca; comprende

suelos profundos a moderadamente profundos, con drenaje bueno a moderado, de textura franca, franco arcillosa a arcillosa, fertilidad media, que los hace aptos para una variedad de cultivos anuales o semi -perennes (en monocultivo o asociados), pero que debido al riesgo de erosión, se requiere aplicar los principios de la Agricultura Conservacionista (AC), buenas prácticas agrícolas y requieren de prácticas intensivas de manejo y conservación de suelos y agua para el desarrollo de cultivos anuales (Ver anexo 11 y 12).

Las condiciones agrológicas y sus limitantes de uso relacionado con el déficit de humedad, se soluciona con la fertilización de enmiendas orgánicas y coordinando la siembra con los periodos lluviosos. En esta zona se puede aplicar riego si este es necesario en el requerimiento del cultivo. La producción comercial se da en los cultivos de Tabaco, Tomate, Cebolla, Pepino y Chiltoma. Para obtener cultivos ambientalmente sostenibles, es preciso realizar otras prácticas como Manejo Integrado de Plagas (MIP), prácticas de riego por goteo, y técnicas que enriquezcan y fomenten la conservación de la calidad del suelo para asegurar buenos rendimientos en las cosechas. Una de las maneras de cómo aprovechar al máximo la materia orgánica es incentivando la práctica de no quemar la vegetación del suelo, agregar varias clases de materia orgánica, como residuos vegetativos y estiércol.

Los suelos también pueden ser utilizados para ganadería controlada mediante el establecimiento de pasturas mejoradas, evitando el sobrepastoreo y aplicando riego suplementario. Por las condiciones agrológicas y climáticas, los pastos que mejor se adaptan son: el Pasto guinea o india (*Panicum maximum*), Pasto angleton (*Dichanthium aristatum*), Pasto brachiaria (*Brachiaria decumbens*), entre otros. En los sistemas agrosilvopastoriles se recomienda plantar cultivos de cobertura con mezclas de gramíneas y leguminosas para favorecer la fijación natural de nitrógeno y mantener una cubierta vegetal con lo cual se evita la pérdida acelerada del suelo.

Las características agroecológicas de esta unidad geográfica y donde se encuentran los suelos más productivos, es factible el desarrollo de *sistemas agrosilvopastoriles* que combinen los pastos con los árboles y ciertos cultivos semipermanentes como el plátano y frutales adaptados a estas condiciones. En estas áreas se pueden implementar prácticas de

conservación de suelos para minimizar la erosión hídrica; utilizar la siembra al contorno siguiendo las curvas a nivel para reducir la escorrentía provocada por las lluvias y aumentar la infiltración; establecer barreras vivas; laborear en forma liviana para evitar la destrucción de la estructura del suelo.

Con respecto a las áreas inundables en donde existen construcciones que ha sido inundada en los eventos históricos ocurridos en el pasado, como directriz fundamental se plantea la normativa de no construcción de los inmuebles en al menos 50 metros más próximos al río, limitar el crecimiento de asentamientos e intensificar la siembra de cultivos temporales con obras de conservación de suelos y agua, además reforestar los márgenes de los ríos con especies adaptadas a la zona.

***Especie adaptable a la parte baja de la microcuenca.***

- **Forestal Leña:** Quebracho (*Lysiloma auritum*), Brasil (*Caesalpinia velutina*), Madroño (*Calycophyllum candidissimum*), Cornizuelo (*Acacia spp*), Sardiniño (*Tecoma stans*), Guácimo de ternero (*Guasuma ulmifolia*), Carbón (*Astronium graveolens*)
- **Forestal Maderable:** Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Granadillo (*Platymiscium dimorphandrum*), Caoba (*Swietenia humilis*), Cedro Real (*Cedrela odorata*), Genízaro (*Albizia saman*), Carao (*Cassia grandis*), aceituno (*Simarouba glauca*).
- **Pastos:** Jaragua (*Hyparrhenia rufa*), Estrella (*Cynodon dactylon*), Anglenton (*Dichanthium aristatum*), Gamba (*Andropogon gayana*), Taiwan (*Pennisetum purpureum*), Brocharías de las especies *brizantha*, *decumbens* y *humidicola*.
- **Leguminosas:** Carbón (*Acacia pennatula*), Genízaro (*Albizia saman*), Leucaena (*Leucaena leucocephala*), Madero Negro (*Giricidia sepium*), Canavalia (*Canavalia ensiformes*), terciopelo (*Mucuna pruriens*), Mungo (*Vigna radiata*)
- **Forestales márgenes de río:** Helequeme (*Erythrina berteroana*), Gallito (*Erythrina fusca*) Cuajiñiquil (*inga punctata*), Cordoncillo (*Piper auritum*), Chilamate (*Ficus insipida*), Matapalo (*Ficus obtusifolia*), Sauce de río (*Salix humboldtiana*), Guiligüiste (*Karwinskia calderonii*), Higo (*Ficus carica*).

Otra alternativa importante a utilizar por los productores en las 3 áreas propuestas de la zonificación es la utilización de:

**Huertos familiares.** Se está destinando el uso de esta estrategia para el cultivo de hortalizas como la Cebolla (*Allium cepa L.*), Tomates (*Lycopersicon esculentum*), Chiltoma (*Capsicum annuum*), Zanahoria (*Daucus carota*), Rábano (*Raphanus sativus*), Pepino (*Cucumis sativus*), Maracuyá (*Passiflora edulis*), Granadilla (*Passiflora ligularis*), Banano (*Musa sapientum*), Yuca (*Manihot esculenta*), Ayote (*Cucurbita maxima*), Pipián (*Cucurbita Pepo L.*), Naranja (*Citrus aurantium L.*), Limón (*Citrus limonium*), Pitahaya (*Hylocereus undatus*) y plantas medicinales como: Orégano (*Plectranthus amboinicus*), Zacate de Limón, (*Cymbopogon citratos*), albahaca (*Ocimum basilicum L*), cilantro (*Erygium foetidum L*), romero (*Rosmarinus officinalis L*), Sábila (*Aloe vera*), Llantén (*Plantago major L*), Menta (*mentha piperita L*).

La ventaja que le dan a esta estrategia está basada en el poco espacio que se necesita y el poco riego que requiere.

Considerando las condiciones agroecológicas de la microcuenca El Espinal y los impactos que pueden alcanzar las amenazas a deslizamiento e inundaciones, las mejores opciones para mitigar los problemas ambientales y de baja productividad en los cultivos, son las opciones de sistemas silvopastoriles en áreas ganaderas, agroforestería en áreas de cultivos agrícolas (perennes o temporales), usos forestales (plantaciones, regeneración natural o ambas estrategias) en zonas críticas como áreas de recarga hídrica, fuentes de agua y sitios vulnerables a deslizamientos e inundaciones; todas ellas permitirán diseñar modelos de producción diversificados e integrados; porque una diversidad de organismos es clave para que los ecosistemas funcionen y provean servicios para mejorar la productividad, la conservación de los recursos naturales, calidad de vida de las familias y comunidades rurales desde un enfoque participativo y de consenso.

Para alcanzar los niveles de sostenibilidad, se debe comenzar a trabajar primero en la dimensión económica, esto implica fomentar procesos de capitalización de las fincas, que progresivamente se vaya ampliando hacia las comunidades de la microcuenca. Esto es factible a través de diseños de ordenamiento de los recursos naturales factible a sus necesidades para

que haya un entendimiento de la relación de la biodiversidad y funcionamiento de los agroecosistemas. La reorientación de los sistemas productivos aumentaran los ingresos y sustento de la familia, a través de la diversificación de la producción con prácticas amigables al ambiente, esto permitirá crear incentivos tangibles a corto y mediano plazo generando empleo, acceso a los mercados locales y nacionales facilitando aprendizaje y aprovechando oportunidades, pero enmarcados en un mejor manejo de los recursos pero a escala cada vez mayor. El objetivo final del diseño agroecológico es integrar los componentes de manera tal que aumente la eficiencia biológica general y se mantenga la capacidad productiva y autosuficiente del agroecosistemas. Para esto la diversificación del agroecosistemas es una estrategia clave para optimizar el reciclado de nutrientes y de materia orgánica, cerrar los flujos de energía, conservar el agua y el suelo y balancear las poblaciones de plagas y enemigos naturales. La estrategia explota las complementariedades y sinergismos que resultan de varias combinaciones de cultivos, árboles y animales, en diversos arreglos espaciales y temporales.

