

Áreas críticas y vulnerabilidad a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

Nelson E. González-Süllo
North Carolina State University
ngonzalez@ncsfnc.cfr.ncsu.edu
Francisco Jiménez
CATIE. fjimenez@catie.ac.cr
Sergio Velásquez
CATIE. svelasqu@catie.ac.cr
Alberto Camero



Por su cercanía a la ciudad de Matagalpa y buena accesibilidad durante todo el año, las subcuencas Molino Norte y San Francisco han sido muy intervenidas.

Foto: Programa FOCUENCAS, CATIE.

Resumen

Matagalpa, municipio en el departamento del mismo nombre, fue uno de los más fuertemente afectados en Nicaragua por el Huracán Mitch. Las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran dentro de este municipio y sufrieron daños severos durante el evento. Este estudio busca contribuir a determinar las áreas más críticas por su vulnerabilidad a los desastres naturales y hacer una propuesta de acción para reducir esos eventos. Con base en información obtenida de las subcuencas y mediante el Sistema de Información Geográfica (SIG), se identificaron las áreas biofísicamente críticas en ambas subcuencas, lo que permitió caracterizar el grado de vulnerabilidad; también se identificaron elementos biofísicos y socioeconómicos de las subcuencas que afectan el manejo sostenible, aumentan la vulnerabilidad a desastres naturales y las definen como áreas críticas. A partir de los resultados obtenidos, se proponen lineamientos y acciones concertadas con la población para el manejo sostenible de las subcuencas.

Palabras claves: Desastres naturales; manejo de cuencas; áreas críticas; vulnerabilidad; SIG; Matagalpa; Nicaragua.

Summary

Critical areas and their vulnerability to natural disasters in the basins of Molino Norte and San Francisco, Matagalpa, Nicaragua.

Matagalpa, a municipality in the same department, was severely injured by Hurricane Mitch, especially in Molino Norte and San Francisco sub-watersheds. With the study, we pretend to determine areas critical to natural disasters and propose actions to reduce the incidence of those phenomena. Biophysically critical areas in both sub-watersheds were identified using the geographical information system. That permitted the determination of vulnerability levels, and the identification of biophysical and socioeconomic elements that affect sustainability, increase vulnerability to natural disasters, and characterize the sub-watersheds as critical. Basing on the results, guidelines and action lines are proposed to improve sustainable management in the sub-watersheds. Actions should be coordinated with the local population.

Keywords: Natural disasters; watershed management; critical areas; vulnerability; GIS; Matagalpa; Nicaragua.

El huracán Mitch, que asoló a Centroamérica a finales de octubre e inicios de noviembre de 1998, ocasionó daños valorados en miles de millones de dólares y la pérdida de miles de vidas. Las inundaciones y los deslizamientos de tierra, empeorados por el pobre manejo ambiental y el mal uso de la tierra, fueron las causas fundamentales de la devastación. El fenómeno natural dejó claramente establecida la interrelación entre el manejo de las cabeceras de las cuencas hidrográficas y los efectos en las cuencas bajas (USAID 1999).

Por su cercanía a la ciudad de Matagalpa y buena accesibilidad durante todo el año, las subcuencas Molino Norte y San Francisco han sido muy intervenidas; el deterioro ambiental y de los recursos naturales es evidente en ambas. Varias organizaciones prestan ayuda a las comunidades, pues los problemas de deforestación, erosión de suelos, peligro de inundación, deslizamientos y contaminación del agua las vuelve vulnerables a desastres naturales. Esta condición de riesgo ha motivado la ejecución de este estudio para determinar áreas críticas y vulnerables en las subcuencas.

El área de estudio abarca las subcuencas Molino Norte y San Francisco que forman parte de la cuenca Río Grande de Matagalpa en la vertiente del Mar Caribe de Nicaragua. Las subcuencas se ubican al norte y noreste, respectivamente de la ciudad de Matagalpa, a 130 km al norte de la ciudad de Managua (Figura 1). La subcuenca Molino Norte posee un área de 2243 hectáreas. Los principales afluentes son: Patacón, Las Cabañas, San Luis y El Ordeño; ninguno de ellos se seca en verano. La subcuenca San Francisco tiene un área de 2965 hectáreas y sus principales afluentes son San Fran-

cisco, San Pablo, El Ocote y La Granja¹.

Las subcuencas abastecen de agua a la ciudad de Matagalpa, donde hay serios problemas de escasez debido al deterioro por la contaminación de vertidos de desechos sólidos y líquidos derivados de la actividad cafetalera, ganadera, uso de agroquímicos y aumento de la población. Además, el reciente paso del huracán Mitch dejó a las subcuencas muy vulnerables a cualquier desastre natural.

Metodología

La investigación se organizó en tres fases: a) planificación del proceso y recopilación de información, b) interacción con las comunidades (recolección de información primaria), c) análisis e interpretación de resultados.

