

## Análisis de amenazas a deslizamiento de tierra e inundación y su influencia socio ambiental en la gestión de riesgo en la microcuenca El Espinal, Pueblo Nuevo, Estelí

### Analysis of threats to landslide and flooding and its influence on social and environmental risk management in the watershed El Espinal, Pueblo Nuevo, Estelí

Jairo Velázquez-Manzanares<sup>1</sup>, Efraín Acuña-Espinal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ing. Agrónomo con orientación en Suelos y Aguas, investigador de la Asociación de Profesionales para el Desarrollo Sostenible (APRODESA), jairovelasquez72@gmail.com / <sup>2</sup>Docente del Departamento Manejo de Cuencas, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente-Universidad Nacional Agraria, eacunya@ci.una.edu.ni



#### RESUMEN

Esta investigación se realizó en la microcuenca El Espinal afluente del río Pueblo Nuevo, departamento de Estelí, con el fin de delimitar las áreas susceptibles a deslizamiento e inundaciones y analizar los factores de vulnerabilidad. La metodología incluyó realizar una propuesta de manejo agroecológico de carácter cualitativo tomando en cuenta los aspectos biofísicos del territorio, mapeo de las amenazas a deslizamiento e inundaciones y la participación activa de los comunitarios para la propuesta de los lineamientos en base a las situaciones problemáticas encontradas en el estudio. La microcuenca presenta una alta susceptibilidad a deslizamiento en 16.82 km<sup>2</sup>, correspondiente al 19% del área de la microcuenca, siendo la comunidad de Macuelizo la que está en estado crítico. Se delimitó 2.4 km<sup>2</sup> en área inundable, encontrándose 128 viviendas a una distancia menor a 50 metros, siendo las comunidades de mayor riesgo La Calera, Rosario y Paso Hondo. La vulnerabilidad global resultó alta en los aspectos económicos, técnicos, ecológicos, institucionales y físicas, siendo las comunidades de San José, La Calera y el Horno las que presentaron vulnerabilidad muy alta en base a los indicadores estudiados. La propuesta de manejo agroecológico zonificó tres áreas que son: zona protectora y restauración ecológica, zona de rehabilitación y zona de desarrollo agrícola. Según los resultados y el aporte y consenso de los actores locales se definieron cinco lineamientos estratégico y acciones concertadas para la prevención y mitigación de desastres naturales. **Palabras clave:** vulnerabilidad, restauración ecológica, desarrollo agrícola, manejo agroecológico.

#### ABSTRACT

This research was conducted in the watershed tributary of the river El Espinal Pueblo Nuevo, Estelí department, in order to delineate areas susceptible to landslides and floods and analyze vulnerabilities. The methodology included a proposal to conduct qualitative agroecological management taking into account the biophysical aspects of land, mapping of threats to landslides and floods and the active participation of community for the proposed guidelines based on problematic situations encountered in the study. The watershed has a high susceptibility to sliding 16.82 km<sup>2</sup>, corresponding to 19% of the watershed area being Macuelizo community which is in critical condition, was flooded delimit 2.40 km<sup>2</sup> in area, with 128 homes at a shorter distance to 50 meters, being the highest risk communities La Calera, Rosario and Paso Hondo. The overall vulnerability was high in the economic, technical, ecological, institutional and physical aspects, being the communities that had very high vulnerability based on the indicators studied: San Jose, La Calera and oven. The proposed agroecological management zoned three areas that are protective zone and ecological restoration, rehabilitation area and agricultural development area. All these results with input and consensus of local actors and concerted five strategic guidelines for the prevention and mitigation of natural disasters actions were defined.

**Keywords:** Vulnerability, ecological restoration, agricultural development, agroecological zoning.

Recibido: 10 de febrero 2015

Aceptado: 2 de julio 2015

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).

La gestión integrada de cuencas se basa en los enfoques ecosistémicos, socioambientales, y busca desarrollar procesos a largo plazo y procura la sostenibilidad de los recursos naturales. 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 geográficas, geológicas, geomorfológicas, climáticas, socioeconómicas y antrópicas, donde las interacciones entre éstas son altamente susceptibles a los desastres.

El manejo de cuencas tiene como eje fundamental la reducción de la vulnerabilidad ante fenómenos hidroclimáticos, por tanto, los efectos adversos al ecosistema 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 manejo natural de plagas, empleando tecnologías auto-sostenidas (Altieri y Nicholls, 2000).