#### **5.6 Lineamiento y acciones concertadas con las comunidades y actores locales para la reducción y mitigación a desastres naturales**

Con base a los aportes de los pobladores de las comunidades de la microcuenca El Espinal y actores locales, se presentan los lineamientos y acciones a implementar para la reducción y mitigación a desastres naturales, partiendo que, cualquier acción de manejo de una comunidad, comarca o microcuenca, debe partir de un consenso local participativo, que se enriquezca con los habitantes de las misma y sean ellos los actores activos en todo el proceso.

En vista que la problemática que enfrentan los recursos suelos, bosque, recursos hídricos superficiales y los fenómenos de deslizamientos de tierra e inundaciones es diversa y compleja, se justifica que las estrategias y acciones para hacerles frente sean también diversas, multifacéticas y multisectoriales que también contribuyan a lograr un mejor bienestar y un desarrollo integral de sus habitantes.

## **Factores claves identificados**

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

1. Educación
2. Manejo adecuado de los recursos naturales
3. Fortalecimiento institucional local
4. Participación comunitaria
5. Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

### **Educación**

- Promover la educación ambiental e implementarla en el sistema de educación de la zona tanto formal como informal. Así como también se debe gestionar y coordinar con las instituciones y autoridades competentes un proceso que permita la alfabetización de todos los pobladores dentro de la microcuenca.
- Debe realizarse la respectiva gestión y coordinación con las Instituciones y autoridades competentes, a fin de establecer un proceso con visión de largo plazo, que permita la alfabetización permanente de todos los pobladores.
- Mejoren la capacidad de autogestión de los pobladores. Además, para fomentar la integración se recomienda que estos programas de capacitación se desarrollen en grupos que estén integrados por miembros de todas las comunidades.
- Para todos los casos anteriores debe fomentarse la equidad e igualdad sin distinción de género, origen cultura, costumbres, comunidad, identificación política, religión etc.
- Divulgación de las actividades del COMUPRED a través de la radio, medios televisivos y escritos locales y nacionales, panfletos.
- Señalización de tramos de carretera en las zonas de riesgos por derrumbes.
- Definir a través de estudios científicos los umbrales de deslizamiento de tierra e inundaciones rápidas en la microcuenca El Espinal.
- Generar información a través de bases de datos con indicadores meteorológicos.

## **Manejo adecuado de los recursos naturales**

- Se debe promover la planificación racional del uso de las tierras para viviendas, infraestructura, así como el manejo idóneo de los recursos naturales, promoviendo el uso de tecnologías de conservación de suelos, agua y bosque, con métodos tales como: labranza mínima, cultivos en asocio, establecimiento de barreras vivas, cubetas de infiltración, control de cárcavas, manejo de regeneración natural, siembra de pastos de corte con árboles dispersos, reciclaje de residuos de cosecha, cultivos en contorno o a nivel, barreras vivas, abonos orgánicos, entre otras. Esta actividad debe ser apoyada por instituciones y ONG, que actualmente están trabajando en la zona.
- Fomentar el ordenamiento de los sistemas de producción a nivel de finca considerando el uso potencial de los suelos.
- 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 del cultivo. Esto contribuirá a frenar el avance de la frontera agrícola.
- Implementar el pago por servicios ambientales a fin de crear incentivos para los pobladores del área.
- Promover la protección de la microcuenca en sus partes críticas y la restauración de sistemas ecológicos, clave para mitigar los efectos de futuro, manejo de zonas protegidas especialmente en la zona de Tepesomoto La Patasta, se debe limitar la tala de esta zona, haciendo énfasis en la conservación, producción y manejo sostenible de este bosque.
- Manejo Forestal y recuperación de áreas degradadas. El MARENA e INAFOR debe jugar un papel protagónico en la ejecución de esta actividad.
- Conservación y rehabilitación de ecosistemas naturales de alto valor por su flora, diversidad de fauna y turismo natural en la reserva natural.
- Fomentar estudio del potencial turístico y de biodiversidad de la microcuenca El Espinal.

## **Fortalecimiento institucional local**

- Que se cuente con mecanismos de cooperación y coordinación interinstitucional, entre la municipalidad de Pueblo Nuevo, programas, proyectos y ONG que trabajan en la zona, a manera de optimizar los recursos tanto financieros como técnicos y contribuir de esta manera con el desarrollo del municipio.
- Establecer convenios y acuerdos con instituciones nacionales e internacionales a fin de implementar un plan de manejo integrado de la microcuenca.

- Debe realizarse la gestión ante las entidades correspondientes a fin de capacitar el personal técnico con que cuentan las instituciones. Enfoque de género, participación comunitaria, diseño, monitoreo y evaluación de proyectos, diseño de estructuras físicas y gestión de riesgo deben ser temas prioritarios.
- Mejorar las condiciones de vivienda de la población, enfocado hacia cumplir la aplicación del reglamento nacional de la Construcción (RNC-07) y ubicación de las mismas respecto a las amenazas de deslizamientos de tierras e inundaciones.
- Fortalecimiento para la coordinación y accionar del COMUPRED con los COLOPRED para la Gestión de Riesgos.
- Regulación y control del establecimiento de asentamientos humanos e infraestructuras en lugares vulnerables a deslizamientos e inundaciones de parte de autoridades municipales.
- Gestionar recursos económicos para la elaboración de estudios científicos respecto al análisis de pronóstico ante las amenazas de deslizamiento de tierra e inundaciones rápidas en la microcuenca El Espinal

### **Participación comunitaria**

- Fomentar la organización y participación de la comunidad en todos los niveles de tomas de decisión.
- Todas las acciones y actividades por ejecutarse en las comunidades deben ser consensuadas con las bases comunitarias.
- Difusión y sensibilización a la población sobre las amenazas de mayor peligro como son los deslizamientos e inundaciones.
- Debe fomentarse la capacidad de autogestión, evitar paternalismo y dependencia.
- Los líderes de cada comunidad reconocidos, deben promover la elaboración de planes de emergencias, a nivel comunal y si es posible a nivel de cada familia, solicitando para ello, el apoyo de instituciones como SINAPRED y COLOPRED.
- Es necesario implementar en las comunidades más vulnerables un sistema de alerta temprana, que funcione eficazmente y capacitar a los habitantes para el uso adecuado del mismo.

- Desarrollar la autogestión, de manera que la comunidad sea independiente en el proceso de toma de decisiones.
- Mantener a la comunidad informada ante los problemas y las posibles soluciones.
- Promover la cultura de Prevención, con formación a líderes locales garantizando el apropiamiento de las herramientas que faciliten abordar los problemas sociales.

### **Mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población**

- Priorizar la rehabilitación, mantenimiento y reparación de las principales vías de acceso afectados por los fenómenos naturales (carreteras, puentes); fomentando el empleo comunitario.
- Desarrollar proyectos de ampliación de los servicios básicos de energía eléctrica, agua potable y comunicaciones.
- En las zonas de mayor riesgo construir obras de prevención y mitigación.
- Fuentes de empleo: debe fomentarse la diversificación productiva a cultivos más rentables u otras formas de empleo. el emprendedurismo u otro tipo de asociación puede ser una muy buena alternativa para obtener créditos.
- Debe trabajarse coordinadamente en la búsqueda de mercados alternativos.
- Debe capacitar a los pobladores en el diseño y ubicación de viviendas adecuado, promoviendo la aplicación del Reglamento Nacional de la Construcción (RNC-07, Marzo. 2007) para el sistema constructivo de viviendas. Con esto se reduciría considerablemente la vulnerabilidad física.
- De acuerdo a los resultados, la vulnerabilidad económica fue una de las vulnerabilidades que resultó con una calificación muy alta, es recomendable que se fomente el ordenamiento de los sistemas de producción a nivel de fincas y comunidades a fin de diversificar la producción agropecuaria en la zona y contribuir a la reducción de la dependencia económica (actualmente definida por la cosecha de granos básicos, ganadería y café) y de esta manera contribuir a mejorar el nivel de vida de los pobladores de la microcuenca.