Los mapas se digitalizaron y editaron con el programa Arc View versión 3.2, en escala de 1:50 000. En ellos se ubicaron las comunidades, red de drenaje, carreteras, caminos transitables (asfaltados y de todo tiempo), y se usaron como guía durante el recorrido de campo. Para ejecutar el estudio, cada una de las subcuencas se dividió en tres niveles altitudinales, tomando como criterio las curvas de nivel. Se trató de trabajar con una comunidad por nivel altitudinal de cada subcuenca.

A partir de información secundaria, validada y ampliada con las comunidades, se recopilaron datos que permitieron seleccionar las variables de observación. Para escoger las variables se utilizaron las siguientes técnicas: a) *Visitas y diálogo informal con extensionistas, miembros de las comunidades y familias*, b) *Recorridos y observación de campo*, c) *Talleres y dinámica participativa*, d) *Entrevistas semi-estructuradas*. Todas estas técnicas se combinaron de manera que los resultados de una

técnica reforzaron la información obtenida en otro momento con otra. Esta triangulación de datos y fuentes de información fue un medio muy apropiado para controlar la veracidad de la información y su correcta interpretación.

Metodología para medir el nivel de criticidad

Para el análisis de áreas críticas se midió el deterioro del recurso suelo. Se entiende por área crítica un sitio donde uno o varios recursos se han deteriorado a niveles insostenibles. Los recursos suelen ser suelo, agua y bosque.

Para lograr uniformidad entre los indicadores utilizados, sabiendo que uno de ellos usa valores cualitativos y los otros valores cuantitativos, se escogió estandarizar las variables dentro de cada uno de los indicadores. Todos los factores se estandarizaron a una misma escala antes de combinarse para formar un índice único de evaluación, de tal manera que todos los parámetros estén correlacionados.

La metodología propuesta para medir el nivel de criticidad utilizó los siguientes parámetros:

- a) **uso actual de la tierra:** un mapa de uso actual de la tierra, generado a partir de la base de datos suministrada por MAGFOR (2000), muestra los tipos de uso de la tierra en las subcuencas. Este mapa se utilizó para calcular el índice de degradación.
- b) **erosión potencial:** se estimó a través de la degradación específica. La degradación específica equivale a la erosión potencial de una cuenca, subcuenca o microcuenca, y se puede estimar con el coeficiente de Fournier. Este índice hace referencia a la cantidad de suelo que se pierde por erosión en m³/km²/año (CI-DIAT-MARN 1984).

c) **pendiente:** para el mapa de pendientes de las subcuencas se usó el programa Arc View 3.2 de SIG como herramienta para calcular la pendiente en cinco diferentes rangos. Esta operación se realizó interpolando las curvas a nivel distanciadas cada 20 metros. Los distintos rangos de pendientes son indicadores importantes para saber el nivel de criticidad de una cuenca, al suponer que áreas con pendientes mayores a 40% son las más críticas para el desarrollo de cualquier actividad humana.

d) **grado de erosión hídrica:** se encontraron cuatro tipos de erosión hídrica en las subcuencas (de leve a fuerte). Esta variable se determinó mediante un mapa procesado por MAGFOR (2000). Esta es una variable cualitativa.

Una vez estandarizados todos los parámetros dentro de la escala lineal de 0 a 100, se procedió a evaluar el peso de los factores. Para esto se utilizó una evaluación multicriterio con el programa IDRISI de SIG. Cada factor del mapa se multiplicó por su peso relativo y se sumaron los resultados para obtener el nivel de criticidad de las subcuencas. En el Cuadro 1 se muestran los niveles finales de criticidad obtenidos mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Grado de criticidad} = (\text{Uso de la tierra} * \text{factor}) + (\text{Grado de erosión hídrica} * \text{factor}) + (\text{Pendiente} * \text{factor}) + (\text{Erosión potencial} * \text{factor})$$

Metodología para medir el grado de vulnerabilidad

Por vulnerabilidad se entiende la susceptibilidad de una comunidad de ser afectada por algún fenómeno, y se expresa en su incapacidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente (Wilches-Chaux 1993).