Este estudio se realizó en la microcuenca El Espinal en el municipio de Pueblo Nuevo en el departamento de Estelí. El objetivo fue delimitar zonas susceptibles a deslizamientos e inundaciones, analizar su vulnerabilidad, elaborar una propuesta de uso y manejo agroecológico usando criterios de uso de la tierra y plantear líneas de acción con aportes de la población para el fortalecimiento de la gestión del riesgo.

Esta microcuenca tiene 9 153 hectáreas, con más del 50% del territorio localizado en zona escarpada, 55% del área está usada por encima de su capacidad de uso y 35% del área de la microcuenca está en área protegida con una alta biodiversidad en su parte alta, pero con una constante amenaza de fenómenos hidrometeorológicos y de

deforestación por la presión de 7 927 habitantes que quieren expandir el uso de la tierra; en consecuencia, la microcuenca, su población y el ambiente enfrentan una situación que pone en peligro las vidas humanas y amenaza los ecosistemas actuales, por lo que es urgente, tomar decisiones técnicamente fundamentadas para mitigar esta situación.

### METODOLOGÍA

La investigación se realizó en la microcuenca El Río Espinal, localizada en el departamento de Estelí en el municipio de Pueblo Nuevo, entre los 13°17'51" y los 13°23'48" de latitud norte, y entre los 86°32'14" y 86°36' 12" de longitud oeste (figura 1). La microcuenca abarca 47% de la totalidad del territorio respecto al municipio de Pueblo Nuevo. Su extensión se estima en 91.53 km<sup>2</sup> y 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.

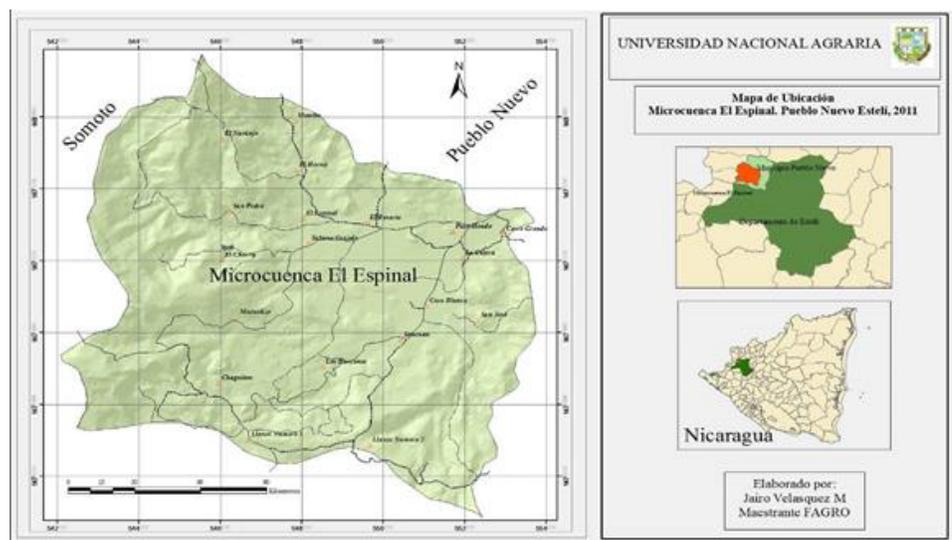


Figura 1. Localización de la microcuenca El Espinal dentro del municipio de Pueblo Nuevo.

**Organización de la investigación.** La metodología utilizada para dar cumplimiento a los objetivos propuestos, consistió en el desarrollo de cuatro etapas.

**Primera etapa.** Se consideró la presentación del estudio a los miembros de los Comités Municipales para la Prevención de Desastres (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 talleres, visitas de campo y entrevistas.

**Segunda etapa.** Recopilación de información de fuentes secundarias obtenida 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).

Se inicia 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 (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales); TIN (Triangulated Irregular Network) que es una estructura de datos vectoriales formados por una red de triángulos irregulares interconectados; MED (Modelo de Elevación del Terreno) que 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); y 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.** Consistió 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.

**Cuarta etapa.** Análisis, interpretación, socialización y retroalimentación de resultados.

**Determinación de la vulnerabilidad global.** Según Wilches-Chaux (1998), hay diferentes tipos de vulnerabilidad global: social, económica, política, institucional, ideológica, cultural, educativa, física, técnica, ecológica. 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; 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 (Buch, 2001; Reyes, 2003; Salgado, 2005; Castillo, 2010).

