

**CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE ENSEÑANZA PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS**

**ÁREAS CRÍTICAS Y VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES
EN LAS SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO,
MATAGALPA, NICARAGUA**

POR

NELSON ENRIQUE GONZÁLEZ-SÜLLOW

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS

**ÁREAS CRÍTICAS Y VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES EN LAS
SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO, MATAGALPA, NICARAGUA**

POR

NELSON ENRIQUE GONZÁLEZ-SÜLLOW

CATIE

Turrialba, Costa Rica
2001

CENTRO AGRÓNOMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
PROGRAMA DE EDUCACIÓN PARA EL DESARROLLO Y LA CONSERVACIÓN
ESCUELA DE POSGRADUADOS

AREAS CRÍTICAS Y VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES EN LAS
SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO, MATAGALPA, NICARAGUA

Tesis sometida a la consideración de la Escuela de Posgraduados, Programa de
Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de
Investigación y Enseñanza como requisito parcial para optar al grado de:

Magister Scientiae

por

Nelson Enrique González-Súllow

CATIE

Turrialba, Costa Rica

2001

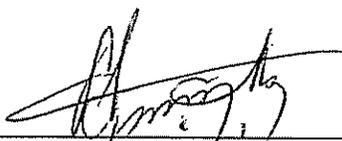
Esta tesis ha sido aceptada en su presente forma por el Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación y la Escuela de Posgrado del CATIE y aprobada por el Comité Consejero del Estudiante como requisito parcial para optar por el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

FIRMANTES:



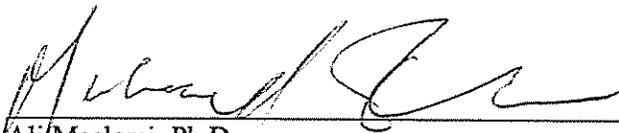
Francisco Jiménez, Dr. Sc.
Consejero Principal



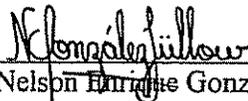
Sergio Velásquez M., M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Alberto Canero, M.Sc.
Miembro Comité Consejero



Ali/Moslemi, Ph.D
Director Escuela de Posgrado



Nelson Enrique González-Süllow
Candidato

DEDICATORIA

A mi mamá, Jorgelina y mi papá, Enrique, por su amor, cariño y apoyo constante desde que empecé a dar mis primeros pasos cuando era un niño, por lograr este éxito que es fruto de ellos.

A mi hermano, Diego, mis hermanas, Carolina y Diana, por su amor, apoyo y por estar cerca de mí aún en la distancia.

A mi cuñado, Álvaro, mi sobrino, Andrés, y el que esta por venir, por tenerme siempre en sus corazones.

AGRADECIMIENTOS

Quiero agradecer a las siguientes personas e instituciones que de una u otra manera han contribuido para un desarrollo agradable durante estos dos años fuera de mi país:

A mi profesor consejero, Dr. Sc. Francisco Jiménez, por su apoyo, colaboración, paciencia y las valiosas apreciaciones que posibilitaron la realización del presente estudio: ¡muchas gracias!

A los miembros de mi comité, M.Sc. Sergio Velásquez, por su comprensión, ayuda y valiosas discusiones para la finalización del trabajo, además de su gran amistad; a M.Sc. Alberto Camero, por el apoyo brindado en la fase de campo en Matagalpa, por los consejos y su amistad valiosa.

A FUNDATROPICOS, por concederme el financiamiento parcial para la realización de mis estudios de postgrado en CATIE, Turrialba, Costa Rica.

A FOCUENCAS-Nicaragua, por el apoyo logístico y económico durante mi segundo año de estudios.

A Nicolás Arroliga y María de los Ángeles Gutiérrez, por su ayuda y apoyo en la obtención de información digital para la realización de este estudio.

A los funcionarios del MAGFOR, Jorge Rodríguez, Norlan Ruiz por su colaboración desinteresada y por brindarme informaciones para la realización de este trabajo.

Al Ing. Agr. Jairo Morales y familia, por su ayuda, aporte y atención durante el tiempo que estuve en Nicaragua.

A la Municipalidad de Matagalpa, al INTA-Matagalpa, al Proyecto Cuencas Matagalpa por su cooperación durante mi trabajo de campo.

A los habitantes de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, que sin su cooperación no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

Al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), por haberme acogido durante dos años y enseñado muchas cosas que me ayudaron a madurar como persona y profesional.

A la Escuela de Postgrado, a la Biblioteca Conmemorativa Orton, personal técnico, administrativo y de apoyo de CATIE, quienes ayudan y colaboran desinteresadamente para que estos dos años de nuestra convivencia sea los más bonito y agradable posible....MUCHAS GRACIAS!!!!!!!

Al Dr. Gilberto Páez B., muchas gracias por sus útiles consejos, constante apoyo y ejemplo de vida que me ha brindado durante estos dos años de estudio.

A la familia Páez Abarca... mi familia adoptiva, muchas gracias por su ayuda, amor y cariño que me hicieron sentir durante todo este tiempo fuera de mi país.

A mis compañeros de promoción del CATIE 2000-2001, por darme la oportunidad de conocerlos y compartir buenos momentos y malos durante todo este tiempo.

A los mejengueros de los martes y jueves del CATIE, y en especial a la hermosa cancha de fútbol, muchas gracias por esas tardes de fútbol.

Para terminar, quiero agradecer a todas aquellas personas que estuvieron junto a mí, en los buenos momentos y en los malos; a aquellos que siempre me brindaron su apoyo, su compañía, su amistad y su lealtad..... a aquellos con quienes siempre pude contar.

SINCEROS AGRADECIMIENTOS

"Los cobardes se mueren varias veces antes de que su vida llegue a su fin. Los valientes disfrutan de la muerte una única vez"

JULIO CESAR (W. SHAKESPEARE)

BIOGRAFÍA

El autor nació el 15 de septiembre de 1975. Realizó sus estudios primarios y secundarios en el Colegio Santa Clara de la ciudad de Asunción, Paraguay, concluyéndolos en 1993.

En 1994 ingresa a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional en la ciudad de San Lorenzo, Paraguay, donde se gradúa como Ingeniero Agrónomo en 1998.

Durante el año 1999, se desempeñó como Ayudante de Cátedra de la carrera de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Asunción.

Debido a un fuerte interés en la investigación y manejo de los recursos naturales, ingresa en enero del 2000 al Programa de Maestría del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), egresando en diciembre del 2001 con el grado de *Magíster Scientiae* en Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	III
AGRADECIMIENTOS	IV
BIOGRAFÍA	V
ÍNDICE	VI
LISTA DE CUADROS.....	IX
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE MAPAS	XII
ABSTRACT	XIII
RESUMEN	XIV
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 CARACTERIZACIÓN DEL PROBLEMA	1
1.2 IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.3 OBJETIVOS	3
1.3.1 <i>Objetivo general</i>	3
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i>	3
1.4 HIPÓTESIS	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 NICARAGUA Y LOS DESASTRES NATURALES	4
2.2 FENÓMENOS NATURALES.....	5
2.3 DESASTRE NATURAL	5
2.4 VULNERABILIDAD	6
2.5 VULNERABILIDAD Y DESASTRES NATURALES	7
2.6 RIESGO.....	9
2.7 AMENAZA	9
2.8 CUENCA HIDROGRÁFICA.....	10
2.8.1 <i>Características de una cuenca hidrográfica</i>	10
2.8.2 <i>Manejo de cuencas hidrográficas y los desastres naturales</i>	11
2.9. SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA Y SUS APLICACIONES.....	12
2.10 EL USO DE SIG EN ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD	13
2.11 USO DE LA TIERRA, PLANIFICACIÓN Y ÁREAS CRÍTICAS	14
2.12 METODOLOGÍAS PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS CRÍTICAS	15
2.13 DEGRADACIÓN ESPECÍFICA.....	17
2.14 ANTECEDENTES DE ESTUDIOS EN LAS SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO ...	17
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	22
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
3.1.1 <i>Localización</i>	22
3.1.2 Características biofísicas	22
3.1.2.1 Suelo y Geología.....	24
3.1.2.2 Topografía	24
3.1.2.3 Clima.....	24
3.1.3 Características socioeconómicas.....	25
3.1.3.1 Población.....	25
3.1.3.2 Servicios e infraestructura	25
3.1.3.3 Situación socioeconómica	26
3.2 METODOLOGÍA APLICADA	27
3.2.1 <i>Organización del trabajo</i>	27

3.2.1.1 Fase I: Planificación del proceso y recopilación de información.....	27
3.2.1.2 Fase II: Interacción con las comunidades	29
3.2.1.3 Fase III: Análisis e interpretación de resultados	32
3.3 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE ÁREAS CRÍTICAS	32
3.4 ESTANDARIZACIÓN DE LAS VARIABLES UTILIZADAS	32
3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS.....	33
3.5.1 <i>Uso actual de la tierra</i>	33
3.5.2 <i>Erosión potencial</i>	34
3.5.3 <i>Pendiente</i>	37
3.5.4 <i>Grado de erosión hídrica</i>	38
3.6 PESO RELATIVO DE CADA PARÁMETRO	38
3.7 EVALUACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS	39
3.8 METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE LA VULNERABILIDAD.....	39
3.9 ESTANDARIZACIÓN DE LOS CRITERIOS UTILIZADOS.....	39
3.10 DESCRIPCIÓN DE LOS PARÁMETROS UTILIZADOS.....	40
3.10.1 <i>Calidad del agua</i>	40
3.10.2 <i>Densidad poblacional</i>	41
3.10.3 <i>Grupos vulnerables</i>	41
3.10.4 <i>Proximidad a los puestos de servicio de salud</i>	41
3.10.5 <i>Proximidad a las escuelas primarias</i>	42
3.10.6 <i>Proximidad a los caminos</i>	42
3.10.7 <i>Distancia a ríos</i>	42
3.10.8 <i>Intensidad de uso de la tierra</i>	42
3.10.9 <i>Precipitación</i>	43
3.11 PESO RELATIVO DE CADA PARÁMETRO	43
3.12 EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD	44
3.13 INTEGRACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS CON ÁREAS VULNERABLES PARA DETERMINAR ÁREAS DE MAYOR RIESGO A DESASTRES NATURALES	45
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	46
4.1 MAPA BASE	46
4.2 USO ACTUAL DE LA TIERRA	46
4.3 CAPACIDAD DE USO DE LA TIERRA.....	48
4.4 INTENSIDAD DE USO DE LA TIERRA	50
4.5 MAPAS PARTICIPATIVOS SOBRE ÁREAS CRÍTICAS Y/O VULNERABILIDAD A DESASTRES NATURALES POR DIFERENTES FENÓMENOS (NATURALES O HUMANOS).....	53
4.5.1 RESULTADOS DE LA SUBCUENCA MOLINO NORTE.....	53
4.5.2 RESULTADOS DE LA SUBCUENCA SAN FRANCISCO	53
4.6 ÁREAS CRÍTICAS	56
4.6.1 <i>Subcuenca Molino Norte</i>	56
4.6.1.1 <i>Uso actual de la tierra</i>	56
4.6.1.2 <i>Erosión Potencial</i>	57
4.6.1.3 <i>Pendiente</i>	58
4.6.1.4 <i>Grados de erosión hídrica</i>	59
4.6.2 <i>Subcuenca San Francisco</i>	60
4.6.2.1 <i>Uso actual de la tierra</i>	60
4.6.2.2 <i>Erosión potencial</i>	62
4.6.2.3 <i>Pendiente</i>	63
4.6.2.4 <i>Grados de erosión hídrica</i>	64
4.7 MAPAS DE ÁREAS CRÍTICAS DE LAS SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO	65

4.7.1 Nivel de criticidad de la subcuenca Molino Norte.....	66
4.7.1.2 Nivel de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte.....	69
4.7.2 Nivel de criticidad de la subcuenca San Francisco.....	70
4.7.2.1 Nivel de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco	70
4.8 DIAGNÓSTICO PARTICIPATIVO DE PROBLEMAS DE LAS SUBCUENCAS.....	72
4.8.1 Subcuenca Molino Norte.....	72
4.8.1.1 Árbol de problemas: causas y efectos	72
4.8.1.2 Priorización de problemas	73
4.8.2 Subcuenca San Francisco	74
4.8.2.1 Árbol de problemas: causas y efectos	74
4.8.2.2 Priorización de problemas	75
4.9 VULNERABILIDAD	76
4.9.1 Subcuenca Molino Norte y San Francisco.....	76
4.9.1.1 Calidad del agua. Año 1993.....	76
4.9.1.2 Densidad poblacional	79
4.9.1.3 Grupos vulnerables.....	81
4.9.1.4 Proximidad a los puestos de servicio de salud.....	83
4.9.1.5 Proximidad a las escuelas primarias.....	83
4.9.1.6 Proximidad a caminos	83
4.9.1.7 Distancia a ríos.....	87
4.9.1.8 Intensidad de uso de la tierra	87
4.9.1.9 Precipitación	87
4.10 MAPA DE ÁREAS VULNERABLES DE LAS SUBCUENCAS MOLINO NORTE Y SAN FRANCISCO	91
4.10.1 Grado de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte.....	94
4.10.1.1 Grado de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte	95
4.10.2 Grado de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco	96
4.10.2.1 Grados de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco	97
4.11 INTEGRACIÓN DE LAS ÁREAS CRÍTICAS CON ÁREAS VULNERABLES PARA DETERMINAR ÁREAS DE MAYOR RIESGO A DESASTRES NATURALES	98
4.11.1 Subcuenca Molino Norte.....	98
4.11.1.2 Vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca Molino Norte.....	100
4.11.2 Subcuenca San Francisco	101
4.11.2.1 Vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca San Francisco	102
4.12 ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MAPAS PARTICIPATIVO, MAPAS DE ÁREAS A MAYOR VULNERABILIDAD Y DE SITIOS CRÍTICOS	103
4.13 LINEAMIENTO Y ACCIONES CONCERTADOS CON LAS COMUNIDADES PARA LA REDUCCIÓN Y MITIGACIÓN A DESASTRES NATURALES	105
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	107
5.1 CONCLUSIONES	107
5.2 RECOMENDACIONES	108
6. LITERATURA CITADA.....	109

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Superficie, población, densidad y rango de edades en las subcuencas Molino Norte y San Francisco	25
Cuadro 2: Número de productores por categoría de tamaño de finca	27
Cuadro 3: Uso actual de la tierra con su índice de degradación	34
Cuadro 4: Datos climáticos de la Estación San Ramón utilizados para la confección del climadiagrama.....	36
Cuadro 5: Valores de erosión potencial con sus índices	37
Cuadro 6: Rangos de pendientes con sus índices.....	37
Cuadro 7: Grado de erosión hídrica con sus índices	38
Cuadro 8: Ejemplo de la matriz de comparación a ser utilizado en la metodología	39
Cuadro 9: Grados de niveles de áreas críticas	39
Cuadro 10: Rangos de contaminación de agua con sus índices.....	41
Cuadro 11: Intensidad de uso de la tierra con sus índices	42
Cuadro 12: Ejemplo de la matriz de comparación a ser utilizado en la metodología para la vulnerabilidad	43
Cuadro 13: Grados de niveles de áreas vulnerables.....	44
Cuadro 14: Matriz de comparación de los índices de áreas críticas con áreas vulnerables.....	45
Cuadro 15: Uso actual de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco	48
Cuadro 16: Capacidad de uso de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco	50
Cuadro 17: Resultados de la confrontación de suelos en las subcuencas.....	50
Cuadro 18: Superficie ocupada por cada índice de degradación en toda la subcuenca y en la parte alta, media y baja	56
Cuadro 19: Índices de erosión potencial encontrados en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja con sus respectivos valores en $t\ ha^{-1}$	58
Cuadro 20: Índice de pendiente en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan.....	59
Cuadro 21: Índice de erosión hídrica de la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan	60
Cuadro 22: Superficie ocupada por cada índice de degradación en la subcuenca y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupa.....	61
Cuadro 23: Índice de erosión potencial con sus valores en $t\ ha^{-1}$ en la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja.....	62
Cuadro 24: Índice de pendiente de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan.....	64
Cuadro 25: Índice de erosión de la subcuenca San Francisco y parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan.....	65
Cuadro 26: Matriz de comparación para las subcuencas Molino Norte y San Francisco	66

Cuadro 27: Pesos derivados de la matriz de comparación o apareamiento	66
Cuadro 28: Superficie de la subcuenca Molino Norte de acuerdo al nivel de criticidad	67
Cuadro 29: Grado de criticidad por los niveles de subcuenca Molino Norte	69
Cuadro 30: Nivel de criticidad de la subcuenca San Francisco	70
Cuadro 31: Grados de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco	71
Cuadro 32: Problemas con sus causas y efectos de la subcuenca Molino Norte	72
Cuadro 33: Árbol de problemas de la comunidad El Ocote	74
Cuadro 34: Árbol de problemas de la comunidad La Garita	74
Cuadro 35: Calidad de agua (Número de coliformes fecales / 100 ml) en las subcuencas Molino Norte y San Francisco	77
Cuadro 36: Datos de densidad poblacional y población de las subcuencas Molino Norte y San Francisco	79
Cuadro 37: Densidad por km ² de grupos vulnerables y población total de las subcuencas Molino Norte y San Francisco	81
Cuadro 38: Matriz de comparación utilizado en la metodología de la vulnerabilidad para las subcuencas Molino Norte y San Francisco	91
Cuadro 39: Pesos derivados de la matriz de comparación o apareamiento	92
Cuadro 40: Niveles de vulnerabilidad en la subcuenca Molino Norte	94
Cuadro 41: Grados de vulnerabilidad por niveles de la subcuenca Molino Norte	95
Cuadro 42: Nivel de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco	96
Cuadro 43: Grados de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco	97
Cuadro 44: Grados finales de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte	98
Cuadro 45: Grados de vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca Molino Norte	100
Cuadro 46: Grados finales de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco	101
Cuadro 47: Grados finales de vulnerabilidad por niveles altitudinales	102

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Flujograma del procedimiento metodológico de la investigación.....	31
Figura 2: Nomograma para determinar la degradación específica.....	35
Figura 3: Climadiagrama de la Estación de San Ramón	36
Figura 4: Área superficial correspondiente a cada índice de degradación según uso de la tierra, en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja.	57
Figura 5: Valores de erosión potencial de la subcuenca y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área ocupada	58
Figura 6: Índice de pendiente en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área ocupada	59
Figura 7: Índices de erosión hídrica de la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan.....	60
Figura 8: Área superficial correspondiente a cada índice de degradación según uso de la tierra, en la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja.....	61
Figura 9: Índice de la erosión potencial de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área que ocupan	63
Figura 10: Índice de pendiente de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo a los porcentajes de áreas que ocupan	64
Figura 11: Índice de erosión hídrica de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de la subcuenca de acuerdo al área que ocupan.....	65
Figura 12: Porcentajes de áreas bajo diferentes niveles de criticidad en la subcuenca Molino Norte	67
Figura 13: Porcentaje de área bajo diferentes niveles de criticidad de la subcuenca Molino Norte por parte alta, media y baja.....	69
Figura 14: Porcentajes de áreas bajo diferentes niveles de criticidad de la subcuenca San Francisco	70
Figura 15: Porcentaje de áreas bajo diferentes grados de criticidad en la parte alta, media y baja de la subcuenca San Francisco	71
Figura 16: Promedio de número de coliformes fecales (No por 100 ml) en la parte alta, media y baja de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	77
Figura 17: Densidad y población de las subcuencas Molino Norte y San Francisco	79
Figura 18: Densidad de grupos vulnerables y población total en las subcuencas Molino Norte y San Francisco	81
Figura 19: Área en porcentaje bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la subcuenca Molino Norte.....	94
Figura 20: Área (%) bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la parte alta, media y baja de la subcuenca Molino Norte.....	95
Figura 21: Áreas (%) bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la subcuenca San Francisco	96
Figura 22: Grados de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco	97
Figura 23: Niveles de vulnerabilidad final de la subcuenca Molino Norte	98
Figura 24: Área (%) bajo los diferentes grados finales de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte.....	101
Figura 25: Niveles de vulnerabilidad final de la subcuenca San Francisco.....	102
Figura 26: Grados finales de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco	103

LISTA DE MAPAS

Mapa 1: Mapa Indicativo de peligros derivados en fenómenos de Inestabilidad Torrenciales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	21
Mapa 2: Ubicación de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	23
Mapa 3: Mapa base de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	47
Mapa 4: Uso actual de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	49
Mapa 5: Capacidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	51
Mapa 6: Intensidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	52
Mapa 7: Mapa participativo de áreas críticas y/o vulnerables: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	55
Mapa 8: Grados de criticidad: subcuenca Molino Norte y San Francisco.....	68
Mapa 9: Mapa de calidad de agua de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	78
Mapa 10: Mapa de densidad poblacional de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	80
Mapa 11: Mapa de grupos vulnerables en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	82
Mapa 12: Mapas de distancias a los puestos de salud en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	84
Mapa 13: Distancias a las escuelas primarias.....	85
Mapa 14: Distancia a caminos de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	86
Mapa 15: Distancia a ríos: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	88
Mapa 16: Intensidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	89
Mapa 17: Mapa de isoyetas de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	90
Mapa 18: Mapa de áreas vulnerables: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	93
Mapa 19: Mapa de áreas a mayor vulnerabilidad: subcuenca Molino Norte y San Francisco.....	99
Mapa 20: Mapa comparativo de sitios críticos, mapa participativo y áreas de mayor vulnerabilidad: subcuencas Molino Norte y San Francisco.....	104

González-Süllo, N.E. 2001. **Critical areas and their vulnerability to natural disasters in the basins of Molino Norte and San Francisco, Matagalpa, Nicaragua.**

Key words: critical areas, vulnerability, geographic information system, natural disasters, hydrographic watersheds, participatory rural diagnosis

ABSTRACT

Matagalpa was one of the municipalities that was greatly affected by Hurricane Mitch, according to MAGFOR, Nicaragua (1998). The Molino Norte and San Francisco river basins are found within this municipality and suffered great damage during this event. Using the information obtained within the basins as the basis, and complemented by a geographic information system, the critical and vulnerable areas to natural disasters within the Molino Norte and San Francisco were identified with the goal of developing future management and conservation plans within these basins.

The importance of this study stems from a proposal for a methodology to identify critical and vulnerable areas to natural disasters using a geographic information system as a key tool with which the information was analyzed resulting in the identification of high risk areas to natural disasters. Through a participatory rural diagnosis the principal problems within the basins were identified and a plan of action for the reduction and mitigation of natural disasters was developed.

Approximately 89% of the Molino Norte and San Francisco basins were found to be in the middle to high critical levels. The Molino Norte basin has a low critical level in 87% of its area. Meanwhile, in the San Francisco basin 59.3% of its area has a middle level of vulnerability and 38.8% a low level of vulnerability.

The integration of the critical and vulnerability maps, showed that the Molino Norte basin had 42.1% of its areas were in high risk to natural disasters; while the San Francisco basin had 65.8% of its areas in high risk to natural disasters.

The plan of action developed along with the communities for the reduction and mitigation of the vulnerability to natural disasters is a valid tool which should be considered by local authorities to implement future projects in the study area.

González-Süllo, N.E. 2001. Áreas críticas y vulnerabilidad a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua.

Palabras claves: áreas críticas, vulnerabilidad, sistema de información geográfica, desastres naturales, cuencas hidrográficas, diagnóstico rural participativo.

RESUMEN

Matagalpa, fue uno de los municipios de los más fuertemente afectados por el Huracán Mitch según datos del MAGFOR, Nicaragua (1998). Las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran dentro de este municipio, y sufrieron daños severos en este evento. Con base en el uso de información obtenida de las subcuencas, complementado con el uso de sistema de información geográfica, se realizó una identificación de áreas críticas y vulnerables a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, con el fin de orientar futuros planes de manejo y conservación de las mismas.

La importancia de este estudio radica en que se propone una metodología para identificar áreas críticas y vulnerables a desastres naturales, utilizando un sistema de información geográfica como herramienta clave, con el cual se analizó toda la información obtenida y se delimitó mediante la unión de ambos mapas, áreas de mayor riesgos a desastres naturales. Mediante un diagnóstico rural participativo se obtuvo la identificación de los principales problemas de las subcuencas, y los lineamientos de acción para la reducción y mitigación a desastres naturales

El 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% esta 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 esta con mayores riesgos a desastres naturales.

Los lineamientos y acciones concertadas con la población para la reducción y mitigación de la vulnerabilidad a desastres naturales es una herramienta válida y que debe ser tomada en cuenta por las autoridades locales para poder implementar futuros proyectos en el área de estudio.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Caracterización del problema

La situación del uso de la tierra en América Central es un recordatorio de la necesidad de enfocar la relación entre usos inadecuados del recurso tierra y el incremento de la vulnerabilidad (BID, 1999b). En la Región dominan las áreas de uso incorrecto en un 73% de la superficie, lo que origina una rápida erosión y pérdida de fertilidad, deforestación, inundaciones, sedimentación en ríos y embalses y un aumento en los periodos de sequías; solamente un 27% de las tierras mantienen un uso correcto (Vargas, 1992).

Los problemas de ordenamiento territorial inciden en forma importante en los daños provocados por los fenómenos naturales (BID, 1999b). La deforestación de áreas montañosas para dar paso a la ganadería ha causado la intensa erosión de los suelos (Vargas, 1992).

Las dimensiones y daños del último desastre ocurrido a consecuencia del huracán Mitch que dejó sus secuelas en la región centroamericana y en especial en Nicaragua, demandan apoyar los esfuerzos nacionales para fortalecer los mecanismos de manejo de desastres. Esta realidad demanda la participación de todos los sectores sociales y del Estado, en el diseño y puesta en marcha de una estrategia nacional de prevención y manejo de desastres (PNUD, 1999).

El huracán Mitch ocasionó daños valorados en miles de millones de dólares y la pérdida de miles de vida. 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.

Las consecuencias de la mala gestión de la tierra, prácticas agrícolas inadecuadas, el sobrepastoreo, la deforestación, la mala ubicación de las urbanizaciones y la inadecuada reducción de la contaminación en la cabecera de la cuenca, se manifiestan en la cuenca baja, con efectos sobre la disponibilidad y calidad del suministro de agua, y mayor vulnerabilidad de la población a los desastres naturales (USAID, 1999).

Matagalpa, uno de los municipios del departamento del mismo nombre, fue uno de los más fuertemente afectados por el Huracán Mitch según datos del MAGFOR, Nicaragua (1998). Las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran dentro de este municipio, y sufrieron daños severos durante este evento, son el escenario de la presente investigación y, con base en el uso de

información obtenida de las subcuencas, complementado con el uso de sistema de información geográfica, se realizó: i) la identificación de áreas biofísicamente críticas por su deterioro en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, que permita caracterizarla como vulnerables, ii) identificación de elementos biofísicos y socioeconómicos de las subcuencas, que afectan el manejo sostenible, aumentan su vulnerabilidad a desastres naturales y ayuda a delimitarlas como áreas críticas, iii) propuesta de lineamientos y acciones concertados con la población para el manejo sostenible de las subcuencas mencionadas y reducción de la vulnerabilidad a desastres naturales.

1.2 Importancia de la investigación

La planificación del uso de la tierra y el manejo de los recursos naturales, especialmente el manejo de cuencas, desempeña un papel fundamental en la reducción de riesgos, tanto en América Central como en otras regiones en riesgo. La evaluación de la vulnerabilidad ante amenazas naturales es otro mecanismo importante que analiza el impacto potencial de un evento natural sobre un proyecto. Este tipo de evaluación, integrado a los planes de uso de la tierra, contribuye a orientar la ubicación de infraestructura e indica la construcción apropiada o las medidas de ingeniería necesarias para minimizar los posibles daños causados por un evento natural (BID, 1999a).

Las cuencas hidrográficas, por ser la unidad física en la cual tienen lugar todos los procesos naturales, son asimismo la unidad natural y lógica para el desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico. Con el crecimiento demográfico y el aumento de las necesidades de urbanización, industrialización y producción de alimentos, los efectos de la actividad antropogénica ya no se limitan sólo a zonas pequeñas ni a una comunidad en particular (USAID, 1999).

Las subcuencas Molino Norte y San Francisco se encuentran dentro del municipio de Matagalpa, que ha sido una de las zonas fuertemente afectadas por el huracán Mitch. Por ello, este estudio está enfocado en contribuir a determinar las áreas más críticas por su vulnerabilidad a los desastres naturales y hacer una propuesta de acción para reducir esos eventos.

Por lo mencionado anteriormente se considera que las subcuencas reúnen condiciones necesarias y favorables para realizar el estudio debido a las siguientes razones: a) Son subcuencas intervenidas, en las que se evidencia el deterioro ambiental y de los recursos naturales; b) Poseen accesibilidad todo el tiempo, están cercanas a la ciudad de Matagalpa, y existen varias organizaciones que están prestando ayuda a las comunidades; c) Existen problemas de deforestación, de erosión de suelos, de peligro de inundación, deslizamientos y contaminación del agua, lo que las hace vulnerables a desastres naturales.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo general

- Determinar áreas críticas y vulnerables a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Municipio de Matagalpa, Nicaragua y proponer lineamientos y acciones para su manejo.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar áreas biofísicamente críticas por su deterioro, que permita caracterizarlas como vulnerables.
- Determinar indicadores biofísicos y socioeconómicos que afectan el manejo sostenible de estas subcuencas y aumentan su vulnerabilidad a desastres naturales.
- Integrar la vulnerabilidad a las áreas críticas para definir áreas de mayor riesgo a desastres naturales.
- Proponer lineamientos y acciones concertados con la población para el manejo sostenible de las subcuencas y reducción de la vulnerabilidad a desastres naturales.

1.4 Hipótesis

- Existen áreas críticas en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Municipio de Matagalpa, Nicaragua que aumentan su vulnerabilidad a desastres naturales.
- Existen indicadores biofísicos y socioeconómicos relacionados con la vulnerabilidad y cuya interacción con las áreas críticas, permite definir las zonas de mayor riesgo a desastres naturales.
- La delimitación de zonas de riesgo en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, Municipio de Matagalpa, Nicaragua permitirá definir lineamientos y acciones concertadas con la comunidad, para el manejo sostenible de las mismas y la reducción de la vulnerabilidad a desastres naturales.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

En esta sección se presenta una revisión bibliográfica sobre áreas críticas y vulnerabilidad. También agrupa los conceptos principales que van relacionados con la vulnerabilidad como son riesgos, amenazas, desastres naturales. Se revisan estudios que han sido realizados en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, así como, informaciones sobre diferentes metodologías para determinar áreas críticas y vulnerabilidad, que pueden ser utilizados según diferentes objetivos de investigación.

2.1 Nicaragua y los desastres naturales

Nicaragua está expuesta a una intensa actividad de los elementos internos y externos de nuestro planeta debido, tanto por su ubicación geológica, por encima de la subducción entre dos placas tectónicas (Coco y Caribe), como por su ubicación geográfica en el istmo centroamericano, entre los océanos Atlántico y Pacífico y las masas continentales del Norte y Sur América, respectivamente (PNUD, 1999).

Nicaragua es muy vulnerable debido a la influencia de amenazas naturales. Por su posición en el continente, está expuesta a ciclones tropicales que todos los años azotan el Atlántico, provocando inundaciones extensas o deslizamientos de terrenos inestables. La inestabilidad de terreno es una de las amenazas más letales para países como Nicaragua que sufren de lluvias torrenciales y sismos que derrumban montañas y edificios volcánicos. El huracán Mitch de 1998 causó más de 60 deslizamientos en Nicaragua (Wheelock, 2000).

Según Wheelock (2000), a través de un levantamiento de datos de los desastres ocurridos desde los primeros años de la colonia española, el tamaño de la amenaza natural 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.

El aumento en la severidad con que los fenómenos naturales han golpeado y se han vuelto desastrosos para Nicaragua es un indicativo de la presión sobre el ambiente, como resultado directo del crecimiento de la población aunado a la pobreza imperante; y por otro lado la debilidad de nuestras instituciones y programas pertinentes a la prevención, mitigación y alerta temprana en el enfrentamiento de los desastres naturales (MARENA, 2000).

2.2 Fenómenos naturales

Un fenómeno natural es toda manifestación de la naturaleza; se refiere a cualquier expresión que adopta ésta como resultado de su funcionamiento interno y deben ser considerados siempre como elementos activos de la geomorfología terrestre.

La ocurrencia de un “fenómeno natural” no necesariamente provoca un desastre natural, lo son únicamente cuando los cambios producidos afectan una fuente de vida con la cual el hombre contaba, o un modo de vida realizado en función de una determinada ubicación geográfica.

No todo fenómeno es peligroso para el hombre. Por lo general convivimos con ellos y forman parte de nuestro ambiente natural. Por ejemplo, las lluvias de temporada, pequeños temblores, crecida de ríos, vientos, etc. El peligro que representa un fenómeno natural puede ser permanente o pasajero (Romero, 1993).

Los fenómenos naturales pueden ser de origen geológico, hidrológico y atmosférico, tales como terremotos, erupciones volcánicas, movimientos en masa, maremotos, inundaciones, huracanes, etc, o posibles eventos desastrosos originados por tecnologías peligrosas, tales como accidentes provocados por el hombre o por fallas técnicas, representan un peligro latente que puede considerarse como una amenaza para el desarrollo social y económico de una región o país (Cardona, 1993a).

2.3 Desastre natural

El término desastre es usado para describir una amplia variedad de eventos, desde aquellos cuya ocurrencia se considera que se debe a fenómenos exclusivamente físicos, como terremotos, huracanes, erupciones volcánicas, etc, hasta aquellos cuyo origen se considera exclusivamente humano, tales como las guerras y los accidentes industriales. Entre estos dos extremos hay un amplio espectro de desastres como por ejemplo hambrunas, inundaciones y deslizamientos, los cuales son provocados por la combinación de factores físicos y humanos (Cardona, 1993b).

Un desastre es el producto de la convergencia, en un momento y lugar determinados, de dos factores: riesgo y vulnerabilidad (Wilches-Chaux, 1993). Se puede definir también, como un evento o suceso que ocurre, en la mayoría de los casos, en forma repentina e inesperada, causando sobre

los elementos sometidos alteraciones intensas, representadas en la pérdida de vida y salud de la población, la destrucción o pérdida de los bienes de una colectividad y/o daños severos sobre el medio ambiente (Cardona, 1993a).

También se considera un desastre natural como la correlación entre fenómenos naturales peligrosos y determinadas condiciones socioeconómicas y físicas vulnerables. Puede decirse que hay un alto riesgo de desastre si uno o más fenómenos naturales peligrosos ocurrieran en situaciones vulnerables (Romero, 1993).

Se puede definir un desastre como “una ocasión de crisis o estrés social, observable en el tiempo y el espacio, en que sociedades o sus componentes (comunidades regiones, etc) sufren daños o pérdidas físicas y alteraciones en su funcionamiento rutinario. Tanto las causas como las consecuencias de los desastres son producto de procesos sociales que existen en el interior de la sociedad (Lavell, 1993).

Una definición sencilla de desastre es que: un desastre ocurre cuando un poder o energía se desencadena, causando daños masivos en las personas, organizaciones y objetos que no están en capacidad de protegerse. Al poder o energía que se desencadena se le llama amenaza y la predisposición para sufrir daño se la denomina vulnerabilidad. Para que haya un desastre, se requiere que, ante una determinada amenaza existan condiciones de vulnerabilidad. Si no hay vulnerabilidad, no hay desastre (Engebak, 1999).

2.4 Vulnerabilidad

El concepto de vulnerabilidad, es un concepto relativo y se debe analizar frente a las condiciones particulares de cada comunidad (Castro, 1999). Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ellos. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable (Romero, 1993).

La vulnerabilidad es la incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio, que para la comunidad constituye, por las razones expuestas, un riesgo (Wilches-Chaux, 1993).

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

Para efectos de estudio Wilches-Chaux (1993) divide a la vulnerabilidad global en distintas vulnerabilidades, no sin advertir expresamente que cada una de ellas constituye apenas un ángulo particular para analizar el fenómeno global, y que las diferentes vulnerabilidades están estrechamente interconectadas entre sí. Desde su perspectiva, existen diez componentes de la vulnerabilidad y son las siguientes: natural, ecológica, física, educativa, técnica, económica, social, política, ideológica, institucional.

2.5 Vulnerabilidad y desastres naturales

La comprensión de la vulnerabilidad de una determinada región implica comprender con precisión la susceptibilidad o resistencia de dicha área respecto a desastres naturales. La capacidad de resistencia o amortiguamiento de una región esta en proporción directa con el conjunto de servicios ambientales que posee (Castro, 1999).

Los desastres, equivocadamente denominados “naturales”, parecen convertirse en circunstancias cotidianas de la existencia de millones de pobladores en América Latina y otras latitudes del orbe. Caracterizados comúnmente por la cantidad de pérdidas humanas y económicas sufridas a corto plazo, los desastres son más bien fenómenos de carácter y definición eminentemente social, no sólo en términos del impacto que los caracteriza, sino también en términos de sus orígenes, así como de las reacciones y respuestas que suscitan en la sociedad política y civil (Lavell, 1993).

Los desastres ocurren cuando factores externos de tipo físico afectan a una población vulnerable. Las condiciones de carácter socioeconómico de esa población, son, en la mayoría de los casos, el factor determinante en la magnitud de los desastres y no tanto el fenómeno natural en sí. Por ejemplo, en 1971, un terremoto de 6.6, en la escala de Richter azotó San Francisco, California, con un total de 65 muertos; un año más tarde un sismo de 6.2 en la misma escala mató a 11.000 personas en Nicaragua (CEPREDENAC, 2000).

El evento físico por sí solo no es el responsable del desastre. Es su combinación con condiciones de vulnerabilidad sociales y humanas, tales como: ubicación territorial de la población, estado de las viviendas y de la infraestructura de producción, circulación y comercialización; niveles de pobreza, salud y desnutrición; niveles de organización de la población; reservas económicas familiares o gubernamentales; características educacionales, ideológicas y culturales de la población (Lavell, 1996).

Un primer paso en la tarea de lograr un concepto adecuado es establecer firme y convencidamente que un "desastre" es un fenómeno eminentemente social. Esto se refiere tanto a las condiciones necesarias para su concreción, como a las características que lo definen. Un terremoto o un huracán, por ejemplo, obviamente son condiciones necesarias para que exista, pero no son en sí un desastre. Necesariamente, deben tener un impacto en un territorio caracterizado por una estructura social vulnerable a sus impactos y donde la diferenciación interna de la sociedad influye en forma importante en los daños sufridos y en los grupos sociales que sean afectados en mayor o en menor grado (Lavell, 1993).

La vulnerabilidad se entiende por las características de una persona o grupo desde el punto de vista de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural. Implica una combinación de factores que determinan el grado hasta el cual la vida y la subsistencia de alguien queda en riesgo por un evento identificable de la naturaleza o sociedad. Es un término relativo y específico, que siempre implica una vulnerabilidad a una amenaza en particular. Una persona puede ser vulnerable a la pérdida de propiedad o de la vida por causa de inundaciones pero no de sequía.