## VI CONCLUSIONES

- De acuerdo al mapa de susceptibilidad deslizamiento de tierras en la microcuenca El Espinal, hay cinco comunidades que están en zonas de alta y muy alta susceptibilidad identificadas por el modelo y corroboradas en campo estas son: Macuelizo, El Chorro, San Pedro, Los Llanos y Horcones, siendo la comunidad de Macuelizo la que está en estado crítico.
- Los niveles de susceptibilidad a deslizamiento de tierra de muy alta y alta abarcan el 19% del territorio de la microcuenca El Espinal y de acuerdo a las variables analizadas, coinciden en gran medida con altos porcentajes de pendientes, alta densidad de fractura y material geológico como los factores intrínsecos determinantes, y en el caso de los factores detonantes el alto conflictos de uso de la tierra y la precipitación.
- La zonificación de áreas de inundación presentada en este trabajo es de 240 (ha), es un acercamiento de la zona más susceptible a inundación tomando en cuenta la falta de información precisa y sensible del modelo digital del terreno, hidrograma y hietograma adecuado.
- De acuerdo al mapa de susceptibilidad a inundaciones existen 128 viviendas a una distancia menor a 50 metros y 29 viviendas localizadas en área inundable; siendo las comunidades susceptibles Paso Hondo, La Calera y el Rosario.
- De acuerdo a la percepción de los habitantes de la microcuenca el Espinal, los fenómenos naturales de inundación, sequía y deslizamiento son las amenazas de mayor probabilidad de ocurrencia coincidiendo con la importancia del estudio.
- Con base al análisis de los 10 tipos de vulnerabilidades, se encontró que la vulnerabilidad global es muy alta en los aspectos económicos, técnicos, ecológicos, institucionales y físicas, siendo estos prioridades de atención de parte de los actores locales que inciden en el municipio.
- El tipo de vulnerabilidad social resultó con una caracterización moderado, siendo una fortaleza identificada en el estudio, siendo útil para la coordinación de acciones de prevención y mitigación a desastres naturales con los actores locales.
- El análisis por tipo de vulnerabilidad permite identificar los diferentes indicadores que hay que prestar mayor atención. En orden de prioridad los indicadores que presentaron una vulnerabilidad muy alta fueron: mantenimiento de obras hidráulicas, áreas deforestada, intensidad de uso de suelo, ingresos promedio al salario mínimo,

población desempleada, actividades productivas, viviendas que no tienen acceso a servicios básicos, viviendas que toman en cuenta normas para la construcción, comunidades cuentan con instrumentos para monitorear las amenazas, número de ordenanzas o normativa vinculada a la gestión de riesgo, número de programas radiales en prevención y mitigación de desastres, número de instituciones que trabajan el tema de riesgo, conocimiento del plan de riesgo municipal, porcentaje de presupuesto municipal a la gestión de riesgo, número de actividades culturales en prevención y mitigación de desastres.

- Los indicadores que presentaron una vulnerabilidad muy baja: Porcentaje de la población que conoce y reconoce el liderazgo comunitario.
- De acuerdo al análisis de vulnerabilidad global en la microcuenca El Espinal, las comunidades que presentaron vulnerabilidad muy alta fueron: San José, La Calera y el Horno, mientras las que presentaron vulnerabilidad alta están las comunidades de Paso Hondo, Casa Blanca, El Rosario, Sabana Grande, Horcones, Chaguitón, Macuelizo, El Chorro y San Pedro.
- El enfoque metodológico usado por delimitar zonas agroecológicas basadas en los mapas temáticos de susceptibilidad a deslizamiento de tierra e inundaciones a fin de proponer áreas que deben ser protegidas, rehabilitadas y con fines agrícolas sostenibles, se considera satisfactorio.
- Con la zonificación agroecológicas implementada, se pudo definir cinco lineamientos estratégico y acciones concertadas para la prevención y mitigación de desastres naturales.

## VII RECOMENDACIONES

- Los mapas de susceptibilidad a deslizamiento e inundaciones constituye una herramienta de planificación, pero no puede ser utilizado para el diseño de obras; para ello se requieren mapas en escalas que ofrezcan mayor detalle, como 1:5.000 o 1:10.000.
- Buscar alternativas para las actividades agrícolas y pecuarias en zonas con pendientes fuertes o en su efecto hacer cumplir la implementación de diseños de prácticas agroforestales, silvopastoriles, manejo de bosque y regeneración natural de acuerdo con el consenso con los productores.
- Asegurar que los pocos bosques remanentes y ribereños existentes sean protegidos con especies nativas; con esto se asegura la existencia de zonas de amortiguamiento en los cursos de agua que contribuyan al control de la sedimentación y la contaminación.
- Impulsar proyectos de restauración de bosques con especies propias del lugar, donde se hayan presentados indicios de deslizamientos de tierra, y en lugares de altas pendientes con problemas de erosión por la eliminación de cobertura vegetal, esto en coordinación con la Alcaldía municipal y pobladores del lugar de incidencia.
- Establecimiento de redes de monitoreo geodésico con apoyo del INETER en los deslizamientos de Macuelizo, El Chorro, San Pedro, San José.
- Limitar al máximo posible las actividades agrícolas y pecuarias intensivas en zonas con pendientes fuertes o en su efecto hacer cumplir la implementación de diseños de prácticas agroforestales, silvopastoriles, manejo de bosque y regeneración natural de acuerdo con el consenso con los productores a través de ordenanzas municipales.
- Realizar análisis hidrológico e hidráulico de la microcuenca El Espinal y modelización de crecidas a escala 1:5000, para una mejor definición de los diferentes niveles de peligro por inundación y por sedimentación para diferentes períodos de retorno.
- A través de ordenanzas de común acuerdo con los comunitarios se debe restringir la construcción de viviendas e infraestructura a menos de 50 metros en las llanuras de inundación o áreas ribereñas, previas a un análisis hidráulico e hidrológico de la microcuenca.
- Establecer obras hidráulicas en aquellos puntos críticos que presentan problemas de drenajes evaluando la posibilidad de hacer obras de corrección de cauce que

minimicen el efecto de estas crecidas. Estas obras pueden incluir desde el dragado del río para aumentar su capacidad de conducción, hasta la construcción de gaviones y diques de protección con el fin de darles solución a la problemática de la accesibilidad a algunas áreas productivas del municipio y de tránsito poblacional.

- Señalizar zonas y áreas específicas que potencialmente podrían ocurrir deslizamiento e inundaciones.
- La alcaldía Municipal por ser la institución que vela por el buen funcionamiento de su municipio, deberá de asumir un rol protagónico y coordinar acciones y alianzas estratégicas con otros actores del municipio captando recursos adicionales para el manejo y la ejecución de actividades relacionadas a la prevención y mitigación de desastres.
- Promover la divulgación del estudio en las comunidades y realizar reuniones con grupos claves y focales de la microcuenca como los grandes, pequeños, medianos, productores, las organizaciones de mujeres, escuelas, ONGs, para su respectiva apropiación.
- Destinar fondos para reubicar familias en alto riesgo a deslizamiento e inundaciones.
- Reactivación de los COLOPRED en cada comunidad, así como fortalecerlos en su formación para atender mejor las emergencias a través del SINAPRED
- Inclusión en el presupuesto municipal una partida presupuestaria para la implementación de acciones de prevención y mitigación de desastres.
- Promover el establecimiento de mecanismos de pago por servicios ambientales que provean fondos para el manejo de la microcuenca y, con ello, reducir la vulnerabilidad y riesgo a desastres.
- Equipar a miembros de los COLOPRED con equipos hidrometeorológicos adecuado en diferentes puntos de la misma, para el establecimiento de un sistema de alerta temprana institucionalizado y coordinado con las comunidades, ante las amenazas de deslizamiento e inundaciones en el área de estudio.
- Implementar programas de sensibilización en la población a través de medios de comunicación en prevención y gestión del riesgo.

## VIII LITERATURA CITADA.

- Agua Sustentable. 2010. Cambio Climático; Una mirada local a un fenómeno global. La Paz, Bolivia. 114 p.
- Alcarráz, I. 2010. III Documento país DIPECHO Nicaragua: profundizando en el análisis territorial. Managua, NI, DIPECHO. 156 p.
- Altieri, M, Nicholls, C. 2000. Agroecología: Teoría y Práctica para una Agricultura Sustentable. Serie textos básicos para la formación ambiental. 1ª Ed. PNUMA. MX. 235 p
- Altieri, MA; Nicholls, CI. 2009. Cambio climático y agricultura campesina impactos y respuestas adaptativas. LEISA revista de agroecología 14: 5-8
- \_\_\_\_\_. 2013. Agroecología y Cambio Climático. Metodologías para evaluar la Resiliencia socio-ecológica en comunidades rurales. Lima. PE. 99 p.
- \_\_\_\_\_, 2013. Agroecología y Resiliencia al cambio climático: Principios y Consideraciones Metodológicas. Agroecología 8(1): 7-20
- Altieri; MA; Koohafkan, P. 2008. Enduring farms: climate change, smallholders and traditional farming communities. Environment and Development Series 6. Third World Network. Malaysia. 63 p.
- APRODESA (Asociación de Profesionales para el Desarrollo Agrario, NI)/ UNA (Universidad Nacional Agraria, NI). 2010. Plan de ordenamiento territorial de la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo-Estelí. 2010-2020. Velásquez Manzanares, J; Soza Alfaro, MF; Martínez Alfaro, S; Lovo Merlo, E; Acuña Acuña, Pueblo Nuevo, NI. 42 p.
- Buch Texaj, MS. 2001. Evaluación del riesgo a deslizamientos en la subcuenca Matanzas, río Polochic, Guatemala (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p. Consultado 20 jul 2010. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0391E/A0391E.PDF>.
- CARE 2001. Análisis de Riesgo y propuesta de Plan Municipal de Reducción de Desastre. Pueblo Nuevo. Estelí. 90 p.
- Castillo Navarro, BJ. 2010. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 148 p Consultado 20 feb 2012. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5962e/A5962e.pdf>