¹ Datos suministrados por MAGFOR (1998) y GeoDigital S.A. (2001)

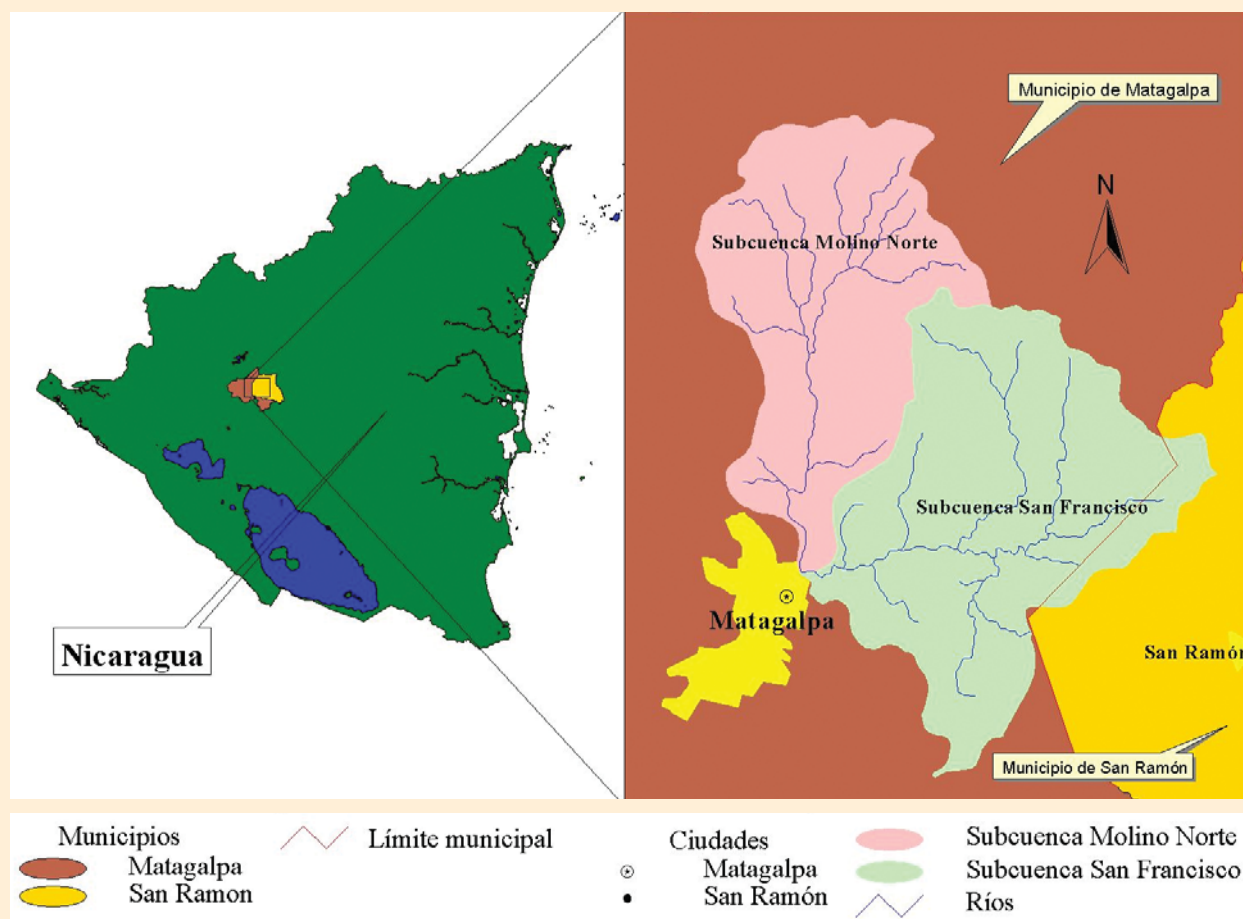


Figura 1. Ubicación de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

Los parámetros que se usaron para medir la vulnerabilidad se estandarizaron con una escala lineal de 0 a 100, de manera que todos los factores estuvieran en una misma escala antes de combinarse para formar un índice único de evaluación. En la escala utilizada, el valor “0” significa que el aporte del indicador es menos significativo a un determinado nivel de vulnerabilidad; es decir, que el elemento analizado presenta un nivel muy bajo de vulnerabilidad. El valor “100” significa que el aporte del indicador es significativo, y que la situación que refleja es determinante y su aporte es fundamental.

La metodología propuesta para medir el nivel de vulnerabilidad utilizó los siguientes parámetros: a) calidad del agua, b) densidad poblacional, c) grupos vulnerables, d) cercanía a los puestos de salud, escuelas primarias y caminos, e) distancia a ríos, f) intensidad de uso de la tierra, g) precipitación.

Una vez que cada parámetro fue estandarizado a una misma escala, cada factor del mapa se multiplicó por su peso relativo, y se sumaron los resultados para obtener el nivel de vulnerabilidad de las subcuencas.

Por último, los mapas de áreas críticas y áreas vulnerables se integraron mediante el SIG para determinar las zonas de mayor riesgo a desastres naturales.

Resultados y discusión

Uso actual de la tierra

Subcuenca Molino Norte.- El uso de la tierra predominante es el cultivo del café (925 ha), rubro al que se dedican los grandes y medianos productores y, en menor porcentaje, los pequeños productores. En la parte alta de la subcuenca hay un bosque bajo cerrado de 152 ha que no se explota con fines comerciales; el dueño lo mantiene con fines conservacionistas como atracción ecoturística en su hotel de montaña, pero los pobladores vecinos se surten de leña allí. Los cultivos anuales (maíz y frijol) ocupan 184 ha; los pequeños productores son quienes principalmente se dedican a estos cultivos en la parte media y baja de la subcuenca y, en

Cuadro 1.