Algunos grupos de la sociedad son más propensos que otros al daño, pérdida y sufrimiento en el contexto de diferentes amenazas. Las características claves de estas variaciones de impacto incluyen clase, casta, etnias, género, incapacidad, edad o estatus. Aunque el concepto de vulnerabilidad claramente incluye diferentes magnitudes, desde niveles altos hasta bajos de vulnerabilidad para gente diferente, aquí se utiliza este término para significar aquellos que son más vulnerables. Cuando se usa en este sentido, lo opuesto implícito de vulnerable a veces se indica con el uso del término seguro (Blaikie *et al.*, 1996)

2.6 Riesgo

El riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un evento (Cardona, 1993a). También es cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno.

Los conceptos de vulnerabilidad y riesgo están íntimamente ligados entre sí, puesto que, un fenómeno de la naturaleza (y obviamente uno de origen humano) sólo adquirirá la condición de riesgo cuando su ocurrencia se dé o se prevea en un espacio ocupado por una comunidad que sea vulnerable frente a dicho fenómeno.

Los riesgos presentan claramente dos tipos de orígenes: los procesos intrínsecos de transformación de la naturaleza o riesgos de origen natural, y la actividad humana o riesgos de origen humano. Se cuentan como riesgos de origen natural a los terremotos, las erupciones volcánicas, los deshielos de las altas montañas, los huracanes, ciclones o tifones, los tornados, los maremotos o tsunamis, las inundaciones, las sequías, las tempestades eléctricas; y los riesgos de origen humano pueden ser originados intencionalmente por el hombre o por una falla de carácter técnico, la cual puede desencadenar una serie de fallas en serie causando un desastre de gran magnitud. Aquí se puede mencionar a las guerras, explosiones, accidentes, colapsos, terrorismos, incendios, contaminación e impactos (Wilches-Chaux, 1993, Cardona, 1993a).

2.7 Amenaza

La amenaza es la posible ocurrencia de un fenómeno físico de origen natural, o de origen humano, que puede manifestarse en un sitio y durante un tiempo de exposición prefijado. Técnicamente, se expresa como la probabilidad de exceder un nivel de ocurrencia de un evento con un nivel de severidad, en un sitio específico y durante un período de tiempo (Cardona, 1993b).

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 (Engebak, 1999).

2.8 Cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica es una porción de territorio que tiene un drenaje en común y que se encuentra delimitada por las divisiones de las aguas superficiales o subterráneas (Hidalgo, 1993).

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

La cuenca hidrográfica como sistema la conforman los componentes biofísicos (agua, suelo), biológicos (flora, fauna) y antropocéntricos (socioeconómicos, culturales, institucionales), que están todos interrelacionados y en equilibrio entre sí, de tal manera que al afectarse uno de ellos, se produce un desbalance que pone en peligro todo el sistema (Ramakrishna, 1997).

2.8.1 Características de una cuenca hidrográfica

Una cuenca hidrográfica posee las siguientes características:

- **Es un medio natural geográficamente bien definido**, ya que es el área de alimentación de una red natural de drenaje cuyas aguas son recogidas por un recolector común.
- **Es un medio biofísico complejo**, ya que es un medio natural compuesto por diferentes elementos (suelo, agua, vegetación, flora y fauna, subsuelo y clima) que se interrelacionan e interaccionan para mantener el dinámico equilibrio de la naturaleza.
- **Es un medio natural morfodinámico**, porque la génesis de la morfología de una cuenca es un proceso dinámico. Por ejemplo según el clima que prevalece en una cuenca, las formaciones superficiales y el tipo de relieve se operaran constantes modificaciones en la morfología de la misma.
- **Es un medio humano en transformación**, ya que la cuenca representa el área donde se ubican las actividades del hombre, las cuales pueden modificar las interrelaciones existentes entre los fenómenos que rigen el equilibrio natural dinámico.

Para el ordenamiento y manejo de una cuenca, ésta se analiza como una unidad conformada por subcuencas y éstas, a su vez, por microcuencas. Por lo tanto, una **subcuenca**, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de la cuenca; varias subcuencas pueden conformar una cuenca; en cambio una **microcuenca**, es toda área que desarrolla su drenaje directamente al curso principal de una subcuenca, varias microcuencas pueden conformar una subcuenca (CIAT, 1997).

2.8.2 Manejo de cuencas hidrográficas y los desastres naturales

Las cuencas hidrográficas, por ser la unidad física en la cual tienen lugar todos los procesos naturales, son asimismo la unidad natural y lógica del desarrollo agrícola, ambiental y socioeconómico (Mahone, 1999).

El manejo de cuencas hidrográficas puede ser conceptualizado como el conjunto de acciones integradas, orientadas y coordinadas sobre los elementos variables del medio ambiente en una cuenca, tendientes a regular el funcionamiento de este ecosistema, con propósitos de elevar la calidad de vida de la población inserta en ella.

En este sentido, el manejo de cuencas puede abordar aspectos importantes de la calidad de vida y, por ende, del desarrollo. Puede hacer un aporte sustantivo en forma directa a aspectos como la alimentación y nutrición, sanidad ambiental, sustentabilidad y productividad de los ecosistemas, criterios de uso de los recursos naturales, estabilidad ecológico-ambiental, estética ambiental, participación de la comunidad y de la recreación (FAO, 1996).

Los recursos físicos y biológicos de las cuencas hidrográficas proporcionan bienes y servicios a las poblaciones humanas, incluida la protección de las fuentes hídricas, mitigación de los efectos de los desastres naturales mediante la regulación de la escorrentía, la protección de los recursos costeros, la protección de las zonas edificadas y la protección de la agricultura en tierras bajas de alta productividad. La calidad y cantidad de estos servicios se ven afectados tanto por los fenómenos naturales, como por la actividad humana.

La actividad humana irrestricta puede acrecentar la vulnerabilidad de una cuenca hidrográfica a los desastres naturales, al tiempo que reduce su capacidad regenerativa. El grado de degradación

dependerá tanto del nivel socioeconómico, las actividades económicas y productivas predominantes, como de las condiciones ecológicas.

Para que una reconstrucción redunde en una recuperación social y económica, y aumente el poder de recuperación ante los futuros desastres naturales, es menester utilizar las cuencas hidrográficas como unidad de planificación que guíe las decisiones relativas a las políticas e inversiones. Las decisiones sobre los recursos que deben invertirse en el manejo de las cabeceras de las cuencas hidrográficas han de tener en cuenta los servicios ambientales cruciales provistos a los beneficiarios en las cuencas bajas (Mahone, 1999).

2.9. Sistemas de Información Geográfica y sus aplicaciones

En la mayoría de los países desarrollados y en los países en vías de desarrollo los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son utilizados en los más diversos campos, sobre todo en la conservación de los recursos naturales y la planificación urbana; son empleados para el manejo de todo tipo de información espacial, y no espacial.

Enumerar los diversos campos donde se usan SIG sería una tarea detallada, entre ellas están: manejo e inventario de los recursos forestales, recursos biofísicos, recursos no renovables y recursos hídricos. También se utilizan en la realización de mapas sobre capacidad del uso del suelo, en el mapeo sobre los desastres naturales y en el ámbito de los aspectos urbanos y rurales (Solano, 1996).

En el caso del manejo de los recursos naturales el SIG tiene una amplia variedad de usos. Estos usos pueden ir desde las etapas iniciales de planificación, hasta las etapas de control y seguimiento. Sin embargo, la utilidad de un SIG se ve limitada por las siguientes tres condiciones: 1) existencia y disponibilidad de información requerida; 2) capacidades de los programas y equipos, y 3) habilidad y experiencia de quien los maneja.

Para la planificación física, el SIG puede evaluar distintos escenarios, que corresponden a zonas de interés con relación a uno o más fenómenos. Un ejemplo de esto es la identificación de zonas críticas donde el proceso erosivo es más intenso (debido a su uso) y aquellas que debido a sus condiciones naturales, podrían erosionarse con facilidad si son alteradas. El SIG podría especificar lo siguiente: ubicación de las áreas de mayor riesgo de erosión, extensión de dichas áreas, prácticas de conservación de suelos más recomendables, accesibilidad.

Otra de las aplicaciones del SIG es que ayuda en la definición de zonas críticas, es la caracterización y cuantificación de los recursos naturales existentes en una determinada cuenca. Aquí se pueden contestar interrogantes como: tipo de cobertura, área aproximada de cada tipo de cobertura, tipos de suelo, uso potencial y uso actual, conflictos de uso, riesgos de erosión, red de drenaje, potencial de colonización. (Velásquez, 1994, citado por Sáenz, 1995).

2.10 El uso de SIG en análisis de vulnerabilidad

En los últimos años, en los medios de investigación y planificación se está desarrollando y generalizando el uso del término Sistema de Información Geográfica (SIG) como denominación de base de datos georreferenciadas que ejecutan actividades de manipulación, automatización y procesamiento de información espacial.

En el distrito de Comas, en Lima Metropolitana, se aplicó una metodología usando SIG, en ámbitos urbanos para determinar áreas de vulnerabilidad al riesgo sísmico, teniendo en cuenta las condiciones de vida de la población (niveles socioeconómicos) y la disponibilidad de la vivienda. Las características físicas ambientales y socioeconómicas que establecieron mediante un diagnóstico físico ambiental que conforman la base de datos fueron: tipificación de vivienda, impacto poblacional, equipamiento urbano, infraestructura crítica, vías de comunicación, servicios básicos, microzonas de desarrollo, zona comercial, industrial y agrícola (Eustaquio, 1998)

En febrero de 1988, debido a las lluvias que causaron grandes estragos en el área metropolitana de Río de Janeiro, donde hubieron deslizamiento en laderas, y en las regiones más bajas sufrieron inundaciones, el gobierno, además de las acciones de emergencia, hizo algunos proyectos con el propósito de lograr un mayor control del espacio frente a situaciones futuras, entre ellas estuvo la realización de un mapeo digital del estado de Río de Janeiro y de la cuenca hidrográfica del río Paraíba del Sur, con el objetivo de facilitar la obtención de datos que permitieran la identificación de las áreas más vulnerables, las cuales serían objeto de acciones más inmediatas (Ferreira, 1998).

Un análisis de vulnerabilidad usando SIG, fue desarrollado por Minaya (1998), en el departamento de San Martín, en Perú; la metodología consistió en integrar un modelo de evaluación de amenazas y vulnerabilidad. El análisis de la vulnerabilidad se realizó en 77 distritos del departamento, usando los siguientes indicadores: población total según distrito, porcentaje de población en hogares con necesidades básicas insatisfechas, porcentaje de niños del primer grado de primaria con desnutrición

crónica, porcentaje de población ocupada de 15 años y más en agricultura, densidad poblacional, tasa de crecimiento poblacional 1981 – 1993, promedio de estudios aprobados de la población de 15 años y más, tasa de analfabetismo y % de hogares sin artefactos electrodomésticos, totalizando nueve indicadores o parámetros.

Para establecer un nivel de vulnerabilidad en cada distrito, se asignaron rangos y pesos para clasificar las condiciones de cada parámetro, se determinó el valor de los mismos, y finalmente a través de una sumatoria de los indicadores en cada distrito, se logró determinar el grado de vulnerabilidad de las mismas.

En América Latina, una organización que ha realizado diferentes estudios sobre vulnerabilidad, riesgos, amenazas y desastres naturales, ha sido La Red Latinoamericana para la reducción de desastres (LA RED), donde tienen publicado varios documentos que describen las experiencias y los conceptos generales sobre estos temas. La OEA, UNICEF, BID y el Banco Mundial, son entre otros organismos internacionales, que han desarrollado estudios de vulnerabilidad hacia fenómenos naturales a nivel de países o regiones.

2.11 Uso de la tierra, planificación y áreas críticas

Con frecuencia se dice que el uso de la tierra ocurre solo cuando esta se manipula físicamente. El área sin intervención física tiene así su cobertura natural y el área intervenida, su cobertura artificial. Entre ambas áreas se visualiza la frontera agrícola. Este enfoque “desde la ciudad” significa un entendimiento parcial y estático del uso de la tierra.

Richters (1995) define como uso de la tierra a cualquier aplicación que se da a este recurso, en el sentido de que cualquier área definida mapeada tiene en efecto su uso, y Faustino (1995) lo define como el conjunto de actividades que hace el ser humano, en función de características y atributos razonablemente estables o predeciblemente cíclicos; mediante el cual se pueden producir alimentos, madera, leña, recreación, etc.

La planificación es un componente básico del manejo del uso de la tierra. La función de la planificación del uso de las tierras es orientar las decisiones que sobre el particular se deben tomar, a fin de permitir la conservación y el uso más adecuado de los recursos ambientales, en beneficio del futuro del hombre (FAO, 1976).

Una de las razones básicas por el que se toman las decisiones para manejar las cuencas, es la situación ambiental y los problemas de las áreas críticas. Estos procesos afectan al hombre y generan condiciones contrastantes sobre el ambiente, el impacto es referido a cambios notables y efectos significativos.

No existe una definición exacta y uniforme para áreas críticas, y de hecho por sí solo es vago y relativo. La literatura indica que es un término muy usado subjetivamente y siempre de función de algo (Sáenz, 1995).

Según Faustino (1996), un área crítica corresponde a situaciones en las cuales existen alteraciones significativas, graves, conflictivas, urgentes de atender, que disminuyen condiciones para el desarrollo social, económico o ambiental, por ejemplo:

- a) Áreas deforestadas, con quema y erosión, en proceso de aridificación.
- b) Áreas de sobreuso del suelo, de vocación forestal bajo uso hortícola.
- c) Distribución de la tierra, generando minifundio y latifundio.
- d) Tenencia de la tierra, por usuarios sin propiedad.
- e) Laderas con baja producción y degradación del suelo.
- f) Zonas de inundación frecuente y problemas de drenaje.
- g) Áreas con suelos ácidos y superficiales.
- h) Zonas de pobreza y condiciones marginales.
- j) Deficiente calidad y cantidad de agua para una población.

2.12 Metodologías para la identificación de áreas críticas

La identificación de áreas críticas en una unidad geográfica determinada, presupone un proceso de jerarquización de las mismas, de acuerdo a criterios biofísicos, socioeconómicos e institucionales, a fin de lograr la definición de estas áreas para su respectivo tratamiento; posibilitando la intervención del hombre, considerado como elemento protagonista del manejo de los recursos naturales y del uso de la tierra.

Existen varios antecedentes de propuestas metodológicas para identificar áreas críticas al nivel de cuencas hidrográficas y recursos afines. Una de ellas es la metodología para diagnósticos físicos conservacionistas en cuencas hidrográficas, elaborado por el Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT), Venezuela

Dicha metodología tiene como objetivo principal determinar el estado de conservación o deterioro, en que se encuentra una determinada cuenca hidrográfica, considerando las variables que conforman la fórmula descriptiva que define el proceso de erosión o deterioro del suelo en función del clima, relieve, geología y vegetación (CIDIAT, 1984).

El CIDIAT (1984) también propuso una metodología práctica que estima prioridades a nivel de cuencas y subcuencas, con base en siete parámetros principales que definen los aspectos más importantes de índole conservacionista, social y económico, a través de los cuales puede ser evaluada la importancia que presenta la cuenca para su manejo. Los parámetros utilizados son: problemas actuales de erosión y sedimentación, penetración campesina, importancia de la cuenca como abastecedora de agua, obras construidas o por construir, potencial de utilización de los recursos de aguas arriba, potencial de utilización de aguas abajo, periodicidad o amplitud de los incendios de vegetación.

En 1987, Cabrera, propuso identificar en la cuenca superior del río Chixoy aquellas áreas consideradas como críticas desde el punto de vista biofísico (causas naturales y antrópicas), cuyo impacto negativo signifiquen sitios de alto potencial de aporte de sedimentos aguas abajo, mediante reconocimiento de campo, determinación de la capacidad de uso de la tierra y la degradación específica (coeficiente de Fournier). Los resultados fueron adecuados y eficiente para la cuenca, pero la aplicación del coeficiente de Fournier no fue representativa para toda la zona de estudio. En la metodología no se utilizaron variables socioeconómicas.

Sáenz (1995), propuso una nueva metodología para identificar áreas críticas de forma rápida en la cuenca del río Pacuare, utilizando sistema de información geográfica como herramienta clave. Su metodología tenía un carácter básicamente cualitativo, e integró datos biofísicos con datos socioeconómicos. Sus resultados dieron que el diseño metodológico fue suficiente para identificar diferentes niveles de riesgo de degradación, como características cualitativas indicadoras de criticidad.

Medina Banegas (1995), identificó áreas críticas mediante el uso de SIG en la cuenca del Río Purires, Costa Rica, realizando sobreposiciones de los mapas de uso actual y capacidad de uso. Después determinó los costos de reforestación de las áreas críticas de la parte alta de esta cuenca.

2.13 Degradación específica

La erosión es uno de los procesos más importantes en la pérdida de la capacidad productiva de las tierras. Para ello se han diseñado varios procedimientos matemáticos de diversa complejidad y origen, con el fin de estimar el nivel de degradación en términos de la pérdida de suelo a que está o estará sujeta un área según las condiciones actuales o propuestas de uso y manejo. Entre los procedimientos matemáticos de mayor importancia en cuanto a su fórmula o ecuación y según el tipo de información están: a) un índice de clasificación, como la degradación específica de Fournier; b) un estimado de la erosión, sin permitir evaluar opciones de uso y manejo, como las fórmulas regionalizadas de regresión múltiple, y c) un estimado de la erosión con posibilidad de evaluar opciones de uso y manejo de tierra, como la USLE y sus modificaciones.

La degradación específica según el coeficiente de Fournier hace referencia a la cantidad de suelo que puede perder potencialmente una cuenca. Se calcula mediante la expresión: p^2/P , donde p^2 representa la precipitación caída en el mes más lluvioso elevado al cuadrado (mm) y P , la precipitación media anual en mm. El valor de esta degradación específica sólo constituye un índice para comparar, a nivel general, sectores hidrológicos (cuencas, subcuencas, etc) entre sí, no contempla el efecto del uso y manejo de la tierra sobre la erosión y producción de sedimentos (Silva, 2001).

El índice de Fournier ha sido ampliamente utilizado por los franceses en sus colonias africanas tropicales con correlaciones altas al compararlo con el índice de Weischmeir (CENICAFE, 1975).

2.14 Antecedentes de estudios en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Muchas investigaciones se han realizado en las subcuencas Molino Norte y San Francisco; varias instituciones han realizado planes de manejo, así también se han hecho estudio de tesis, consultorías en esta área de estudio, debido a su importancia como cuencas abastecedoras de agua a la ciudad de Matagalpa.

El IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente), hoy día MARENA (Ministerio de Recursos Naturales y del Ambiente), en 1992 realizó un plan de manejo para la rehabilitación ambiental de las cuencas productoras de agua para la ciudad de Matagalpa (subcuenca San Francisco, Molino Norte y Jigüina), donde propuso un conjunto de proyectos, que

estaban orientados a la rehabilitación ambiental de las subcuencas, además de realizar un diagnóstico físico natural y socioeconómico de las mismas.

En 1992, Gómez y Úbeda, realizaron una identificación de sistemas agroforestales de las subcuencas Molino Norte y San Francisco con el objetivo de conocer el uso, manejo y aprovechamiento del componente arbóreo en los diferentes sistemas. Encontraron que la mayoría del área estaba dedicada a pastizales, y que los sistemas agroforestales predominantes utilizados por los productores fueron: árboles para sombra de café, cercas vivas, árboles dispersos en potreros y bosques de protección.

En 1993, a través de Acción Cuencas Matagalpa, un grupo de técnico del SILAIS de Matagalpa, DAR – INAA, región VI y la Alcaldía de Matagalpa, realizó un diagnóstico sanitario en las cuencas Molino Norte y San Francisco, con el fin de determinar el grado de riesgo epidemiológico presente en dichas cuencas e identificar las principales enfermedades padecidas por la población relacionadas con la calidad de agua que consumen; entre las enfermedades más comunes en la zona citaron las diarreas agudas y cólera.

Acción Cuencas Matagalpa realizó en 1994 un estudio socioeconómico en las comunidades Molino Norte y Los Lipés, comunidades que están dentro de la subcuenca Molino Norte, y cuyo objetivo tenía conocer la situación de los pobladores de la misma. Algunos resultados preliminares fueron que los principales problemas que afectaban a la población eran el agua y el desempleo.

A principios de 1995, se formó el Proyecto Cuencas Matagalpa (PCM), para dar continuación a Acción Cuencas Matagalpa, gracias a la cooperación de un organismo holandés (NOVIB). Esta organización fue creada para aglutinar esfuerzos y buscar alternativas de solución a los problemas de escasez de agua y deterioro de las fuentes abastecedoras de la ciudad de Matagalpa, como son los ríos Molino Norte y San Francisco. Hoy día, esta organización está extendiendo su trabajo a otras cuencas dentro del Municipio de Matagalpa, contando con el apoyo de varias instituciones (PCM, 2000).

En 1999, el INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria), realizó una evaluación de los daños causados por el huracán Mitch sobre los suelos en cuatro microcuencas, entre ellas Molino Norte. Los objetivos de la evaluación fueron cuantificar los daños causados por el huracán en suelos, aguas y bosques en áreas de ladera donde existían obras de conservación de suelos y

aguas y donde no existían, determinar los tipos de obras de conservación de suelos y agua que mayor protección ofrecieron ante los efectos del huracán.

Gutiérrez y Muñoz (2000) realizaron un estudio florístico e índice de protección de cobertura vegetal al suelo en seis fincas ubicadas dentro de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, donde identificaron 80 especies representadas en 64 familias botánicas, y se encontraron seis tipos de coberturas vegetales: café con sombra, pasto natural o introducido, bosque denso, área reforestada, bosque ralo o claro, y bosque moderadamente claro; las cuales demuestran un estado de conservación moderado por el manejo de conservación que cada uno de los productores le ha establecido.

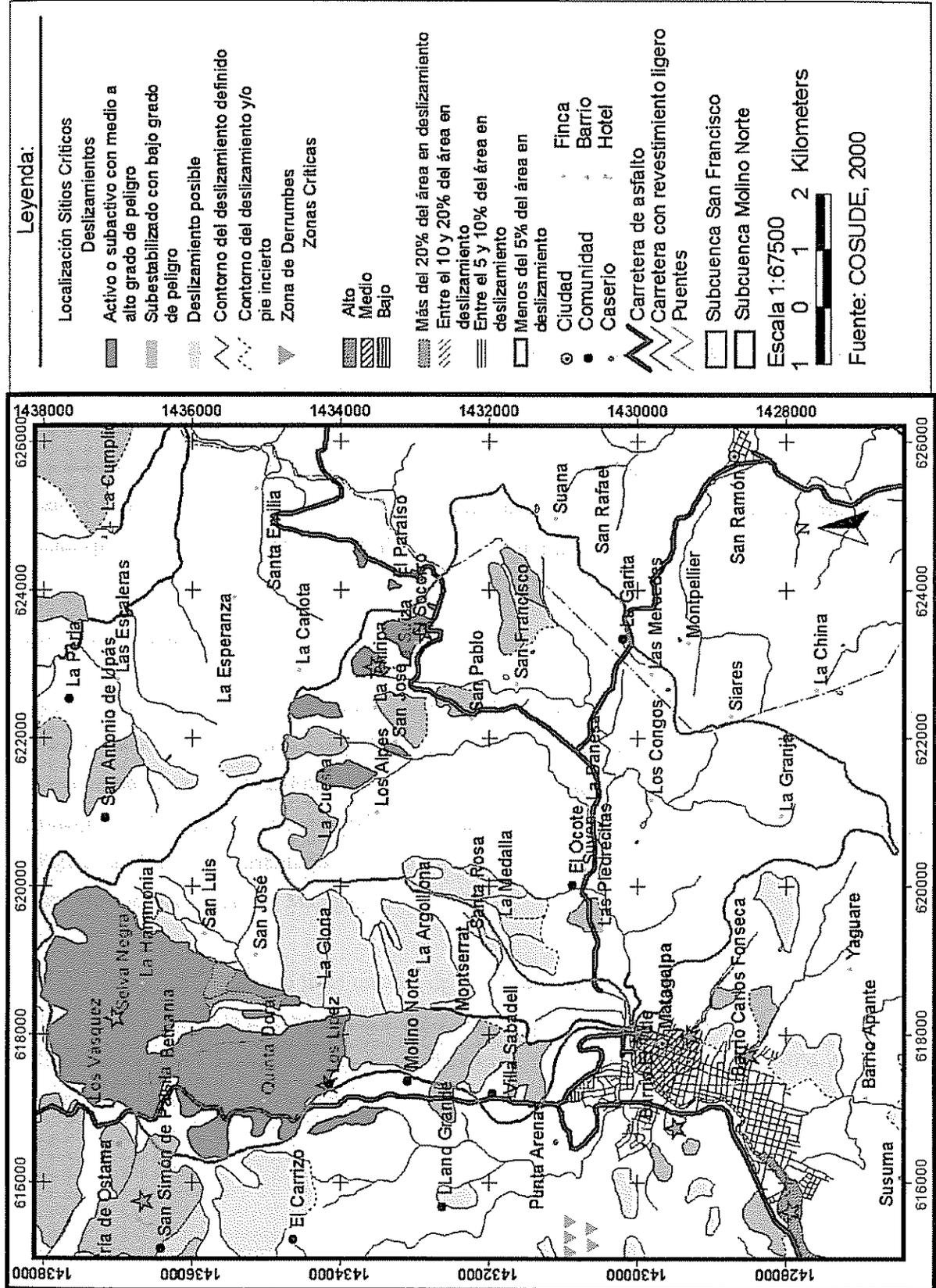
El Proyecto Cuencas Matagalpa comenzó su segunda etapa en marzo del 2001, gracias al apoyo de NOVIB, y extendió su trabajo a las subcuencas Aranjuez y Apante, además de seguir trabajando en las subcuencas Molino Norte y San Francisco. Esta segunda etapa tendrá una duración de tres años y tiene como objetivo incidir en el mejoramiento del manejo de las cuencas que abastecen de agua a la ciudad de Matagalpa y las comarcas aledañas a través de esfuerzos intersectoriales (PCM, 2001).

COSUDE (2000) realizó un estudio de gestión de riesgos en el municipio de Matagalpa, donde se encuentran las subcuencas Molino Norte y San Francisco; el estudio contiene informaciones referentes a la caracterización geofísica y socioeconómica del municipio, una cartografía indicativa de peligros o fenómenos de inestabilidad (en especial deslizamientos) y áreas de inundación que implican una amenaza real o potencial. También, hay una aproximación a la evaluación de algunas zonas críticas, con sus propuestas generales de tratamiento y lineamientos de gestión así como recomendaciones para mejorar las condiciones de seguridad de las construcciones y manejo de suelos.

A continuación se presentan algunos elementos más importantes que contiene esta publicación de COSUDE:

- La subcuenca San Francisco, en la carretera hacia el Tuma existen zonas de deslizamiento de talla mediana (zona El Socorro), algunos de los cuales muestran una actividad apreciable, que ha generado hundimientos en la carretera y en terrenos de cultivo. Durante el Mitch y en 1999 se produjeron varios deslaves, formándose escarpas de hundimiento muy importantes, que denuncian la aceleración general de dichos deslizamientos.

- La comunidad Los Lípez de la subcuenca Molino Norte, junto a las vertientes norte, este y oeste de la quebrada de Molino Norte, está cubierto por grandes deslizamientos de tipo subactivo, con una dimensión kilométrica y con profundidad de varias decenas de metros. En el margen derecho de la quebrada del río Molino Norte existen dos deslizamientos gigantes, conocidos como Los Lípez y Montserrat; también en el margen izquierdo existe un gran deslizamiento que lo denominan La Gloria.
- El más peligroso de la región se encuentra en un lugar conocido como Selva Negra (Hotel), en la parte alta de la subcuenca Molino Norte. En octubre de 1999, durante el huracán Mitch, se dio la mayor concentración de deslizamientos rápidos y de flujos de detritos sobre este deslizamiento. Este evento fue simplemente un indicador o manifestación secundaria de la aceleración o el movimiento profundo y general que afectó a toda la vertiente inestable.
- Los deslizamientos de Los Lípez y Montserrat son, en su mayor parte, subactivos, pero cuentan con algunos compartimientos o deslizamientos secundarios que son bastante activos, sobre todo a lo largo de la carretera a Jinotega, los mismos que producen derrumbes, hundimientos y deslaves de manera continua. El deslizamiento de La Gloria es de tipo subestabilizado y no muestra mayores signos de actividad y no es peligroso.
- La subcuenca Molino Norte está sometida a procesos de erosión de riberas con eventual peligro de formación de coladas que podrían afectar las viviendas situadas a la salida de la quebrada y en la zona norte de la ciudad de Matagalpa, así como a tramos de las trochas de acceso a diversas fincas. Durante el Mitch, y en octubre de 1999, varios tramos cortos de estas trochas fueron destruidos por la erosión y hundimientos debidos a deslizamientos locales.
- La intensa explotación agrícola, la carencia de sistemas de drenaje superficial, la deforestación, falta de un mejor tratamiento y mantenimiento de cauces y cortes importantes del talud en las carreteras son algunos de los factores que están relacionados con la fuerte actividad de varios compartimientos de este deslizamiento.



Mapa 1: Mapa indicativo de peligros derivados en fenómenos de inestabilidad y torrenciales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción general del área de estudio

3.1.1 Localización

El área de estudio abarca las subcuencas Molino Norte y San Francisco que se encuentran en la cuenca Río Grande de Matagalpa en la vertiente del Mar Caribe de Nicaragua. Las subcuencas están ubicados al norte y noreste, respectivamente, de la ciudad de Matagalpa; situada a 130 km al norte de la ciudad de Managua (mapa 2).

La subcuenca Molino Norte se localiza geográficamente entre las coordenadas 12°56'05" y 13°00'26" de Latitud Norte y 85°52'48" y 85°55'40" de Longitud Oeste. Administrativamente está en su totalidad dentro del Municipio de Matagalpa.

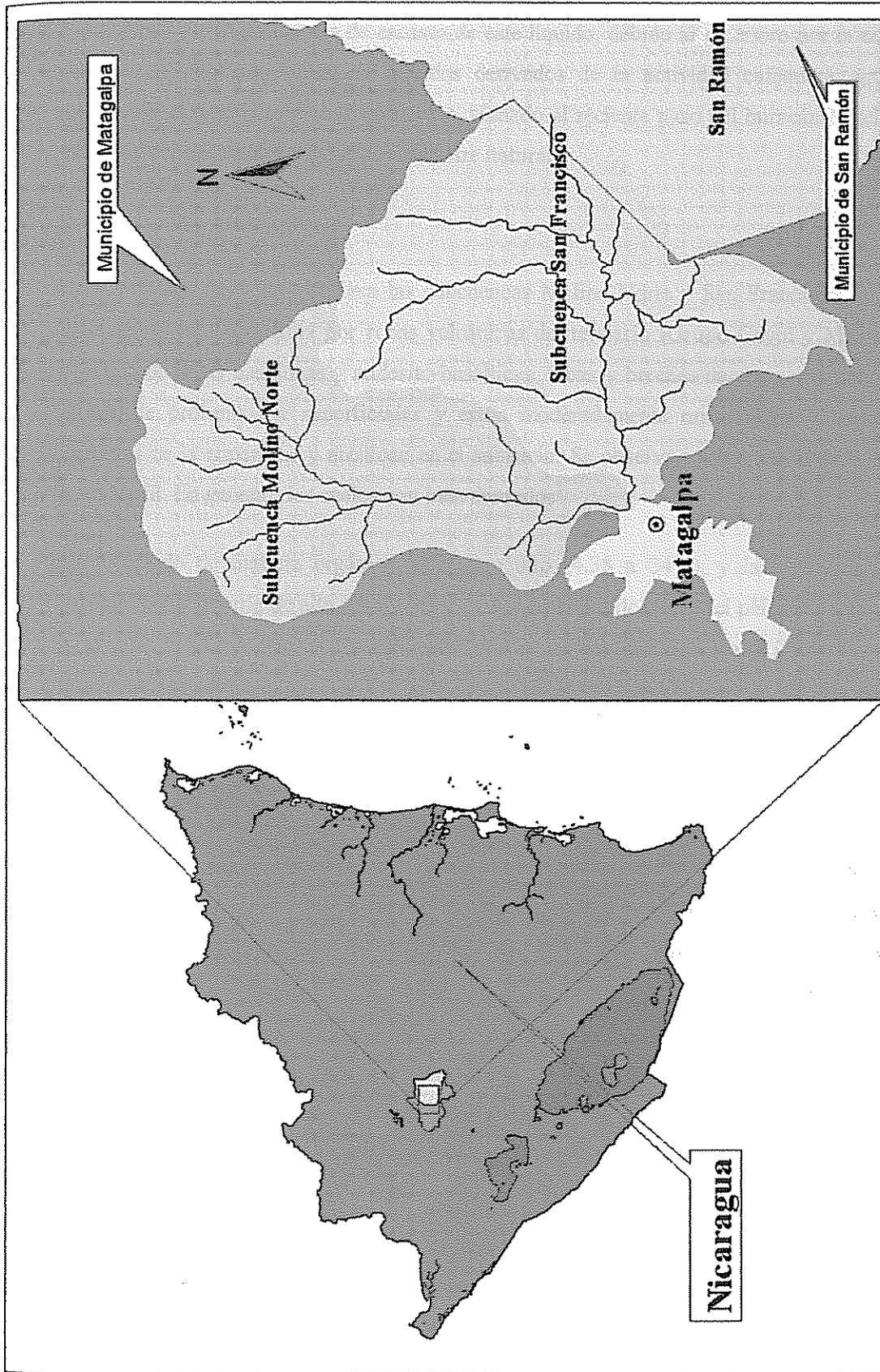
La subcuenca San Francisco está comprendida entre las coordenadas 12°54'07" y 12°58'48" de Latitud Norte y 85°54'40" y 85°50'37" de Longitud Oeste. Administrativamente está dentro del Municipio de Matagalpa (93%) y del Municipio de San Ramón (7%).

3.1.2 Características biofísicas

La subcuenca Molino Norte posee un área de 2.243 hectáreas. Las elevaciones máximas están en el cerro Picacho y Bravo con 1580 y 1525 msnm, respectivamente y la mínima es 700 msnm, en la desembocadura al río San Francisco, para dar origen luego, al Río Grande de Matagalpa. Los principales afluentes del río Molino Norte son: Patacón, Las Cabañas, San Luis y El Ordeño, ninguno de los cuatro tributarios se seca en verano. Entre 70 y 80% del agua de esta subcuenca abastece a los habitantes de Matagalpa.

La subcuenca San Francisco tiene un área de 2.965 hectáreas. La parte más alta de esta subcuenca está a 1400 msnm y la más baja a 700 msnm, en la unión con el río Molino Norte. Sus principales afluentes son: San Francisco, San Pablo, El Ocote y La Granja, entre 20 y 30% de sus aguas abastecen a la ciudad de Matagalpa¹.

¹ autor a partir de base de datos suministrados por MAGFOR y GeoDigital S.A.



Mapa 2: Ubicación de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

- | | | | | | | | |
|------------|-----------|-----------|------------------|----------|------------------------|-------------------------|------|
| Municipios | Matagalpa | San Ramón | Límite municipal | Ciudades | Subcuenca Molino Norte | Subcuenca San Francisco | Ríos |
| | | | | | | | |

Las subcuencas Molino Norte y San Francisco son abastecedoras de agua a la ciudad de Matagalpa, Ciudad que posee problemas de escasez de este líquido, 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, sumado al reciente paso del huracán Mitch que dejó a las subcuencas vulnerables a cualquier desastre natural.

3.1.2.1 Suelo y Geología

La Cordillera Dariense atraviesa las subcuencas Molino Norte y San Francisco; la geología de las subcuencas está dominada por rocas volcánicas del terciario (Grupo Coyoil y Matagalpa), con una litología de lavas basálticas y andesito-basálticas, tobas y brechas dacitas, e ignimbritas. Los suelos varían de profundos a superficiales y están moderadamente erosionados. La textura es franco arcilloso en la superficie y arcilloso en el subsuelo. Se observa piedras tanto en la superficie como en el perfil. En general, los suelos son bien drenados².

El contenido de materia orgánica es bajo a alto (4.38 a 34%), y la capacidad de intercambio catiónico (CIC) varía de alta a baja (45.5 - 15 meq/100 g de suelo), el pH varía de ligeramente ácido a muy ácido (6,4 - 4,7), el fósforo asimilable es de bajo a muy bajo (2.0 - 0.5 ppm) y el potasio asimilable de alto a bajo (1.0 - 228.0 ppm). La saturación de base es de alta a baja (86-15%) (IRENA, 1992).

3.1.2.2 Topografía

La topografía de la subcuenca Molino Norte es moderadamente escarpada en su mayor parte, cerca del 66% del área tiene pendientes entre 15 y 30%, un 21% entre 30 y 50%, un 5% entre 50 y 75%, y un 8% entre 8 y 15%. Su elevación media es de 1221 msnm. En cambio, la subcuenca San Francisco presenta una topografía escarpada en su mayor parte, pendientes entre 30 y 50% abarcan el 60% del área, 24% del área presenta pendientes entre 15 y 30%, 11% entre 4 y 8%, y un 4% entre 50 y 75%. Su elevación media es de 1042 msnm³.

3.1.2.3 Clima

En el área de estudio, la zona de vida de Holdridge predominante, es el bosque húmedo subtropical; la humedad proviene de los vientos alisios del Atlántico. La temperatura oscila entre 18 y 26°C, la temperatura media de las subcuencas es de 21°C, siendo los meses más fríos diciembre y enero, y

² y ³ autor a partir de datos suministrados por MAGFOR

los más cálidos mayo y junio (IRENA, 1992). La precipitación promedio de la subcuenca Molino Norte es de 1258 mm (datos de la Estación Matagalpa), y la de San Francisco es de 1985 mm (datos de la Estación Hacienda San Francisco); ambas subcuencas presentan una estación seca que se extiende de diciembre a mayo (INETER, 2001).

3.1.3 Características socioeconómicas

3.1.3.1 Población

La población total de la subcuenca Molino Norte es de 2500 personas distribuidas en 22,43 km², con una densidad poblacional de 111 personas / km², con un marcado predominio del sector joven (51% de la población tienen 14 años o menos). Las comunidades más importantes son Molino Norte, Los López, Los Vásquez y un caserío nuevo ubicado después del Huracán Mitch conocido como Villa Sabadell.

La población total de la subcuenca San Francisco es de 2533 personas que están distribuidas en 29,65 km², con una densidad poblacional de 85 personas / km², con 52% de población con menos de 14 años. Sus comunidades más importantes son La Garita, El Ocote, San Pablo.

Cuadro 1: Superficie, población, densidad y rango de edades en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Subcuencas	Superficie (km ²)	Rango de edades (años)				Población	Densidad (hab. / km ²)
		0 a 4	5 a 14	15 a 49	50 y +		
Molino Norte	22,43	475	801	1047	177	2500	111
San Francisco	29,65	437	889	1022	185	2533	85

Fuente: INEC (1995), CARE (2000), Proyecto Cuencas Matagalpa (1999).

3.1.3.2 Servicios e infraestructura

La subcuenca Molino Norte tiene construidos 16,3 km de caminos de todo tiempo y 7 km de carretera asfaltada. Hay 380 casas, no todas poseen servicio de electricidad, las casas que se encuentran dentro de las fincas si poseen electricidad; en las comunidades no hay servicio de agua potable dentro de las casas, existen grifos públicos, pero en la época de sequía estos no abastecen, lo cual hace que la población se abastezca directamente de ríos, quebradas y agua de lluvia para tomar y cocinar sus alimentos.