- Castro Brenes, JE. 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.
- Centro Humboldt. 2005. Fundamentos conceptuales de la gestión del riesgo. A,B,C de la gestión del riesgo. 67 p.
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y El Caribe). 2010. Desastres y Desarrollo. Impacto en 2010. Ed; Ricardo Zapata. 11 p.
- \_\_\_\_\_. 2011. La economía del cambio climático en Centroamérica: Reporte técnico 2011. 437 p.
- \_\_\_\_\_. 2012. La economía del cambio climático en Centroamérica: Síntesis 104 p.
- Cubero, DF. 1994. Manual de manejo y conservación de suelos y agua. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (MAG, FAO). San José, CR. 277 p.
- Conlledo, P. 2006. Análisis de deslizamientos en la Ciudad utilizando sistemas de información geográfica. Tesis de la Universidad del Valle. Guatemala, GT. 103 p.
- Córdoba Vargas; CA; León Sicard; TE. 2013. Resiliencia de sistemas agrícolas ecológicos y convencionales frente a la variabilidad climática en Anolaima (Cundinamarca-Colombia). Agroecología 8 (1): 21-32
- CRID (Centro Regional de información de desastres América Latina y el Caribe). 2009. Deslizamientos en América Latina y El Caribe. Consultado el 28 de septiembre de 2011. Disponible en [www.crid.or.cr/](http://www.crid.or.cr/)
- COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, NI). 2002. Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgo en el Ámbito Municipal de Nicaragua, Guía Para la Municipalidad. 1ra ed. EDISA, Managua, NI. 114 p.
- \_\_\_\_\_. 2002a. Instrumentos de apoyo para el Análisis y la Gestión de Riesgo en el Ámbito Municipal de Nicaragua, Guía Para la Municipalidad. Guía Para El Especialista. Managua, NI. 46 p.
- Decker Franco; M. 2009. Diversidad funcional de epifitas y su rol en la conservación de aves en la subcuenca Copán, Honduras (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 102 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A3238E/A3238E.PDF>

- Díaz González, AO. 2004. Manejo de cuencas y gestión del riesgo a desastres naturales, en el área de la mancomunidad de los municipios del Centro de Atlántida, Honduras (en línea). Consultado 10 oct. 2010. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 169 p. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0285E/A0285E.PDF>.
- Díaz López, MC. 2010. Análisis del proceso de gestión de riesgos a inundaciones en la cuenca alta del río Grande Matagalpa, Nicaragua. Consultado 20 Enero 2012. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 137 p. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6268e/A6268e.pdf>
- Domínguez Del Águila, S. 2008. Zonificación ambiental para el ordenamiento territorial de la subcuenca bimunicipal del río Aguas Calientes, Nicaragua (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 169 p. Consultado 15 Oct. 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2300E/A2300E.PDF>
- Freeman, P; Martin, L; Lineroth, J; Warner, K; Pflug, G. 2002. Gestión de riesgo de desastres naturales: sistemas nacionales para la gestión integral del riesgo de desastres. S.I., BID. 84 p.
- Gálvez Hooper; CA. 2010. Evaluación del riesgo a inundaciones y deslizamientos en la parte alta de la cuenca del río Chiriquí Viejo, Panamá (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 153 p. Consultado 20 Enero 2012. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5963e/A5963e.pdf>
- Gamboa, H; Gómez, W; Ibrahim, M. 2009. Sistema agroforestal Quesungual: una buena práctica de adaptación al cambio climático. *In* Sepúlveda, C; Ibrahim, M. eds. 2009. Políticas de incentivos para el fomento y adopción de buenas prácticas agrícolas. Turrialba, CR, CATIE. 273 p.
- Geilfus, F. 2000. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. IICA-GTZ, San Salvador, El Salvador. 208 p.
- González Süllo, NE. 2001. Áreas críticas y vulnerabilidad a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 114 p. Consultado 20 oct. 2010. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0364E/A0364E.PDF>.
- Guerra, F; Gómez, H; González, J; Zambrano, Z. 2006. Uso actual de métodos y técnicas para el estudio de la precipitación incluyendo plataformas SIG. *Geoenseñanza* 11: 97-106
- GTZ (Agencia Alemana de Cooperación Técnica). 2002. Gestión local del riesgo. Experiencia de América Central. 66 p.

- Holt Giménez, E. 2001. Midiendo la resistencia agroecológica contra el huracán Mitch. Revista LEISA. 17(1): 7-10
- Ibrahim, M; Chacón, M; Cuartas, C; Naranjo, J; Ponce, G; Vega, P; Casasola, F; Rojas, J. 2007. Almacenamiento de carbono en el suelo y en la biomasa arbórea en sistemas de usos de la tierra en paisajes ganaderos de Colombia, Costa Rica y Nicaragua. Agroforestería en las Américas 45: 27-36
- INDECI (Instituto Nacional de Defensa Civil). 2006. Manual básico para la estimación del riesgo. Lima, PE. 69 p.
- IIPCC (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre Cambio Climático). 2007. Cambio Climático 2007. Informe de Síntesis. Edición a cargo de Pachauri. R. K; Eysinger Andy. OMM-PNUMA. IPCC, Ginebra, Suiza. 114 p.
- \_\_\_\_\_. 2001a. Climate Change 2001: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [McCarthy, J.J., O.F. Canziani, N.A. Leary, D.J. Dokken, y K.S. White (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos, 1031 p.
- \_\_\_\_\_, 2001b (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático). 2001. Cambio Climático 2001: Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Informe del Grupo de Trabajo II. Resumen para responsables de Política. OMM-PNUMA. Ginebra, Suiza. 95 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, NI). 2001. Amenazas Naturales de Nicaragua. Managua, NI. 1ra edición. 310 p.
- \_\_\_\_\_. 2005a. Inestabilidad de laderas. Mapas de amenazas. Managua, NI, COSUDE. 88 p
- \_\_\_\_\_. 2005b. Inundaciones fluviales. Mapas de amenazas. Managua, NI. 71 p.
- INIDE (Instituto Nacional de Información de Desarrollo, NI). 2008. Pueblo Nuevo en Cifras. Managua, NI. 65 p.
- La Gaceta. 2002. Decreto 78-2002 Normas, Pautas y Criterios para el Ordenamiento Territorial. Managua, NI. Año CVI, No. 174.
- La Gaceta. 2003. Ley 462 Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal. Managua, NI. Año CVII, No. 168.

- La Gaceta. 1999. Decreto 98-2000 Reglamento de Asignación de Funciones del Sistema Nacional para la Prevención y Mitigación de Desastres a las Instituciones del Estado. Managua, NI. Año CIII, No. 187
- Lal, R; Delgado, J; Groffman, P; Millar, N; Dell, C; Rotz, A. 2011. Management to mitigate and adapt to climate change. *Journal of Soil and Water Conservation* 66(4): 276-285
- Lavell, A. 1996. Degradación ambiental, riesgo y desastre urbano. Problemas y conceptos: hacia la definición de una agenda de investigación. In *ciudades en Riesgo*. Fernández, M. La Red. 65 p.
- Lin, BB. 2007. Agroforestry management as adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology* 144: 85-94
- Mena, F; Ornazibal Rojas, C; Morales Hernández, Y; Gajardo Valenzuela, J. 2008. Exactitud espacial en la creación de bases de datos SIG modelos ráster y vectorial (en línea). *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 16(1): 159-168
- MITRAB (Ministerio del Trabajo, NI). 2011. Acta N° 7. Comisión Nacional del Salario Mínimo. 5 p
- \_\_\_\_\_. 2011a. Canasta Básica urbana. 2 p.
- Molina, AM; López, LF; Villegas, GI. 2005. Los sistemas de Información geográfica (SIG) en la planificación municipal (en línea). *Revista EIA*, consultada 20 enero de 2012. Disponible en: <http://revista.eia.edu.co/articulos4/Art%202%20N4.pdf>
- MTI (Ministerio de Transporte e Infraestructura, NI). 2007. Reglamento Nacional de la Construcción. RNC-07. Managua, NI. 156 p.
- Nicholls, CI; Altieri, MA. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Agroecología* 6: 28-37
- ONU (Organización de Naciones Unidas). 2005. Examen de la estrategia y plan de acción de Yokohama para un mundo más seguro. Conferencia Mundial sobre la Reducción de Desastres en Kobe, Hyogo, Japón.
- Pérez Espinales, RM; Rojas Gómez, JE. 2005. Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Tesis de Ing. Managua, NI. UNA. 91 p.
- Pico Bonachea, J. 2006. Desarrollo, aplicación y validación de procedimientos y modelos para la evaluación de amenazas, vulnerabilidad y riesgo debidos a procesos geomorfológicos (en línea). Tesis Ph.. Universidad de CANTABRIA. Santander. Esp. 301 P. Disponible en: <http://www.tdx.cat/handle/10803/10610>