Según este enfoque, para cada uno de los tipos de vulnerabilidad se deben identificar indicadores

representativos de la microcuenca. Unos indicadores son medibles cuantitativamente y otros cualitativamente. Para lograr uniformidad en el análisis de los mismos, se estandarizaron las variables que contienen a cada uno de los indicadores. Para ello, se determinó el grado de influencia que los distintos valores (variable observada) tienen en el indicador para obtener un determinado nivel de severidad en la vulnerabilidad; es decir que entre mayor sea el aporte del indicador a la vulnerabilidad, mayor será el valor estandarizado. Se propone una ponderación lineal con valores de 1-5, donde uno es la menor vulnerabilidad y cinco la mayor. La escala de vulnerabilidad se expresa en porcentaje, con los siguientes valores, 0-19.9, con valoración de vulnerabilidad muy baja; 20-39, baja; 40-59.9, media; 60-79.9, alta y 80-100, con muy alta valoración de vulnerabilidad

El cálculo de cada tipo de vulnerabilidad en la microcuenca se realizó sobre la base del 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 divide entre el valor máximo posible del índice (5) y se multiplica por cien para obtener el nivel de vulnerabilidad en porcentaje de la microcuenca para cada tipo de vulnerabilidad correspondiente.
- Este porcentaje se compara con la siguiente escala de vulnerabilidad

**Determinación de las amenazas.** Con la ayuda del Sistema de Información Geográfica (SIG) se crearon mapas de amenazas según un esquema de clasificación cualitativo con énfasis en inundaciones y deslizamientos. A continuación se detallan los pasos metodológicos seguidos para obtener los mapas de amenazas.

**Amenazas de deslizamientos.** La metodología utilizada para realizar la zonificación a deslizamiento de tierra se fundamentó en el método heurístico geomorfológico de Ruiz y Molina (2001), que consiste en la combinación de mapas temáticos calificados, con la ayuda de la herramienta SIG. 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 de suelo, el uso actual del suelo (conflicto de uso) y el clima.

Para cada factor crítico se definieron los indicadores, se clasificaron cualitativamente y se les dio una valoración. El análisis incluyó también el reconocimiento de campo, imágenes en Google Earth y caracterización de los peligros derivados de terrenos inestables.

**Amenazas a inundaciones.** Para determinar el mapa de zonas inundables se determinó a través del método topográfico propuesto por Acuña y Mendoza (2010) con ayuda de los sistemas de información geográficos, e interpretación de fotografías aéreas con imágenes de Google Earth, en ello se buscó reconstruir y caracterizar la dinámica histórica del río e identificar las evidencias de terreno en compañía de líderes comunitarios. Este modelo sencillo está basado en la topografía del terreno y la red de drenaje.

**Propuesta de uso y manejo agroecológico.** La propuesta de zonificación agroecológica parte de la elaboración de los mapas temáticos con herramientas SIG que permitió caracterizar el territorio en diferentes categorías de uso y manejo (figura 2). 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, 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 Nº 78-2002, se logró definir el grado de restricción que se debe imponer.

de las amenazas, 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, taller de socialización para exponer resultados, así como revisión bibliográfica; todos estos procesos se conjugaron para lograr determinar lineamientos y acciones consensuadas, necesarias para la reducción del riesgo, lo que permite emprender un estudio prospectivo confiable.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis de deslizamiento e inundaciones.** 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 3).

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 suelo, 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. En este sentido Pérez y Rojas (2005), Domínguez (2008), Rosales y Centeno (2009), señalan que en pendientes muy pronunciadas desprovistas de vegetación y alta intensidad de uso de los suelos los deslizamientos ocurren con mayor frecuencia.

Según el mapa de susceptibilidad a deslizamiento de tierra y el inventario de deslizamiento, las comunidades con mayor vulnerabilidad son: San Pedro, Horno, Chaguitón, Los Llanos 1 y 2, San José, sin embargo, requieren de mayor