La subcuenca San Francisco posee 10 km de carretera pavimentada y 39,7 km de camino de todo tiempo. Hay 403 casas, el servicio de agua potable es el principal problema que poseen las comunidades presentes en la subcuenca, por ejemplo en la comunidad El Ocote tiene 6 grifos públicos donde se abastecen a 30 casas, en cambio en La Garita, todas las casas poseen servicio de agua potable pero no es suficiente para toda su población.

El acceso al servicio de salud en el área de estudio sobre la base de lo observado y platicado con la población es limitado, en la subcuenca Molino Norte existe un puesto de salud pública en la comunidad Molino Norte y uno privado en una finca que solamente atiende a los personales de esta (Finca La Hammonia); la subcuenca San Francisco no posee ningún puesto de salud. Si necesitan de servicios de salud especializados los pobladores de ambas subcuencas deben viajar hasta la ciudad de Matagalpa.

En el área de estudio existen 21 beneficios de café (8 en Molino Norte y 13 en San Francisco), de los cuales seis biodigestores existen en Molino Norte y uno en San Francisco. La población de las subcuencas cuenta con medios de transporte colectivo no muy eficiente, los buses salen de Matagalpa hacia las subcuencas cada una hora, de cualquiera de las dos terminales que posee la ciudad.

3.1.3.3 Situación socioeconómica

La principal actividad socioeconómica de la subcuenca Molino Norte es la producción de café, seguida por la extracción de madera y leña para abastecer las panaderías, tortillerías y fábrica de ladrillos en la ciudad de Matagalpa; en la subcuenca San Francisco, la ganadería es una de las principales actividades, seguida de la producción de café.

Por lo general los pequeños productores de tierra se hallan ubicados en la parte baja y media de ambas subcuencas. Esto productores venden sus productos en los mercados de Matagalpa y Jinotega.

Cuadro 2: Número de productores por categoría de tamaño de finca

SUBCUENCA	Rango en manzanas	Número de Productores
Molino Norte	0 a 5	39
	6 a 10	10
	11 a 20	7
	21 a 50	5
	Más de 50	8
Total		69
San Francisco	0 a 5	30
	6 a 10	9
	11 a 20	7
	21 a 50	10
	Más de 50	17
Total		73

Fuente: Proyecto Cuencas Matagalpa, 1999.

3.2 Metodología aplicada

3.2.1 Organización del trabajo

La investigación se organizó en tres fases y en cada una de ellas se realizó una serie de actividades preparatorias para la recopilación, análisis e interpretación de las informaciones. Estas fases se detallan a continuación:

- Fase I: Planificación del proceso y recopilación de información.
- Fase II: Interactuando con las comunidades (recolección de información primaria).
- Fase III: Análisis e interpretación de resultados.

3.2.1.1 Fase I: Planificación del proceso y recopilación de información

En esta fase se consideró la presentación del trabajo a las instituciones presentes en el área de estudio y que tuvieron interés en colaborar con esta investigación. Se coordinó reuniones con la Alcaldía de Matagalpa (ALMAT), Proyecto Cuencas Matagalpa y el Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (INTA), con el objetivo de organizar el trabajo de campo, seleccionar los participantes de los talleres, como así tomar contacto con técnicos involucrados directamente en las subcuencas.

Al mismo tiempo se inicio una etapa de gabinete que consistió en recopilar, organizar y sistematizar todo tipo de información cartográfica como mapas topográficos, uso actual, uso potencial, pendientes, cobertura vegetal, fotografías aéreas de las coordenadas correspondientes al área de estudio.

Elaboración de mapas, división del área de trabajo, selección de comunidades y participantes

La elaboración de los mapas se realizó a través de las siguientes informaciones y materiales cartográficos:

- **Escala y niveles:** para ejecutar este estudio cada una de las subcuencas se dividieron en tres niveles altitudinales, tomando como criterio las curvas de nivel: parte alta (1200 a 1500 msnm en Molino Norte y de 1200 a 1400 msnm en San Francisco), media (900 a 1200 msnm) y baja (700 a 900 msnm). Con esta división la superficie de la parte alta de la subcuenca Molino Norte es 709.6 ha, la parte media tiene 1056,9 ha y la baja 476.5 ha; en la subcuenca San Francisco la parte alta tiene 333.6 ha, la media 1006 ha y la baja posee 1625,8 ha. La información base de los mapas digitalizados están a una escala de 1:50000.
- **Mapa Base:** fue elaborado a partir de hojas cartográficas Matagalpa (3054-IV) y La Fundadora (3055-III), con escala 1:50000; aquí se ubicaron las comunidades, red de drenaje, carreteras, caminos transitables (asfaltadas y de todo tiempo). Este mapa fue digitalizado y editado en el programa Arc View versión 3.2, y utilizado como guía durante el recorrido de campo.

Se buscó trabajar con una comunidad por nivel altitudinal de cada subcuenca, no se encontró comunidades en la parte alta de estas. Al final, se trabajo con dos comunidades por subcuenca, y estas fueron seleccionadas de acuerdo a su importancia para las mismas, su población, tiempo de establecimiento y la asistencia técnica brindada por las instituciones.

En el proceso de selección de participantes para los talleres se tuvo la colaboración de técnicos de las diferentes instituciones para contactar con los líderes locales de cada comunidad; una vez contactados con ellos se hizo una lista de personas de la comunidad que podrían estar interesadas en participar y por medio de cartas se envió las invitaciones. Como resultado se invitaron a un total de 40 personas por comunidad. A continuación se presentan las comunidades y fincas de cada subcuenca y las comunidades seleccionadas en cada nivel de cada subcuenca:

Subcuenca	Niveles	Comunidades en las subcuencas	Comunidades seleccionadas
Molino Norte	Alta	Fincas: La Hammonia, San Luis, Los Vásquez	
	Media	Los Lípez	Los Lípez
	Baja	Villa Sabadell, Molino Norte	Molino Norte
San Francisco	Alta	Finca: La Granja, La Cuesta y Los Alpes	
	Media	El Ocote	El Ocote
	Baja	San Pablo, La Garita	La Garita

Asimismo, en esta fase se recopiló informaciones secundarias a través de documentos, informes, tesis y otros estudios realizados en el área de estudio. Esta fase comprendió cinco semanas y la información obtenida está relacionada con:

- Informes biofísicos, socioeconómicos, calidad del agua, censos estadísticos y evaluación de riesgos del área de estudio.
- Diagnósticos sanitario y socioeconómicos en las comunidades seleccionadas.
- Antecedentes y resultados de labores realizadas por las diferentes instituciones que trabajan en la zona, en general.

3.2.1.2 Fase II: Interacción con las comunidades (recolección de información primaria)

En esta fase se utilizaron diferentes métodos y técnicas para obtener la información requerida. Las herramientas y técnicas utilizadas fueron complementarias con otras, a fin de obtener una información fidedigna y de calidad. Mediante la realización de los talleres y el uso de herramientas de diagnóstico participativo con las comunidades seleccionadas de cada subcuenca, se validó y amplió la información contenida en los datos secundarios. Esta fase comprendió aproximadamente tres meses y los talleres se llevaron a cabo cada fin de semana, y para ellos el tiempo dedicado fue 2 a 3 fines de semana por cada comunidad.

Para obtener los datos y elegir las variables observadas se utilizaron las siguientes técnicas:

- *Visitas y diálogos informales con extensionistas, miembros de las comunidades y familias:* antes de iniciar el estudio se consideró pertinente establecer una relación de confianza tanto con los técnicos como con los miembros de las distintas comunidades seleccionadas, con el fin de facilitar el trabajo. Estas visitas permitieron establecer contactos con los representantes de las diferentes organizaciones existentes en la comunidad.

- *Recorridos y observación de campo:* esta técnica permitió constatar información obtenida a través de los informantes, así como permitió chequear datos referente al uso actual de la tierra y fue una excelente oportunidad para captar información sobre los recursos que hay en las subcuencas y las actividades que se realizan.
- *Talleres y dinámica participativa:* 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 y de las posibles soluciones a los diferentes problemas de las subcuencas. 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, cuestionario visualizado, mapa de áreas críticas o vulnerables por diferentes fenómenos (naturales o humanos), mapa de servicios y oportunidades, matriz de evaluación de recursos, matriz de priorización de problemas, árbol de problemas, matriz de evaluación de soluciones (Geilfus, 2000).
- *Entrevistas semi-estructuradas:* esta técnica se aplicó a través de una serie de preguntas previamente determinadas y otras incluidas en una guía. Se realizaron al final de los talleres en un marco abierto que permitió desarrollar un proceso de comunicación efectivo. Se aplicó la entrevista a un miembro de cada comunidad y un productor o representante en cada sector de las subcuencas para validar información.

Todas estas técnicas fueron combinadas de tal manera que los resultados de una técnica reforzaron la información obtenida en otro momento por otra. Esta **triangulación de datos y fuentes de información** es, también un medio esencial, para controlar la veracidad de la información y su correcta interpretación. A continuación se presenta un esquema sobre la organización del trabajo, las fases, métodos y técnicas que se utilizaron para la recopilación y análisis de la información (Figura 1).

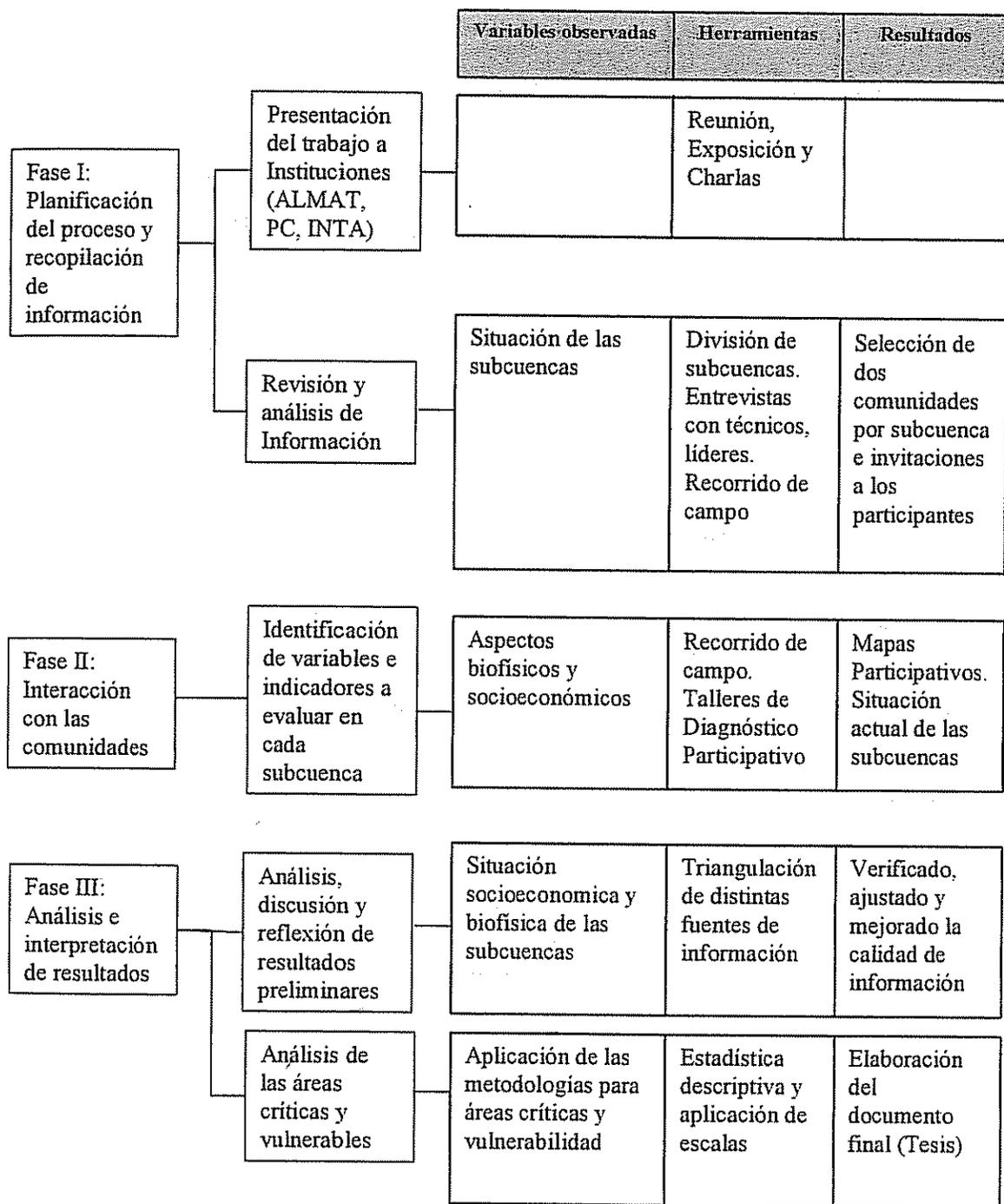


Figura 1: Flujograma del procedimiento metodológico de la investigación

3.2.1.3 Fase III: Análisis e interpretación de resultados

Esta fase comprende la organización, análisis de áreas críticas y de la vulnerabilidad (biofísica y socioeconómica) y posterior interpretación de los resultados. Para profundizar y validar la información de los datos, se aplicó la triangulación de información. Este método contribuyó a obtener una visión más completa de las variables observadas y comprobar la veracidad de la información.

El análisis de las informaciones secundarias disponibles facilitaron por un lado, conocer el contexto general del área de estudio, así como también secundar variables obtenidas en los análisis de áreas críticas y de vulnerabilidad.

El análisis de los resultados fue realizado a través de los siguientes aspectos:

1. La determinación de las áreas críticas.
2. El análisis de vulnerabilidad mediante los talleres y dinámica participativa, que ayudaron a identificar los indicadores socioeconómicos y biofísicos.
3. Integración de las vulnerabilidades biofísicas y socioeconómicas a las áreas críticas través de SIG como una herramienta.
4. Asignación de las zonas de mayor riesgos a desastres naturales y propuestas de lineamientos y acciones concertadas para el manejo de recursos naturales y la reducción a desastres naturales.

3.3 Metodología para el análisis de áreas críticas

Se entiende por área crítica como la criticidad o degradación en función al deterioro de un recurso. Los recursos suelen ser suelo, agua y bosque. En esta investigación se midió las áreas críticas en función al deterioro del recurso suelo.

3.4 Estandarización de las variables utilizadas

Para lograr una uniformidad entre los distintos 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.

La estandarización de los parámetros partió del análisis de normalizar todos los factores a una misma escala, antes de combinarse para formar un índice único de evaluación, de tal manera que todos los parámetros estén correlacionados.

El primer paso que se realizó fue el asignar un valor cuantitativo a cada variable dentro del indicador, para lo cual se consideró una escala lineal de 0 (cero) a 100 (cien); la asignación de los valores se consideró con base a las características del parámetro.

En la escala utilizada, el valor "0" significa que el aporte del indicador es menos significativo a un determinado nivel de área crítica, es decir, que el elemento bajo análisis presenta un nivel muy bajo de área crítica. En tanto, el valor "100" significa que el aporte del indicador es significativo, y que la situación que presenta el indicador es determinante y su aporte es fundamental.

3.5 Descripción de los parámetros utilizados

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

- a) El uso actual de la tierra.
- b) La erosión potencial.
- c) La pendiente.
- d) Los grados de erosión hídrica.

3.5.1 Uso actual de la tierra

Un mapa de uso actual de la tierra generado a partir de la base de datos suministrado por MAGFOR (2000), donde se observa los diferentes tipos de uso de la tierra existentes en las subcuencas, se utilizó para calcular el índice de degradación de las mismas.

Para estimar el índice de degradación que los diferentes tipos de uso de la tierra existentes causan al suelo, se procedió de la siguiente manera:

- Se clasificó los diferentes tipos de uso de la tierra encontrados en el área de estudio, de acuerdo al daño que pueden causar estos al suelo, mediante un índice de degradación. Los valores del índice oscilan de (5 a 100), asignándose el valor 5 para los suelos protegidos con bosques densos y 100 para los suelos con cultivos anuales sin ninguna conservación (cuadro 3).

Cuadro 3: Uso actual de la tierra con su índice de degradación

Tipo de uso de la tierra	Índice de degradación
Bosques densos	5
Café con sombra	15
Café sin sombra y/o vegetación arbustiva	30
Pastos más cultivos	30
Pastos mejorados	30
Cultivos anuales sobre terrazas	40
Pastos más malezas y/o malezas	60
Áreas habitadas y/o centro poblado	80
Cultivos anuales sin terrazas	100

Fuente: autor

3.5.2 Erosión potencial

La erosión potencial se estimó a través de la degradación específica. La degradación específica equivale a la erosión potencial de una cuenca o subcuenca o microcuenca; que se puede estimar a través del coeficiente de Fournier. Este índice hace referencia a la cantidad de suelo que se pierde por erosión en $m^3 km^{-2} año^{-1}$, según la siguiente relación (CIDIAT-MARN, 1984):

$$F = p^2 / P$$

donde:

F = factor de degradación específica

p^2 = precipitación media del mes más lluvioso (mm) elevado al cuadrado.

P = precipitación media anual (mm).

Para calcular el coeficiente de Fournier en las subcuencas Molino Norte y San Francisco se realizó una interpolación con los registros pluviométricos de 22 estaciones que están alrededor del área de estudio. Los valores del factor de degradación específica (F) se consiguen considerando el tipo general del relieve y clima utilizando un nomograma (figura 2), o los modelos estadísticos siguientes:

A) Relieve poco acentuado y $F < 20$

$$Y = 6,14 F - 49,78 \dots \dots \dots (1)$$

B) Relieve poco acentuado y $F > 20$

$$Y = 27,12 F - 475,4 \dots\dots\dots(2)$$

C) Relieve acentuado, clima no árido ni semiárido

$$Y = 52,49 F - 513,21 \dots\dots\dots(3)$$

D) Relieve acentuado, clima árido o semiárido

$$Y = 91,78 F - 737,62 \dots\dots\dots(4)$$

Donde Y es la erosión potencial expresado en $m^3 km^{-2} año^{-1}$, que luego se transformó a $t ha^{-1} año^{-1}$. Con el objetivo de tener una idea del comportamiento del clima en el área de estudio, con los valores promedios de precipitación y de temperatura se construyó un climadiagrama (figura 3), el cual se sitúan los meses del año, uniendo estos valores se formará una curva de precipitación y otra de temperatura; esto se hizo con los datos de la estación de San Ramón, por ser la única de la zona en tener datos de temperatura y precipitación (cuadro 4).

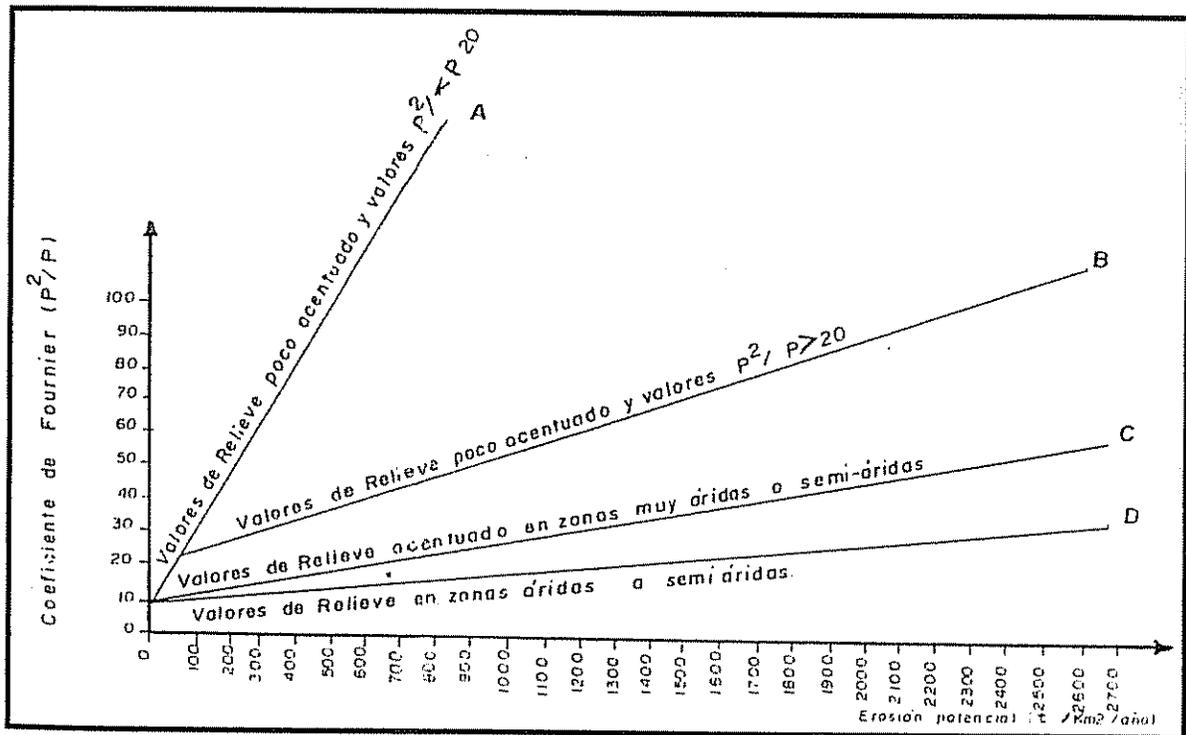


Figura 2: Nomograma para determinar la degradación específica

Cuadro 4: Datos climáticos de la Estación San Ramón utilizados para la confección del climadiagrama

Meses del año	Temperatura promedio mensual (°C)	Precipitación promedio mensual (mm)
Enero	22,0	57,80
Febrero	22,6	31,30
Marzo	23,9	30,91
Abril	25,0	31,70
Mayo	25,2	199,70
Junio	24,1	265,32
Julio	23,4	229,30
Agosto	23,5	256,58
Septiembre	23,5	303,88
Octubre	23,6	262,65
Noviembre	23,2	110,96
Diciembre	22,4	68,33

Fuente: INETER, 2001

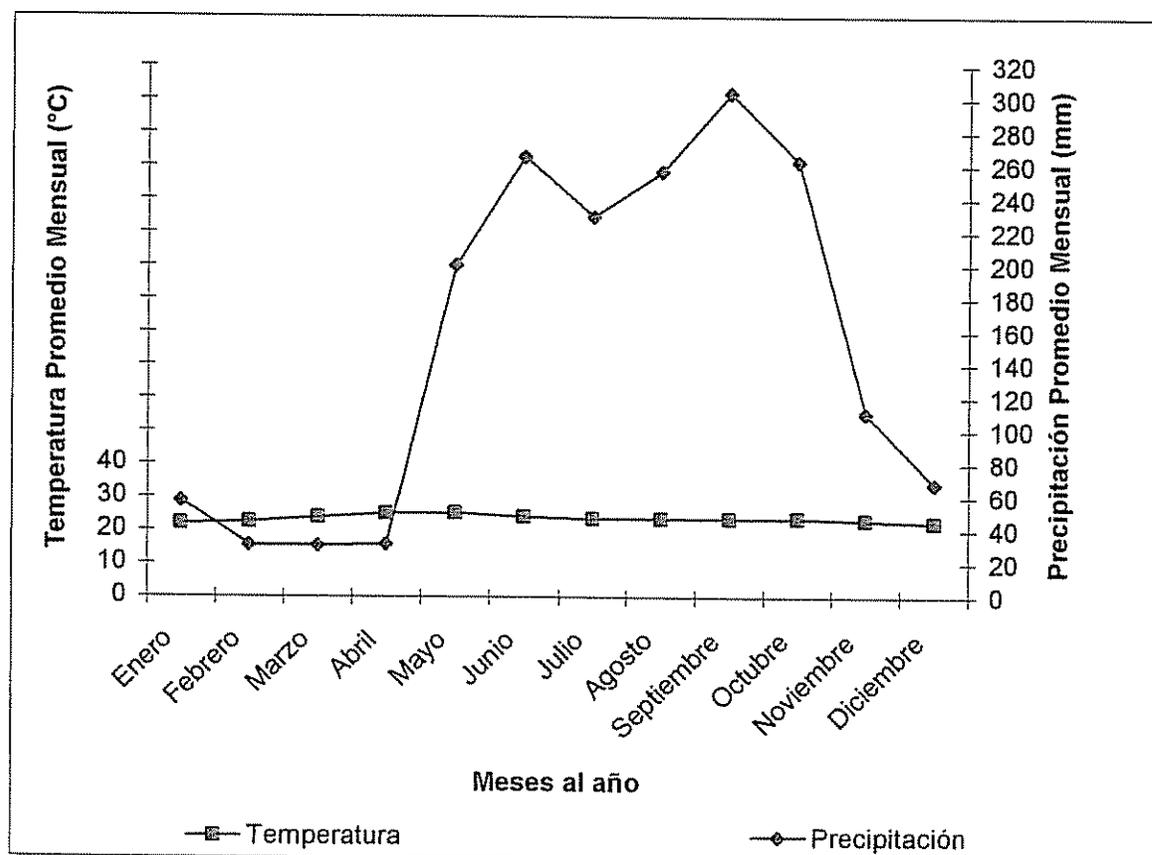


Figura 3: Climadiagrama de la Estación de San Ramón

Para el caso de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se usó la ecuación 3 porque las subcuencas tienen un relieve acentuado con un clima no árido ni semiárido. El clima se determinó a través del climadiagrama (figura 3) donde se puede observar que hay un corto periodo seco de febrero a abril, donde la curva de precipitación pasa por debajo de la curva de temperatura, y el periodo húmedo es mayor, de mayo a enero, donde la curva de precipitación se mantiene sobre la curva de temperatura.

La ecuación 3 dio distintos valores para ambas subcuencas, la cual se clasificó en 5 rangos que van de 20 a 100, como se observa en el cuadro 5. Se asignó 20 al menor valor de erosión potencial y 100 al mayor valor de erosión potencial.

Cuadro 5: Valores de erosión potencial con sus índices

Índices de erosión potencial	Descripción	Valores (t ha ⁻¹ de suelo)
20	Muy bajo	19.8 – 20.7
40	Bajo	20.7 – 21.5
60	Medio	21.5 – 22.3
80	Alto	22.3 – 23.1
100	Muy alto	23.1 – 23.9

Fuente: autor

3.5.3 Pendiente

Para el mapa de pendientes de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, se usó el programa software 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 mayor a 40% son las más críticas para el desarrollo de cualquier actividad humana. Este parámetro se representa mediante un índice de pendientes a partir de los diferentes rangos que van desde 0 a 10% hasta pendientes mayores de 40% (cuadro 6).

Cuadro 6: Rangos de pendientes con sus índices

Pendiente	Descripción	Índice de pendiente
0 – 10%	Suave	20
10 – 20%	Moderado	40
20 – 30%	Moderadamente pronunciado	60
30 – 40%	Pronunciado	80
Mayor a 40%	Escarpado	100

Fuente: autor

3.5.4 Grado de erosión hídrica

El grado de erosión hídrica es una variable cualitativa, y se encontraron cuatro diferentes tipos de erosión hídrica en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, que van de leve a fuerte. Esta variable se determinó a través de un mapa procesado por MAGFOR (2000), donde describen cuatro tipos de grados de erosión hídrica. Los valores de índice de grado de erosión se presentan en el cuadro 7.

Cuadro 7: Grado de erosión hídrica con sus índices

Grado de erosión hídrica	Índice de grado de erosión hídrica
Leve	25
Moderada	50
Fuerte	75
Severa	100

Fuente: MAGFOR, 2000

3.6 Peso relativo de cada parámetro

Una vez estandarizados todos los parámetros dentro de la escala lineal del 0 (cero) al 100 (cien), se procedió a evaluar el peso de los factores. Para esto se utilizó una evaluación multicriterio con el programa IDRISI de SIG.

La evaluación multicriterio se interesa en como combinar los diferentes criterios para formar un índice único de evaluación. Se usa una combinación de pesos lineales, donde es un requisito que la suma de los pesos sea uno, y que la consistencia sea menor o igual a 0.1. Se desarrolla comparaciones pareadas en una matriz entre los parámetros utilizados. Para las comparaciones interesa la importancia relativa de los dos criterios considerados para determinar la aptitud de un objetivo fijo. Se proveen valores en una escala continua de nueve puntos, que es la siguiente:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremadamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Extremadamente
Menos importante					Más importante			

Para el desarrollo de cada uno de los pesos, se comparó individualmente cada posible par de criterios y se ingresó los valores en una matriz de comparación o apareamiento (cuadro 8). Se hace en una matriz simétrica, en la que sólo se necesita llenar la mitad de las mismas, porque las celdas remanentes son simplemente el recíproco de la parte inferior, por ejemplo, dado el valor de la pendiente relativo al uso actual de la tierra es 4, el valor de la cobertura vegetal actual relativos a la pendiente es 1/4.

Cuadro 8: Ejemplo de la matriz de comparación a ser utilizado en la metodología

	Uso de la tierra	Grado de erosión hídrica	Pendiente	Erosión potencial
Uso de la tierra	1		1/4	
Grado de erosión hídrica		1		
Pendiente	4		1	
Erosión potencial				1

3.7 Evaluación de las áreas críticas

Una vez que cada parámetro se estandarizó a una misma escala, se multiplicó cada factor del mapa por su peso, el resultado de cada uno se sumaron entre sí para darnos el nivel de criticidad de las subcuencas, que se comparara con el cuadro 9. Ejemplo:

Grados de áreas críticas = (Uso de la tierra * factor) + (Grado de erosión hídrica * factor) + (Pendiente * F) + (Erosión potencial * factor)

Cuadro 9: Grados de niveles de áreas críticas

Valor final obtenido	Reclasificación	Grados de áreas críticas
0 - 20	1	Muy Bajo
20 - 40	2	Bajo
40 - 60	3	Medio
60 - 80	4	Alto
80 - 100	5	Muy Alto

3.8 Metodología para el análisis de la vulnerabilidad

Por vulnerabilidad, se entiende como la susceptibilidad de una comunidad de ser afectada por algún fenómeno, expresado en su incapacidad para “absorber”, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente.

3.9 Estandarización de los criterios utilizados

Los parámetros que se usaron para medir la vulnerabilidad se estandarizaron a través de una escala que va de 0 (cero) a 100 (cien). El procedimiento de estandarización utilizado fue aquel donde los valores máximos y mínimos representan los puntos de la escala.

La estandarización más simple, es el escalamiento lineal, que provoca que cada factor tenga una base equivalente antes de que los pesos sean aplicados:

$$Xi = (Ri - Rmin) / (Rmax - Rmin) * \text{rango a estandarizar}$$

donde, R = valores crudos

Se aplicó la escala lineal de 0 (cero) a 100 (cien) para estandarizar todos los parámetros, y poder analizar los factores a una misma escala antes de combinarse para formar un índice único de evaluación, de tal manera que todos los parámetros estén correlacionados.

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 bajo análisis presenta un nivel muy bajo de vulnerabilidad. En tanto, el valor "100" significa que el aporte del indicador es significativo, y que la situación que presenta el indicador es determinante y su aporte es fundamental.

3.10 Descripción de los parámetros utilizados

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

- a) Calidad del agua.
- b) Densidad poblacional.
- c) Grupos vulnerables.
- d) Proximidad a los puestos de servicio de salud.
- e) Proximidad a las escuelas primarias.
- f) Proximidad a los caminos.
- g) Distancia a ríos.
- h) Intensidad de uso de la tierra.
- i) Precipitación.

3.10.1 Calidad del agua

Este indicador parte de datos obtenidos de una evaluación de la calidad de agua potable en las comunidades y fincas de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, realizado por Acción Cuencas Matagalpa en el año 1993. Todos las muestras provienen de fuentes de agua superficial.

Para evaluar este indicador se siguió las normas establecidas por el MINSA - Nicaragua que dice que el número mínimo de coliformes fecales por cada 100 ml de agua que puede estar presente para ser considerado como agua potable es de 2.2. Se usó los polígonos de Thiessen para estimar la influencia espacial de la calidad del agua en cada punto de muestreo.

El cuadro 10 muestra los diferentes rangos de contaminación de agua encontrados dentro de las subcuencas con sus respectivos índices.

Cuadro 10: Rangos de contaminación de agua con sus índices

Intervalo	Descripción	Índice
0 – 2.2 CF/100 ml	Potable	5
2.2 – 50 CF/100 ml	Moderadamente contaminada	50
50 – 100 CF/100 ml	Fuertemente contaminada	75
Mayor a 100 CF/100 ml	Muy fuertemente contaminada	100

Fuente: Acción Cuencas Matagalpa, 1993.

3.10.2 Densidad poblacional

La población del área de estudio se obtuvo a partir de datos de censos poblacionales hechos por el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) en 1995, y están dados en habitantes por comunidad. Los datos obtenidos se almacenaron en el programa Arc View de SIG, y se calculó la densidad por km², donde el máximo valor de densidad obtenida se asignó con 100 y el mínimo valor con 0 (cero).

3.10.3 Grupos vulnerables

Los grupos vulnerables son las personas que en el caso de algún desastre natural serían las más afectadas, y son todas las personas que están en un rango de edades de 0 (cero) a 4 (cuatro) años y mayores de 50 años. Los datos se obtuvieron del censo poblacional de INEC (1995), se almacenaron en SIG, calculándose la densidad por km² del grupo vulnerable, donde el máximo valor obtenido se le asignó con 100 y el mínimo con 0 (cero).

3.10.4 Proximidad a los puestos de servicio de salud

La proximidad a los puestos de servicio de salud se eligió porque en los talleres participativos se mencionó la necesidad de la gente de contar con un puesto de salud en las comunidades que habitan.

La proximidad a los puestos de servicio de salud se calculó a partir de la presencia de algún puesto de salud presente en el área de estudio, ya sea un hospital con toda la infraestructura o simplemente un puesto de salud donde se brinde atención primaria y que este al alcance de la población. La mayor distancia al puesto de salud se le asignó con 100 y con 0 (cero) la menor distancia.

3.10.5 Proximidad a las escuelas primarias

La proximidad a las escuelas primarias se tomó en cuenta a todas las que brindaban clases ya sea de 1^{er} grado a 4^{to} grado y hasta 6^{to} grado. El grado de vulnerabilidad se calculó también con base a la distancia de las escuelas, donde la escuela con mayor distancia a un lugar se asignó con el valor 100 (cien) y la menor distancia el valor 0 (cero).

3.10.6 Proximidad a los caminos

La distancia a los caminos se tomó a partir de todos los caminos existentes en el área de estudios, sin importar el tipo de revestimiento. Las áreas con mayor distancia a los caminos se les asignó con el valor 100 (cien) y los lugares alejados de los caminos con 0 (cero). Este parámetro se eligió porque las personas que participaron en los talleres mencionaron la necesidad de poseer más caminos y también un mejoramiento de las que ya las tenían.

3.10.7 Distancia a ríos

La distancia a los ríos se consideró de la misma manera que la distancia a caminos, el área con mayor distancia a los ríos se asignó con el valor 100 (cien) y los lugares más distantes a los ríos con valor 0 (cero). Se eligió este indicador ya que se mencionó en los talleres como en las entrevistas que cuando las personas no tenían aguas en sus casas iban a los ríos más cercanos a traer agua o realizar otras actividades como lavar sus ropas y bañarse.

3.10.8 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad de uso de la tierra se usó como un parámetro para medir el nivel de vulnerabilidad que posee cierta superficie, considerando en que un uso adecuado de la tierra ayuda a disminuir el grado de vulnerabilidad dentro de un área, en cambio, un sobreuso de la tierra en condiciones desfavorables, contribuye a aumentar el nivel de vulnerabilidad de una área. El mapa de intensidad de uso de la tierra se obtuvo a partir de datos del MAGFOR, Nicaragua (2000). En el cuadro 11 se observa las distintas categorías de intensidad de uso con los índices usados para su evaluación.

Cuadro 11: Intensidad de uso de la tierra con sus índices

Categoría de intensidad de uso	Índice
Subutilizado	1
Adecuado	25
Sobreutilizado	100

3.10.9 Precipitación

La precipitación se midió de acuerdo a la mayor cantidad y la menor cantidad de precipitación caída en el área de estudio. Los lugares con mayor precipitación se les asignó con el valor 100 (cien) y el menor valor de precipitación con el valor 0 (cero). Se eligió este indicador, ya que las áreas donde hay una mayor precipitación son susceptibles a tener inundaciones.

3.11 Peso relativo de cada parámetro

Una vez estandarizados todos los parámetros dentro de la escala lineal del 0 (cero) al 100 (cien), se procedió a evaluar el peso de los factores. Para esto se utilizó una evaluación multicriterio con SIG (programa IDRISI), el mismo que se utilizó para el análisis de áreas críticas .

Para las comparaciones de los criterios considerados se usó la misma escala continua de nueve puntos, usado para las áreas críticas, que es la siguiente:

1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Extremadamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Extremadamente
Menos importante					Más importante			

Se volvió a comparar individualmente cada posible par de criterios, para el desarrollo de cada uno de los pesos, y los valores ingresaron en una matriz de comparación. Se volvió a hacer la matriz simétrica, en la que sólo se llenó la mitad de las mismas, porque las celdas remanentes son simplemente el recíproco de la parte inferior.

Cuadro 12: Ejemplo de la matriz de comparación a ser utilizado en la metodología para la vulnerabilidad

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a	1								
b		1							
c			1						
d				1					
e					1				
f						1			
g							1		
h								1	
i									1

Referencia:

- a = Calidad del agua
- b = Densidad poblacional
- c = Grupos vulnerables
- d = Proximidad los puestos de servicio de salud
- e = Proximidad a las escuelas primarias
- f = Proximidad a caminos
- g = Proximidad a ríos
- h = Intensidad de uso de la tierra
- i = Precipitación

3.12 Evaluación de la vulnerabilidad

Ya una vez estandarizados cada parámetro a una misma escala, se multiplicó cada factor del mapa por su peso, el resultado de cada uno se sumaron entre sí para obtener el nivel de vulnerabilidad de las subcuencas, que se comparara con el cuadro 9. Ejemplo:

Grados de áreas vulnerables = $(a * F) + (b * F) + (c * F) + (d * F) + (e * F) + (f * F) + (g * F) + (h * F) + (i * F)$, donde

- a = calidad de agua
- b = densidad poblacional
- c = grupos vulnerables
- d = proximidad a los puestos de servicio de salud
- e = proximidad a las escuelas primarias
- f = proximidad a caminos
- g = proximidad a ríos
- h = intensidad de uso de la tierra
- i = precipitación

Cuadro 13: Grados de niveles de áreas vulnerables

Valor final obtenido	Grados de áreas críticas
0 - 20	Muy Bajo
20 - 40	Bajo
40 - 60	Medio
60 - 80	Alto
80 - 100	Muy Alto

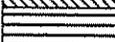
3.13 Integración de las áreas críticas con áreas vulnerables para determinar áreas de mayor riesgo a desastres naturales

Conformados los mapas de áreas críticas y de áreas vulnerables se unen ambos mediante SIG, para obtener un mapa de áreas de mayor riesgo a desastres naturales. Para esto se usó el cuadro 14, donde se hizo una matriz de comparación para asignar los valores de las áreas de mayor riesgos a desastres naturales.