- Pilar, A; Rodríguez, R. 2008. Evaluación y Prevención de Riesgos Ambientales en Centroamérica. Documenta Universitaria. Girona, España. ES. 414 p.
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, US). 2007. Informe sobre Desarrollo Humano 2007-2008: La lucha contra el cambio climático: Solidaridad frente a un mundo dividido. Nueva York, US, 206 p.
- Pusineri, G. s.f. Aplicación de Sistemas de Información Geográfica para la prevención de riesgos y la formulación de planes de contingencia en inundaciones (en línea). Consultado 30 Enero 2013. Disponible en: [http://www.argcapnet.org.ar/Media/docs/a\\_Graciela%20Pusineri.pdf](http://www.argcapnet.org.ar/Media/docs/a_Graciela%20Pusineri.pdf)
- Reid H; Swiderska K. 2008. Biodiversidad, cambio climático y pobreza: una exploración de los vínculos. Nota Informativa del IIED (International Institute for Environment and Development). 8 p.
- Reyes Sandoval, WM. 2003. Vulnerabilidad a desastres naturales, determinación de áreas críticas y propuesta de mitigación en la microcuenca del río Talgua, Catacamas, Honduras (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 118 p. Consultado 20 Oct. 2010. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0121E/A0121E.PDF>
- Rivera, D. 1996. Estudio de reconocimiento y caracterización de los recursos hídricos, edáficos y forestales del Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí. Tesis Ing. Managua, NI. UNA. 159 p.
- Rivera Torres, LH. 2002. Evaluación de la amenaza y vulnerabilidad a inundaciones en la microcuenca La Soledad. Valle de Ángeles. Honduras (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba. CR. CATIE. 152 p. Consultado 25 set 2011. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0269E/A0269E.PDF> [revisa en línea](#)
- Rosales Sánchez, UB; Centeno Álvarez, YC. 2009. Vulnerabilidad potencial de los suelos a deslizamientos de tierra en el municipio de La Conquista, Carazo, Nicaragua. Tesis de Ing. Managua, NI, UNA. 109 p.
- Ruiz PG; Molina LJ. (2001). Aplicación de SIG en la Evaluación de la Amenaza Relativa por fenómenos de Remoción en Masa en el Municipio de El Líbano, Tolima, Colombia. 111 p.
- Salazar, AH. 2013. Propuesta metodológica de medición de la Resiliencia agroecológica en sistemas socio-ecológicos: Un estudio de caso en los Andes Colombianos. Agroecología 8(1): 85-91
- Salazar Mondragón, LG. 2007. Modelaje de la amenaza al deslizamiento mediante sistema de información geográfico -Ilwis-, utilizando el método Mora-Varhrson 1991. Universidad de Costa Rica. 13 p.

- Salgado Montoya, RA. 2005. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del río Gila, Copán, Honduras (en línea). Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 152 p. Consultado 12 oct. 2010. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0666E/A0666E.PDF>
- SINAPRED (Sistema Nacional de Prevención y Atención a Desastres, NI). 2004. Plan de respuesta Municipal de gestión del Riesgo, Municipio de Pueblo Nuevo, Departamento de Estelí 2004. 60 p.
- Streed, E; Nichols, JD; Gallatin, K. 2006. A financial analysis of small scale tropical reforestation with native species in Costa Rica. *Journal of Forestry* 104 (5): 276-282
- UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y de los Recursos Naturales). 2003. Cambio: adaptación de la gestión de los Recursos Hídricos al cambio climático. Trad. JM Blanch. San José, CR. 53 p.
- Valenzuela, M. 2000. La participación comunitaria en la gestión del riesgo. Guatemala, IDIES/URL. 69 p.
- Walther, GR; Post, E; Convey, P; Menzel, A; Parmesan, C; Beebee, TJC; Fromentin, JM; Hoegh-Guldberg, O; Bairlein, F. 2002. Ecological responses to recent climate change *Nature* 416(6879): 389-395.
- Wheelock Román, J; Barquero Incer, J; Cardenal Sevilla, L; C Rodríguez, A. 2000. Desastres naturales de Nicaragua. 1ª ed HISPAMER. Managua, NI. 278 p.
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad Global. *In* Los desastres no son naturales. Marskey, A. Comp. CO. La Red.
- \_\_\_\_\_, 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Quito, Ecuador. La Red. 153 p.

## VIII ANEXOS

Anexo 1. Ficha realizadas a instituciones u organizaciones respecto a la vulnerabilidad institucional.

1. ¿Ha trabajado en actividades relacionadas con la prevención y mitigación de desastres naturales?  Sí  No.

2. ¿Qué tipo de actividades ha realizado?

---

---

3. ¿Dichas actividades las han llevado a cabo:

Antes  Después de ocurrido un evento?

4. ¿Cuántos de los empleados han sido capacitados en esa área? (porcentaje)

100%

Entre el 75 y el 100%

Entre del 50 y el 75%

Entre el 25 y 50%

Entre 0 y 25%.

5. ¿La institución ha elaborado planes de mitigación para la microcuenca El Espinal?

Sí  No

6. En caso de ser afirmativa su respuesta ¿Ha sido implementado el mismo?

Sí  No

¿En qué porcentaje considera usted se ha ejecutado? \_\_\_\_\_

7. ¿La institución cuenta con algún tipo de equipo para prevenir y/o mitigar deslizamientos e inundaciones?

Sí  No.

8. ¿En caso de ser negativa, considera necesario incorporar dicho equipo?

Sí  No

9. ¿Su institución forma parte del COMUPRED

Sí  No.

10. ¿Cada cuanto se reúnen con el COMUPRED \_\_\_\_\_

11. ¿ Su organización cuenta con un plan de emergencia para las comunidades que atiende?.

Sí  No.

12. ¿Su organización cuenta con presupuesto para actividades de emergencia a desastres?

Sí  No.

Anexo 2. Encuesta a comunitarios(as) de la microcuenca El Espinal para el análisis de vulnerabilidad

**Nombre y Apellido:** \_\_\_\_\_

**Sexo:** ( ) M ( ) F      **Edad:** \_\_\_\_\_

**Fecha:** \_\_\_\_\_      **Comunidad:** \_\_\_\_\_

**Nombre del Encuestador:** \_\_\_\_\_

**Vulnerabilidad Física.**

1) ¿Cuántas personas viven con usted? \_\_\_\_\_

2) Edades:

( ) 0 a 15 años \_\_\_\_\_

( ) 15 a 30 años \_\_\_\_\_

( ) 30 a 45 años \_\_\_\_\_

( ) 45 a 60 años \_\_\_\_\_

( ) Más de 60 años \_\_\_\_\_

3) Es la vivienda:

( ) Alquilada ( ) Propia ( ) Prestada.

4) ¿Cuántos años tiene de construida la vivienda

( ) Menos de 10 años

( ) Entre 10 y 20 años

( ) Más de 20 años

( ) No sabe.

5) ¿cuántos años tiene habitándola? \_\_\_\_\_

6) ¿Tipo de construcción

Paredes: Adobe \_\_\_\_\_ Ladrillo \_\_\_\_\_ Bloque \_\_\_\_\_ talquezal \_\_\_\_\_ Plástico \_\_\_\_\_

Otro \_\_\_\_\_

Techo: Zinc\_\_\_\_\_ Teja\_\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_\_

Piso: Tierra\_\_\_\_\_ Embaldosado\_\_\_\_\_ Cerámica\_\_\_\_\_ Otro\_\_\_\_\_

7) Estado de conservación de la vivienda:

Bueno (1) Regular (2) Malo (3)

8) La vivienda está ubicada en:

Ladera ( ) Ribera ( ) Cauce ( ) Área inundable ( ) Otro ( ).