Niveles de criticidad encontrados en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

Valores finales	Clasificación	Grado de criticidad
0 – 20	1	Muy Bajo
20 – 40	2	Bajo
40 – 60	3	Medio
60 – 80	4	Alto
80 – 100	5	Muy Alto

menor escala, plantas ornamentales y hortalizas en la parte alta.

El cultivo de pastos mejorados para la ganadería (101 ha) está ganando terreno en la subcuenca por parte de los grandes productores, como alternativa ante los bajos precios del café. Además, hay un área de 217 ha de pastos con malezas. Las malezas ocupan un área de 537 ha, distribuidas en toda la subcuenca, y una pequeña área de vegetación arbustiva (27,36 ha). Los centros poblados y otras áreas habitadas ocupan 99 ha.

Subcuenca San Francisco.- El uso de la tierra predominante son los pastos cultivados (1981 ha) y pastos con malezas (349 ha) en la parte baja y media de la subcuenca. El ca-

fé con sombra (183 ha) y sin sombra (66 ha) es un rubro que se mantiene a pesar de los bajos precios del grano. Las malezas ocupan un área de 265 ha, los cultivos anuales 2 ha y la vegetación arbustiva 18 ha. Los centros poblados y otras áreas habitadas ocupan un área de 102 ha.

Intensidad de uso de la tierra

La superposición del mapa de uso potencial con el de uso actual de la tierra dio como resultado el mapa de intensidad de uso de la tierra. El nivel de intervención de uso de la tierra debido a las actividades agropecuarias y humanas en la subcuenca Molino Norte es el siguiente: 47,6% adecuadamente

utilizado, 43,6% sobreutilizado y 4,4% subutilizado. En la subcuenca San Francisco: 8,4% adecuadamente utilizado 78,5% sobreutilizado, 9,7 % subutilizado y 3,4% otras áreas.

Nivel de criticidad por subcuencas

La subcuenca Molino Norte presenta un 49% de su área (1088 ha) con nivel de criticidad 3 (medio); el nivel de criticidad 4 (alto) ocupa 852 ha, que representan 38% de la superficie de la subcuenca. El nivel de criticidad 5 (muy alto) solo ocupa un 2% de la superficie de la subcuenca y abarca 48 ha. El nivel de criticidad 2 (bajo) ocupa un 11% del área de la subcuenca con 256 ha y no hay áreas con nivel de criticidad 1.

En el mapa de grados de criticidad (Figura 2) se observan los poblados y/o caseríos que se encuentran en diferentes grados de situación crítica: con un nivel alto hay cinco poblados y ocho con nivel medio.

En la subcuenca San Francisco, el 49% de la superficie (1439,4 ha) posee un nivel de criticidad 3, el 34% (996,8 ha) nivel de criticidad 4 y 6% (173,2 ha) nivel 5. No hay



Foto: Programa FOCUENCAS, CATIE.

El 89% del área de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran en un nivel de criticidad medio a muy alto y un 11% en un nivel de criticidad bajo

áreas con nivel de criticidad 1 y el nivel 2 ocupa el 12% del área de la subcuenca (356,1 ha). Allí se identificaron diez poblados y/o caseríos en un nivel alto de criticidad y cinco poblados en un nivel medio.