Cuadro 14: Matriz de comparación de los índices de áreas críticas con áreas vulnerables

		Áreas críticas				
		1	2	3	4	5
Áreas vulnerables	1	11	12	13	14	15
	2	21	22	23	24	25
	3	31	32	33	34	35
	4	41	42	43	44	45
	5	51	52	53	54	55

Referencia

-  = Muy Bajo
-  = Bajo
-  = Medio
-  = Alto
-  = Muy Alto

Fuente: autor

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Mapa base

Se realizó un mapa base que sirvió como guía durante el recorrido de campo. El mismo se elaboró a partir de hojas cartográficas, a una escala 1:50.000, donde se ubicaron las comunidades, red de drenaje, carreteras y comunidades.

Este mapa sirvió para delimitar las subcuencas Molino Norte y San Francisco, debido a que las fuentes de información mostraron diferentes datos sobre las áreas. También sirvió para verificar las comunidades existentes, red de drenaje y carreteras. Finalmente el área de la subcuenca Molino Norte es de 2243.08 ha; y dividiendo en tres niveles la parte alta tiene una superficie de 709.6 ha, la parte media 1056.93 ha y la parte baja 476.5 ha. La subcuenca San Francisco tiene un área de 2965.5 ha, donde la parte alta ocupa una superficie de 333.56 ha, la parte media 1006.6 ha y la baja 1625.87 ha (mapa 3).

4.2 Uso actual de la tierra

En la subcuenca Molino Norte el uso de la tierra predominante es el cultivo del café con 925.23 ha, rubro que se dedican los grandes y medianos productores, y en un menor porcentaje los pequeños productores de la subcuenca. En la parte alta de la subcuenca hay un bosque bajo cerrado de 151.58 ha que no se explota con fines comerciales, el dueño lo mantiene con fines conservacionista como atracción ecoturística en su hotel de montaña, pero sufre la presión externa de la gente para la extracción de leña. Los cultivos anuales ocupan 183.9 ha, siendo el maíz y frijol los más cultivados; estos rubros se dedican los pequeños productores que se encuentran en la parte media y baja de la subcuenca; se destaca también dentro de esta categoría el cultivo de plantas ornamentales y hortalizas en la parte alta.

El cultivo de pastos mejorados para la ganadería con un área de 183.9 ha está ganando terreno en la subcuenca por parte de los grandes productores como una segunda alternativa ante los bajos precios del café. Se observa un área de 217.35 ha de pastos con malezas. Las malezas ocupan un área de 536.94 ha, distribuidas en toda la subcuenca. Existe una pequeña área de vegetación arbustiva con 27.36 ha; los centros poblados y las áreas habitadas ocupan 75.92 y 23.53 ha, respectivamente. En el cuadro 15 se observa los distintos usos de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.

Cuadro 15: Uso actual de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

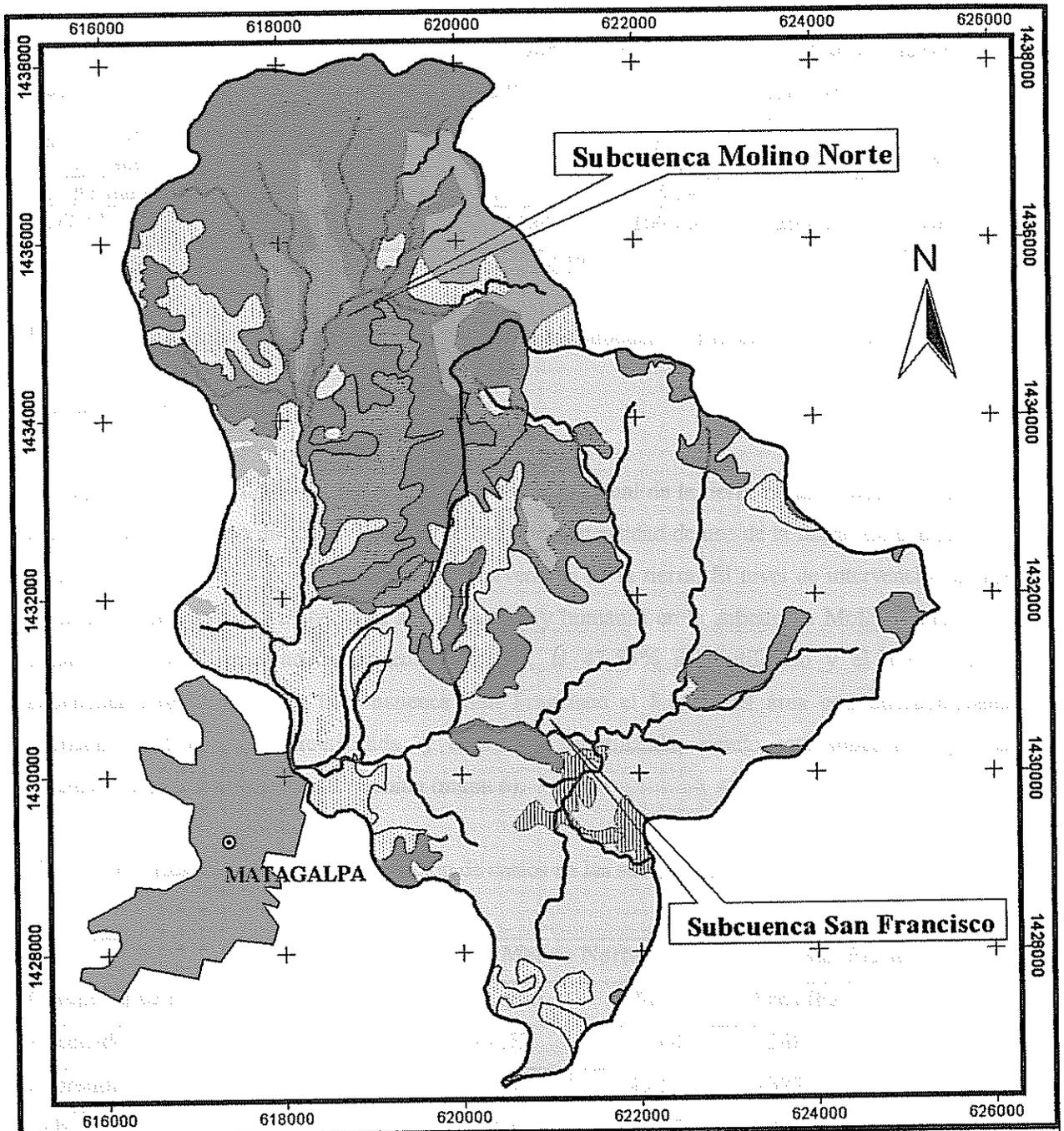
Categoría de Uso	SUBCUENCAS			
	Molino Norte		San Francisco	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Bosque bajo cerrado	151,58	6,75	-	-
Café de sombra	925,23	41,25	182,71	6,16
Café sin sombra	-	-	65,51	2,20
Cultivos anuales	183,90	8,2	2,10	0,07
Pasto mejorado	101,27	4,51	-	-
Pasto más maleza	217,35	9,72	348,99	11,77
Pasto más cultivos	-	-	1980,64	66,80
Malezas	536,94	23,93	265,27	8,95
Vegetación arbustiva	27,36	1,22	17,97	0,60
Centro Poblado	75,92	3,38	96,96	3,27
Áreas humanizadas	23,53	1,04	5,35	0,18
TOTAL	2.243,08	100,00	2.965,50	100,00

Fuente: autor a partir de datos suministrados por MAGFOR.

El uso de la tierra predominante en la subcuenca San Francisco son los pastos más cultivo con 1980.64 ha; los pastos más maleza ocupan 348.99 ha, predominando estos cultivos en la parte baja y media de la subcuenca, el café de sombra es un rubro que se mantiene a pesar de los bajos precios que se estuvieron dando, con un área de 182.71 ha, y el café sin sombra tiene un área de 65.51 ha. Las malezas ocupan un área de 265.27 ha. Los cultivos anuales con 2.1 y la vegetación arbustiva con 17.97 ha son los usos de menor extensión en la subcuenca; los centros poblados y áreas habitadas ocupan un área de 96.96 y 5.35 ha, respectivamente. En el mapa 4 se puede observar el uso actual de la tierra de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.

4.3 Capacidad de uso de la tierra

La capacidad de uso de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, la constituyen los suelos de uso forestal que representan el 92 y 87,47% del área de cada subcuenca respectivamente; la vocación agropecuario de uso amplio utiliza el 2,76 y 12,53%, respectivamente; y el 5,24% para el uso pecuario extensivo en la subcuenca Molino Norte (cuadro 16).



Mapa 4: Uso actual de la tierra de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD27
 Escala 1:60,000

1 0 1 2 Kilometers

Fuente: MAGFOR, 2000
 Coordinación: Nelson González-Súllow

- | | | | |
|--|---------------------|--|------------------------------------|
| | Bosque bajo cerrado | | Pasto mejorado |
| | Cafe sin sombra | | Pasto mas maleza |
| | Cafe de sombra | | Malezas |
| | Cultivos anuales | | Vegetación arbustiva |
| | Pasto mas cultivo | | Centro Poblado y/o áreas habitadas |

Cuadro 16: Capacidad de uso de la tierra en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Categoría de Uso	Molino Norte		San Francisco	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Agropecuario de uso amplio	61,88	2,76	371,65	12,53
Uso forestal	2.063,68	92,00	2593,85	87,47
Uso pecuario extensivo	117,52	5,24	-	-
TOTAL	2.243,08	100,00	2965,50	100,00

Fuente: autor a partir de datos suministrados por MAGFOR.

En el mapa 5 se observa el mapa de uso potencial de las subcuencas Molino Norte y San Francisco.

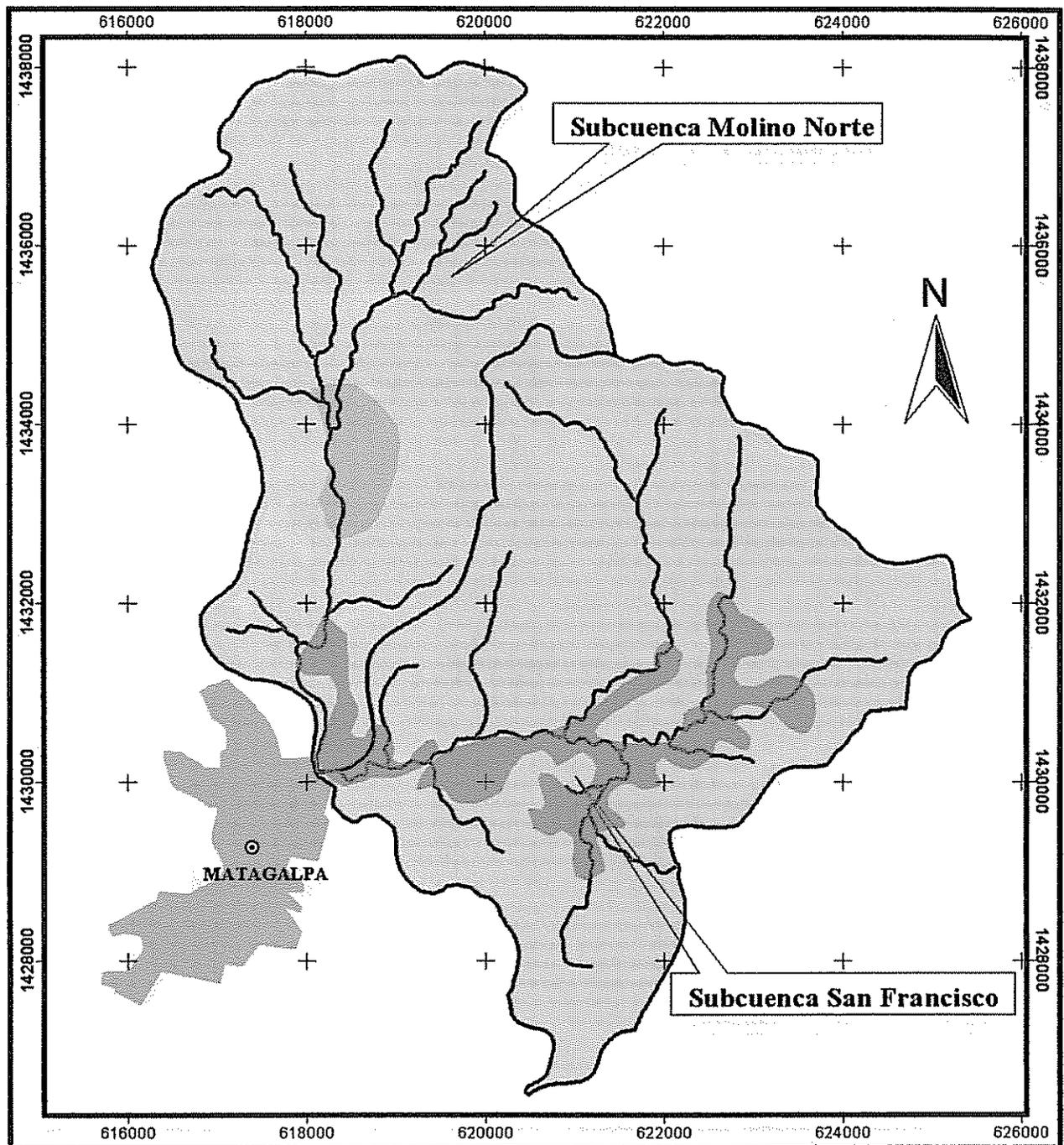
4.4 Intensidad de uso de la tierra

La superposición del mapa de uso potencial con el uso actual de la tierra de las subcuencas Molino Norte y San Francisco dio como resultado el mapa de intensidad de uso de la tierra. En el cuadro 17 se resume la superficie para cada nivel de intervención 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: 47,64% está adecuadamente utilizado, el 43,55% sobreutilizado y el 4,37% de la subcuenca subutilizado. En la subcuenca San Francisco el 8,36% del área está adecuadamente utilizada, 78,5% está sobreutilizada; y el 9,69% subutilizada; siendo esta subcuenca, por su extensión la más fuertemente intervenida (mapa 6).

Cuadro 17: Resultados de la confrontación de suelos en las subcuencas

Categoría de Intensidad	Molino Norte		San Francisco	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%
Adecuado	1068,53	47,64	248,02	8,36
Sobreutilizado	976,98	43,55	2327,90	78,50
Subutilizado	98,13	4,37	287,27	9,69
No Aplica	99,44	4,44	102,31	3,45
TOTAL	2243,08	100,00	2965,50	100,00

Fuente: autor a partir de datos suministrados por MAGFOR.



Mapa 5: Capacidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco

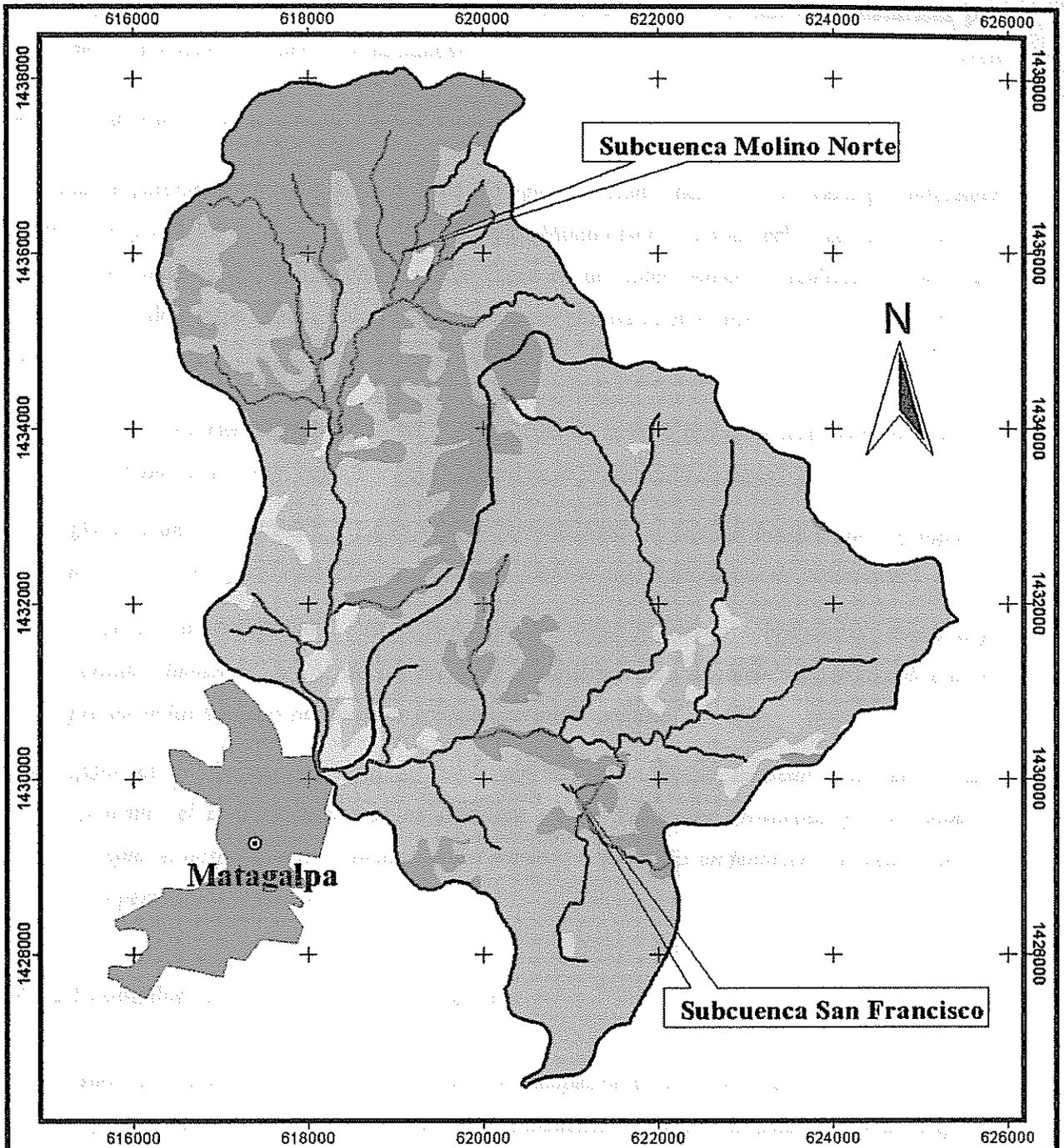
Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD27
 Escala 1:60,000

1 0 1 2 Kilometers

Fuente: MAGFOR, 2000

Coordinación: Nelson González-Sillow

-  Agropecuario de uso amplio
-  Uso forestal
-  Uso pecuario extensivo
-  Cabecera departamental
-  Ríos



Mapa 6: Intensidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16

Proyección NAD27

Escala 1:60,000

1 0 1 2 Kilometers



Fuente: MAGFOR, 2000

Coordinación: Nelson González-Súllow

- Adecuado
- Sobre utilizado
- Sub utilizado
- No aplica



Ríos



Cabecera departamental

4.5 Mapas participativos sobre áreas críticas y/o vulnerabilidad a desastres naturales por diferentes fenómenos (naturales o humanos)

4.5.1 Resultados de la subcuenca Molino Norte

Los mapas participativos sobre áreas críticas y/o vulnerabilidad a desastres naturales por diferentes fenómenos (naturales o humanos) para la subcuenca Molino Norte fueron hechos con los habitantes de las comunidades de Molino Norte y Los Lipez en un taller. Antes de realizar el mapa, los participantes definieron cuatro conceptos para después plasmarlo en el mapa. Los conceptos fueron los siguientes:

- **¿Qué es una cuenca hidrográfica?**, *“Es un área de terreno con características onduladas y abundante vegetación, cuya función principal es la producción de agua”.*
- **¿Qué es un área crítica?**, *“Es un área de terreno donde no se tiene bosques, no hay agua, ni pastos, no sirve para nada. Lugar despaldado (deforestado) que carece de protección”*
- **¿Qué es vulnerabilidad?**, *“Es el resultado de algún fenómeno sobrenatural, donde deja pérdidas humanas, se pierde los recursos naturales, como consecuencia deja pobreza, se producen las aguas contaminadas y vienen las enfermedades”*
- **¿Qué es un desastre natural?**, *“Puede ser un terremoto, un huracán, una sequía, una epidemia, el cual los humanos no podemos evitar. Puede ser provocado por el hombre, ejemplo, el despale (deforestación) hecho por los humanos. Es un fenómeno sobrenatural que deja pérdidas cuantiosas”*

4.5.2 Resultados de la subcuenca San Francisco

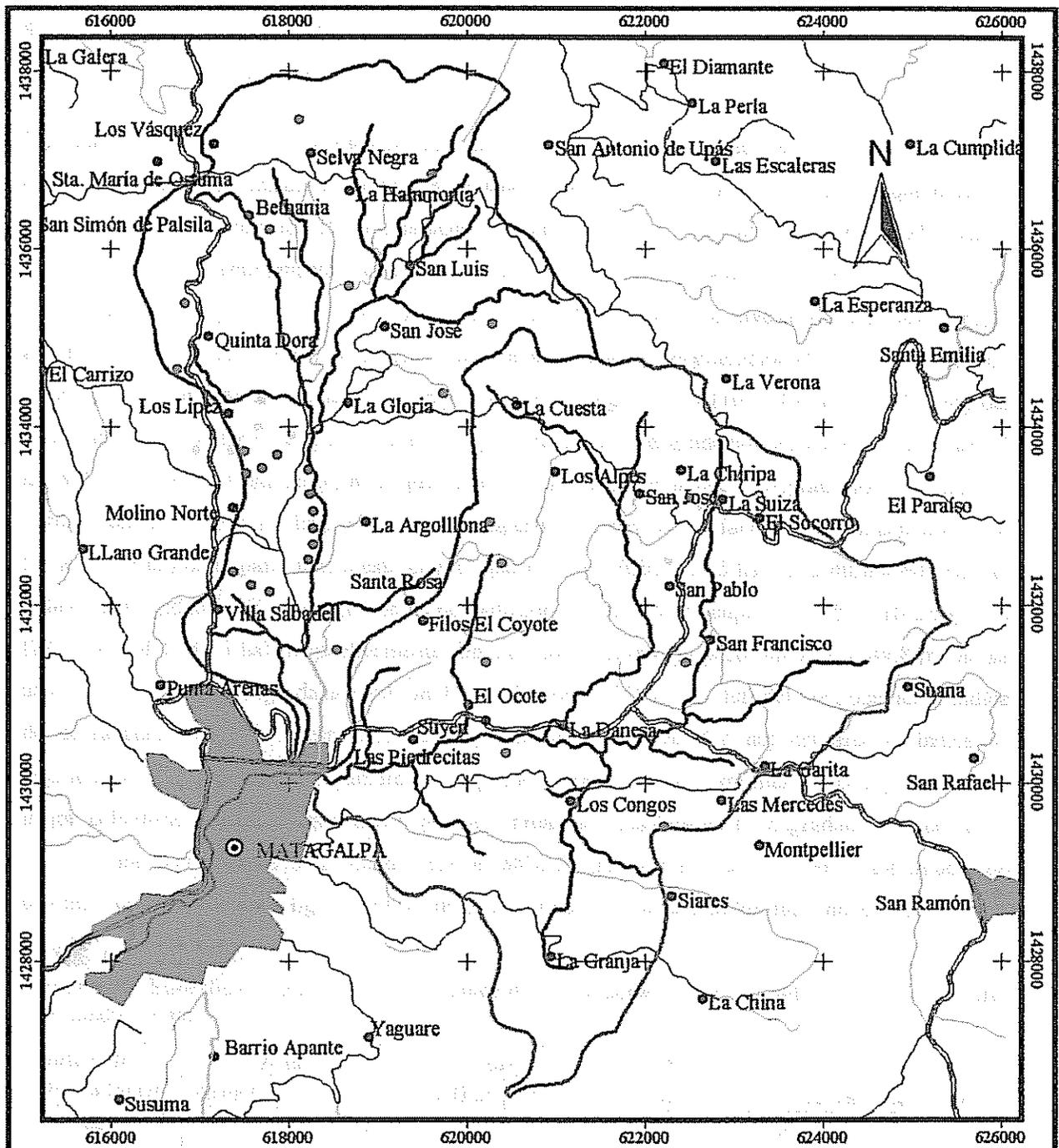
En la subcuenca San Francisco se contó con la participación de los habitantes de la comunidad El Ocote que está ubicada en la parte media de la subcuenca y con la comunidad La Garita que se encuentra en la parte baja de la misma para la realización el mapa participativo sobre áreas críticas y/o vulnerabilidad a desastres naturales por diferentes fenómenos. También definieron los mismos conceptos que los participantes de la subcuenca Molino Norte; sus definiciones fueron las siguientes:

- **¿Qué es una cuenca hidrográfica?**, *“Es una superficie donde las aguas dan a un solo lugar. Es una o varias fuentes de agua que la naturaleza ofrece y que abastecen a personas siendo de mucha utilidad. Río es igual a cuenca”*.
- **¿Qué es un área crítica?**, *“Es un área que queda desnuda por las quemas y/o la deforestación, y donde existe la falta de algún elemento vital para el ser humano. Es un lugar donde se están extinguiéndose parte de algunas especies, ya sea de la flora o fauna silvestre, y están afectando a las fuentes de agua y al medio en general”*.
- **¿Qué es vulnerabilidad?**, *“Es la debilidad de un determinado sitio u lugar que está expuesto a los desastres naturales. Su condición esta propicia a cualquier desastre natural o provocado por el hombre”*.
- **¿Qué es un desastre natural?**, *“Son las cosas que pasan en la naturaleza sin que el hombre tenga que intervenir o provocar como los huracanes, terremotos, maremotos, etc., causando grandes destrucciones”*.

Después de definir los distintos conceptos los participantes de las comunidades de cada subcuenca realizaron los mapas participativos de áreas críticas y/o vulnerables, estos mapas fueron traspasados después sobre el mapa base, que se observa en mapa 7.

Los mapas participativos muestran los lugares aproximados de las áreas críticas y vulnerables percibidas por los habitantes de las subcuencas. Al hacer una comparación de estos mapas (mapa 7) con el mapa indicativo de los peligros derivados en fenómenos de inestabilidad y torrenciales de la misma zona hecho por COSUDE (2000) (mapa 1), se observa que coinciden los sitios críticos ahí señalados con las áreas críticas señaladas por los habitantes de las subcuencas. Y las áreas vulnerables indicadas por los participantes coinciden también en algunos puntos con lugares donde hubo deslizamientos o hay peligros de deslizamientos que son señalados en el informe de COSUDE (2000).

Existen otros lugares señalados por los habitantes de las subcuencas como áreas críticas y/o vulnerables que se debieran poner mayor atención de parte de las instituciones presentes en la zona, ya que ellos como habitantes de la zona tienen una mejor y mayor visión del lugar donde habitan.



Mapa 7: Mapa participativo de áreas críticas y/o vulnerables: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD27
 Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers

Fuente: Talleres participativos
 Coordinación: Nelson González-Süllow

Áreas identificadas

- Áreas vulnerables
- Áreas deforestadas
- Áreas críticas

Tipo de caminos

- ▬ Revestimiento Sólido
- ▬ Revestimiento Suelto
- ▬ Camino general
- ▬ Camino sin mejoramiento

Ríos

- Subcuenca Molino Norte
- Subcuenca San Francisco
- Cab. Departamental
- Caserío y/o finca

4.6 Áreas Críticas

4.6.1 Subcuenca Molino Norte

4.6.1.1 Uso actual de la tierra

El cuadro 18 muestra la superficie ocupada por cada índice de degradación en la subcuenca y en los distintos niveles de la misma. En toda la subcuenca existe 7% (151.6 ha) del área total que posee el menor índice de degradación (5), los índices de degradación 30 y 100 poseen un 6% (128.6 ha) y 8% (183.9 ha), respectivamente. Los mayores porcentajes de área lo ocupan los índices 15 y 60, con un 41% (925.2 ha) y 34% (754.3 ha), respectivamente. En cuanto a los niveles altitudinales, la parte alta posee un 21% (151.6 ha) de su área con el menor índice de degradación (5), pero también hay un 21% (146.9 ha) de la misma con el mayor índice de degradación (100). Un 45% (318.7 ha) del área esta con un índice de degradación de 15; y los factores de degradación 30 y 60 ocupan 1% (5.7 ha) y 12% (87 ha) de esta parte; no se presentan superficie con el índice de degradación 80. Tanto la parte media como la parte baja no presentan superficie con el menor factor de degradación (5), un 53% (558.4 ha) de la parte media esta bajo el índice 15, un 30% (317.5 ha) de la misma está bajo el índice de degradación 60 y los índices de degradación 30, 80 y 100 ocupan un 11% (116.2 ha), 3% (27.2 ha) y 4% (37.3 ha), respectivamente. En cambio la parte baja posee un 73% (349.8 ha) de su área bajo el índice de degradación 60; un 10% (47.8 ha) y 15% (72.2 ha) del área ocupan el índice de degradación 15 y 80, respectivamente, y solamente un 1% (6.8 ha) del área el índice de degradación 30. Observando el cuadro 18 se puede suponer que la parte alta y media presenta una mejor cobertura vegetal ya que tienen mayores áreas con los índices de degradación menores en comparación con la parte baja, donde casi un 88% de esa área se encuentra entre los índices de degradación 60 y 80. En la figura 4 se puede observar de manera grafica los datos del cuadro 18.

Cuadro 18: Superficie ocupada por cada índice de degradación en toda la subcuenca y en la parte alta, media y baja

Índice de Degradación	Alta		Media		Baja		Subcuenca	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área total	%
5	151.6	21	0.0	0	0.0	0	151.6	7
15	318.7	45	558.4	53	47.8	10	925.2	41
30	5.7	1	116.2	11	6.8	1	128.6	6
60	87.0	12	317.5	30	349.8	73	754.3	34
80	0.0	0	27.2	3	72.2	15	99.4	4
100	146.9	21	37.3	4	0.0	0	183.9	8
TOTAL	710	100	1056.6	100	476.6	100	2243.1	100

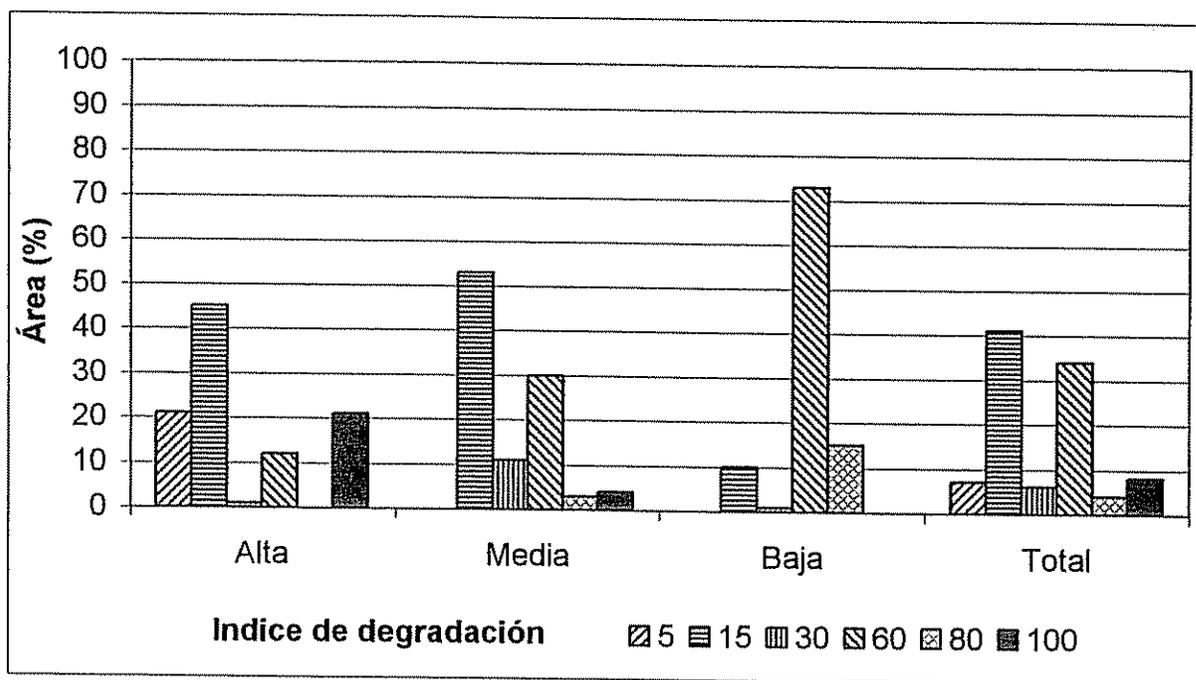


Figura 4: Área superficial correspondiente a cada índice de degradación según uso de la tierra, en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja.

4.6.1.2 Erosión Potencial

La erosión potencial de la subcuenca se calculó a partir del coeficiente de Fournier, los valores que se presentaron en toda la subcuenca y en los diferentes niveles altitudinales se observan en el cuadro 19 y figura 5. El índice de erosión potencial 60 ($21.5 - 22.3 \text{ t ha}^{-1}$) es el predominante en toda la subcuenca, ocupando el 81.7% del área de la misma; los índices 80 ($22.3 - 23.1 \text{ t ha}^{-1}$) y 40 ($20.7 - 21.5 \text{ t ha}^{-1}$) ocupan el 9.2% y 9.1%, respectivamente; no hay presencia de índices de erosión potencial 20 ($19.8 - 20.7 \text{ t ha}^{-1}$), ni tampoco índice de erosión 100 ($23.16 - 23.97 \text{ t ha}^{-1}$) en toda la subcuenca. En cuanto a los niveles altitudinales, en la parte media de la subcuenca predomina el índice de erosión 60 en un 96.7% del área y lo restante se distribuye entre los índice de erosión 40 en un 0.1% del área y el índice de erosión 80 en un 3.2% de la misma. En la parte alta predomina el índice de erosión 60 en un 75.8% del área, el índice de erosión 80 se presenta en un 24.2% de la misma y no se presenta índice de erosión 40. La parte baja distribuye un 42.8% de su área en el índice de erosión 40 y el 57.2% de su área al índice de erosión 60.

Cuadro 19: Índices de erosión potencial encontrados en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja con sus respectivos valores en $t\ ha^{-1}$

Índice de erosión potencial	Valor en $t\ ha^{-1}$	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%						
20	19.8 – 20.7	0	0	0	0	0	0	0	0
40	20.7 – 21.5	0	0	0.99	0.1	203.84	42.8	204.8	9.1
60	21.5 – 22.3	537.87	75.8	1021.65	96.7	272.73	57.2	1832.3	81.7
80	22.3 – 23.1	171.94	24.2	33.96	3.2	0	0	205.9	9.2
100	23.1 – 23.9	0	0	0	0	0	0	0	0
Total		709.81	100	1056.6	100	476.57	100	2243.0	100

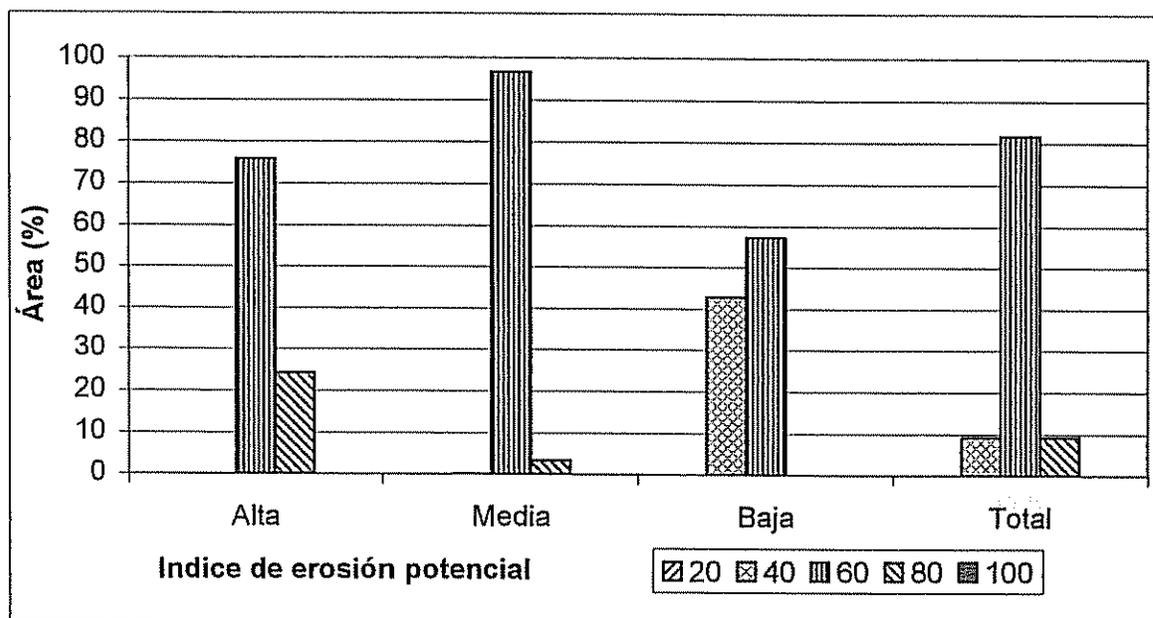


Figura 5: Valores de erosión potencial de la subcuenca y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área ocupada

4.6.1.3 Pendiente

La pendiente de la subcuenca Molino Norte presenta características muy similares entre la parte alta y media, donde los valores de pendiente mayor a 40% ocupan un porcentaje de las áreas de 25.9 y 19.2%, respectivamente; los valores entre 20-30% ocupan un porcentaje de las áreas de 16.9 y 18.5% en la parte alta y media, respectivamente. La pendiente entre 10-20% ocupa un porcentaje del área entre 20.7% en la parte alta y 24.7% en la parte media; y la pendiente de 0 a 10% ocupa en la parte alta el 15.1% del área y 11.4% del área en la parte media. En cambio la parte baja de la subcuenca posee un mayor porcentaje de su superficie entre la pendiente de 0 a 20%. Las pendientes que están entre 0 a 10% ocupan un 24.3% de su área, la que va entre 10 a 20% de pendiente se presenta en un 32.6%

del área. Un 21.4% del área está ocupado por el valor de pendiente de 20 a 30%, y los valores de pendiente más empinados que son los de 30 a 40% y mayores a 40% ocupan el 13.1 y 8.6% del área (cuadro 20 y figura 6).