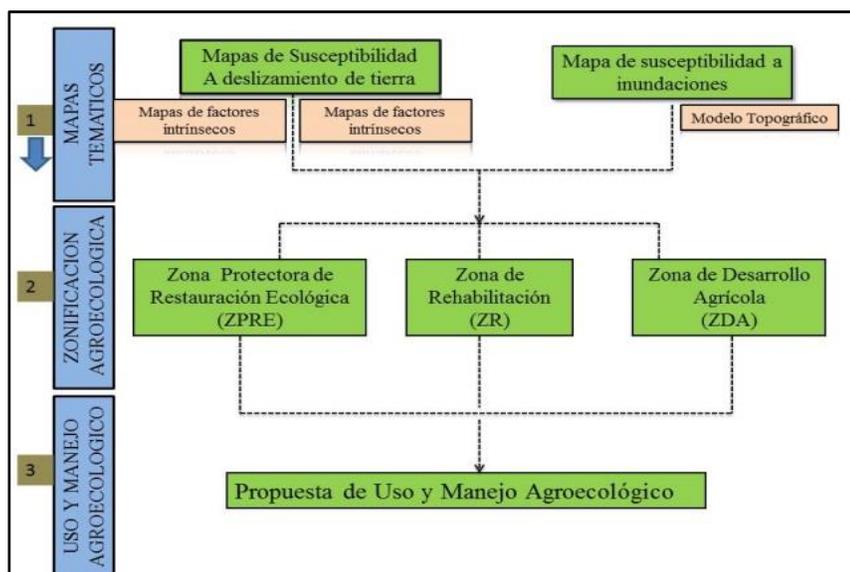


Figura 2. Esquema Metodológico de propuesta agroecológica en microcuenca El Espinal.

**Lineamientos y acciones para el manejo y mitigación del riesgo.** El proceso de cumplimiento de este objetivo, se desarrolló por todo el esfuerzo de recopilación de datos realizado en etapas anteriores como: antecedentes

atención y vigilancia las comunidades de Macuelizo y El Chorro por la evidencia encontrada de mayor registro de deslizamiento y en estado activo.



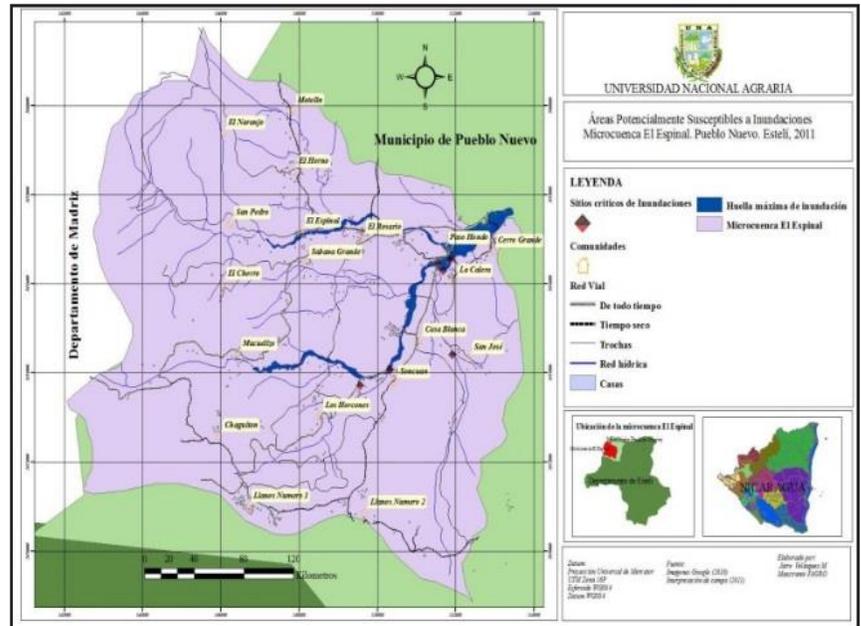
**Figura 3.** Mapa de áreas susceptibles a deslizamiento de tierra en la microcuenca El Espinal.

**Análisis de inundación.** En la figura 4, 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. De acuerdo a la consulta realizada de la intersección de las áreas inundables con la información de viviendas en la microcuenca El Espinal, resultó que existen 128 viviendas a una distancia menor a 50 metros y 29 viviendas localizadas en el área inundable.

De acuerdo al decreto 78-2002 en el artículo 32, numeral 5 y 6, se 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.

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 de hortalizas con granos básicos 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.

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, 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 seis viviendas y daños parciales a puentes vados producto de las lluvias del mes de agosto del año 2010 (figura 5).



**Figura 4.** Mapa de áreas susceptibles a inundaciones en la microcuenca El Espinal.

RECURSOS NATURALES



Figura 5. Vivienda de taquezal destruida en la inundación de agosto 2010 en la comunidad de Paso Hondo.

**Evaluación de la vulnerabilidad global a deslizamientos e inundaciones.** La figura 6 muestra los resultados de análisis por tipo de vulnerabilidad a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca El Espinal. Los aspectos económicos, técnicos, ecológicos, institucionales y físicos son los cinco componentes de la vulnerabilidad que presentan índices muy altos, le siguen en orden de importancia con vulnerabilidad alta, lo cultural, político, educativo e ideológico, y por último con una vulnerabilidad moderada la parte social.