Datos Históricos de inundaciones en el río:\_\_\_\_\_

9) Aproximadamente, ¿a qué distancia se encuentra la vivienda de la quebrada más cercana?

( ) De 0 a 150 mts.

( ) Entre 150 y 300 mts.

( ) Entre 300 y 450 mts.

( ) Más de 450 mts.

10) ¿Conoce usted alguna instalación en la misma comunidad para atender la población en caso de emergencia por un deslizamiento? ( ) Sí ( ) No.

¿Cuál?\_\_\_\_\_

11) ¿Sabe usted la distancia aproximada de la zona donde ocurrió el último evento?

( ) Menos de 1 km.

( ) Entre 1 y 2 km.

( ) Más de 2 km.

12) ¿Accesibilidad? ( ) Buena ( ) Regular ( ) Mala.

13) ¿Qué medios utilizan para poder llegar a un lugar seguro?

( ) Vehículo Propio

( ) Transporte público.

( ) Vehículo motorizado.

( ) Otro \_\_\_\_\_

## **Vulnerabilidad Social**

13) Pertenece usted a alguna organización comunitaria: ( ) Sí ( ) No

¿Cuál? \_\_\_\_\_

14) ¿Existe alguna organización dedicada a la atención de emergencias por un deslizamiento e inundación?

Sí  No ¿Cuál? \_\_\_\_\_

15 Las actividades llevadas a cabo por dicha organización son realizadas:

Antes  Durante  Después de ocurrido un evento.

16) Ha participado usted en las mismas:  Sí  No

17) ¿Qué tipo de actividad ha realizado? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

18) ¿Cuál de estos eventos naturales considera usted más peligroso para la comunidad?

Inundación  Terremoto  Deslizamiento  Sequía  Otro :

19) ¿En su comunidad cuentan con algún líder comunitario?  Sí  No

Nombre: \_\_\_\_\_

20) ¿Usted cuenta con un plan personal de emergencia ante una amenaza de deslizamiento e inundación?

Sí  No

21) En breves palabras, ¿En qué consiste su plan de emergencia? \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

22) N°. De instituciones presentes:

\_\_\_\_\_cuales\_\_\_\_\_

Índice de población

23). Acceso a medios de Comunicación

Radio\_\_\_\_\_ TV \_\_\_\_\_Otros\_\_\_\_\_

## **Vulnerabilidad económica.**

23) Trabaja actualmente?  Sí  No  
De manera:  Permanente  Temporal

24) Se dedican a:  
 Agricultura  
 Comercio  
 Industria  
 Servicios.

25) ¿Algún otro miembro de su familia trabaja?  
 Sí  No  
 Otro \_\_\_\_\_

26) ¿Le ha impedido la situación económica trasladarse a otro sitio con menos riesgos?  
 Sí  No

Ingresos mensuales C\$ \_\_\_\_\_

Principales Actividades productivas: \_\_\_\_\_

Acceso a Servicios Públicos Básicos Si \_\_\_\_\_ No \_\_\_\_\_ cuales \_\_\_\_\_

## **Vulnerabilidad Técnica.**

27) ¿La comunidad cuenta con instrumentos para monitorear amenazas a deslizamiento e inundaciones?

Sí  No

28) ¿La comunidad cuenta con mapas o estudio de riesgo?

Sí  No

29) ¿Su vivienda se construyó siguiendo las normas de construcción?

Sí  No

### **Vulnerabilidad Cultural.**

30) ¿Usted Considera que los desastres ocurren por fuerzas divinas?

Sí  No

### Anexo 3. Entrevista semiestructurada implementada a líderes comunitarios

1. ¿Cuántas organizaciones existen en la comunidad (organizaciones comunitarias)?
2. ¿Cuántas instituciones y/u organizaciones realizan algún tipo de actividad en la comunidad?

De forma temporal: \_\_\_\_\_

Presencia permanente: \_\_\_\_\_

3. ¿Dónde son atendidos los problemas de salud de los miembros de la comunidad?

\_\_\_\_\_

En otra comunidad dentro de la cuenca: \_\_\_\_\_

4. Tipo de servicio de salud existente en la comunidad y/o cuenca:  
\_\_\_ Ninguno \_\_\_ Puesto de salud \_\_\_ Centro de salud \_\_\_ Hospital  
otro \_\_\_\_\_, distancia \_\_\_\_\_

En promedio: ¿cuántos proyectos comunales son ejecutados (con apoyo de municipalidad) anualmente?

¿Qué tipo de proyectos?

5. ¿Existen representantes de la comunidad ante la municipalidad?.

¿Cuántos miembros?

Desarrollando qué función.

6. ¿Existe en la comunidad algún tipo de equipo para prevenir y/o reducir el riesgo a desastres naturales?

¿Dónde?

7. ¿Tiene la comunidad conformado un comité local para la prevención y mitigación de riesgo?

Sí  No

8. ¿Cuentan con mapas de riesgo comunitario?

Sí  No

3. Cuenta la comunidad con un plan de riesgo y/o de evacuación?

Sí  No

9. ¿La comunidad cuenta con instrumentos para monitorear amenazas a deslizamiento e inundaciones?

Sí  No

10. ¿La comunidad cuenta con estudio de riesgo?

Sí  No

11. Número de actividades culturales a favor de la preservación y conservación de los recursos naturales en los últimos 2 años?

Cuales \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

12. ¿Usted tiene conocimiento del plan de riesgo Municipal?

Sí  No

13. Conoce del número ordenanzas o cualquier normativa vinculada al manejo y gestión de riesgo ante desastres naturales?

Sí  No

Anexo 4. Formato de entrevistas sobre la percepción de los actores claves con relación a los eventos de inundaciones y deslizamientos.

1 ¿Cuáles considera usted son las principales causas de la ocurrencia de los deslizamiento e inundaciones en la zona de estudio?

---

---

---

2. ¿Considera usted que el tema de deslizamiento e inundaciones en la zona de estudio es relevante para a) los políticos y tomadores de decisiones; b) para las instituciones del estado; c) para las ONG; d) para las comunidades y sociedad civil?

---

---

3 ¿A quién considera usted le corresponde responsabilidad a) directa; b) indirecta sobre la prevención y preparación para eventos de inundaciones en la zona de estudio?

---

4. ¿Considera usted que el municipio de Pueblo Nuevo debe destinar de manera permanente un presupuesto para la prevención y preparación ante eventos de deslizamiento inundaciones en la zona de estudio?

---

5- ¿Qué estrategias concretas conoce usted que se han implementado, o considera que deberían implementarse para reducir el riesgo de deslizamiento e inundaciones?

---

---

6. ¿Qué actividades o acciones concretas conoce usted que se han implementado, o considera usted deberían implementarse para reducir el riesgo a deslizamiento e inundaciones?

---

---

7. ¿Considera usted que las comunidades y el municipio de Pueblo Nuevo están preparadas para enfrentar eventos de deslizamiento e inundaciones; sí o no, por qué?

---

Anexo 5. Ficha para levantamiento de datos de deslizamiento.