Grado de vulnerabilidad en las subcuencas

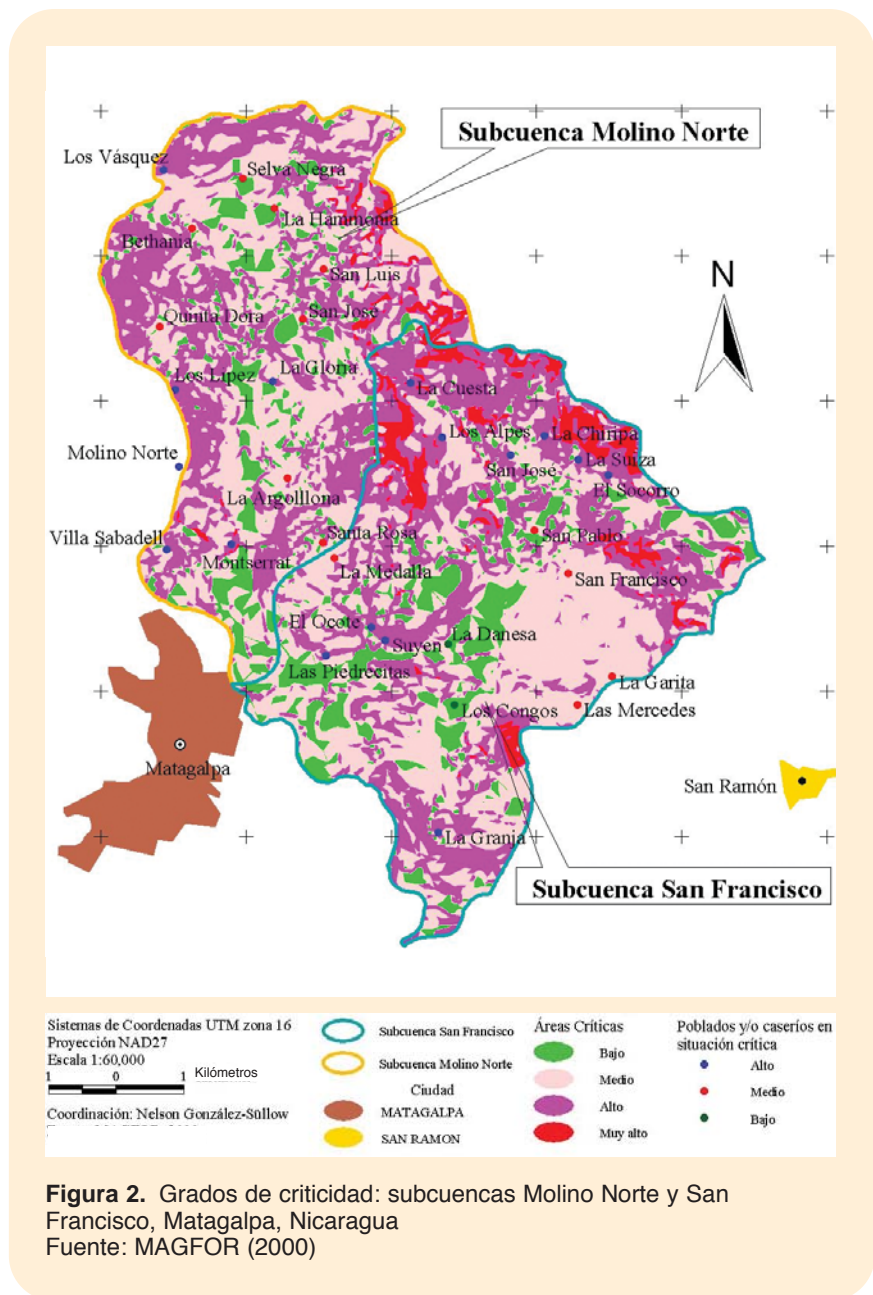
En la subcuenca Molino Norte, el grado de vulnerabilidad es 2 en el 87% del territorio. El nivel medio de vulnerabilidad (grado 3) abarca el 8% del área de la subcuenca y un 5% está en grado 1 (muy bajo). Ninguna zona presenta grados de vulnerabilidad 4 o 5. La Figura 3 muestra los distintos grados de vulnerabilidad en las subcuencas.

En la subcuenca San Francisco, el grado de vulnerabilidad 3 abarca el 59,3% del territorio, en tanto que los grados 1 y 2 abarcan 56,7 ha (1,9%) y 1151,7 ha (38,8%). Tampoco en esta subcuenca se observan grados de vulnerabilidad 4 y 5.

Integración de áreas críticas y áreas vulnerables para determinar los sitios de mayor riesgo a desastres naturales

Por medio del SIG se integraron los mapas de áreas críticas y áreas vulnerables para obtener un mapa de áreas de mayor riesgo a desastres naturales (Figura 4).

La subcuenca Molino Norte presenta grados finales de vulnerabilidad media y alta en casi el 95% de su territorio. En el mapa de áreas de



Cuadro 2.

Grados finales de vulnerabilidad de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

Grado finales de vulnerabilidad	Descripción	Área (ha)		Área (%)	
		Molino Norte	San Francisco	Molino Norte	San Francisco
1	Muy Bajo	0,0	0,0	0	0,0
2	Bajo	115,5	50,6	5,1	1,7
3	Medio	1183,2	964,9	52,8	32,5
4	Alto	943,7	1950,0	42,1	65,8
5	Muy Alto	0,0	0,0	0,0	0,0
Total		2242,4	2965,5	100,0	100,0



Figura 3. Mapa de áreas vulnerables: subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

mayor vulnerabilidad se puede ver que seis poblados se encuentran condiciones de vulnerabilidad alta: Los Vásquez, Los López, Molino Norte, Montserrat, Villa Sabadell y La Gloria. En el nivel medio se encuentran siete caseríos: Selva Negra, La Hammonia, La Argollona, Santa Rosa, San José, Quinta Dora y Bethania.

En la subcuenca San Francisco, las zonas con vulnerabilidad media y alta cubren el 98,3% del territorio. Casi todos los poblados de la subcuenca son muy vulnerables a los desastres naturales.