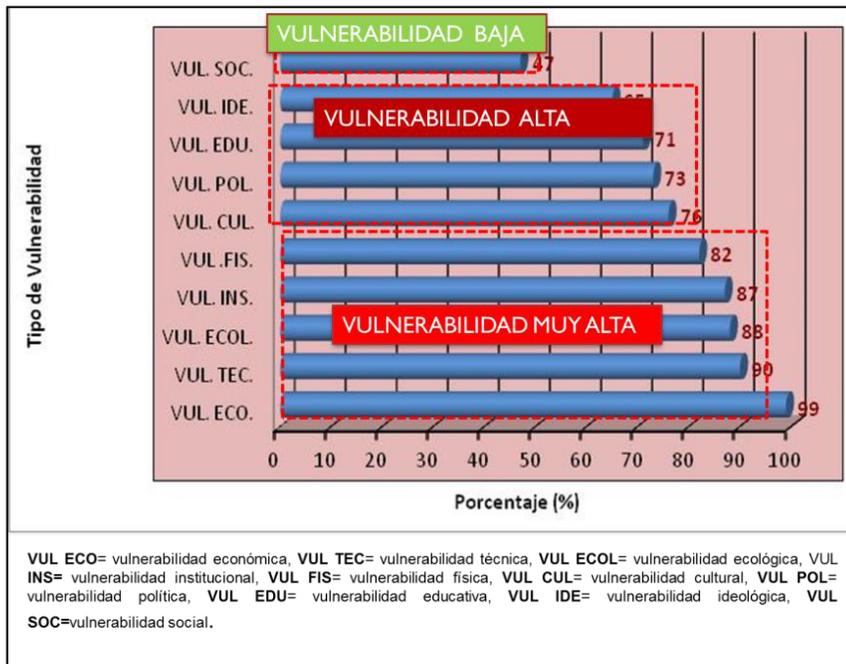


Figura 6. Vulnerabilidad por tipo en microcuenca El Espinal.

**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 al trabajo de campo

agropecuario, siendo la principal entrada de recursos económicos 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 (USD 89.00), lo que equivale a menos de un salario mínimo del sector agropecuario que es de C\$ 2 204 córdobas (USD 98.00) (MITRAB, 2011), este promedio alcanza para que un trabajador adquiera 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 obtenido de las ventas de cosechas, remesas familiares, trabajo en cortes de café y venta de mano de obra temporal.

Las insuficientes actividades de las que dependan 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 microcuenca. La forma de mitigar esta vulnerabilidad es mediante la diversificación de la economía local, mediante el desarrollo de actividades productivas paralelas que garanticen en las comunidades mayores ingresos.

**Vulnerabilidad técnica.** Resulto con vulnerabilidad muy alta (90%). Se utilizaron indicadores como porcentajes de viviendas que toman en cuenta normas de 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 dos primeros indicadores son los más críticos, en el primero más del 80% de los encuestados no toman en cuenta las normas de la construcción, y 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 para que se cumpla 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 (tres

estaciones de radio comunicador y un 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 son las comunidades de Macuelizo, Horcones y Casa Blanca, le siguen las comunidades de Horno, La Calera, Chaguitón y Paso Hondo. Las comunidades más vulnerables a este indicador son El Chorro, Sabana Grande y San Pedro, ubicadas en la parte media y alta de la microcuenca y Rosario, San José, ubicados en la parte baja, siendo éstas las comunidades que las autoridades municipales deben de priorizar para incorporarlas en programas como el "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 en el Rosario, Paso Hondo, La Calera, Sabana Grande y San José, se requiere que la municipalidad coordine con defensa civil actividades de capacitación, conformación de los COLOPRED (Comités Locales de Prevención y Atención de Desastres) y actualizar su plan de riesgo comunitario.

**Vulnerabilidad ecológica.** Resultó 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 que ocasiona un problema fundamental que es el uso inadecuado del suelo y mayor explotación de los recursos naturales que provocado que en la zona exista una alta vulnerabilidad a inundaciones y deslizamiento.

Las autoridades deben de implementar medidas de mitigación en las comunidades ubicadas 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

comunidades, realizar actividades agropecuarias amigables al 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.