## **I. DATOS BÁSICOS**

### **a) Datos de registro**

Fecha de colecta (dd-mes-año): \_\_\_\_\_

Autor: \_\_\_\_\_

Institución: \_\_\_\_\_

### **b) Localización del movimiento:**

Comarca: \_\_\_\_\_

Forma de acceso: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_

Departamento: \_\_\_\_\_

Longitud (geográfica): \_\_\_\_\_

Latitud (geográfica): \_\_\_\_\_

Este (m): \_\_\_\_\_ Norte (m): \_\_\_\_\_ datum: \_\_\_\_\_

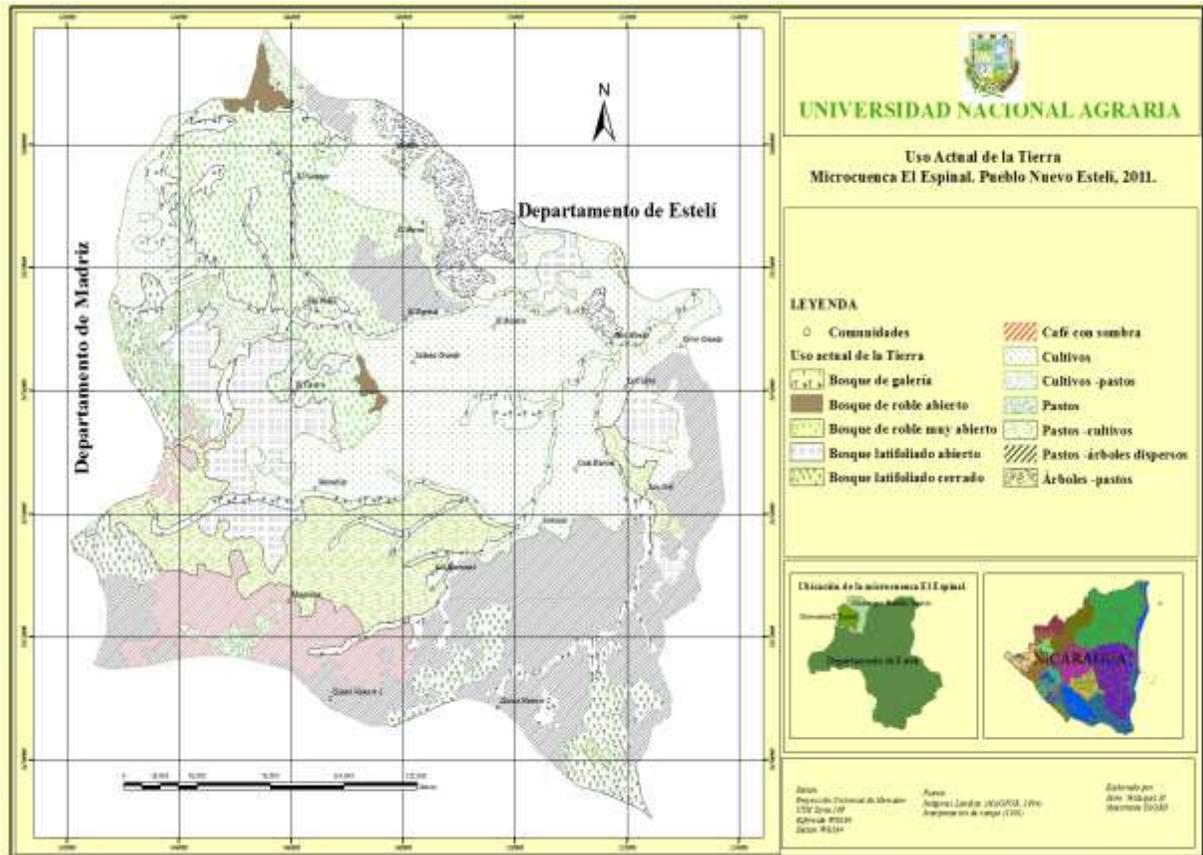
Factor desencadenante:

Uso del suelo:

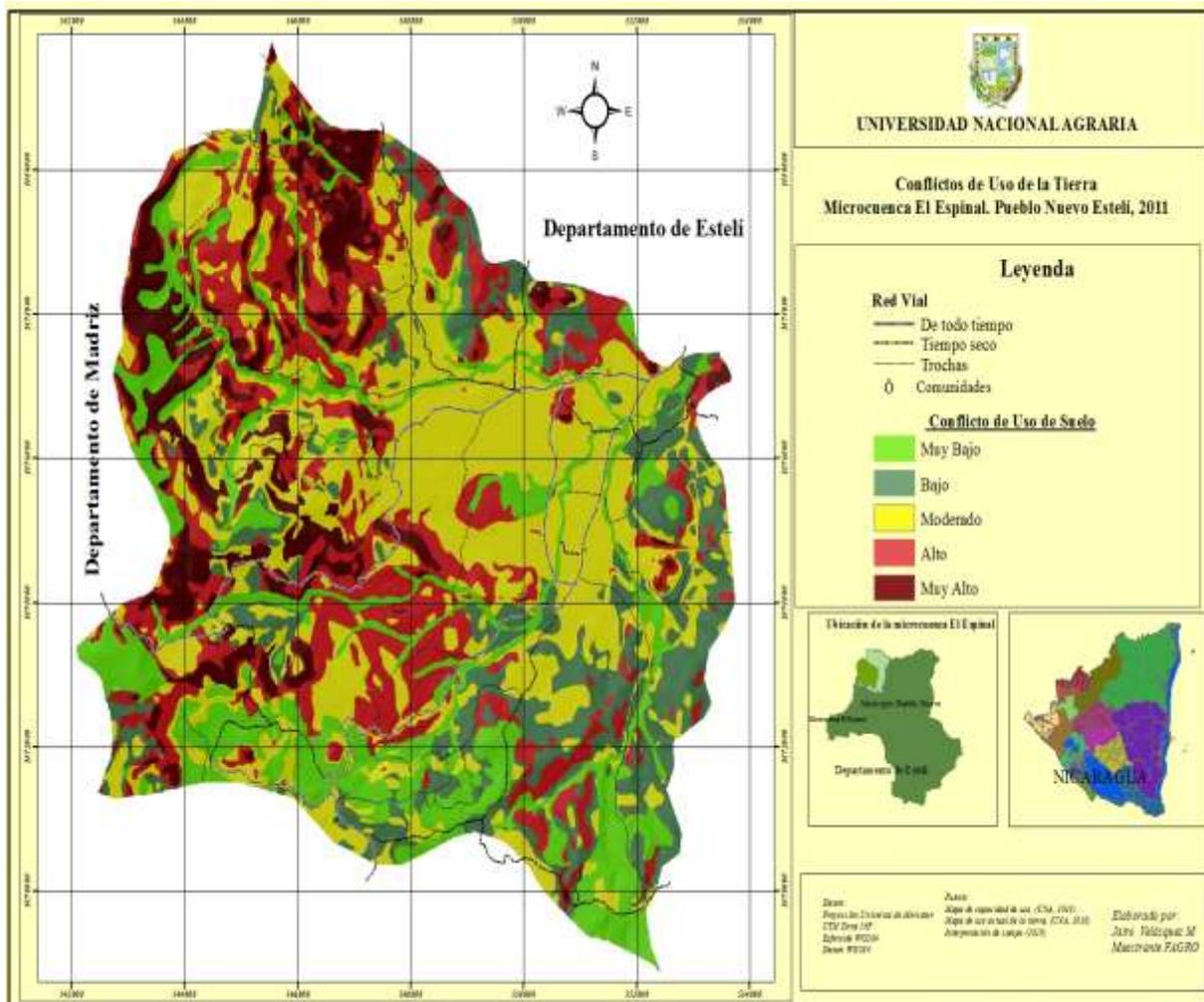
Evaluación de Daños:

Observaciones: \_\_\_\_\_

Anexo 6. Mapa de uso actual de suelo de la microcuenca El Espinal.



Anexo 7. Mapa de conflicto de uso de suelo de la microcuenca El Espinal.



Anexo 8. Foto de participación de líderes comunitarios en la identificación de sitios críticos de deslizamiento e inundaciones en la microcuenca El Espinal.



Anexo 9. Foto de vivienda de taquezal en la comunidad de Paso Hondo que resultó afectada y posteriormente destruida en las inundaciones de agosto de 2010.



Anexo 10. Foto de taller con comunitarios para la identificación de sitios críticos a deslizamiento e inundaciones en la microcuenca El Espinal.



Anexo 11. Practicas agroecológicas (diversificación y manejo del suelo) conocidas por su efecto en la dinámica del suelo y agua, pero que a su vez mejoran la resiliencia del agroecosistema.

	Incremento de la material orgánica del suelo	Cidaje de Nutrientes	> cobertura de suelo	Reducción ET	Reducción de escorrentía	> retención de humedad	> infiltración	Regulación Microclimática	Reducción de la compactación de suelos	Reducción de la erosión de suelos	> Regulación hidrológica	> uso eficiente del agua	> redes tróficas de micorrizas
<b>Diversificación</b>													
• Cultivos intercalados	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
• Agroforestería		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
• Sistema silvopastoral Intensivo	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
• Rotación de cultivos	✓	✓	✓		✓		✓		✓	✓			
• Mezcla de variedades locales			✓									✓	
<b>Manejo del Suelo</b>													
• Cultivos de cobertura	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		
• Abonos verdes	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓
• Mulching													
• Aplicaciones de Compost	✓					✓							✓
• Agricultura de labranza cero (orgánica)			✓	✓	✓		✓		✓	✓		✓	
<b>Conservación de suelos</b>													
• Curvas a nivel					✓		✓		✓	✓	✓		
• Barreras vivas			✓		✓		✓		✓	✓	✓		
• Terrazas					✓		✓		✓	✓	✓		
• Pequeñas represas entre las cárcavas					✓		✓		✓	✓	✓		

Fuente: Altieri y Nicholls, 2013.