El Cuadro 2 expresa las áreas en hectáreas y los porcentajes de los distintos grados de vulnerabilidad de ambas subcuencas.

Análisis comparativo de los mapas participativo, áreas de mayor vulnerabilidad y de sitios críticos

La Figura 5 se formó mediante la superposición de tres mapas: el mapa hecho por las comunidades, el realizado por COSUDE (2000) y el mapa de áreas más vulnerables. Los lugares que la comunidad marcó

como áreas críticas y vulnerables en la subcuenca Molino Norte coinciden con las áreas de vulnerabilidad alta encontradas con esta investigación, lo que supone que la comunidad tiene conciencia de la situación de peligro. Con ayuda de los habitantes de la comunidad se podría hacer un diagnóstico rápido acerca de los problemas que hay en la subcuenca.

En la subcuenca San Francisco sucedió lo mismo. Las áreas que ellos identifican como críticas coinciden con las encontradas en esta investigación; además, dos lugares marcados como sitios críticos por COSUDE (2000), también fueron identificados por los habitantes de La Garita.

Es necesario resaltar, sin embargo, que los habitantes de ambas subcuencas señalan lugares muy puntuales donde el efecto es muy visible; con el uso de SIG se puede apreciar la verdadera magnitud del problema y definir el área completa susceptible. Con la ayuda de los habitantes de las subcuencas, se podría elaborar un mapa de áreas vulnerables de manera rápida y con poca inversión de recursos.

Lineamientos y acciones concertadas con las comunidades para la reducción y mitigación de desastres naturales Cualquier acción de manejo de una cuenca debe partir de un consenso local participativo; los habitantes deben ser los actores activos durante todo el proceso. Por eso, con base en los aportes de los pobladores de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se elaboró una serie de lineamientos y acciones que se podrían implementar para la reducción y mitigación de desastres naturales en la zona.

■ **Capacitación y educación ambiental:** concientizar y fomentar el interés de los pobladores, mediante charlas y cursos sobre la importancia de un medio ambiente saludable.

■ **Erosión de suelos:** solicitar asistencia técnica para buscar soluciones a los problemas de erosión. Reforestar, hacer obras de conservación de suelos como curvas de nivel, barreras vivas y muertas y evitar la siembra en laderas; mejorar los sistemas de producción de los agricultores, e introducir prácticas agroforestales para disminuir la erosión de los suelos.

■ **Mantenimiento de caminos:** a través de un apoyo conjunto entre la población y la Alcaldía de Matagalpa se pueden tener caminos en buen estado, si la comunidad aporta la mano de obra.

■ **Fuentes de empleo:** este es un problema serio para los pobladores de la subcuenca Molino Norte; se plantea organizar cooperativas con acceso a créditos para conseguir tierras, y así mejorar sus condiciones de vida.

■ **Mejoramiento de las condiciones sociales:** los principales problemas identificados fueron: agua escasa y contaminada, servicios de salud y electricidad deficitarios, nivel de educación pobre, problemas de vivienda. Entre las posibles soluciones se plantean:

- Ante la contaminación del agua, fomentar campañas de educación ambiental para concientizar a la población, hacer un proyecto de letrinas, en especial en las haciendas cafetaleras, que los desechos del café sean usados como abono orgánico, y no arrojados en los ríos.
- Ante la falta de agua potable, realizar campañas de concientización del uso racional del agua en las comunidades donde hay abastecimiento de agua, reforestar las márgenes de los ríos (recuperación forestal de la subcuenca).

■ **Deforestación:** este es un problema mayor en ambas subcuencas. Los pobladores consideran que los lugares reforestados se deben declarar como áreas protegidas,