Cuadro 20: Índice de pendiente en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan

Índice de Pendiente	Valores de la pendiente (%)	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
20	0 – 10	107.4	15.1	120.7	11.4	115.9	24.3	344.0	15.3
40	10 – 20	147.1	20.7	260.9	24.7	155.5	32.6	563.5	25.1
60	20 – 30	151.6	21.4	276.3	26.2	101.9	21.4	529.7	23.6
80	30 – 40	119.9	16.9	195.3	18.5	62.5	13.1	377.7	16.8
100	> 40	183.8	25.9	203.3	19.2	40.9	8.6	428.0	19.1
Total		709.8	100.0	1056.6	100.0	476.6	100.0	2243.0	100.0

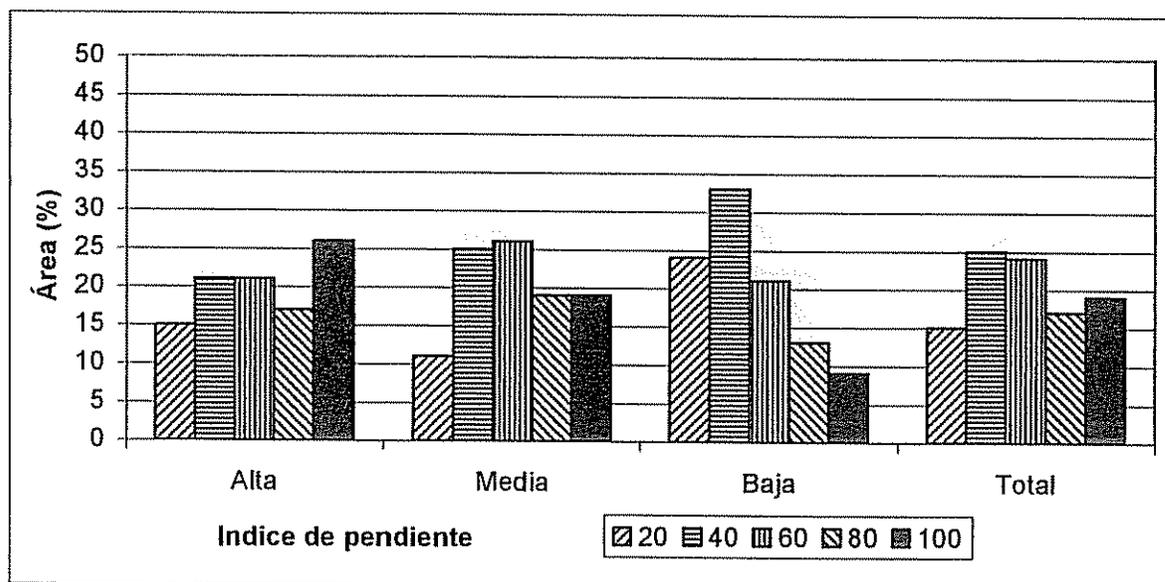


Figura 6: Índice de pendiente en la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área ocupada

4.6.1.4 Grados de erosión hídrica

El parámetro de grados de erosión hídrica es una variable cualitativa, donde se observa que en la subcuenca Molino Norte no presenta ningún área con el grado de erosión suave en ninguno de los tres niveles altitudinales (alta, media y baja). La mayor proporción de los grados de erosión hídrica presente en la subcuenca es el grado de erosión moderado, la cual ocupa un 85.5%, 99.2% y 62.3% del área de la parte alta, media y baja, respectivamente. La parte alta presenta un 14.5% del área con

un grado de erosión hídrica severa, en cambio en las otras partes son mínimas o no hay (1.46% en la parte media y 0% en la parte baja). El grado de erosión fuerte se presenta en mayor porcentaje de área en la parte baja (37.7%), en la parte media apenas alcanza un 0.7% del área y en la parte alta no se presenta (cuadro 21).

Cuadro 21: Índice de erosión hídrica de la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan

Índice de erosión Hídrica	Descripción	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
25	Suave	0.0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0.0
50	Moderado	607.0	85.5	1047.7	99.2	296.89	62.3	1951.6	87.0
75	Fuerte	0.0	0.0	7.4	0.7	179.68	37.7	187.1	8.3
100	Severa	102.8	14.5	1.5	0.1	0	0.0	104.3	4.6
Total		709.8	100.0	1056.6	100	476.57	100.0	2243.0	100.0

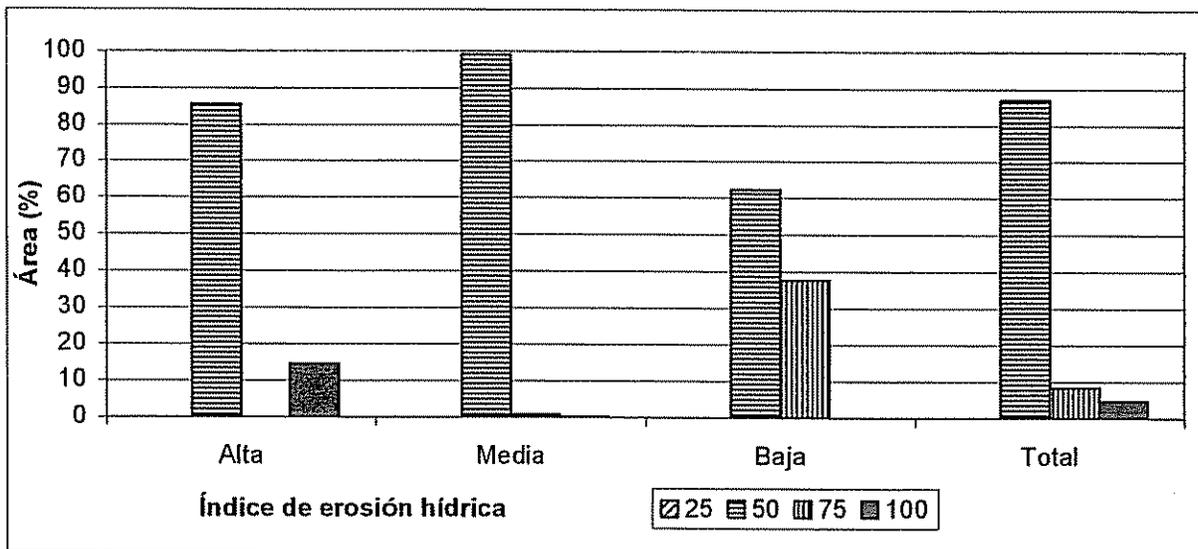


Figura 7: Índices de erosión hídrica de la subcuenca Molino Norte y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan

4.6.2 Subcuenca San Francisco

4.6.2.1 Uso actual de la tierra

La subcuenca San Francisco presenta un 69.6% (2064.1 ha) del total de su área con el índice de degradación 30; el índice de degradación 60 ocupa 614.3 ha, que representa el 20.7% del área de la misma. No existe área en el índice de degradación 5, y los índices de degradación 15, 80 y 100, abarcan 182.7 ha, 102.3 ha y 2.1 ha, respectivamente, lo que representa conjuntamente 9.8% de toda el área de la subcuenca.

En los tres niveles de la subcuenca San Francisco no presentan ningún área con el menor índice de degradación (5), así también el mayor índice no se encuentra en casi toda la subcuenca, solo en mínimos porcentajes (0.1%) en la parte media y baja. El índice de degradación 15 ocupa un porcentaje de 9.3, 5.1 y 6.2 en la parte alta, media y baja, respectivamente. El índice de degradación 30 se presenta en un 75.1% del área en la parte baja, un 67.2% en la parte media y un 50.98% en la parte alta. El 40.2% del área de la parte alta presenta un índice de degradación de 60, la parte media un 26.3% de su área y la parte baja presenta solo el 13.3%. No se observa área con el índice de degradación 80 en la parte alta, y los porcentajes de área con este mismo factor en la parte media y baja no son muy significativos (1.4 y 5.4%). En general, las tres partes de la subcuenca presentan casi un mismo nivel de degradación donde se puede observar en el cuadro 22 que las mayores áreas de cada nivel se encuentran entre los índices de degradación entre 30 y 60 (cuadro 22 y figura 8).

Cuadro 22: Superficie ocupada por cada índice de degradación en la subcuenca y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupa

Índice de degradación	Alta		Media		Baja		Total	
	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15	31.2	9.4	51.0	5.1	100.4	6.2	182.7	6.2
30	168.5	50.5	675.5	67.2	1220.2	75.0	2064.1	69.6
60	134.0	40.2	264.2	26.3	216.2	13.3	614.3	20.7
80	0.0	0.0	14.1	1.4	88.4	5.4	102.3	3.5
100	0.0	0.0	1.2	0.1	0.9	0.1	2.1	0.1
TOTAL	333.7	100.0	1005.9	100.0	1625.9	100.0	2965.5	100.0

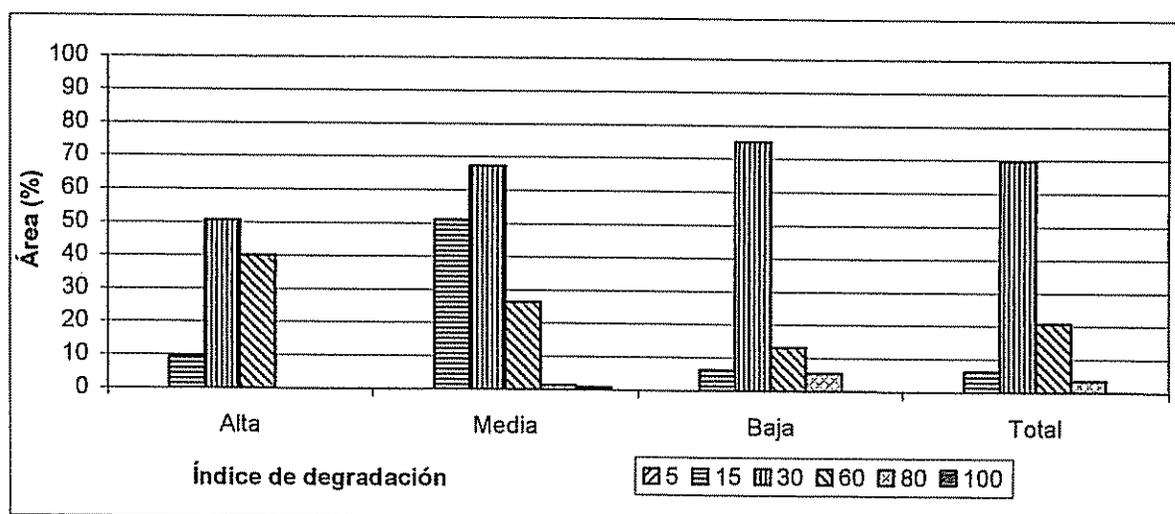


Figura 8: Área superficial correspondiente a cada índice de degradación según uso de la tierra, en la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja.

4.6.2.2 Erosión potencial

Se usó el coeficiente de Fournier para medir la erosión potencial de la subcuenca San Francisco. El índice de erosión potencial 80 ($21.5 - 22.3 \text{ t ha}^{-1}$) es el predominante en toda la subcuenca ocupando el 52.7% de la misma, los índices de erosión potencial 60 ($21.5 - 22.3 \text{ t ha}^{-1}$) y 100 ($23.1 - 23.9 \text{ t ha}^{-1}$) abarcan el 18.1% y 18.5%, respectivamente. El índice de erosión potencial 40 ($20.7 - 21.5 \text{ t ha}^{-1}$) se presenta en un 10.3% del área de la subcuenca; solamente hay 0.5% de superficie bajo el índice de erosión potencial 20 ($19.8 - 20.7 \text{ t ha}^{-1}$). En cuanto a los diferentes niveles altitudinales, el índice de erosión potencial 80 se presentan en las parte alta, media y baja de la subcuenca, con una superficie ocupada de 63.1%, 75.6% y 36.4%, respectivamente. Casi no se presentan en toda la subcuenca índices de erosión potencial 20 y 100, salvo en la parte baja de la subcuenca donde hay un 0.8% del área con un índice de erosión potencial 20, y en la parte media, donde existe 9.3% del área con un índice de erosión potencial 100. La parte baja de la subcuenca es la que presenta mayor porcentaje de su área (28%) con un índice de erosión potencial 100. Los índices de erosión 40 ocupan un porcentaje de área de 18, 3.5 y 12.9 %de las partes alta, media y baja, respectivamente. En tanto, los índices de erosión potencial 60 ocupan porcentajes de área de 18, 3.5 y 21.9% en las partes alta, media y baja, respectivamente (cuadro 23 y figura 9).

Cuadro 23: Índice de erosión potencial con sus valores en t ha^{-1} en la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja

Índice de erosión potencial	Valor en t ha^{-1}	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
20	19.8 - 20.7	0	0	0	0	13.62	1	13.62	0.5
40	20.7 - 21.5	60.16	18	35.23	4	209.7	13	305.09	10.3
60	21.5 - 22.3	62.96	19	117.1	12	356	22	536.06	18.1
80	22.3 - 23.1	210.55	63	760.12	76	591.43	36	1562.1	52.7
100	23.1 - 23.9	0	0	93.49	9	455.19	28	548.68	18.5
TOTAL		333.67	100	1005.94	100	1625.94	100	2965.55	100.0

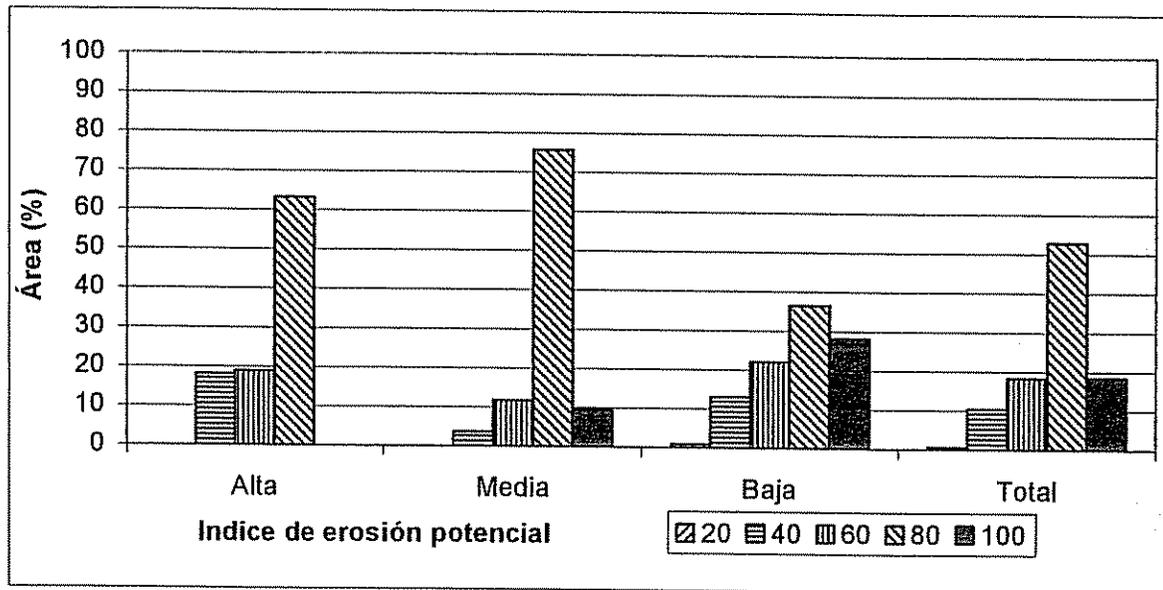


Figura 9: Índice de la erosión potencial de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo al porcentaje de área que ocupan

4.6.2.3 Pendiente

La parte alta de la subcuenca San Francisco presenta un mayor porcentaje de área (34.4%) con pendiente mayores a 40%, la parte media presenta un 24.2% y la baja 9.5%. La parte baja es la que presenta mayores porcentajes de áreas con pendientes entre 0 a 10%, con 33.6% de su área con relación al 10.7% y 8.6% que poseen las partes media y alta, respectivamente. También la parte baja presenta el mayor porcentaje de área (26.9%) con pendientes que van entre 10 a 20%, la parte media tiene un 18.6% de su área con este tipo de pendiente y la parte alta solo un 11.7% de su área. El valor de pendiente entre 20 a 30% se presenta casi igual en la parte alta y media, con un porcentaje de 23.7 y 26.9, respectivamente; la parte baja presenta un 19.5% de su área con este valor de pendiente. La parte baja presenta solamente un 10.5% de su área con pendiente cuyo valor oscilan entre 30 a 40%; la parte media ocupa un 19.5% de su área con pendientes de este mismo valor, y la parte alta un 21.7% de su área (cuadro 24 y figura 10).

Cuadro 24: Índice de pendiente de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan

Índice de pendiente	Valores de la pendiente	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
20	0 – 10	28.6	8.6	107.3	10.7	107.3	33.6	683.0	23.0
40	10 – 20	38.9	11.7	187.4	18.6	187.4	26.9	664.1	22.4
60	20 – 30	79.1	23.7	271.0	26.9	271.0	19.5	666.5	22.5
80	30 – 40	72.3	21.7	196.5	19.5	196.5	10.5	439.2	14.8
100	>40%	114.7	34.3	243.7	24.3	243.7	9.5	512.9	17.3
TOTAL		333.7	100.0	1005.9	100.0	1005.9	100.0	2965.6	100.0

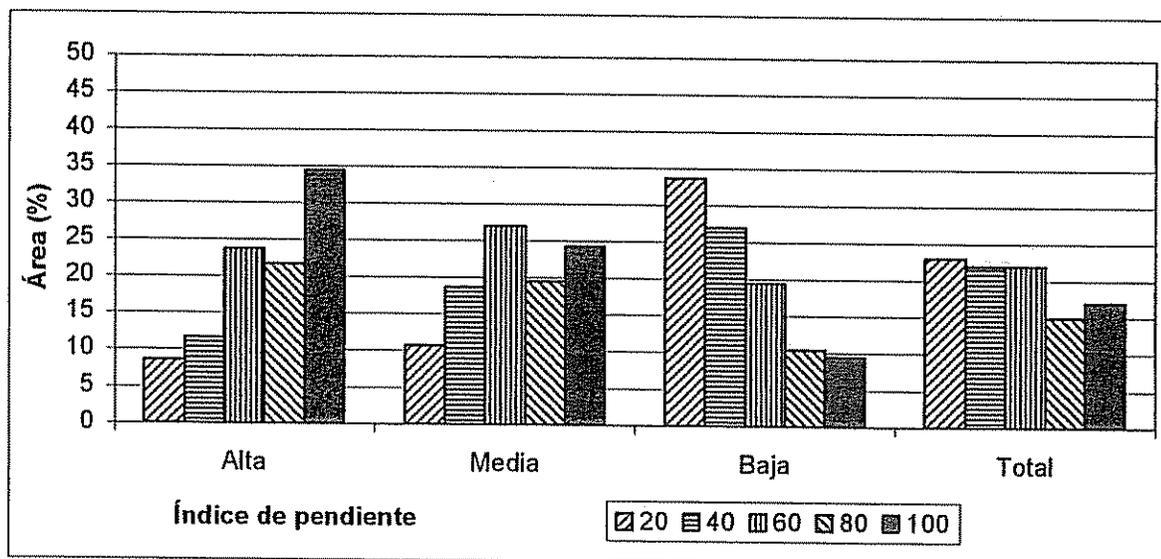


Figura 10: Índice de pendiente de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de acuerdo a los porcentajes de áreas que ocupan

4.6.2.4 Grados de erosión hídrica

La subcuenca San Francisco no presenta área con grado de erosión suave. El grado de erosión moderado es el que mayor predomina en los tres niveles altitudinales de la subcuenca; en la parte alta existe 71.1% de su área con este grado de erosión, en la parte media se presenta 97.7%, y la parte baja 78.5% de su área. El grado de erosión fuerte se presenta en la parte baja con un 21.5% del área, y la misma no presenta grado de erosión severa. La parte alta posee un 28.9% de su área con el grado de erosión severa y la media 2.3% (cuadro 25 y figura 11).

Cuadro 25: Índice de erosión de la subcuenca San Francisco y parte alta, media y baja de acuerdo al área que ocupan

Índices de erosión	Descripción	Alta		Media		Baja		Total	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
25	Suave	0	0.0	0	0	0	0	0	0
50	Moderado	237.1	71.1	982.54	97.7	1277.16	78.5	2496.8	84.2
75	Fuerte	0	0.0	0	0	348.78	21.5	348.78	11.8
100	Severa	96.57	28.9	23.4	2.3	0	0	119.97	4
TOTAL		333.67	100	1005.94	100	1625.94	100	2965.55	100

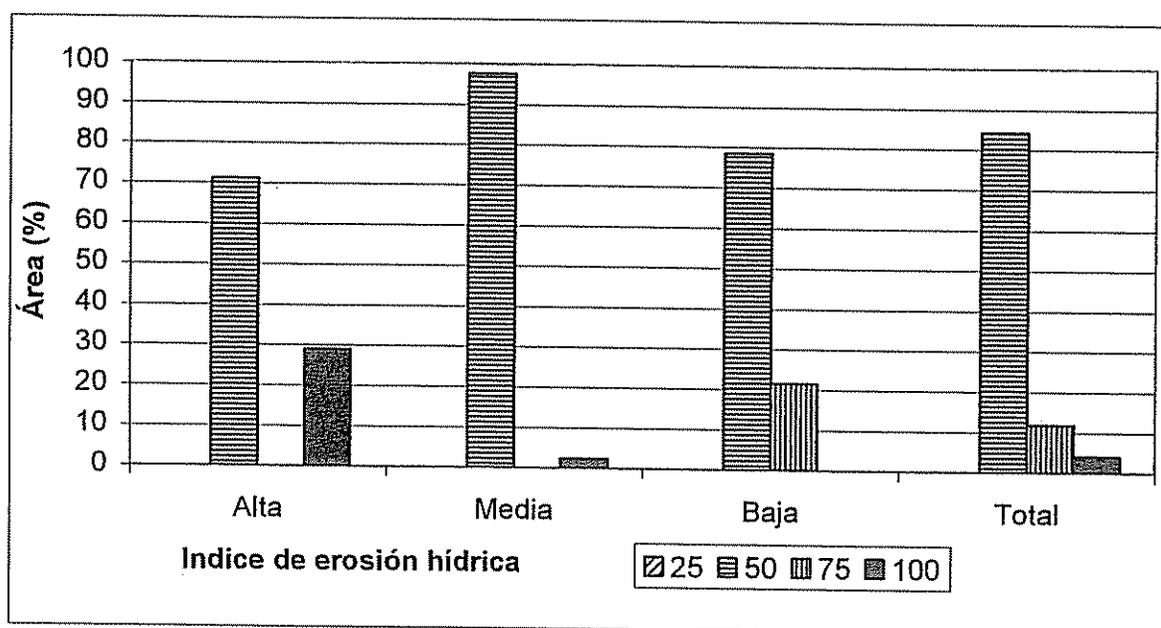


Figura 11: Índice de erosión hídrica de la subcuenca San Francisco y por parte alta, media y baja de la subcuenca de acuerdo al área que ocupan

4.7 Mapas de áreas críticas de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Para obtener el mapa de áreas críticas de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, se realizó una evaluación multicriterio con SIG en el programa IDRISI para obtener el peso relativo de cada parámetro; para esto se hizo una matriz de comparación (cuadro 26) donde se utilizó la escala continua que está en el acápite 3.6 para ingresar los valores en la matriz. Una vez llenada la matriz, se ingresan los datos en el programa IDRISI, obteniéndose los pesos relativos de cada parámetro (cuadro 27); la consistencia de los pesos dio 0.01, lo que nos dice que la consistencia es aceptable.

Cuadro 26: Matriz de comparación para las subcuencas Molino Norte y San Francisco

	Uso de Tierra	Grado de erosión hídrica	Pendiente	Erosión potencial
Uso de Tierra	1			
Grado de erosión hídrica	2	1		
Pendiente	4	3	1	
Erosión potencial	2	1	½	1

Cuadro 27: Pesos derivados de la matriz de comparación o apareamiento

Parámetros	Pesos relativos
Uso actual de la tierra	0.1079
Erosión potencial	0.2158
Pendiente	0.4804
Grados de erosión hídrica	0.1959
TOTAL	1.00

Ya obtenidos los pesos relativos de cada parámetro (cuadro 27), se los multiplicó por cada variable, y el resultado de cada uno se sumaron entre sí. El resultado está dado en porcentaje, después se le reclasificó del 1 al 5, según el cuadro 9. La operación que se utilizó para obtener el mapa de áreas críticas es la siguiente:

$$\text{Nivel de área crítica} = (\text{Uso actual de la tierra} * 0.1079) + (\text{Erosión potencial} * 0.2158) + (\text{Pendiente} * 0.4804) + (\text{Grados de erosión hídrica} * 0.1959)$$

En la figura 18 se aprecia el mapa de áreas críticas de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

4.7.1 Nivel de criticidad de la subcuenca Molino Norte

La subcuenca Molino Norte presenta un 49% de su área (1087.7 ha) con nivel de criticidad 3 (medio), el nivel de criticidad 4 (alto) ocupa 851.9 ha, que representa 38% de la superficie de la subcuenca. El nivel de criticidad 5 (muy alto) solo ocupa un 2% de la superficie de la subcuenca, abarca 48.1 ha. El nivel de criticidad 2 (bajo) ocupa un 11% del área de la subcuenca con 255.6 ha, y no existe superficie con nivel e criticidad 1 (cuadro 28 y figura 12).

Cuadro 28: Superficie de la subcuenca Molino Norte de acuerdo al nivel de criticidad

Niveles de criticidad	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy bajo	0	0
2	Bajo	255.6	11
3	Medio	1087.7	49
4	Alto	851.9	38
5	Muy alto	48.1	2
Total		2243.3	100

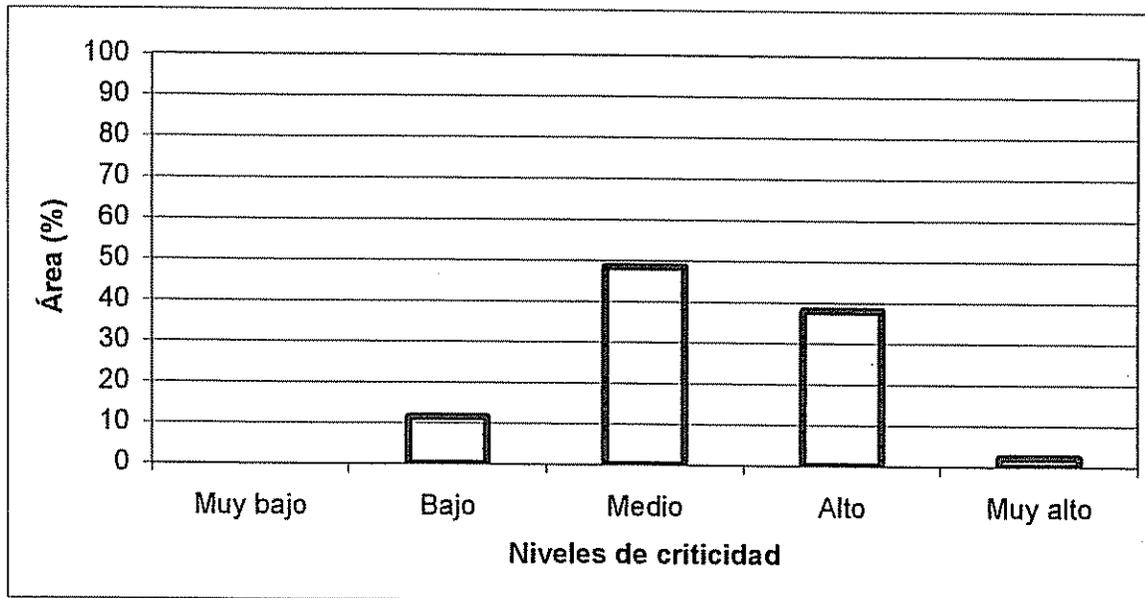
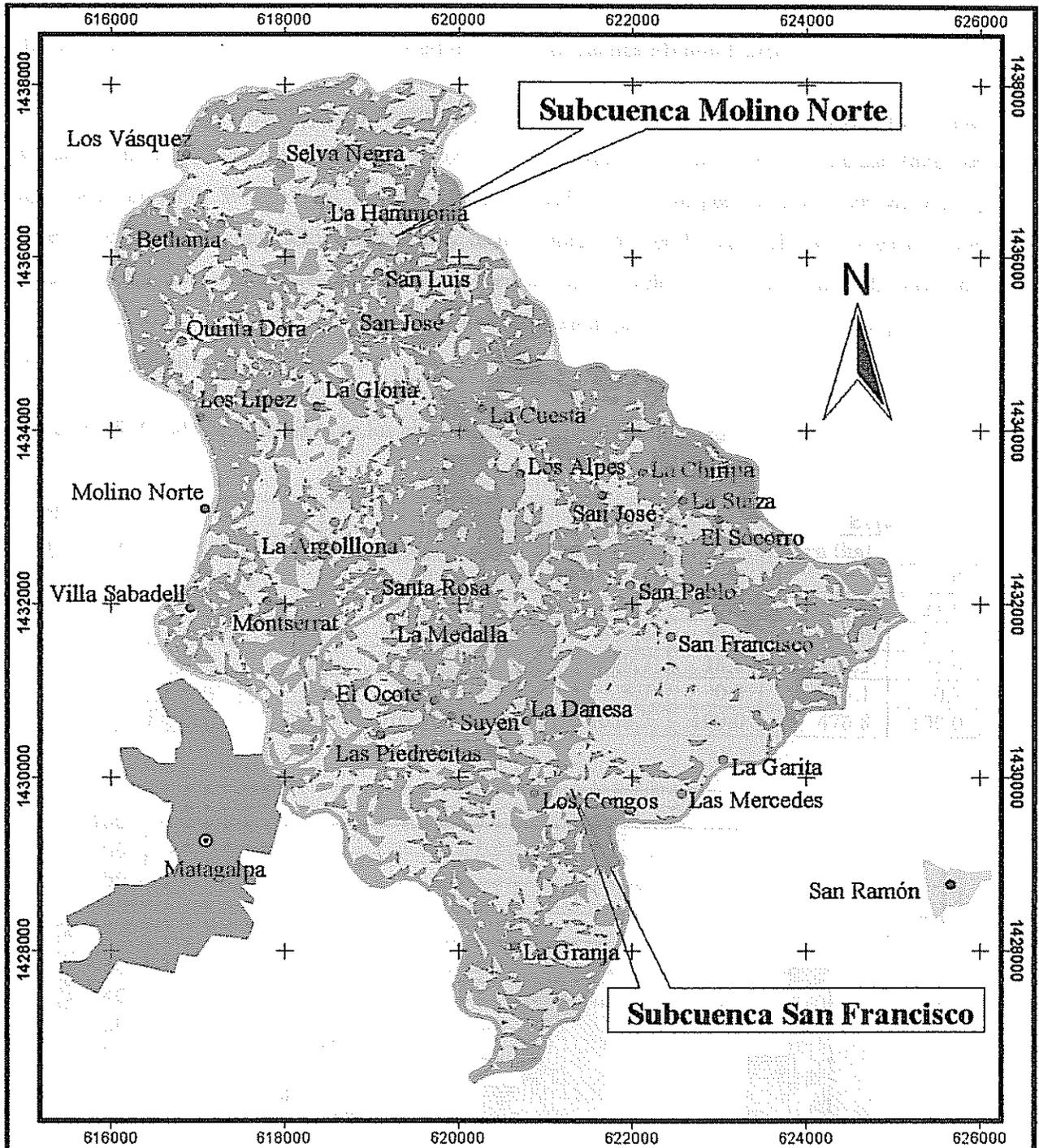


Figura 12: Porcentajes de áreas bajo diferentes niveles de criticidad en la subcuenca Molino Norte

En el mapa de grados de criticidad de la subcuenca Molino Norte y San Francisco (mapa 28) se observa los poblados y/o caseríos que se encuentran en diferentes áreas de situación crítica. En la subcuenca Molino Norte los poblados y/o caseríos que se encuentran en un nivel medio de criticidad son: Selva Negra, Finca La Hammonia, Finca San Luis, Finca San José, Finca Santa Rosa, La Argollona, Quinta Dora y Bethania. Y los poblados que se encuentran en áreas con niveles altos de criticidad son: caserío Los Vásquez, comunidad Los Lipez, comunidad Molino Norte, Finca Montserrat, comunidad Villa Sabadell, Finca La Gloria.

En la subcuenca San Francisco los poblados y/o caseríos que se encuentran en áreas con niveles altos de criticidad son: Finca La Piedrecita, Finca La Chiripa, Finca La Suiza, Finca La Cuesta, Finca La Granja, Los Alpes, San José, El Socorro, Finca Suyen y la comunidad El Ocote. En el nivel medio de criticidad están las Fincas San Pablo, San Francisco, La Medalla, Las Mercedes y la comunidad La Garita; las Fincas Los Congos y La Danesa están en un nivel bajo de criticidad.



Mapa 8: Grados de criticidad: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistemas de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD27
 Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Súllow
 Fuente: MAGFOR, 2000

- | | | | | | | |
|--|-------------------------|--|----------------|----------|--|-------|
| | Subcuenca San Francisco | | Áreas Críticas | | Poblados y/o caseríos en situación crítica | |
| | Subcuenca Molino Norte | | | Bajo | | Alto |
| | Ciudad | | | Medio | | Medio |
| | MATAGALPA | | | Alto | | Bejo |
| | SAN RAMON | | | Muy alto | | |

4.7.1.2 Nivel de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte

El nivel de criticidad 3 (medio) se presenta en un mayor porcentaje de área en las partes alta, media y baja de la subcuenca con 44%, 50% y 52%, respectivamente. El nivel 4 de criticidad (alto) se aprecia en un 45%, 39% y 26%, en las partes alta, media y baja, respectivamente. Los valores de nivel de criticidad 5 (muy alto) ocupan muy bajos valores, 5% en la parte alta y 1% en la parte media y baja. No existe nivel de criticidad 1 en los tres niveles de la subcuenca. El nivel de criticidad 2 ocupa un 6% del área de la parte alta, 10% en la parte media y un 22% en la parte baja (cuadro 29 y figura 13).

Cuadro 29: Grado de criticidad por los niveles de subcuenca Molino Norte

Nivel de criticidad	Descripción	Alta		Media		Baja	
		Área (ha)	%	Área (ha)	%	Área (ha)	%
1	Muy bajo	0	0.0	0	0.0	0	0.0
2	Bajo	44.1	6.2	108.5	10.3	103.0	21.6
3	Medio	309.3	43.6	529.8	50.1	248.6	52.1
4	Alto	320.1	45.1	409.7	38.8	122.1	25.6
5	Muy alto	36.4	5.1	8.7	0.8	3.1	0.7
Total		709.8	100.0	1056.7	100.0	476.8	100.0

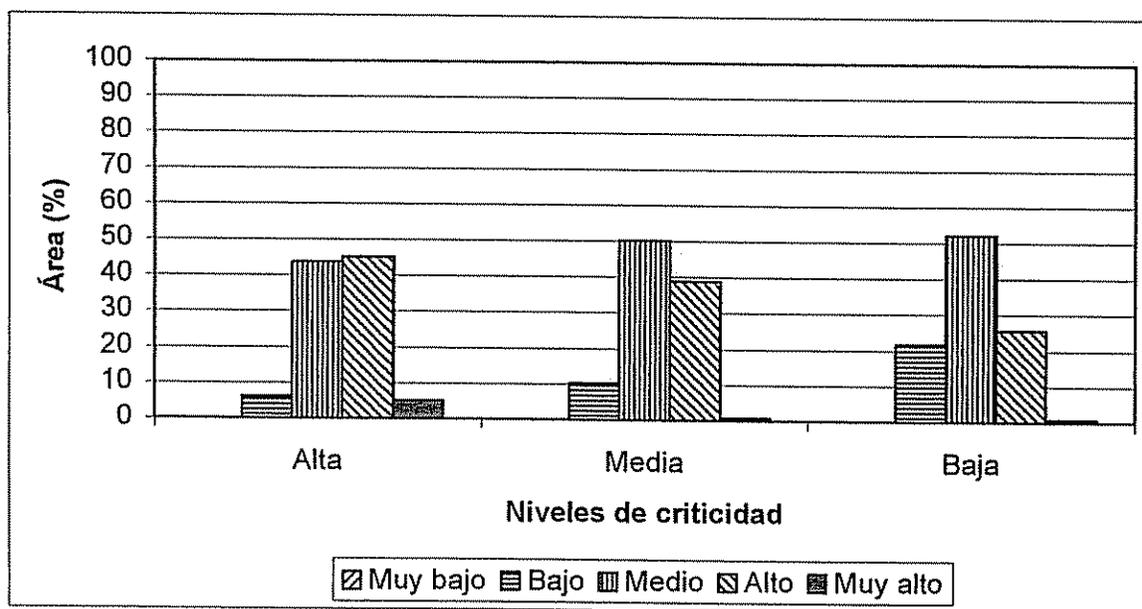


Figura 13: Porcentaje de área bajo diferentes niveles de criticidad de la subcuenca Molino Norte por parte alta, media y baja

4.7.2 Nivel de criticidad de la subcuenca San Francisco

El 49% de la superficie de la subcuenca San Francisco posee un nivel de criticidad 3 (medio), que abarca 1439.4 ha de la misma; seguido del 34% con el nivel de criticidad 4 (alto), lo que representa 996.8 ha. No hay área con nivel de criticidad 1 (muy bajo), y el nivel de criticidad 2 (bajo) ocupa 356.1 ha, que es el 12% del área de la subcuenca. El nivel de criticidad 5 (muy alto) representa 173.2 ha, un 6% del total de la superficie de la subcuenca (cuadro 30 y figura 14).

Cuadro 30: Nivel de criticidad de la subcuenca San Francisco

Nivel de criticidad	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy Bajo	0	0
2	Bajo	356,1	12
3	Medio	1439,4	49
4	Alto	996,8	34
5	Muy alto	173,2	6
Total		2965,5	100

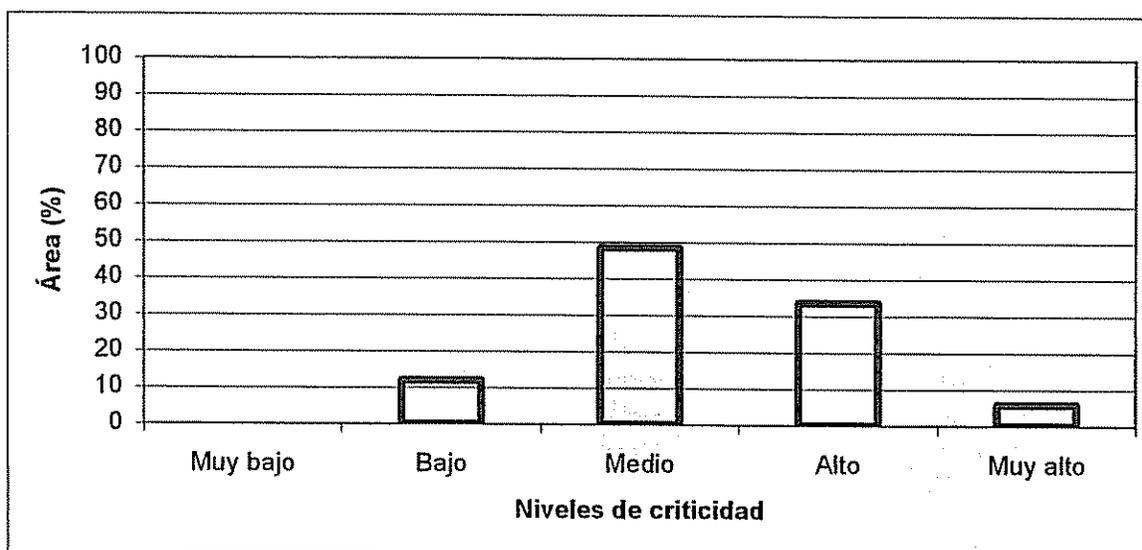


Figura 14: Porcentajes de áreas bajo diferentes niveles de criticidad de la subcuenca San Francisco

4.7.2.1 Nivel de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco

El 50% de la parte alta de la subcuenca San Francisco está en un nivel de criticidad 4 (alto), un 27% de la misma está bajo un nivel de criticidad 3 (medio), esto representa 89 ha de la parte alta. El nivel de criticidad 5 (muy alto) ocupa 60.5 ha de la parte alta(18%), hay 16.5 ha (5%) que está en un nivel de criticidad 2 (muy bajo), y no se presencia un nivel de criticidad 1 (muy bajo) en ninguna de las

tres partes de la subcuenca. La parte media tiene un 43% de su superficie bajo el nivel de criticidad 4 (muy alto), un 39% en el nivel de criticidad 3 (medio), y un 8 y 9% en los niveles de criticidad 2 (bajo) y 5 (muy alto), respectivamente. La parte baja de la subcuenca se encuentra en un 59% bajo el nivel de criticidad 3 (medio), que representa 957.4 ha. El nivel de criticidad 4 (muy alto) ocupa 395.2 ha, que equivale a un 24% de la superficie de la parte baja, hay 255.5 ha (16%) en el nivel de criticidad 2 (bajo) y el nivel de criticidad 5 (muy alto) se presenta en un 1% del área de la parte baja, que son 17.9 ha (cuadro 31 y figura 15).