Anexo 12. Recomendación de prácticas de manejo y conservación de suelos y aguas según la clase de capacidad de uso.

DESCRIPCIÓN DE LAS PRACTICAS	CLASES						
	I	II	III	IV	V	VI	VI I
Labranza a contorno		X	X	X			
Labranza con equipos dentados	X	X	X	X			
Labranza mínima	X	X	X	X	X	X	
Labranza en fajas		X	X	X		X	
Alomillado, ereda, surcado, trillado	X	X	X	X		X	
Reciclaje de residuos de cosecha	X	X	X	X		X	
Fertilización con base a análisis de suelo	X	X	X	X	X	X	
Utilización reenmiendas minerales	X	X	X	X	X	X	
Utilización de enmiendas orgánicas	X	X	X	X	X	X	
Siembra de cultivos en asocio	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en relevo	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en fajas	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos en rotación	X	X	X	X		X	
Siembra de cultivos intercalados	X	X	X	X		X	
Siembra de abonos verdes	X	X	X	X		X	
División de potreros (apartos)	X	X	X	X	X		
Establecimiento de cercas vivas	X	X	X	X	X		
Siembra de pastos mejorados	X	X	X	X	X		
Producción de pastos de corte	X	X	X	X	X	X	X
Establecimiento de bancos de proteína	X	X	X	X	X	X	X
Aprovechamiento del estiércol y efluentes	X	X	X	X	X		
Tratamientos de aguas servidas	X	X	X	X	X		
Sistema silvopastoril	X	X	X	X	X		
Siembra de bosques de protección							X
Reforestación de protección de acuíferos	X	X	X	X	X	X	X
Siembra de cortinas rompevientos			X	X	X	X	
Diseño y mantenimiento de caminos	X	X	X	X	X	X	
Evacuación de aguas de caminos	X	X	X	X	X	X	
Diseño y protección de taludes			X	X	X	X	
Acequias de laderas			X	X		X	
Canal de guardia		X	X	X	X	X	
Cajas de retención			X	X		X	
Gavetas de infiltración			X	X		X	
Terrazas individuales			X	X		X	
Terrazas de banco			X	X		X	
Terrazas de huerto			X	X		X	
Canal de infiltración		X	X	X	X	X	
Surcos en contorno en pastizales					X		
Muros de piedra		X	X	X		X	
Diques en contorno (melgas)			X				
Sistema de riego		X	X	X	X	X	
Barreras vivas		X	X	X		X	
Control de cárcavas					X	X	X
Control de inundaciones			X	X	X	X	

Fuente: Cubero 1994

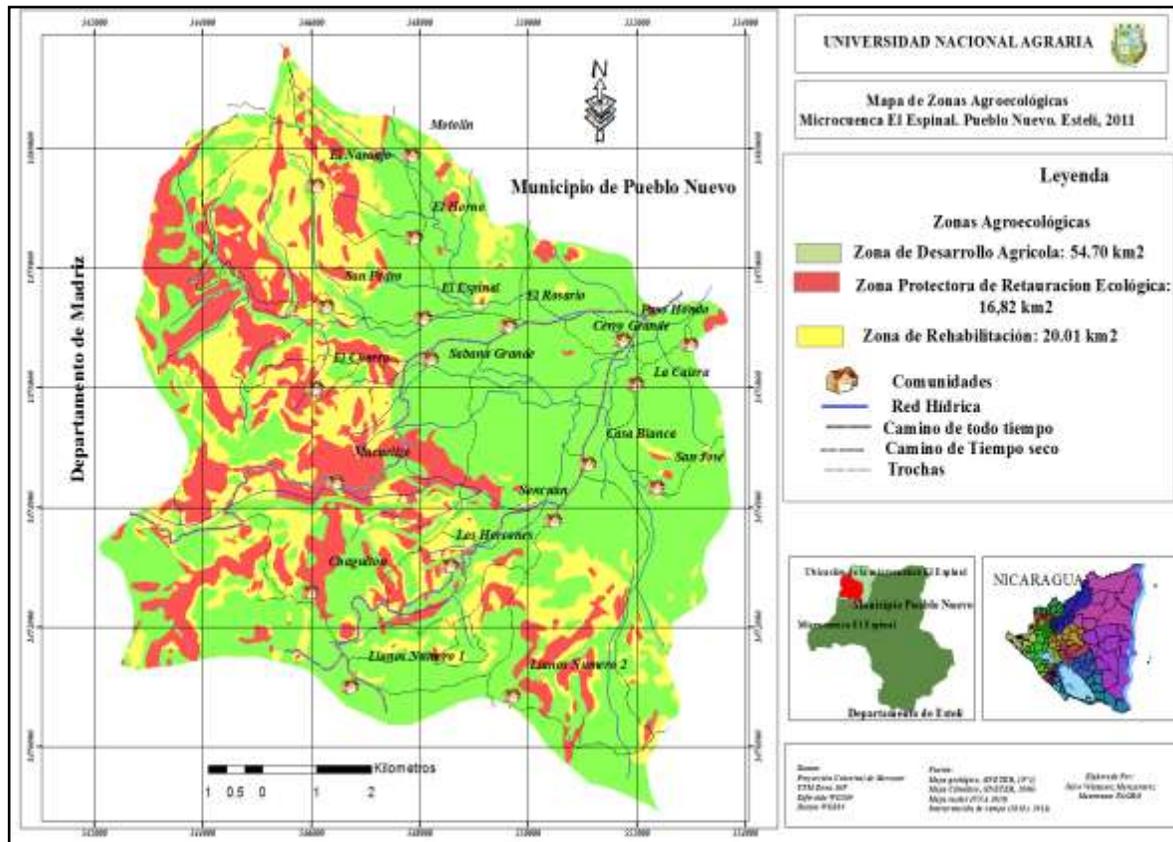
Anexo 13: Uso preferible de la tierra en función de las clases de capacidad de uso

CLASES DE CAPACID. USO	TIPOS DE USO DE LA TIERRA					
	Protección permanente	Bosque manejado Regenerac. forestal	Silvicultura Cult. Perm. c/ conserv. intensiva	Pastos Bosque manejado	Cultivos perm. y semipermanentes	Cultivos anuales
I	-----	-----	-----	----	---	preferible
II	-----	-----	-----	---	--	preferible
III	-----	-----	-----	--	-	preferible
IV	----	---	--	-	preferible	+
V	---	--	-	preferible	+	++
VI	--	-	preferible	+	++	+++
VII	-	preferible	+	++	+++	++++
VIII	preferible	+	++	+++	++++	+++++

- Grado de intensidad del sub uso  
 + Grado de intensidad del sobre uso

Fuente: Cubero, 1994

Anexo 14. Mapa de zonas agroecológicas de la microcuenca El Espinal, 2011



Anexo 15. Vulnerabilidad global en porcentaje y tipo en comunidades de la microcuenca El Espinal

Vulnerabilidad Global (%) ponderado en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo.												
TIPO DE VULNERABILIDAD	Rosario	Chorro	Macuelizo	Paso Hondo	San Jose	Sabana grande	Chaguiton	Horcones	San Pedro	Casa Blanca	Horno	La Calera
VUL FISICA	69	92	92	75	85	75	69	78	82	75	94	101
VUL SOCIAL	58	41	33	52	62	58	47	58	33	33	47	44
VUL ECOLOGICA	60	120	108	72	96	60	108	72	108	60	96	96
VUL ECONOMICA	92	92	83	92	101	87	106	106	106	106	106	106
VUL TECNICA	105	88	66	99	110	105	83	77	94	72	83	99
VUL POLITICA	74	74	74	74	74	68	63	74	74	79	74	74
VUL EDUCATIVA	58	66	96	66	73	73	58	66	66	58	88	88
VUL INSTITUCIONAL	84	77	77	98	105	84	98	77	77	98	98	77
VUL CULTURAL	77	77	77	77	77	63	77	77	84	77	77	70
VUL IDEOLOGICA	63	63	63	63	84	63	63	63	63	63	63	63
<b>PROMEDIO</b>	<b>74</b>	<b>79</b>	<b>77</b>	<b>77</b>	<b>87</b>	<b>74</b>	<b>77</b>	<b>75</b>	<b>79</b>	<b>72</b>	<b>82</b>	<b>82</b>
<b>CARACTERIZACION</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>	<b>MUY ALTA</b>

**Nota:** Ver Cuadro 16, Escala de vulnerabilidad