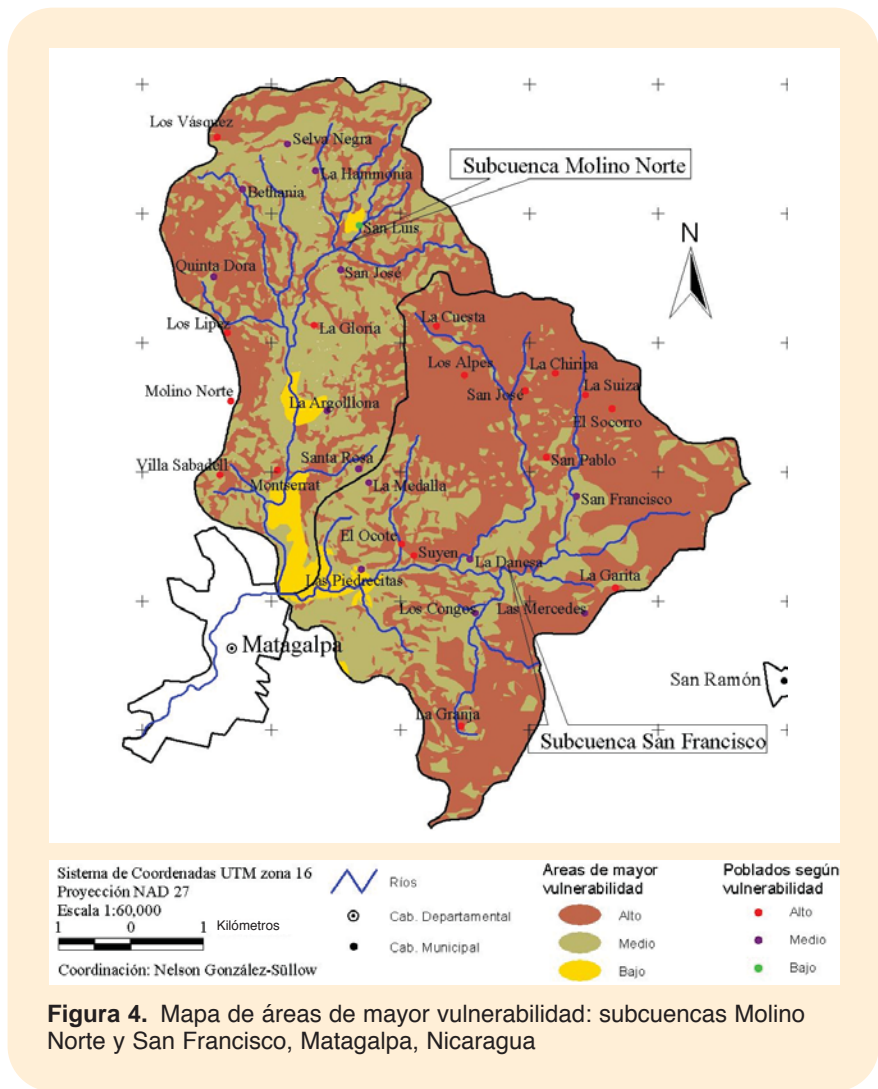


Figura 4. Mapa de áreas de mayor vulnerabilidad: subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua

aplicar las leyes ambientales existentes y brindar financiamiento para sustituir la cocina tradicional de leña por cocinas a gas. Debe frenarse la habilitación de tierras agrícolas, para preservar e incrementar la superficie forestal. Las instituciones gubernamentales y ONG deberían participar en la implementación de proyectos de reforestación.

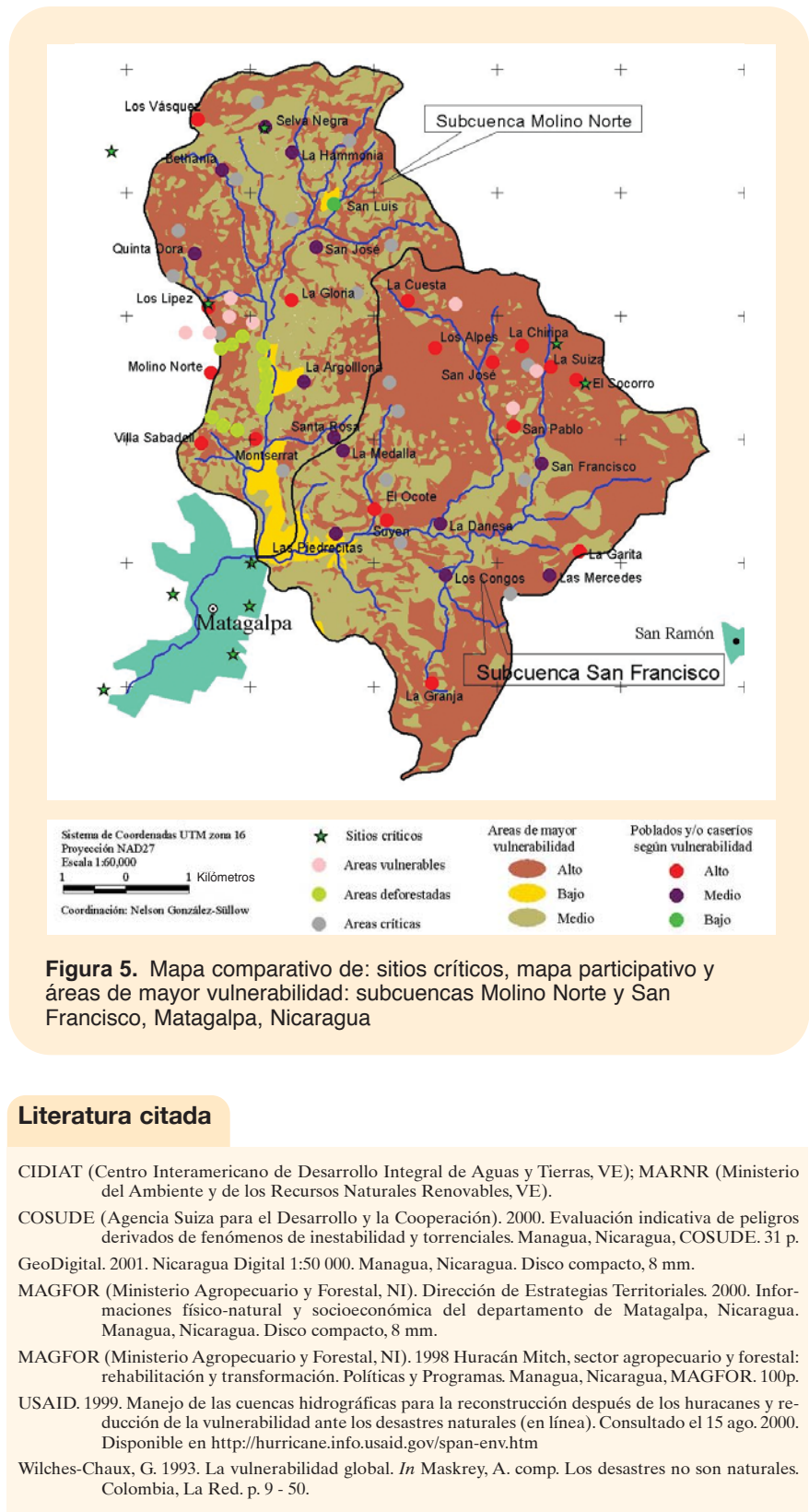
■ **Organización local:** dar mayor importancia y capacitación a los diferentes comités formados dentro de las comunidades para que puedan tener una mejor capacidad de gestión ante las autoridades competentes. Sería conveniente reactivar los comités de emergencia