Cuadro 31: Grados de criticidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco

Grado de criticidad	Descripción	Niveles de la subcuenca					
		Alta	%	Media	%	Baja	%
1	Muy bajo	0.0	0	0.0	0	0.0	0
2	Bajo	16.5	5	84.1	8	255.5	16
3	Medio	89.0	27	393.0	39	957.4	59
4	Alto	167.6	50	434.0	43	395.2	24
5	Muy alto	60.5	18	94.8	10	17.9	1
Total		333.6	100	1005.9	100	1626.0	100

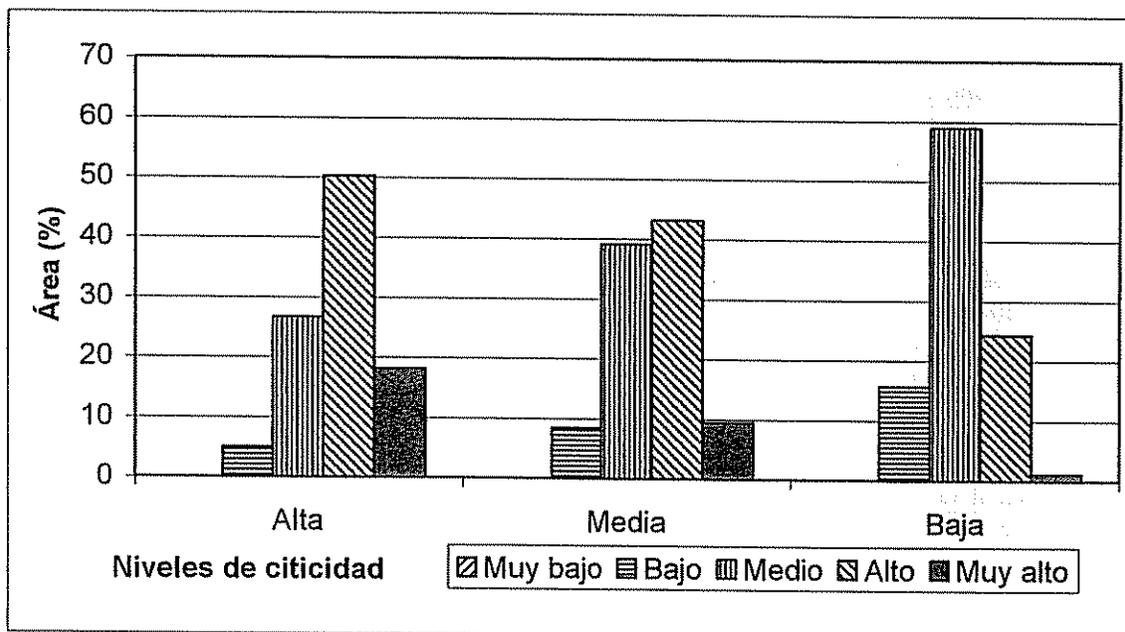


Figura 15: Porcentaje de áreas bajo diferentes grados de criticidad en la parte alta, media y baja de la subcuenca San Francisco

4.8 Diagnóstico participativo de problemas de las subcuencas

4.8.1 Subcuenca Molino Norte

4.8.1.1 Árbol de problemas: causas y efectos

Se hizo un árbol de problemas en las comunidades seleccionadas de la subcuenca Molino Norte, que fueron Los López y Molino Norte para ayudar a éstas a entender mejor los problemas, y distinguir entre causas y efectos. Los problemas fueron considerados para la parte media y baja de la subcuenca. La lista de problemas con sus causas y efectos se aprecia en el cuadro 18.

Cuadro 32: Problemas con sus causas y efectos de la subcuenca Molino Norte

PROBLEMAS	CAUSAS	EFECTOS
1) Contaminación del agua	- Excesivo uso de agroquímicos en cultivos. - Falta de educación ambiental	- Enfermedades.
2) Pobreza	- Falta de vivienda - Falta de recursos.	- Desempleo.
3) Erosión de suelos	- Pocas obras de conservación de suelos.	- Bajo rendimiento en las cosechas. - Poca fertilidad de los suelos.
4) Problemas de vivienda	- Pobreza - Falta de apoyo de las instituciones - Falta de superación - Falta de financiamiento o prestamos.	- Casas frágiles
5) Desempleo	- No hay fuentes de trabajo. - No hay crédito. - No hay tierras	- Migración. - Pobreza. - Malas viviendas.
6) Falta de Centro de Salud	- No hay gestión.	- Migración.
7) Falta de tierra para trabajar	- No hay financiamiento. - Los finqueros no desean arrendar sus tierras en barbecho - Falta de recursos	- Desempleo. - No hay producción.
8) Falta de agua	- Deforestación	- No hay producción en verano por la falta de agua para realizar riego en los cultivos.
9) Deforestación	- Excesivo consumo de leña - Falta de educación ambiental - Falta de conciencia de parte de los productores	- Se secan las fuentes de agua (sequía). - Suelos erosionados - Falta de agua. - Migración de la fauna.
10) Malos Caminos	- Falta de mano de obra. - Falta de gestión. - Falta de ayuda del gobierno. - Falta de recursos de la comunidad. - Falta de orientación.	- No hay acceso a servicios. - Mala organización de personas.
11) Falta de electricidad	- Transformadores de energía son insuficientes. - Falta de mantenimiento por el gobierno. - Falta de gestión. - Falta de atención del gobierno.	- No hay acceso a medios de comunicación como la TV. - Falta de alumbrado público en la comunidad. - Muchas casas poseen conexión ilegal.
12) Mejorar las escuelas	- Falta de financiamiento.	- Incomodidad para los estudiantes.

4.8.1.2 Priorización de problemas

De acuerdo a los problemas mencionados en el ejercicio anterior, los habitantes de la subcuenca realizaron una priorización a sus problemas, obteniéndose el siguiente resultado:

1. Falta de tierra
 - . Falta de agua potable
2. Problema de vivienda
3. Mejorar las escuelas
4. Erosión de suelos
5. Necesidad de un centro de salud
6. Deforestación
 - . Falta de trabajo
7. Pobreza
 - . Falta de electricidad
8. Contaminación de agua
 - . Malos caminos

Los problemas con mayor frecuencia citaron los habitantes de las comunidades y que le dieron la misma importancia son la falta de tierra, la falta de agua potable, después le siguió el problema de vivienda, como tercer problema en importancia esta la necesidad de mejorar las escuelas (en especial en la comunidad Molino Norte), le sigue la erosión de suelos, después, la necesidad de un centro de salud (en la comunidad Los Lípez); y en el mismo rango de importancia le sigue la deforestación y la falta de trabajo. La pobreza y la falta de luz eléctrica poseen la misma importancia para la población, siguiéndole la contaminación del agua y los malos caminos es el ultimo problema en importancia.

4.8.2 Subcuenca San Francisco

4.8.2.1 Árbol de problemas: causas y efectos

De la misma manera que en la subcuenca Molino Norte, en la subcuenca San Francisco se realizó un árbol de problemas con sus causas y efectos con dos comunidades seleccionadas (El Ocote y La Garita), solamente que para esta subcuenca se hizo en talleres separados. En el cuadro 19 se observa los problemas de la comunidad El Ocote y en el cuadro 20 de la comunidad La Garita.

Cuadro 33: Árbol de problemas de la comunidad El Ocote

Problemas	Causas	Efectos
1. Falta de agua potable	<ul style="list-style-type: none"> - Fuentes de agua existentes no abastecen a la zona. - Falta de apoyo. - Mala distribución del sistema. 	<ul style="list-style-type: none"> - Problema de desnutrición. - Enfermedades. - Falta de higiene.
2. Falta de un Centro de Salud	<ul style="list-style-type: none"> - Población pequeña - Debilidad institucional y/o del gobierno. 	<ul style="list-style-type: none"> - Salubridad.
3. Falta de tierra	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de recursos. - Pocas tierras. - No hay apoyo de gobierno. 	<ul style="list-style-type: none"> - No hay producción.
4. Caminos en mal estado	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de apoyo del gobierno. - Falta de recursos de la comunidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - No permite el desarrollo. - No hay acceso a mercados, escuelas, hospitales, transporte y autoridades.
5. Falta de luz eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de recurso (pobreza). - Falta de apoyo del gobierno y ONG. 	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de comunicación.
6. Problema de vivienda	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de apoyo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Casas débiles.

Cuadro 34: Árbol de problemas de la comunidad La Garita

Problemas	Causas	Efectos
1. Escasez de agua	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de mantenimiento del tanque de abastecimiento. - Incremento de la población. - No hay conciencia en el uso del agua de parte de los usuarios. 	<ul style="list-style-type: none"> - El servicio es limitado.
2. Deforestación	<ul style="list-style-type: none"> - Necesidad de uso de leña. - Para que le entre más sol a los cafetales. - Falta de educación ambiental. - Falta de recursos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Disminuye el caudal de los ríos. - Cambio climático. - Erosión de suelos.
3. Quemados sin control	<ul style="list-style-type: none"> - Falta de apoyo de instituciones (estatales y 	<ul style="list-style-type: none"> - Degradación de los terrenos.

	ONG) - Falta de recursos	- Erosión de suelo por estar descubierto.
4. Contaminación del agua	- Mal manejo de insumos agrícolas. - Falta de letrinas. - Los beneficios arrojan la pulpa y la cáscara del café a los cauces.	- Enfermedades. - Poca existencia de fauna y flora.
5. Falta de lugar de recreación (parque, centro comunal)	- Falta de coordinación de la comunidad. - Falta de interés de la comunidad.	- Los habitantes tienen que ir a otros lugares.

4.8.2.2 Priorización de problemas

En la comunidad El Ocote, los pobladores priorizaron sus problemas de la siguiente manera:

1. Escasez o falta de agua
2. Necesidad de un centro de salud
3. Falta de tierra para trabajar
4. Caminos en mal estado
5. Problema de vivienda
6. Falta de luz eléctrica

Los pobladores de la comunidad La Garita priorizó sus problemas de la siguiente manera:

1. Contaminación del agua
2. Escasez de agua
3. Deforestación
4. Quemadas sin control
5. Lugar de recreación

4.9 Vulnerabilidad

4.9.1 Subcuenca Molino Norte y San Francisco

4.9.1.1 Calidad del agua. Año 1993

La calidad de agua fue uno de los problemas que se mencionaron en los talleres participativos. En la subcuenca Molino Norte se seleccionaron 7 puntos de muestreo, y en la subcuenca San Francisco 13 puntos de muestreo (mapa 9), y a través de los polígonos de Thiessen se calculó la influencia que hay para cada punto y su influencia en cada nivel de la misma. Haciendo uso de SIG se calculó que la media de la calidad de agua de la subcuenca Molino Norte en la parte alta y media es de 75 CF/100 ml de agua, y la parte baja 50 CF/100 ml, que representan niveles fuerte y moderados de contaminación.

Los poblados y/o caseríos que se encuentran en un nivel muy fuerte de contaminación de agua (100 CF/100 ml de agua) en la subcuenca Molino Norte son: Quinta Dora, La Hammonia, Los Lípez, Molino Norte y Villa Sabadell. En el nivel fuerte de contaminación (75 CF/100 ml de agua) están los siguientes poblados: Bethania, Los Vásquez, Selva Negra (Hotel) y La Gloria. Los poblados y/o caseríos San José, San Luis, Montserrat, Santa Rosa y La Argollona se encuentran en niveles moderados de contaminación (50 CF/100 ml). No existe comunidad en áreas con agua potable.

En la subcuenca San Francisco la media de la calidad de agua en la parte alta y baja es de 75 CF/100 ml, la parte media es mayor a 100 CF/100 ml. Estos datos nos indican que la calidad del agua para ambas subcuencas no es apta para consumo humano y se deben tomar medidas para alivianar esta situación para los pobladores de las subcuencas Molino Norte y San Francisco. En el cuadro 35 y figura 16 se muestra las medias de la calidad de agua para las subcuencas Molino Norte y San Francisco.

En la subcuenca San Francisco, hay tres poblados y/o caseríos que poseen niveles de agua potable, y son: Las Piedrecitas, El Ocote y La Medalla. En el nivel muy fuerte de contaminación se encuentran los poblados y/o caseríos La Danesa, San Francisco, Los Congos, La Chiripa, Los Alpes, San Pablo y El Socorro; en el nivel fuerte de contaminación están los siguientes poblados: La Granja, Las Mercedes, La Garita, San José y La Suiza. La Cuesta y la Fina Suyen poseen niveles moderados de contaminación.

Cuadro 35: Calidad de agua (Número de coliformes fecales / 100 ml) en las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Partes de la subcuenca	Molino Norte	San Francisco
	Calidad del agua (No. CF/100 ml)	
Alta	75	75
Media	75	>100
Baja	50	75

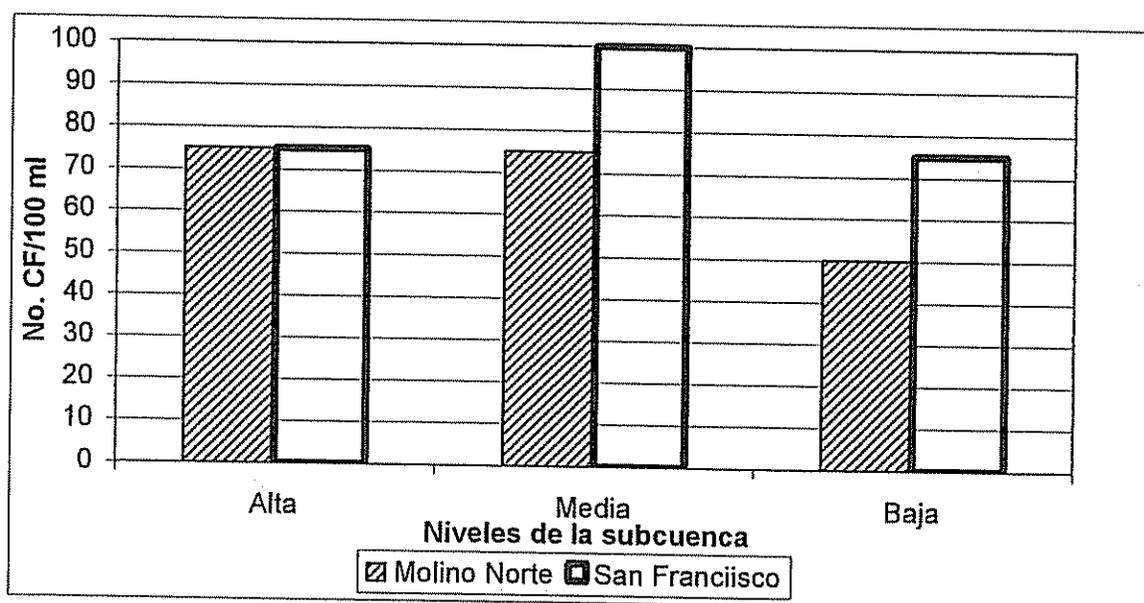
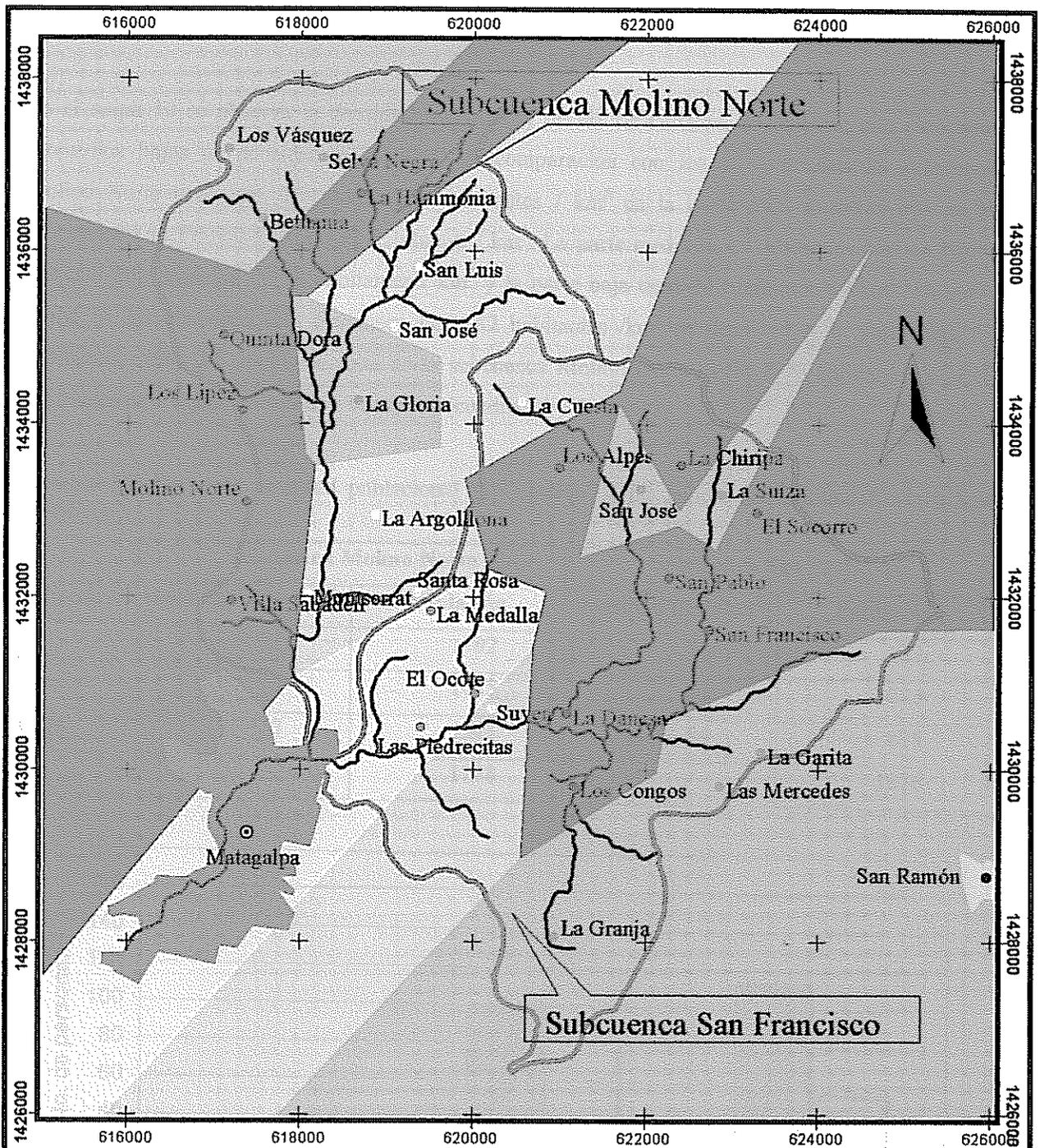


Figura 16: Promedio de número de coliformes fecales (No por 100 ml) en la parte alta, media y baja de las subcuencas Molino Norte y San Francisco



Mapa 9: Mapa de calidad de agua: subcuenca Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD27
 Escala 1:60,000

0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Súllow
 Fuente: SILAIS-Matagalpa

Poblados y/o caseríos en
 áreas de calidad de agua

- Muy fuertemente contaminado
- Fuertemente contaminado
- Moderadamente contaminado
- Potable

Calidad del agua

- Potable
- Moderadamente contaminado
- Fuertemente contaminado
- Muy fuertemente contaminado

4.9.1.2 Densidad poblacional

En el mapa 10 se observa la densidad poblacional de las subcuencas, en la parte alta presentan promedios bajos de densidad poblacional en comparación con los otros niveles, la subcuenca Molino Norte tiene una densidad de 27 habitantes / km² en la parte alta, mientras que en la subcuenca San Francisco es de 37 habitantes / km². La parte media de la subcuenca Molino Norte presenta una densidad de 99 habitantes / km² y la parte baja tiene 113 habitantes / km². La parte media de la subcuenca San Francisco tiene 82 habitantes /km² de densidad, y la parte baja 54 habitantes / km². La población total de la subcuenca Molino Norte es de 1778 habitantes y 1826 habitantes para la subcuenca San Francisco (cuadro 36 y figura 17).

Cuadro 36: Datos de densidad poblacional y población de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Niveles	Subcuenca Molino Norte		Subcuenca San Francisco	
	Densidad (hab/km ²)	Población	Densidad (hab/km ²)	Población
Alta	27	192	37	123
Media	99	1045	82	825
Baja	113	541	54	878
Total	---	1778	---	1826

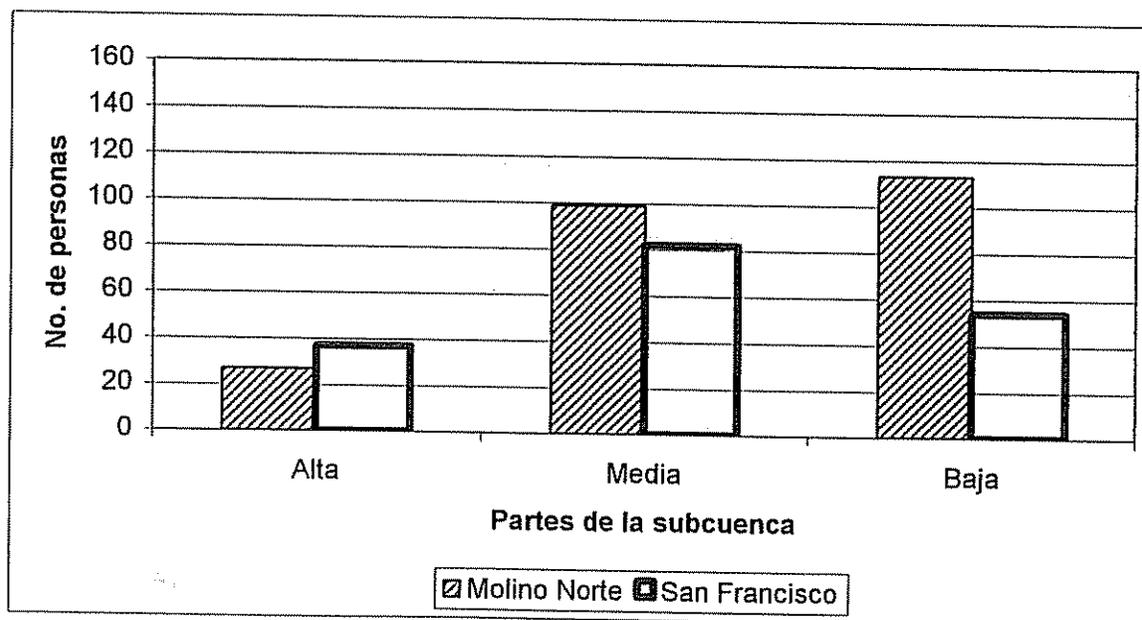
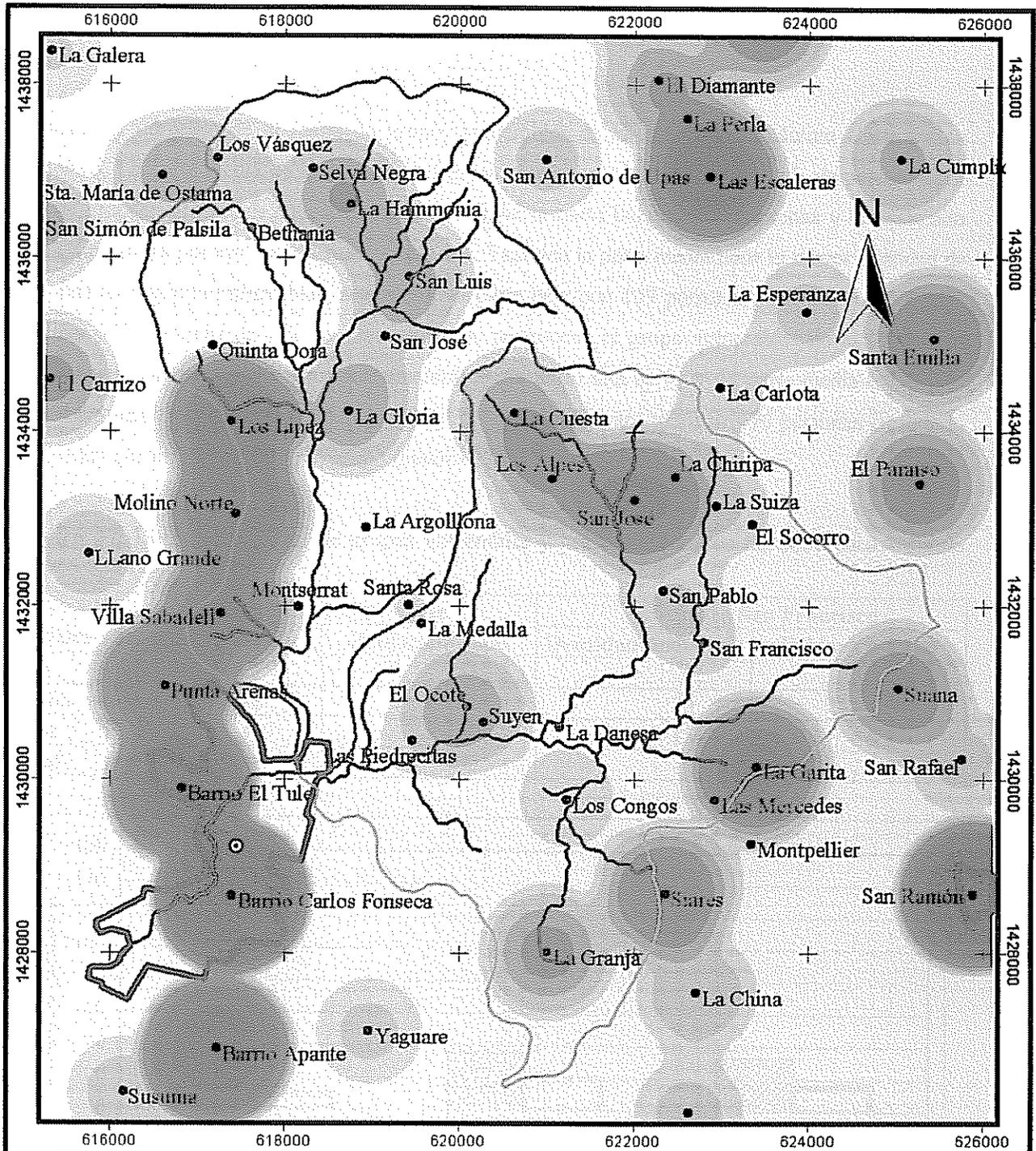


Figura 17: Densidad y población de las subcuencas Molino Norte y San Francisco



Mapa 10: Mapa de densidad poblacional: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16

Proyección NAD27

Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers



Coordinación: Nelson González-Súllow

Fuente: INEC,1995

○ Subcuenca Molino Norte

○ Subcuenca San Francisco

~ Ríos

⊙ Cab. Departamental

• Comunidades y/o caseríos

Densidad (hab/km²)

○ 0 - 25

○ 25 - 50

○ 50 - 100

○ 100 - 150

○ 150 - 200

○ 200 - 300

○ 300 - 400

○ 400 - 800

○ 800 - 2896

4.9.1.3 Grupos vulnerables

El mapa 11 corresponde al mapa de grupos vulnerables de las subcuencas Molino Norte y San Francisco. La parte media de la subcuenca Molino Norte tiene la mayor densidad de personas por km² de grupos vulnerables con 36 personas, le sigue la parte baja con 33 personas y la parte alta posee 7 personas por km² en el grupo vulnerable. También la parte media tiene la mayor cantidad de personas en el grupo vulnerables, seguido de la parte baja con 159 personas y la alta con 53, para totalizar 593 personas en toda la subcuenca que pertenecen al grupo vulnerable. En la subcuenca San Francisco la densidad del grupo vulnerable en la parte alta es 9, en la parte media es 20 y la parte baja tiene 15 personas por km² en el grupo vulnerable, para totalizar 470 personas en toda la subcuenca que esta dentro de este grupo (cuadro 37 y figura 18).

Cuadro 37: Densidad por km² de grupos vulnerables y población total de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Niveles	Subcuenca Molino Norte		Subcuenca San Francisco	
	Densidad (hab/km ²)	Población Total	Densidad (hab/km ²)	Población Total
Alta	7	53	9	29
Media	36	381	20	204
Baja	33	159	15	237
Total		593		470

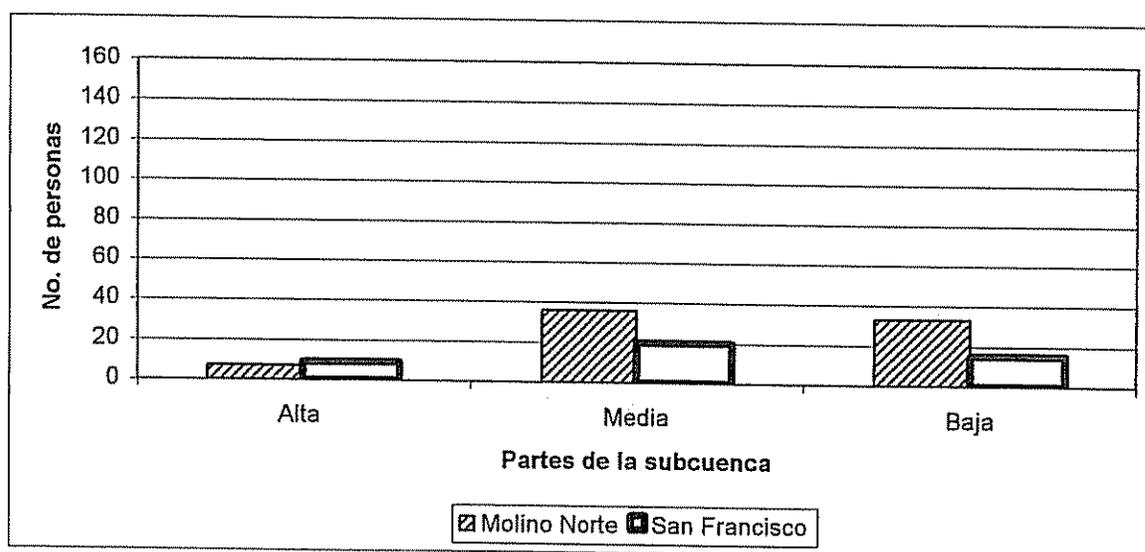
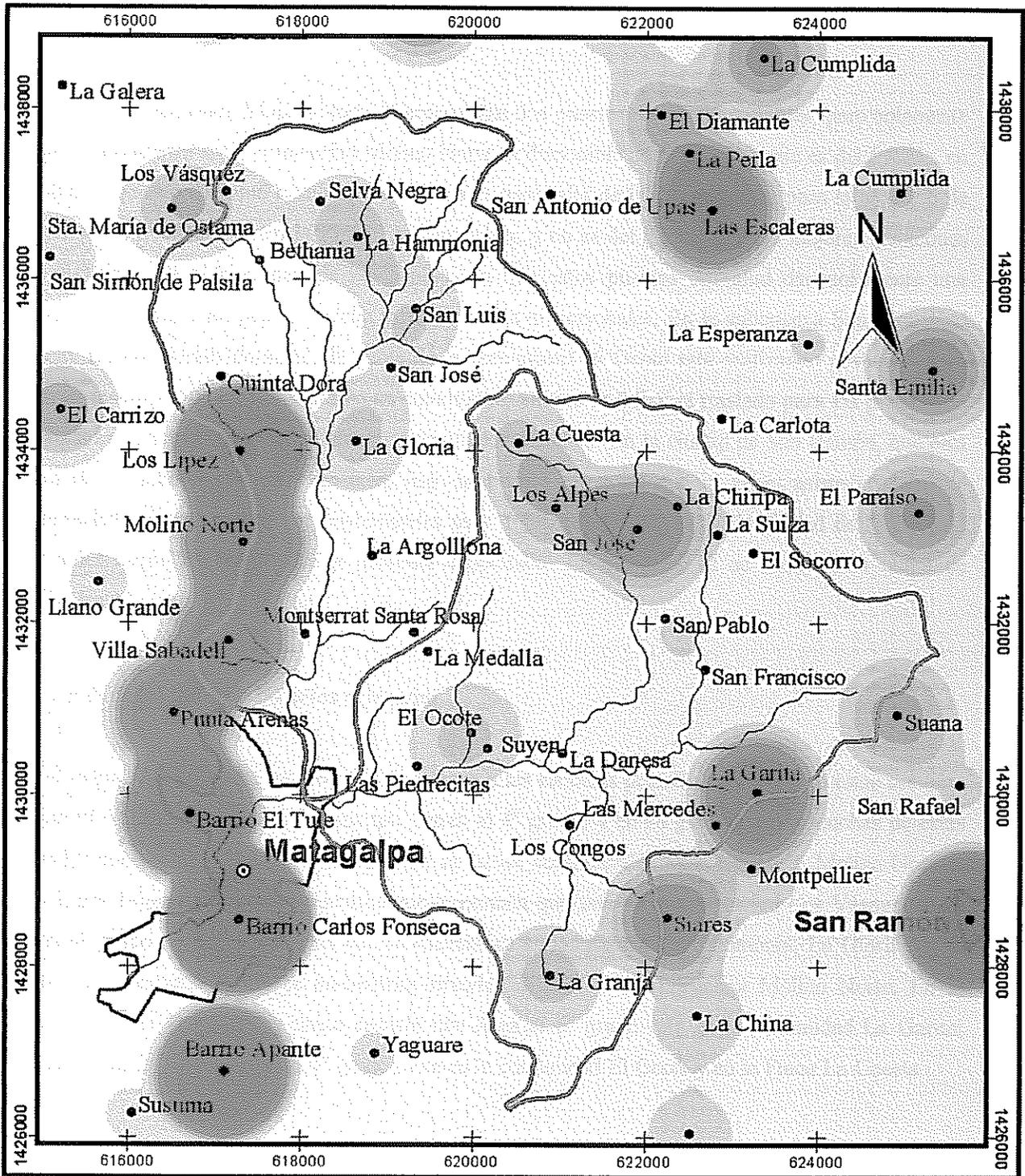


Figura 18: Densidad de grupos vulnerables y población total en las subcuencas Molino Norte y San Francisco



Mapa 11: Mapa de grupos vulnerables: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000
 1 0 1 Kilometers
 Coordinación: Nelson González-SDIlow
 Fuente: INEC, 1995

- Subcuenca Molino Norte
- Subcuenca San Francisco
- Cab. Departamental
- Comunidades y/o caserios
- Ríos

Grupos vulnerables	
	0 - 15
	15 - 30
	30 - 45
	45 - 60
	60 - 75
	75 - 90
	90 - 150
	150 - 300
	300 - 669

4.9.1.4 Proximidad a los puestos de servicio de salud

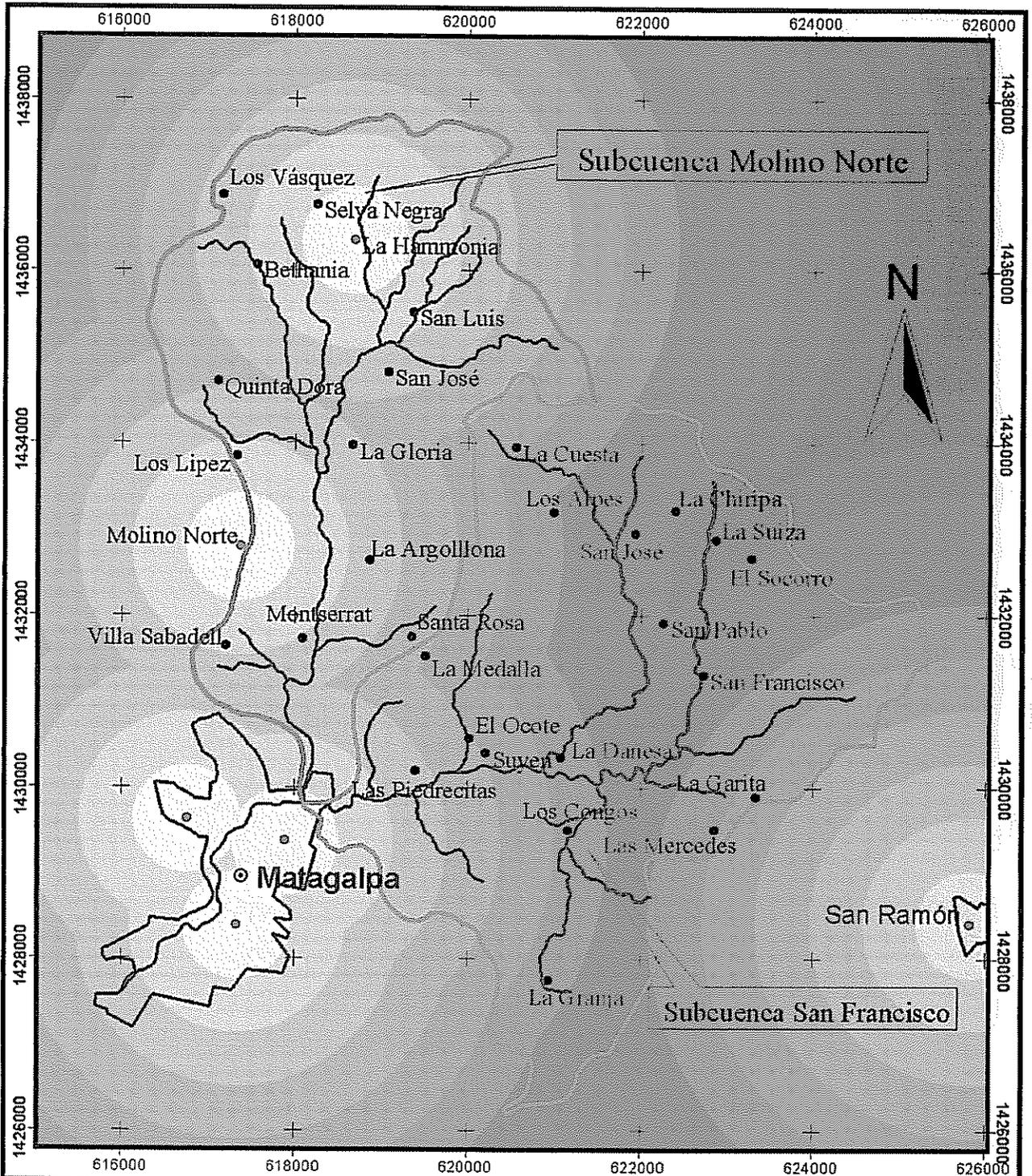
Dentro de la subcuenca Molino Norte se encuentran dos puestos de salud accesibles, pero solamente el que se encuentra en la comunidad Molino Norte es disponible para todos porque es del Estado, en cambio, el puesto de salud que se encuentra en la parte alta de la subcuenca es para la atención de las personas que trabajan en la Finca La Hammonia, y no es del gobierno. Para mejores atenciones las personas van a la ciudad de Matagalpa, ya que estos puestos de salud dan solamente una atención primaria y no poseen mucha infraestructura ni personales. En la subcuenca San Francisco no hay ningún puesto de salud, la gente de la comunidad El Ocote está realizando gestiones para tener al menos un puesto de salud en su comunidad, ya que es difícil el traslado para las personas a la ciudad de Matagalpa por la distancia y los malos caminos. En la ciudad de San Ramón, que está fuera de la subcuenca San Francisco, hay un puesto de salud que la gente asiste en caso de enfermedades leves, pero si hay necesidades más urgentes también van a la ciudad de Matagalpa por tener mejor infraestructura y personal capacitado. En el mapa 12 se observa un mapa de distancias a los puestos de salud.