**Vulnerabilidad institucional.** Resultó con vulnerabilidad muy alta (87%). Esto refleja la falta de apoyo que puedan estar teniendo las comunidades por las ONGs, 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 y no saben 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 resultan con una vulnerabilidad muy alta (82%), pero entre los indicadores que presentaron una vulnerabilidad moderada son el acceso a las comunidades, viviendas a un kilómetro de distancia del deslizamiento y viviendas en laderas. Los indicadores en los 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, número de viviendas ubicadas en la primer terrazas de los ríos y número de viviendas con siete o más habitantes.

**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 la microcuenca y 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



### **Zona protectora de restauración ecológica (ZPRE)**

**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 de suelo 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 de 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 restrictivos. 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.

### **Zonas de rehabilitación (ZR)**

**Caracterización.** Estas zonas se caracterizan por tener topografías onduladas a escarpadas (15% al 30%), capacidad de uso del 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, topográficas específicamente erosión, requieren de rehabilitación y mejoramiento. Abarcan un área de 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 son: captura de CO<sub>2</sub>, ecoturismo, usos forestales, agroforestales y silvopastoriles con prácticas conservacionistas.

### **Zonas de desarrollo agrícola (ZDA)**

**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% y 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 a 800 msnm, abarcan un área de 54.70 km<sup>2</sup>.

Áreas de posible uso conservacionista y/o agrícola más intensivo, pero con prácticas amigables al medio ambiente. 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.

### **Lineamientos**

**Factores claves identificados.** Según los resultados obtenidos, más lo expresado por los habitantes de las comunidades y actores locales, los siguientes elementos son los considerados claves para proponer acciones de prevención y mitigación: educación, manejo adecuado de los recursos naturales, fortalecimiento institucional local, participación comunitaria y mejoramiento de las condiciones socioeconómicas de la población

### **CONCLUSIONES**

De acuerdo al mapa de susceptibilidad a deslizamiento de tierras en la microcuenca El Espinal, hay cinco comunidades (Macuelizo, El Chorro, San Pedro, Los Llanos y Horcones) que están en zonas de alta y muy alta susceptibilidad, la que fueron identificadas por el modelo y corroboradas en campo, siendo la comunidad de Macuelizo la que está en estado crítico.

La zonificación de inundación presentada en este trabajo es de 240 hectáreas, y 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. 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, afectando a la vez áreas de cultivo, viviendas y puentes vados.

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 estas prioridades de atención de parte de los actores locales que inciden en el municipio.

Con la zonificación agroecológicas implementada a partir de los mapas de amenazas de susceptibilidad a deslizamiento e inundaciones, análisis de vulnerabilidad y el aporte con el consenso de los actores locales, se pudo definir cinco lineamientos estratégico y acciones concertadas para la prevención y mitigación de desastres naturales.

### **RECOMENDACIONES**

Los mapas de susceptibilidad a deslizamiento e inundaciones constituyen 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.

Establecimiento de redes de monitoreo geodésico con apoyo del INETER en los deslizamientos de Macuelizo, El Chorro, San Pedro, San José.

Realizar análisis hidrológico e hidráulico de la microcuenca El Espinal y modelización de crecidas a escala 1:5 000, para una mejor definición de los diferentes niveles de

**RECURSOS NATURALES**

peligro por inundación y por sedimentación para diferentes periodos de retorno.

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.

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.

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.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- Acuña, EL; Mendoza, F J. 2010. Modelo de estimación de áreas inundables. Managua, NI.
- 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 de textos básicos para la formación ambiental. PNUMA. MX. 235 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. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A0391E/A0391E.PDF>.
- 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. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A5962e/A5962e.pdf>
- CEPAL (Comisión Económica para América Latina y El Caribe). 2011. La economía del cambio climático en Centroamérica: Reporte técnico 2011. 437 p.
- 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. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A2300E/A2300E.PDF>
- MITRAB (Ministerio del Trabajo, NI). 2011. Acta Nº 7. Comisión nacional del salario mínimo. 5 p. 2011a. Canasta Básica urbana. 2 p.
- 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. Universidad Nacional Agraria. Managua, NI. 91 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. Disponible en <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0121E/A0121E.PDF>
- 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. Universidad Nacional Agraria, Managua, NI. 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.
- 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. Disponible en: <http://orton.catie.ac.cr/REPDOC/A0666E/A0666E.PDF>
- Wilches-Chaux, G. 1998. Auge, caída y levantada de Felipe Pinillo, mecánico y soldador o yo voy a correr el riesgo. Quito, Ecuador. La Red. 153 p.