para que participen en trabajos y acciones de prevención (forestación, construcción de obras de conservación de suelos); con ello se lograría una mejor formación de la conciencia y solidaridad, y se educaría a la gente mediante la acción.

Conclusiones y recomendaciones

■ El 89% del área de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran en un nivel de criticidad medio a muy alto, mientras que un 11% del área restante se encuentran en un nivel de criticidad bajo. Los niveles medio y alto son considerados críticos.

- La pendiente es el parámetro de mayor incidencia en la determinación de áreas críticas. Las pendientes mayores a 30% presentan limitaciones importantes para el desarrollo agrícola y urbano y ocupan el 36% del área en la subcuenca Molino Norte y 32% en la subcuenca San Francisco.
- La subcuenca Molino Norte posee un grado de vulnerabilidad bajo en el 87% de su área. En la subcuenca San Francisco el 59,3% está en un nivel de vulnerabilidad medio y el 38,8% en el nivel bajo.
- La metodología aplicada en esta investigación es muy factible para la zona, así como para otras subcuencas de la región. Con la introducción de otras variables, como por ejemplo un mapa de tenencia de la tierra, ingreso económico por finca, número de casas con servicios básicos (agua, electricidad), se podría llegar a resultados más precisos y diseñar mejores planes de acción.
- Los mayores beneficiarios de esta investigación son las autoridades municipales de Matagalpa y San Ramón, ya que los mapas realizados y los problemas y soluciones aportados por la población son herramientas de mucha utilidad. Los departamentos ambientales de los municipios deberían asumir la responsabilidad de implementar las acciones propuestas por las comunidades, así como diseñar y ejecutar proyectos para enfrentar los problemas de las subcuencas.
- Para futuros trabajos de investigación en el área se podría evaluar la posibilidad de otorgar pagos por servicios ambientales a los productores de las subcuencas para que mantengan los bosques existentes y reforesten las márgenes de los ríos.



Literatura citada

- CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, VE); MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, VE).
- COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2000. Evaluación indicativa de peligros derivados de fenómenos de inestabilidad y torrenciales. Managua, Nicaragua, COSUDE. 31 p.
- GeoDigital. 2001. Nicaragua Digital 1:50 000. Managua, Nicaragua. Disco compacto, 8 mm.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). Dirección de Estrategias Territoriales. 2000. Informaciones físico-natural y socioeconómica del departamento de Matagalpa, Nicaragua. Managua, Nicaragua. Disco compacto, 8 mm.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 1998. Huracán Mitch, sector agropecuario y forestal: rehabilitación y transformación. Políticas y Programas. Managua, Nicaragua, MAGFOR. 100p.
- USAID. 1999. Manejo de las cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de los huracanes y reducción de la vulnerabilidad ante los desastres naturales (en línea). Consultado el 15 ago. 2000. Disponible en <http://hurricane.info.usaid.gov/span-env.htm>
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. In Maskrey, A. comp. Los desastres no son naturales. Colombia, La Red. p. 9 - 50.