4.9.1.5 Proximidad a las escuelas primarias

En el mapa 13 se observa un mapa de distancias a las escuelas primarias; muchas de estas escuelas llegan al 6° grado, pero hay algunas que llegan al 4° grado, y en su gran mayoría muchas de estas escuelas son multigrados. Las escuelas que están las comunidades Villa Sabadell, Molino Norte y Los López llegan al 6° grado, mientras que la escuela que esta en la comunidad Los Vásquez llega hasta 4° grado, como también las que se encuentran en las Fincas La Hammonia, La Gloria y San Luis, todas estas escuelas se encuentran situadas dentro de la subcuenca Molino Norte. En la subcuenca San Francisco la única escuela que llega al 6° grado esta en la comunidad La Garita; mientras que las escuelas hasta 4° grado estan en la comunidad El Ocote y en la Finca La Cuesta.

4.9.1.6 Proximidad a caminos

El mapa 14 muestra las distancias que hay a los distintos tipos de caminos para la población que esta en la subcuenca. Todos los caminos se consideraron de igual manera, ya que se evaluó el acceso a las subcuencas.



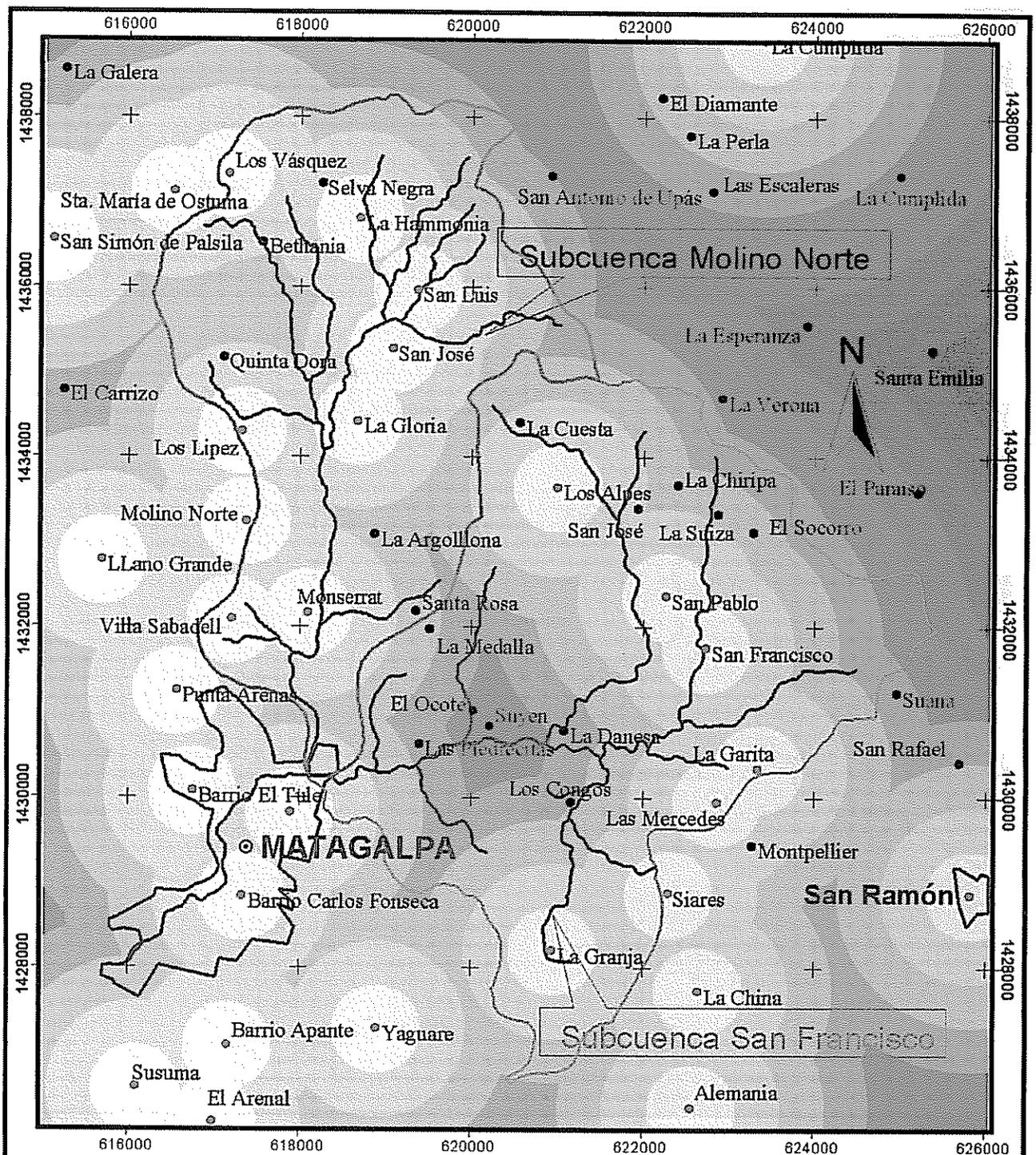
Mapa 12: Mapa de distancias a los puestos de salud: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers

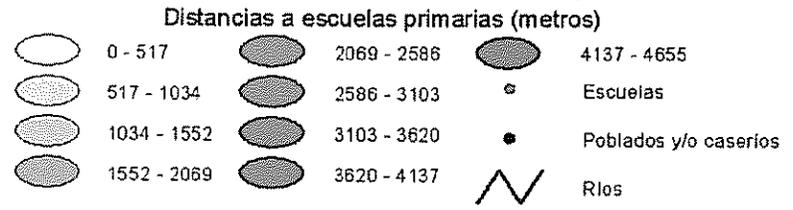
Coordinación: Nelson González-S.

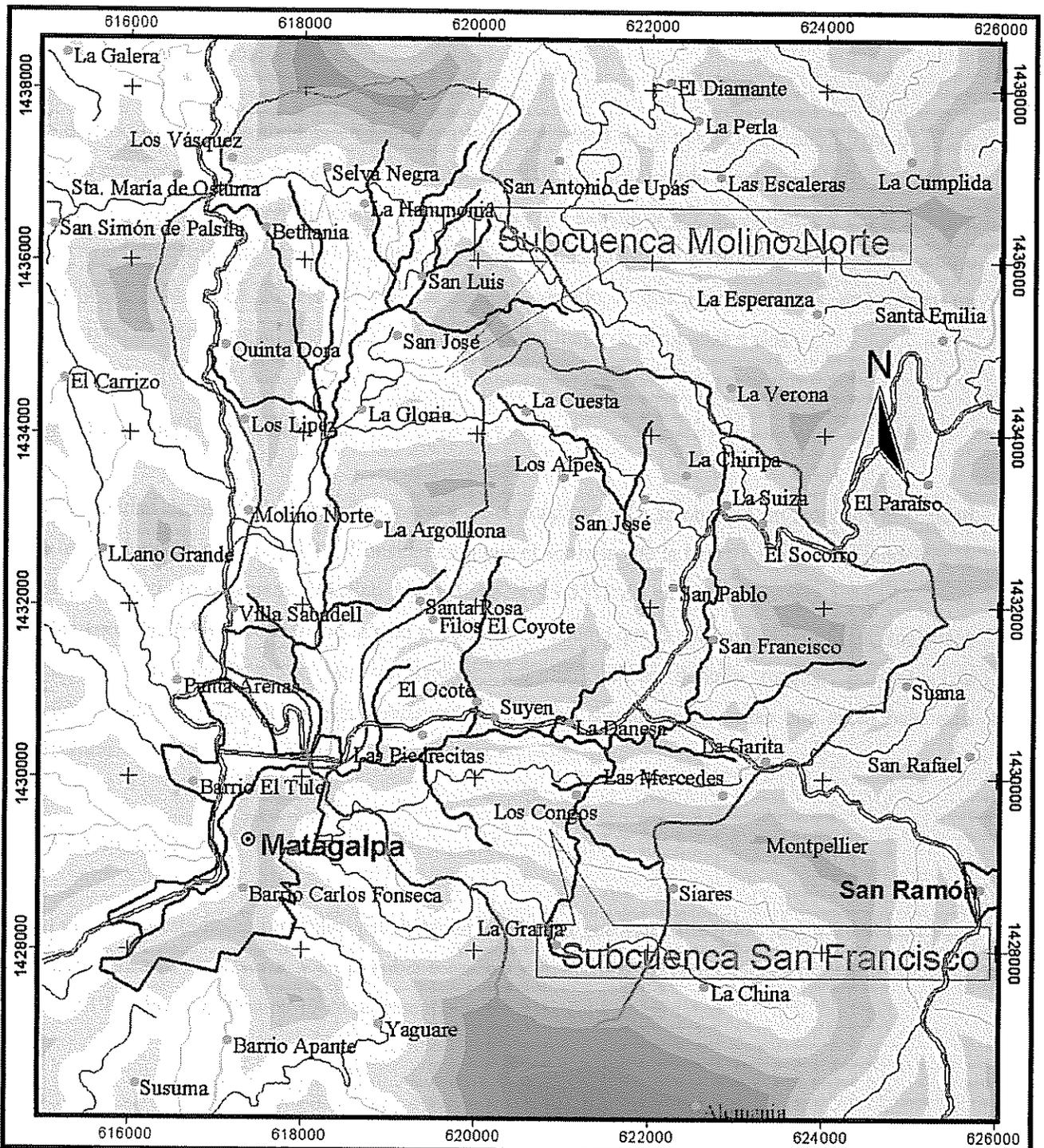
Distancia a los Puestos de salud (metros)			
○ 0 - 621	● 2484 - 3105	● 4968 - 5589	● 7452 - 8073
○ 621 - 1242	● 3105 - 3726	● 5589 - 6210	● Puestos de salud
○ 1242 - 1863	● 3726 - 4347	● 6210 - 6831	● Poblados y/o caseríos
○ 1863 - 2484	● 4347 - 4968	● 6831 - 7452	— Ríos



Mapa 13: Distancias a escuelas primarias: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000
 1 0 1 Kilometers
 Coordinación: Nelson González-Stillo



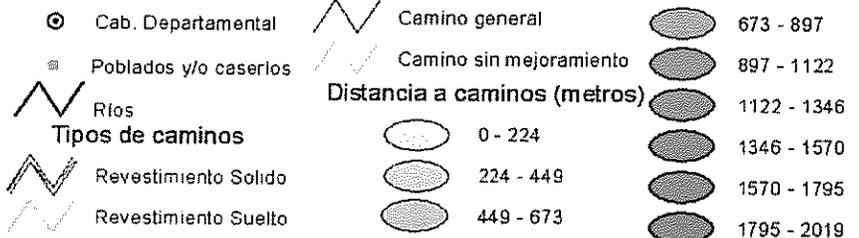


Mapa 14: Distancias de caminos: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Süllo
 Fuente: MAGFOR, 2000



4.9.1.7 Distancia a ríos

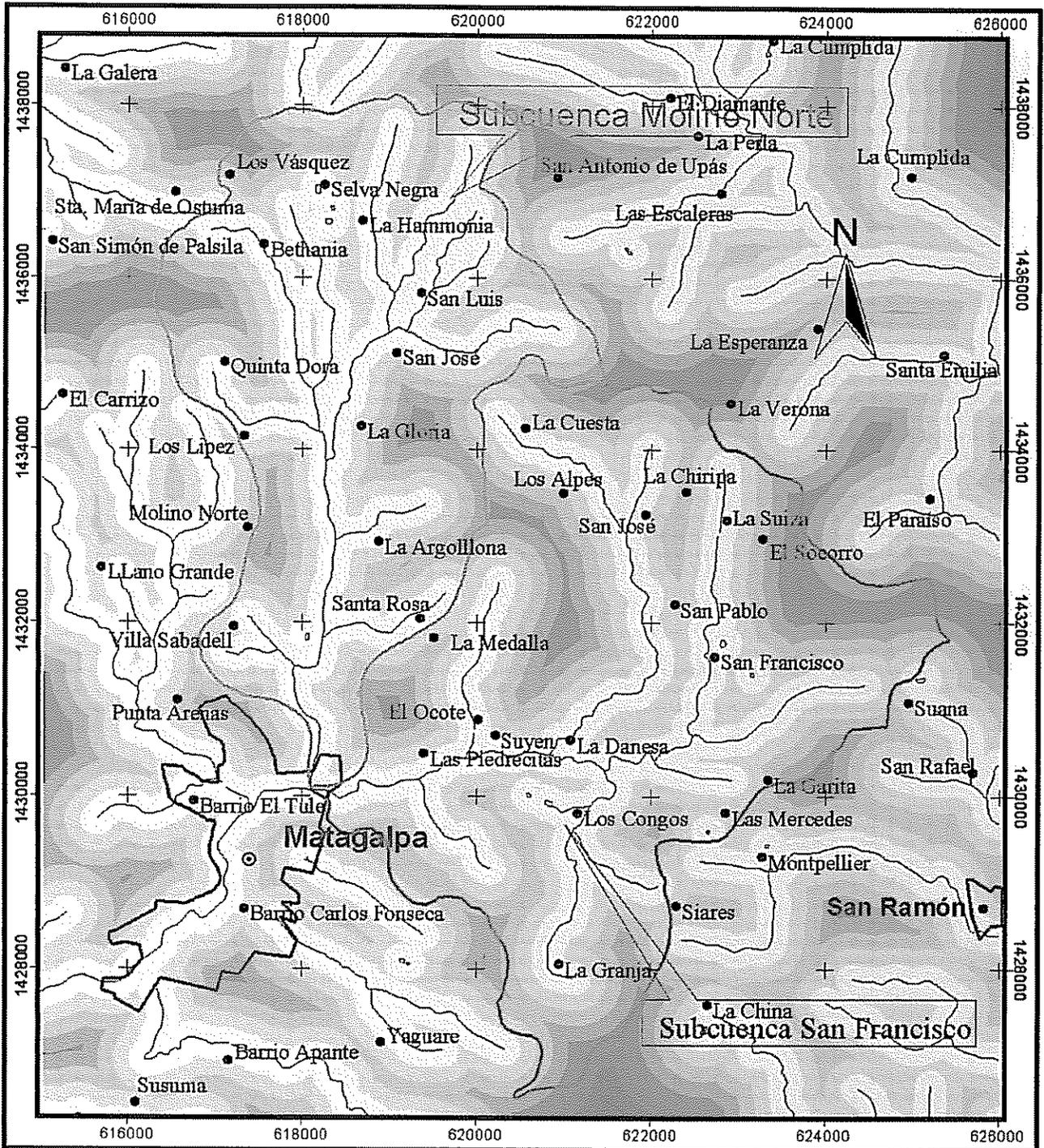
La distancia a ríos esta tomada en función a la accesibilidad de la población a una fuente de agua, ya que este recurso es escaso dentro de la subcuenca, y fue mencionado que los pobladores en época que no hay mucho agua en sus casas van a los ríos para satisfacer sus necesidades y llevar aguas a sus casas. En tiempo de sequía los habitantes de las subcuencas van a los ríos, a los ojos de agua o quebradas para poder abastecer sus necesidades, debido a que muchas casas no poseen un suministro directo de agua. En el mapa 15 se observa el mapa de distancias a ríos .

4.9.1.8 Intensidad de uso de la tierra

La intensidad de uso de la tierra fue descrito en el acápite 4.4, y se observa un mapa de intensidad de uso de la tierra en el mapa 16. Considerando que el sobreuso de la tierra contribuye a aumentar la vulnerabilidad, la subcuenca Molino Norte tiene el 43.55% de su área bajo esta categoría, y la subcuenca San Francisco el 78.5% de su superficie. Se asume que la subcuenca San Francisco posee más superficie propensas a ser vulnerables, por lo cual se debería realizar proyectos de mejoramiento de la tierra en esta subcuenca para poder disminuir las áreas que estan bajo esta categoría.

4.9.1.9 Precipitación

En el área de estudio se presentan precipitaciones anuales que van entre 1490 mm y 1670 mm para la subcuenca Molino Norte; y en la subcuenca San Francisco las precipitaciones oscilan entre 1490 mm y 1900 mm. En el mapa 17 se representa las isoyetas del área de estudio.



Mapa 15: Distancias a ríos: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000

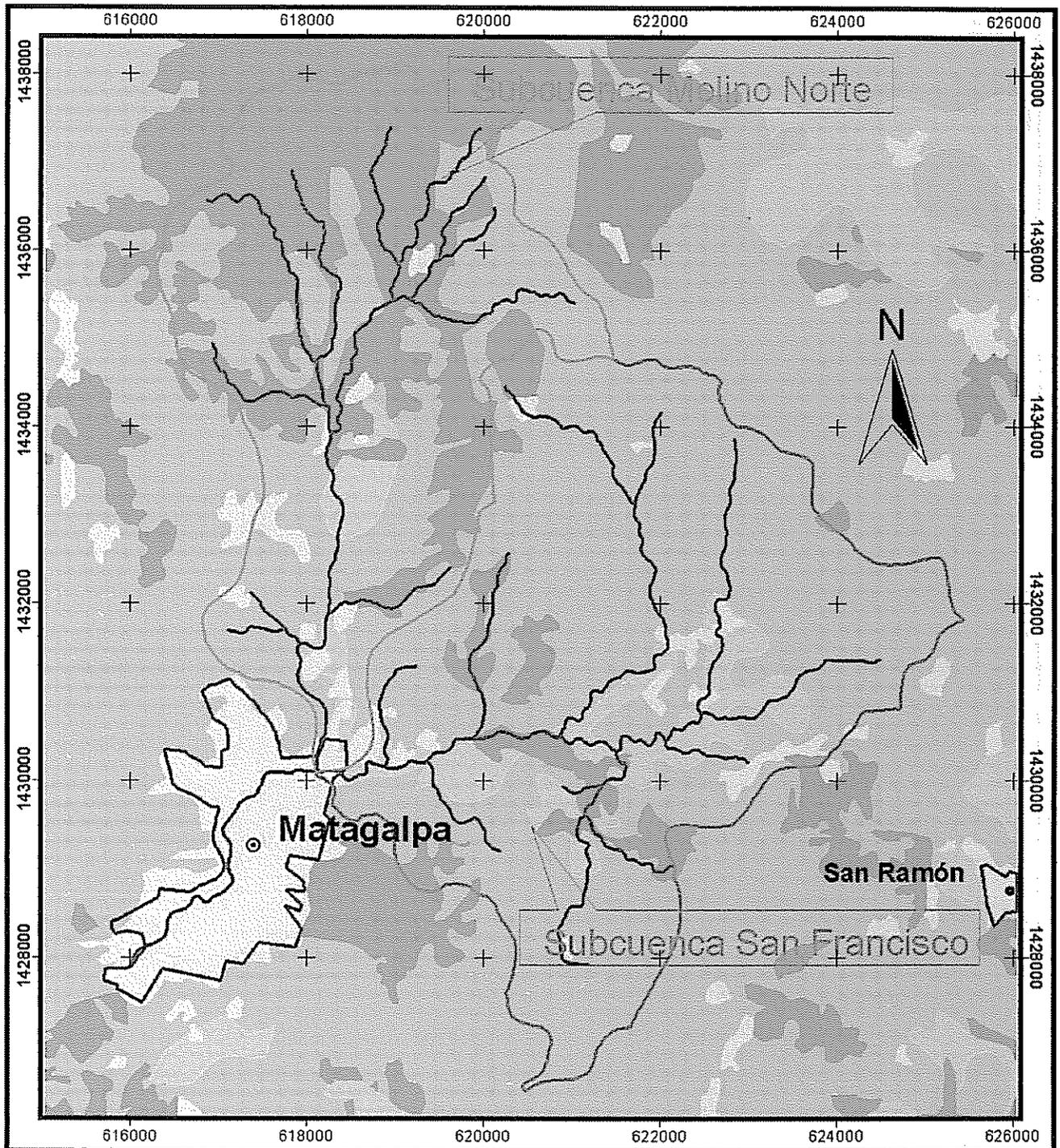
1 0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Súllow
 Fuente: MAGFOR, 2000

- ⊙ Cab. Departamental
- Poblados y/o caseríos
- ~ Ríos

Distancia a ríos (metros)

- | | |
|-------------|---------------|
| ○ 0 - 182 | ● 726 - 908 |
| ○ 182 - 363 | ● 908 - 1089 |
| ○ 363 - 545 | ● 1089 - 1271 |
| ○ 545 - 726 | ● 1271 - 1452 |
| | ● 1452 - 1634 |



Mapa 16: Intensidad de uso de la tierra: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000

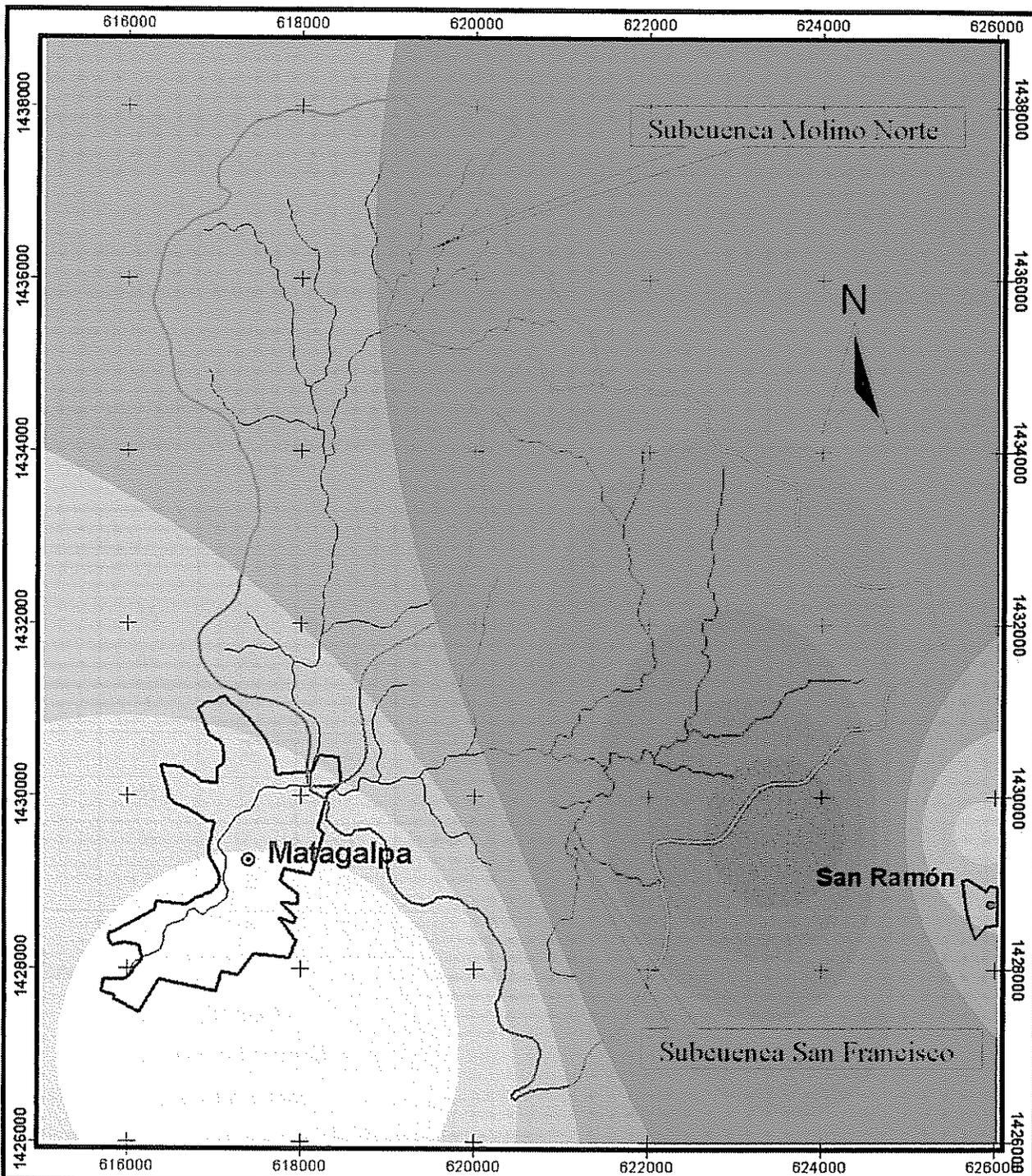
1 0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Stülow
 Fuente: MAGFOR, 2000

- ⊙ Cab. Departamental
- Cab. Municipal
- ~ Ríos

Categorías de uso

- Adecuado
- Subutilizado
- Sobre utilizado
- No aplica



Mapa 17: Mapa de isoyetas: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
 Proyección NAD 27
 Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers

Coordinación: Nelson González-Súllow

- ⊙ Cab. Departamental
- Cab. Municipal
- ~ Ríos

Precipitación (mm/año)	
	1375 - 1438
	1438 - 1501
	1501 - 1563
	1563 - 1626
	1626 - 1689
	1689 - 1752
	1752 - 1814
	1814 - 1877
	1877 - 1940

4.10 Mapa de áreas vulnerables de las subcuencas Molino Norte y San Francisco

Para obtener el mapa de áreas vulnerables de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se hizo una evaluación multicriterio en el programa IDRISI de SIG para saber el peso relativo de cada parámetro; se hizo una matriz de comparación (cuadro 38), en la cual se utilizó la escala continua que está en el acápite 3.11, para poder ingresar los valores en la matriz. Ya ingresados los valores en la matriz se calculó los pesos relativos de cada parámetro (cuadro 39), donde la consistencia de los pesos dio 0.09, lo que indicó que es aceptable.

Cuadro 38: Matriz de comparación utilizado en la metodología de la vulnerabilidad para las subcuencas Molino Norte y San Francisco

	a	b	c	d	e	f	g	h	i
a	1								
b	½	1							
c	½	½	1						
d	1	2	2	1					
e	½	2	2	1	1				
f	½	½	2	2	2	1			
g	½	2	½	1/3	½	½	1		
h	3	2	2	½	½	2	2	1	
i	2	2	2	1	2	2	1	2	1

Referencia:

- a = Calidad del agua
- b = Densidad poblacional
- c = Grupos vulnerables
- d = Proximidad los puestos de servicio de salud
- e = Proximidad a las escuelas primarias
- f = Distancia a caminos
- g = Proximidad a ríos
- h = Intensidad de uso de la tierra
- i = Precipitación

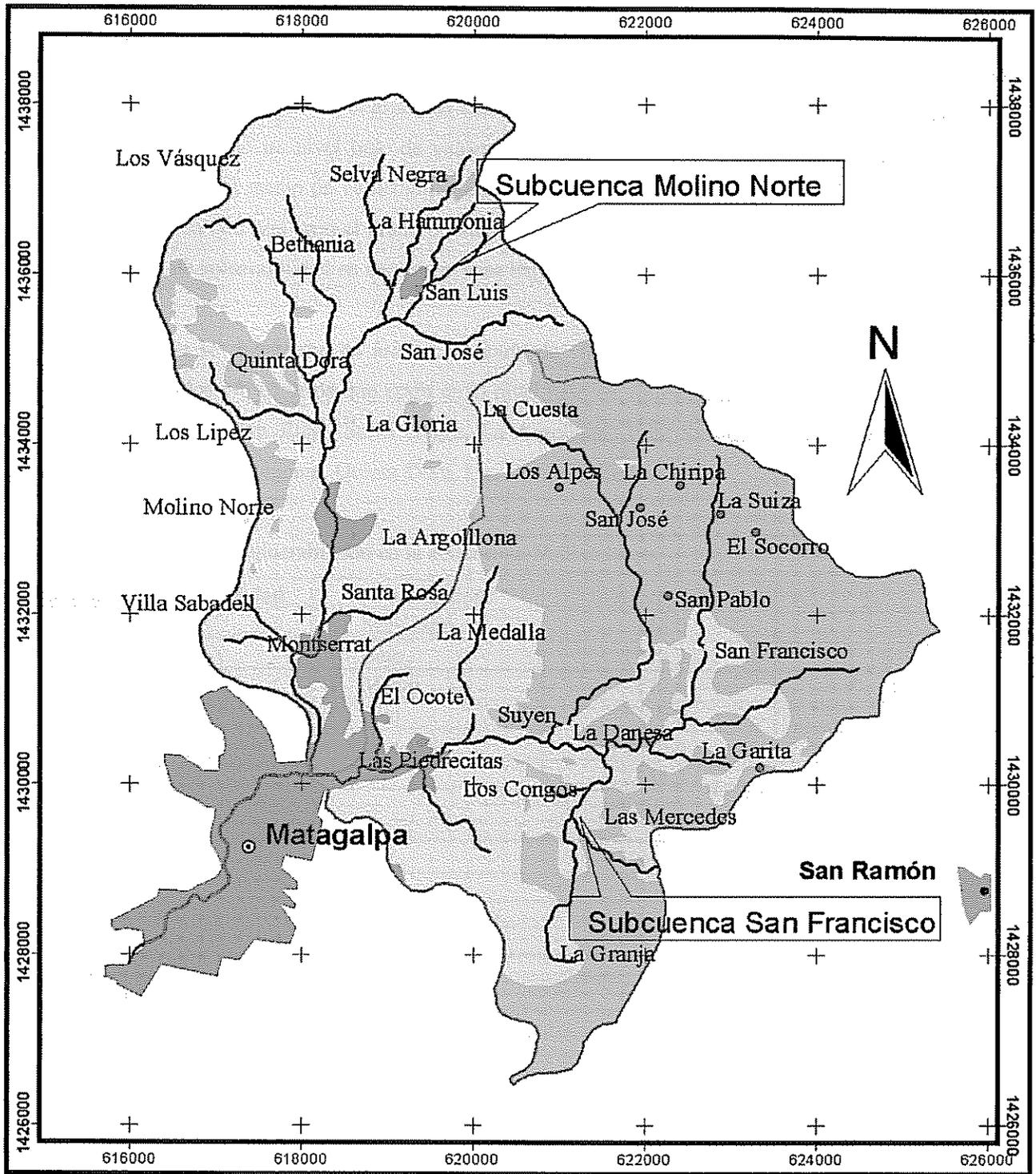
Cuadro 39: Pesos derivados de la matriz de comparación o apareamiento

Parámetros	Pesos relativos
Calidad del agua	0.1259
Densidad poblacional	0.0797
Grupos vulnerables	0.0633
Proximidad a los puestos de salud	0.1355
Proximidad a las escuelas primarias	0.1142
Proximidad a los caminos	0.1124
Distancia a ríos	0.0708
Intensidad de uso de la tierra	0.1362
Precipitación	0.1620
Total	1.00

Obtenidos los pesos relativos de cada parámetro (cuadro 39), se los multiplicó por cada variable, y el resultado de cada uno se sumaron entre sí. El resultado esta dado en porcentaje, después se lo reclasificó del 1 al 5, según el cuadro 13 de grados de vulnerabilidad que está en el acápite 3.12 . La operación que se hizo para obtener el mapa de áreas vulnerables es la siguiente:

$$\text{Nivel de vulnerabilidad} = (\text{calidad del agua} * 0.1259) + (\text{densidad poblacional} * 0.0797) + (\text{grupos vulnerables} * 0.0633) + (\text{Proximidad a los puestos de salud} * 0.1355) + (\text{proximidad a las escuelas primarias} * 0.1142) + (\text{proximidad a los caminos} * 0.1124) + (\text{distancia a los ríos} * 0.0708) + (\text{intensidad de uso de la tierra} * 0.1362) + (\text{precipitación} * 0.1620)$$

El mapa 18 se aprecia los distintos niveles de vulnerabilidad en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.



Mapa 18: Mapa de áreas vulnerables: subcuenca Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16
Proyección NAD 27

Escala 1:60,000

0 1 Kilometers



Coordinación: Nelson González-Súllow

Niveles de vulnerabilidad

- Muy Bajo
- Bajo
- Medio

Poblados según la vulnerabilidad

- Medio
- Bajo
- Muy Bajo

Ríos

Cab. Departamental

Cab. Municipal

4.10.1 Grado de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte

Según el cuadro 40 y la figura 19, el grado de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte es grado 2, que lo describe como un nivel bajo de vulnerabilidad, el 87% del área esta bajo este grado de vulnerabilidad. El nivel medio de vulnerabilidad o grado 3, abarca el 8% del área de la subcuenca, con un 5% del área que esta bajo el grado de vulnerabilidad 1 o muy bajo. El mapa 17 muestra los distintos grados de vulnerabilidad en las subcuencas bajo estudio.

Los poblados que se encuentran en áreas con grado de vulnerabilidad muy baja es la Finca San Luis, y los poblados y/o caseríos que están en el nivel bajo de vulnerabilidad de la subcuenca son: San José, La Gloria, San Rosa, Selva Negra, La Argollona, Villa Sabadell, Montserrat, Molino Norte, Los Lipez, La Hammonia, Quinta Dora, Los Vásquez, Bethania.

Cuadro 40: Niveles de vulnerabilidad en la subcuenca Molino Norte

Grado de vulnerabilidad	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy Bajo	116.0	5
2	Bajo	1948.3	87
3	Medio	179.0	8
4	Alto	0.0	0
5	Muy Alto	0.0	0
Total		2243.3	100

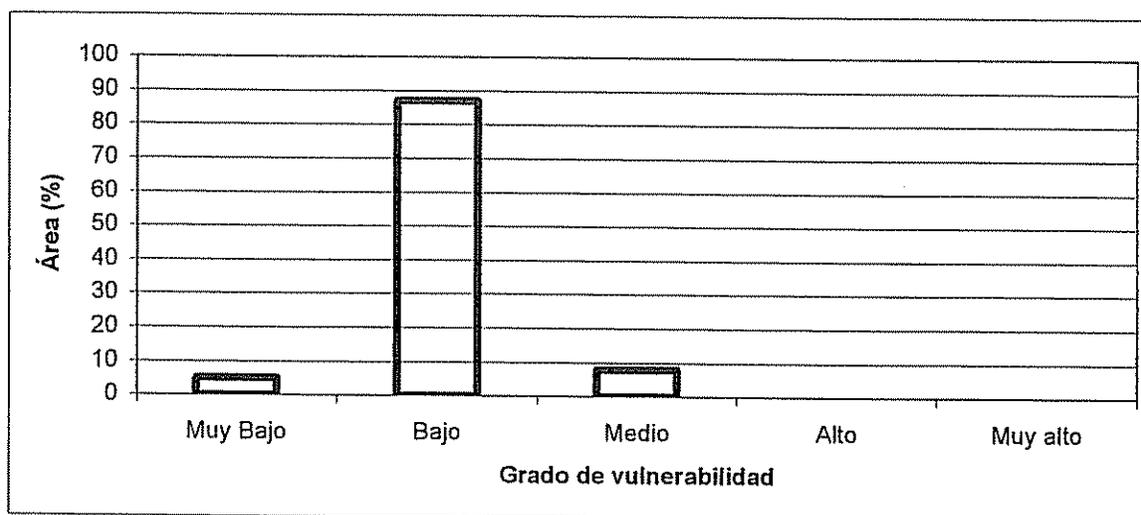


Figura 19: Área en porcentaje bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la subcuenca Molino Norte

4.10.1.1 Grado de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte

La parte alta de la subcuenca Molino Norte posee un grado de vulnerabilidad baja (grado 2), abarca el 89.9% de la parte alta (638 ha). Un 10.1% del área esta con un grado de vulnerabilidad media, ocupando 71.8 ha. Con el mismo grado de vulnerabilidad 2 o baja esta la parte media, donde el 89.1% del área esta bajo este grado (941 ha); el 10.1% de la parte media esta bajo un grado de vulnerabilidad 3, abarcando 106.4 ha de la misma. El nivel de vulnerabilidad 1 o muy bajo se presenta en 8.9 ha (0.8%) de la parte media. La parte baja de la subcuenca posee un 77.4% de su área en el grado de vulnerabilidad 2 (bajo), y lo restante (22.4%) esta en un grado de vulnerabilidad 1 o muy bajo). No se presentan grados de vulnerabilidad 4 y 5 en la misma (cuadro 41 y figura 20).

Cuadro 41: Grados de vulnerabilidad por niveles de la subcuenca Molino Norte

Grados de vulnerabilidad	Descripción	Niveles de la subcuenca					
		Alta	%	Media	%	Baja	%
1	Muy bajo	0.0	0.0	8.9	0.8	106.6	22.4
2	Bajo	638.0	89.9	941.3	89.1	369.0	77.4
3	Medio	71.8	10.1	106.4	10.1	1.1	0.2
4	Alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
5	Muy alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Total		709.8	100.0	1056.6	100.0	476.6	100.0

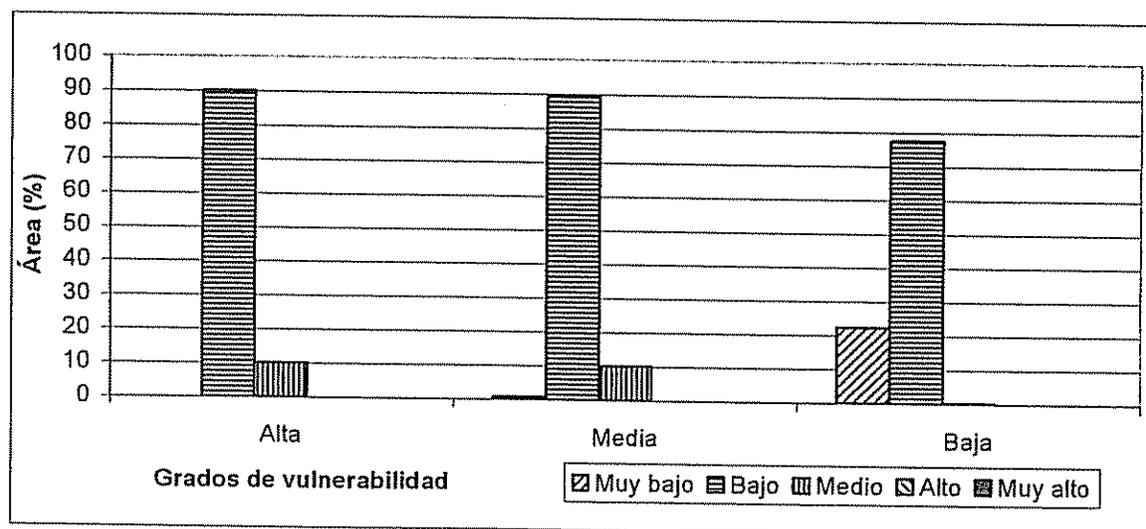


Figura 20: Área (%) bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la parte alta, media y baja de la subcuenca Molino Norte

4.10.2 Grado de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco

El grado de vulnerabilidad 3 o nivel medio se encuentra en su mayor parte en la subcuenca San Francisco, ocupando el 59.3% del área de la misma. El grado de vulnerabilidad bajo abarca un 38.8% del área (1151.7 ha); 56.7 hectáreas de la subcuenca se encuentran con un grado de vulnerabilidad muy bajo. También en la subcuenca no se observan grado de vulnerabilidad 4 y 5 (cuadro 42 y figura 21).

En la subcuenca San Francisco, la Finca Las Piedrecitas se encuentran en un nivel muy bajo de vulnerabilidad, en el nivel bajo de vulnerabilidad están nueve caseríos que son: Finca La Cuesta, La Medalla, Hacienda San Francisco, Finca Suyen, La Danesa, Los Congos, La Granja, Las Mercedes y El Ocote. El nivel medio de vulnerabilidad están ubicadas siete comunidades, y son las siguientes: Finca El Socorro, Los Alpes, Finca San José, San Pablo, La Suiza, La Chiripa y la comunidad La Garita

Cuadro 42: Nivel de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco

Grado de vulnerabilidad	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy Bajo	56.7	1.9
2	Bajo	1151.7	38.8
3	Medio	1757.1	59.3
4	Alto	0.0	0.0
5	Muy Alto	0.0	0.0
Total	----	2965.5	100.0

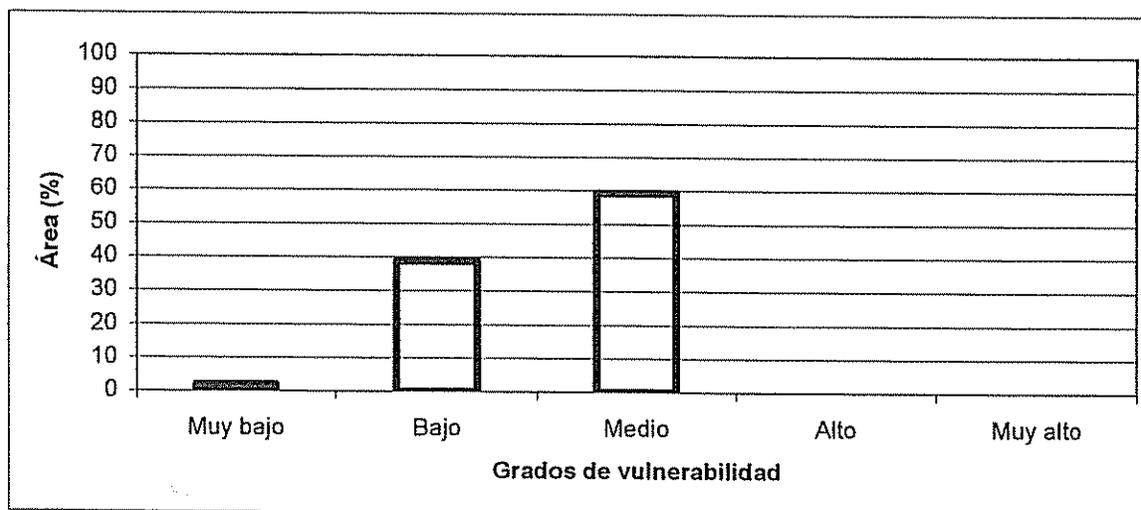


Figura 21: Áreas (%) bajo diferentes grados de vulnerabilidad en la subcuenca San Francisco

4.10.2.1 Grados de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca San Francisco

En 83.2% del área de la parte alta de la subcuenca se encuentran con un grado de vulnerabilidad 3 (medio), y un 16.8% esta ocupado por un grado de vulnerabilidad bajo. La parte media presenta el 73.3% de su área bajo el nivel de vulnerabilidad medio y existe un 26.7% de la misma que se encuentra en un grado de vulnerabilidad bajo. En la parte alta y media no existe área bajo los grados de vulnerabilidad 1, 4 y 5. En cambio, en la parte baja de la subcuenca el 50.9% se encuentra en un grado de vulnerabilidad 2, y el 45.6% con grado de vulnerabilidad 3 (medio), hay un 3.5% del área de la misma que tiene un grado de vulnerabilidad muy bajo; no se presentan áreas con grados de vulnerabilidad alto ni muy alto (cuadro 43 y figura 22).

Cuadro 43: Grados de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco

Grado de Vulnerabilidad	Descripción	Niveles de la subcuenca					
		Alta	%	Media	%	Baja	%
1	Muy bajo	0.0	0.0	0	0.0	56.8	3.5
2	Bajo	55.9	16.8	268.8	26.7	827.1	50.9
3	Medio	277.8	83.2	737.1	73.3	742.1	45.6
4	Alto	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
5	Muy alto	0.0	0.0	0	0.0	0	0.0
Total		333.7	100.0	1005.9	100.0	1626	100.0

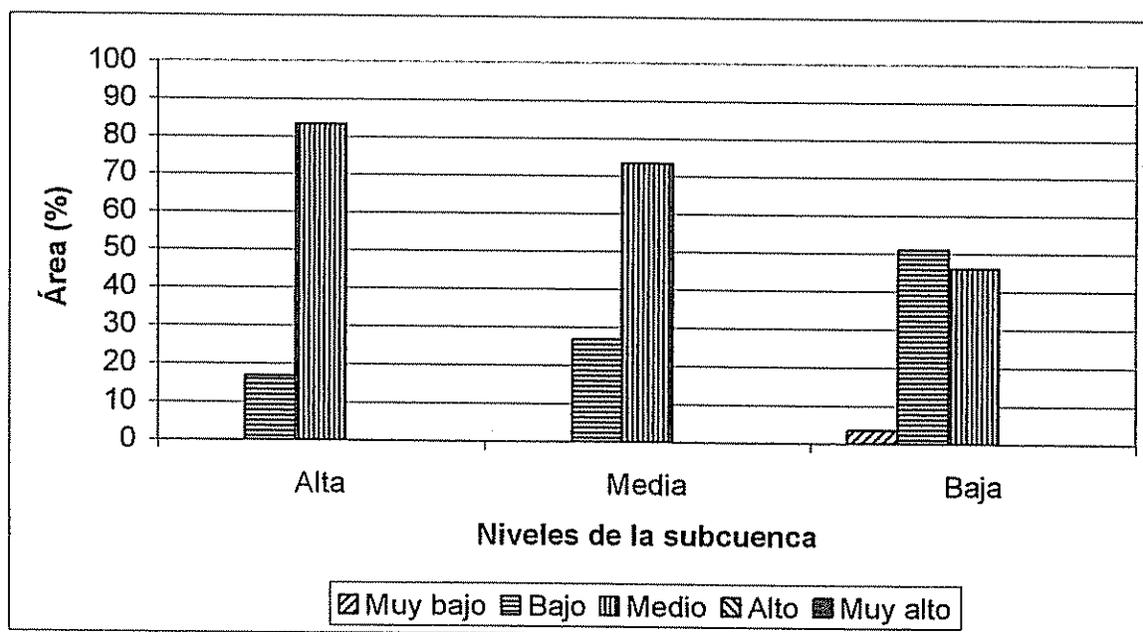


Figura 22: Grados de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco

4.11 Integración de las áreas críticas con áreas vulnerables para determinar áreas de mayor riesgo a desastres naturales

4.11.1 Subcuenca Molino Norte

Integrando los mapas de áreas críticas y áreas vulnerables se pudo obtener un mapa de áreas de mayor riesgos a desastres naturales, que se puede observar en el mapa 18. Usando SIG se unieron los dos mapas y los valores de grados finales de vulnerabilidad se asigno de acuerdo a la matriz de comparación que esta en el acápite 3.13. El cuadro 44 expresa las áreas en hectáreas y los porcentajes de los distintos grados de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte. La figura 23 exprese los grados finales de vulnerabilidad en porcentajes.

Cuadro 44: Grados finales de vulnerabilidad de la subcuenca Molino Norte

Grado finales de vulnerabilidad	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy Bajo	0.0	0
2	Bajo	115.5	5.1
3	Medio	1183.2	52.8
4	Alto	943.7	42.1
5	Muy Alto	0.0	0.0
Total		2242.4.	100.0

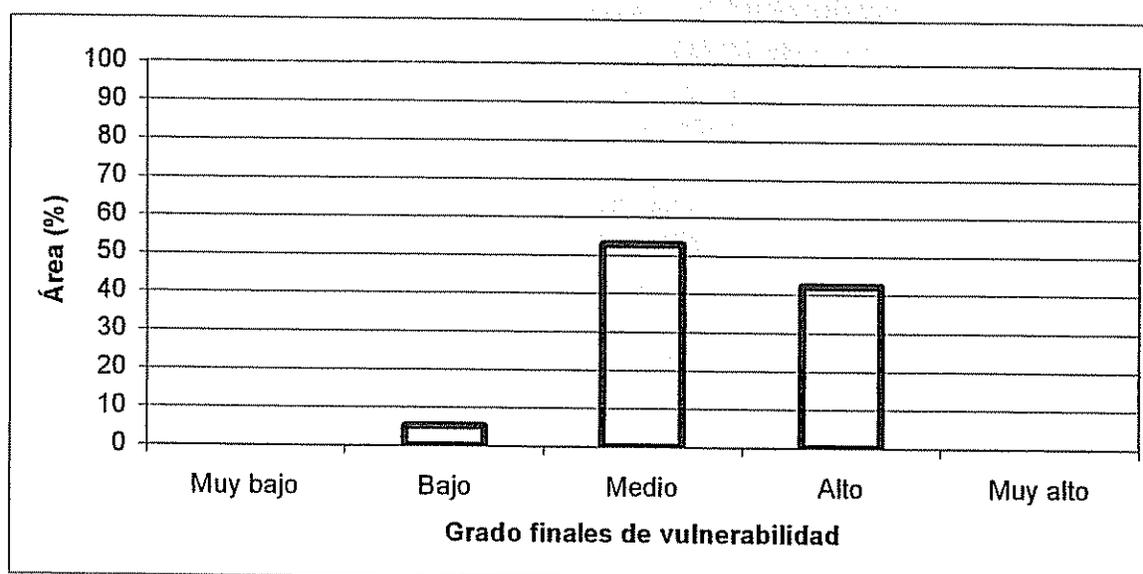
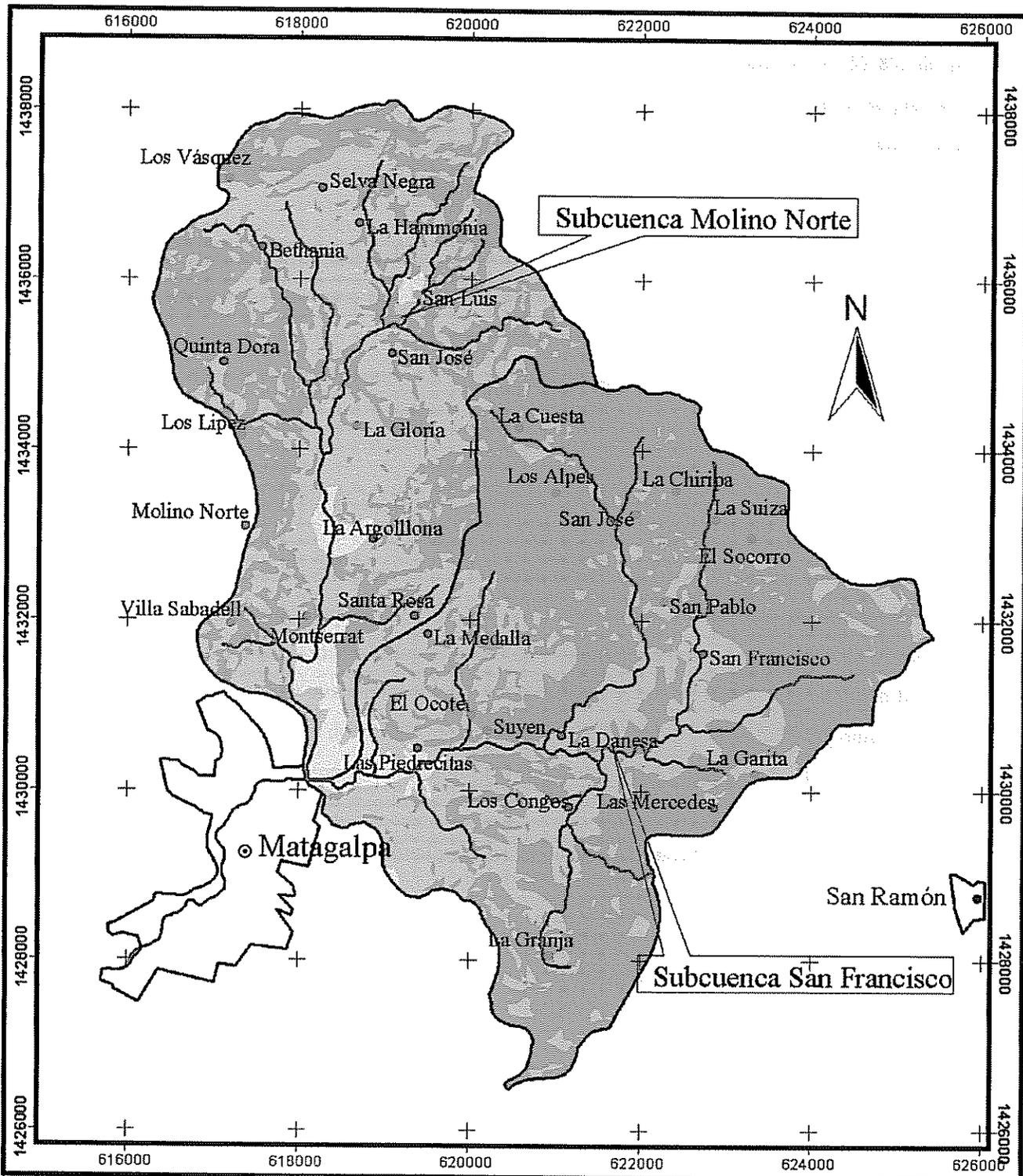


Figura 23: Niveles de vulnerabilidad final de la subcuenca Molino Norte



Mapa 19: Mapa de áreas a mayor vulnerabilidad: subcuencas Molino Norte y San Francisco

Sistema de Coordenadas UTM zona 16

Proyección NAD 27

Escala 1:60,000

1 0 1 Kilometers



Coordinación: Nelson González-Súllow



Ríos



Cab. Departamental



Cab. Municipal

Áreas de mayor vulnerabilidad



Alto



Medio



Bajo

Poblados según vulnerabilidad



Alto



Medio



Bajo

La subcuenca Molino Norte posee un grado final de vulnerabilidad 3 (medio) en el 52.8% de su área, este grado de vulnerabilidad ocupa 1183.2 ha. El grado de vulnerabilidad 4 (alto), se presenta en 943.7 ha, representando el 42.1% de toda la subcuenca. La parte restante de la subcuenca, está ocupado por un grado de vulnerabilidad bajo, ocupando el 5.1% de la misma.

En el mapa de áreas de mayor vulnerabilidad se encuentran 6 poblados y/o caseríos en un nivel alto, y son los siguientes: Los Vasquez, Los Lipez, Molino Norte, Montserrat, Villa Sabadell, La Gloria. En el nivel medio se encuentran siete caseríos (Selva Negra, La Hammonia, La Argollona, Santa Rosa, San José, Quinta Dora, Bethania. La Finca San Luis se encuentra en el nivel bajo de áreas de mayor vulnerabilidad.

4.11.1.2 Vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca Molino Norte

La parte alta de la subcuenca Molino Norte presenta un 47.3% de su área con un grado final de vulnerabilidad medio, que ocupa 335.8 ha, y el 52.7% restante esta bajo un grado final de vulnerabilidad alto. La parte media tiene un grado de vulnerabilidad medio en el 56% de su área, el 43.2% esta en un grado de vulnerabilidad alto. La parte baja posee un 53.8% con un grado final de vulnerabilidad medio, seguido del 23.8% de su área ocupada por el grado final de vulnerabilidad alto, y el 22.4% esta en una situación de grado final de vulnerabilidad baja (cuadro 45 y figura 24).

Cuadro 45: Grados de vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca Molino Norte

Grados finales de vulnerabilidad	Niveles altitudinales					
	Alta	%	Media	%	Baja	%
Muy Bajo	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0
Bajo	0.0	0.0	8.9	0.8	106.570	22.4
Medio	335.8	47.3	591.6	56.0	256.510	53.8
Alto	374.0	52.7	456.1	43.2	113.490	23.8
Muy alto	0.0	0.0	0.0	0.0	0.000	0.0
Total	709.8	100.0	1056.6	100.0	476.570	100.0

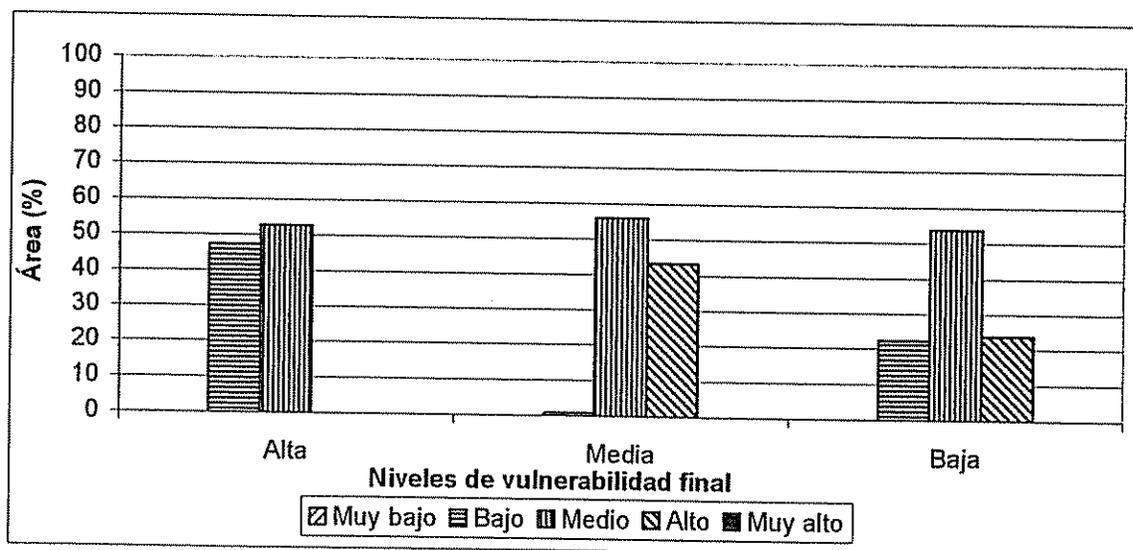


Figura 24: Área (%) bajo los diferentes grados finales de vulnerabilidad por nivel altitudinal de la subcuenca Molino Norte

4.11.2 Subcuenca San Francisco

La subcuenca San Francisco tiene 65.8% de su área ocupada por el grado final de vulnerabilidad alto, y el 32.5% en un grado final de vulnerabilidad media. Existe un 1,7% del área que está en un grado final de vulnerabilidad bajo (cuadro 46 y figura 25).

Cuadro 46: Grados finales de vulnerabilidad de la subcuenca San Francisco

Grados de vulnerabilidad final	Descripción	Área (ha)	%
1	Muy Bajo	0.0	0.0
2	Bajo	50.6	1.7
3	Medio	964.9	32.5
4	Alto	1950.0	65.8
5	Muy alto	0.0	0.0
Total		2965.5	100.0

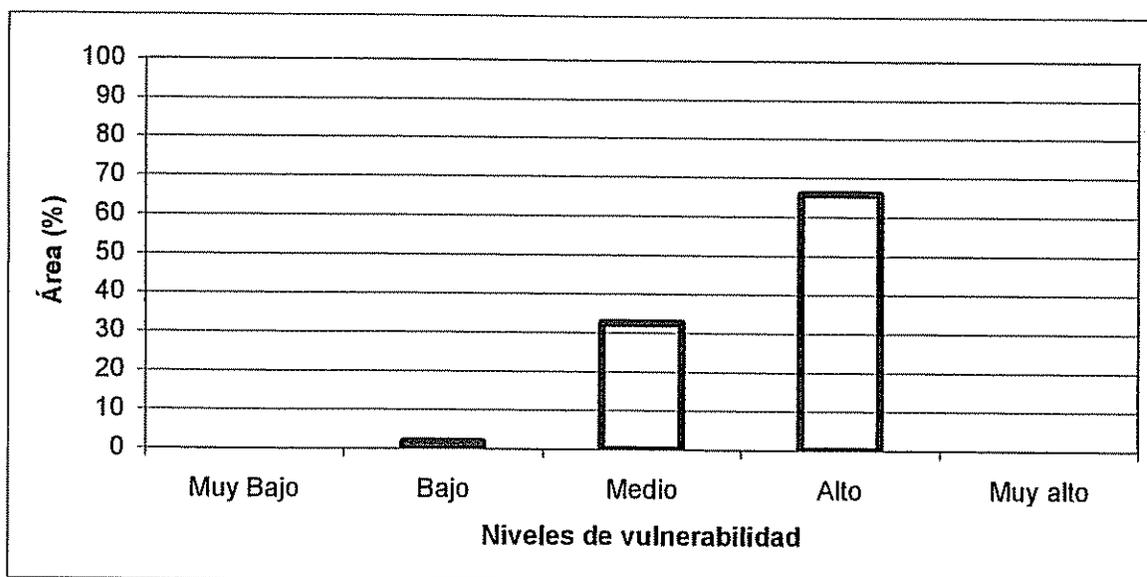


Figura 25: Niveles de vulnerabilidad final de la subcuenca San Francisco

4.11.2.1 Vulnerabilidad final por niveles de la subcuenca San Francisco

En la subcuenca San Francisco la parte alta se encuentra con un 91.8% de su área bajo un grado final de vulnerabilidad alta, y 8.2% está en el grado final de vulnerabilidad media. La parte media posee 81.2% de su área en un grado final de vulnerabilidad alta, y 18.8% con el grado de vulnerabilidad media. La parte baja de la subcuenca tiene dividida en un 50.8% con el grado de vulnerabilidad alta, un 46.1% con un grado final de vulnerabilidad medio y el 3.1% restante está en un grado final de vulnerabilidad baja (cuadro 47 y figura 26).

Cuadro 47: Grados finales de vulnerabilidad por niveles altitudinales

Grados finales de vulnerabilidad	Niveles altitudinales					
	Alta	%	Media	%	Baja	%
Muy Bajo	0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
Bajo	0	0.0	0.000	0.0	50.080	3.1
Medio	27.48	8.2	189	18.8	750	46.1
Alto	306.19	91.8	817.270	81.2	826.110	50.8
Muy alto	0	0.0	0.000	0.0	0.000	0.0
Total	333.67	100.0	1005.940	100.0	1625.940	100.0

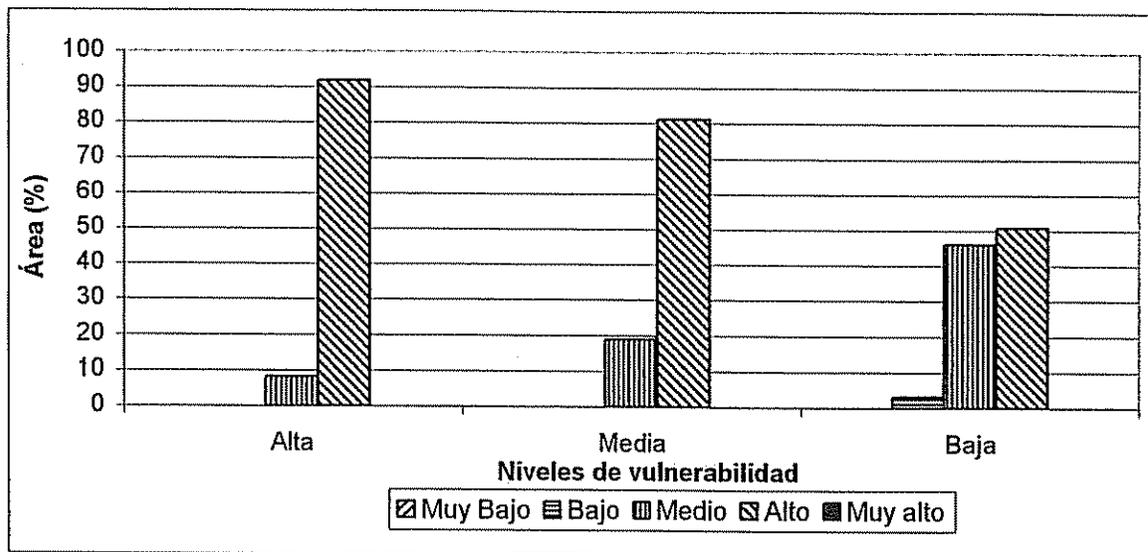


Figura 26: Grados finales de vulnerabilidad por niveles altitudinales de la subcuenca San Francisco

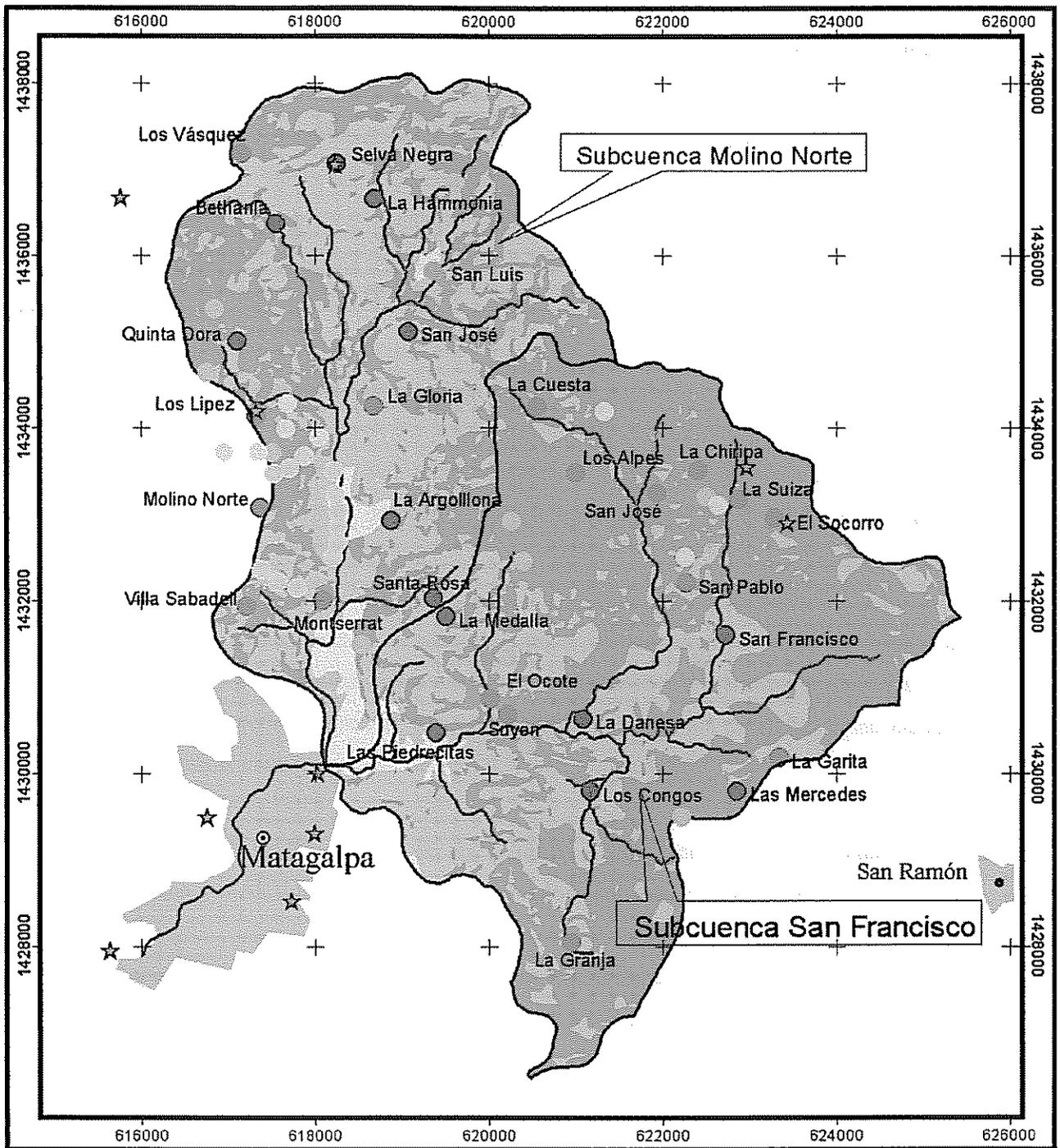
4.12 Análisis comparativo de los mapas participativo, mapas de áreas a mayor vulnerabilidad y de sitios críticos

En el mapa 20 se puede observar una superposición de tres mapas: del mapa hecho por las comunidades, el realizado por COSUDE en el año 2000 y el mapa de áreas a mayor vulnerabilidad. Los lugares donde la comunidad marco como áreas críticas y vulnerables en la subcuenca Molino Norte coincide con las áreas de vulnerabilidad alta realizado en esta investigación, lo que supone que la comunidad tiene bastante conocimiento y que con ayuda de los habitantes de la comunidad se puede hacer diagnóstico rápido acerca de los problemas que hay en la subcuenca.

Los mismo sucede en la subcuenca San Francisco, las áreas donde se marcó como crítico coincide con los mencionado en esta investigación, además de dos lugares marcados como sitios críticos por el COSUDE en el año 2000, también fue identificado por los habitantes de la comunidad La Garita de la subcuenca San Francisco.

La diferencia que hubo entre el mapa participativo y el de áreas a mayor vulnerabilidad fue que los habitantes de ambas subcuencas marcaban los lugares muy puntuales, donde el efecto era muy visible, en cambio con el uso de SIG se pudo ampliar las áreas según el grado de vulnerabilidad en que se encontraban.

Se puede asumir que con la ayuda de los habitantes de las subcuencas Molino Norte y San Francisco se puede hacer un mapa de áreas vulnerables de una manera rápida , con poca inversión recursos.



Mapa 20: Mapa comparativo de: sitios críticos, mapa participativo y áreas de mayor vulnerabilidad: subcuencas Molino Norte y San Francisco

<p>Sistema de Coordenadas UTM zona 16 Proyección NAD27 Escala 1:60,000</p> <p>0 1 Kilometers</p> <p>Coordinación: Nelson González-Súllow</p>	<p>★ Sitios críticos</p> <p>● Áreas vulnerables</p> <p>● Áreas deforestadas</p> <p>● Áreas críticas</p>	<p>Áreas de mayor vulnerabilidad</p> <p>● Alto</p> <p>● Bajo</p> <p>● Medio</p>	<p>Poblados y/o caseríos según vulnerabilidad</p> <p>● Alto</p> <p>● Medio</p> <p>● Bajo</p>
--	---	---	--

4.13 Lineamiento y acciones concertados con las comunidades para la reducción y mitigación a desastres naturales

Con base a los aportes de los pobladores de las comunidades de las subcuencas Molino Norte y San Francisco, se presentan lineamientos y acciones a implementar para la reducción y mitigación a desastres naturales, partiendo que, cualquier acción de manejo de una cuenca debe partir de un consenso local participativo, donde los habitantes de las mismas sean los actores activos en todo el proceso.

Lineamientos y acciones propuestos:

- Capacitación y educación ambiental: concientizar y fomentar interés a los pobladores de todas los niveles a través de charlas, cursos sobre la importancia de un medio ambiente saludable.
- Erosión de suelos: buscar asistencia técnica relacionados al medio ambiente para capacitarse y poder realizar ellos mismos las soluciones a los terrenos erosionados. Evitar sembrar en laderas, reforestar y hacer obras de conservación de suelos como curvas de nivel, barreras vivas y muertas, etc.
- Mantenimiento de los caminos se puede lograr a través de un apoyo conjunto entre la población y la Alcaldía de Matagalpa, aportando la comunidad mano de obra.
- Fuentes de empleo: es uno de los problemas que enfrenta los pobladores de la subcuenca Molino Norte, que no le permite mejorar su nivel de vida, y poder acceder a mejores condiciones; se plantea organizarse en cooperativas para conseguir tierras, y así poder acceder a créditos.
- Mejoramiento de las condiciones sociales, tomando en cuenta los principales problemas identificados: contaminación y falta de agua, acceso a servicios de salud y electricidad, nivel de educación, problemas de vivienda; se deben hacer más letrinas en los cafetales de las haciendas, que los desperdicios del café sean usados como abono orgánico, reforestar las fuentes de agua, organizarse en comités para solicitar ayuda al gobierno municipal para solucionar los problemas de vivienda.

- **Deforestación:** es uno de los problemas actuales en ambas subcuencas; se menciona que se deben declarar áreas protegidas a los lugares reforestados, aplicar las leyes ambientales existentes y si es posible con multas, brindar financiamiento para la compra de cocina a gas, implementar proyectos de reforestación por parte de instituciones gubernamentales y ONG.
- **Organización local:** dar mayor importancia a los diferentes comités formados dentro de la comunidad para que puedan tener una mejor capacidad de gestión frente a las autoridades competentes

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- 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 de criticidad medio a alto son consideradas críticos.
- La pendiente es el parámetro que incide en la determinación de áreas críticas, ya que según el análisis multicriterio realizado tiene un peso relativo del 48%. 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 erosión potencial estuvo entre 21.5 y 23.1 t ha⁻¹ año⁻¹ en ambas subcuencas y contribuye con un 21.5% al nivel de criticidad de la subcuenca.
- Las subcuenca Molino Norte y San Francisco tienen un índice de erosión hídrica moderado; alrededor del 80% de las áreas están bajo este condición.
- 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% esta en un nivel de vulnerabilidad medio y el 38.8% en el nivel bajo de vulnerabilidad.
- La superposición del mapa de las áreas críticas con el mapa de áreas de mayor vulnerabilidad, permitió delimitar las zonas de mayor riesgo a desastres naturales en las subcuencas Molino Norte y San Francisco.
- La superposición del mapa participativo con el de áreas de mayor riesgos a desastres naturales estuvo bastante semejantes, aunque con la ayuda de SIG se puede delimitar con mejor precisión las áreas en situación más desfavorables. El mapa participativo señalo lugares muy puntuales.
- Al integrar los mapas de áreas críticas con el de vulnerabilidad, la subcuenca Molino Norte presenta 42.1% de su área con mayor riesgo a desastres naturales; mientras que en la subcuenca San Francisco el 65.8% del área tiene mayores riesgos a desastres naturales.

- A partir de la delimitación de zonas de mayor riesgo en las subcuencas Molino Norte y San Francisco, se pudo definir lineamientos y acciones concertadas y requeridas para la prevención y mitigación de desastres naturales.
- En la subcuenca Molino Norte se encuentran seis poblados y/o caseríos en el nivel alto de criticidad, y ocho poblados en el nivel medio de criticidad. En la subcuenca San Francisco existen identificadas diez poblados y/o caseríos en un nivel alto de criticidad, cinco poblados en un nivel medio y dos poblados en un nivel bajo de criticidad.
- De acuerdo al mapa de áreas de mayor vulnerabilidad, en la subcuenca Molino Norte también se encuentran seis poblados en un nivel alto de vulnerabilidad y ocho en un nivel medio, pero en cambio, en la subcuenca San Francisco, once poblados se sitúan en un nivel alto de vulnerabilidad y seis en un nivel medio.
- La metodología aplicada en esta investigación es muy factible para la zona como para otras subcuencas de la región, aunque con otras variables como por ejemplo un mapa de tenencia de la tierra, ingreso económico por finca, número de casas con servicios básicos (agua, luz), se podría llegar a tener resultados más precisos y llevar mejores planes de acción.

5.2 Recomendaciones

Las acciones y lineamientos concertados con la población para el manejo sostenible de las subcuencas y la reducción de la vulnerabilidad a desastres naturales son:

- 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 usado como abono orgánico y no arrojado 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 los márgenes de los ríos (recuperación forestal de la subcuenca).
- Fortalecer las organizaciones locales de las comunidades para que puedan tener mejor capacidad de gestión de sus problemas ante las autoridades locales, a través de capacitaciones a los líderes.
- Mejorar los sistemas de producción de los agricultores, introducción de prácticas agroforestales sería una alternativa válida para disminuir la erosión de los suelos.
- Frenar la habilitación de tierras agrícolas, para preservar e incrementar la superficie forestal.
- Reactivar los comités de emergencia para que participen en trabajos y acciones de prevención (forestación, construcción de obras de conservación de suelos), así permite una mejor formación de la conciencia y solidaridad, además educa a la gente mediante la acción.
- Los mayores beneficiarios de esta investigación son las autoridades municipales de Matagalpa y San Ramón, ya que con los mapas realizados, los problemas y soluciones aportados por la población de las subcuencas son una herramienta de mucha utilidad para que el departamento ambiental de las mismas puedan realizar mejores proyectos y llegar a solucionar las causas de los problemas que hay en las mismas. Ellos deberían asumir la responsabilidad de implementar las acciones propuestas por las comunidades.

- Para futuros trabajos de investigación en el área se podría realizar pagos por servicios ambientales a los productores de las subcuencas para que mantengan los bosques existentes y reforestar los márgenes de los ríos.

6. LITERATURA CITADA

- Acción Cuencas Matagalpa. 1993. Diagnóstico sanitario cuencas Molino Norte y San Francisco. Matagalpa, NI. 32 p.
- Acción Cuencas Matagalpa. 1994. Informe sobre estudio socioeconómico realizado en las comunidades Los Lipés y Molino Norte. Matagalpa, NI. 11 p.
- BID (Banco Interamericano de Desarrollo) 1999a. Reducción de la vulnerabilidad ante amenazas naturales: Lecciones aprendidas del huracán Mitch. (en línea). Estocolmo, Suecia. Consultado en 21 ene. 2001. Disponible en http://www.iadb.org/regions/re2/consultative_group/groups/ecology_workshop_1esp.htm
- _____. 1999b. Vulnerabilidad Ecológica y Social. (en línea). Estocolmo, Suecia. Consultado en 21 ene. 2001. Disponible en http://www.iadb.org/regions/re2/consultative_group/groups/ecology_workshop_2esp.htm
- Blaikie, P, Cannon T., Davis I., Wisner, B. 1996. Vulnerabilidad: el entorno social, político y económico de los desastres. Colombia. La Red. 374 p.
- Cabrera C., RO. 1987. Identificación de áreas críticas con base en criterios biofísicos y análisis básico de la degradación específica y transporte de sedimentos en la cuenca superior del río Chixoy, Guatemala. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 174 p.
- Castro S., M. 1999. Cooperación regional para reducir la vulnerabilidad ambiental y promover el desarrollo sostenible en Centroamérica. *In* Uribe, A., Franklin, H. Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. Estocolmo, SE. p. 59 - 88
- CARE (Cooperative for Assistance and Relief Everywhere). 2001. Base de datos de comunidades dentro del Municipio de Matagalpa, Departamento de Matagalpa. Managua, NI. 1 disquete HD. 3½ pulgadas.
- Cardona A., OD. 1993a. Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. *In* Los desastres no son naturales. Colombia, La Red, p. 51 - 74.
- _____. 1993b. Manejo ambiental y prevención de desastres: dos temas asociados. *In* Los desastres no son naturales. Colombia, La Red, p. 75 - 93
- CENICAFE (Centro Nacional de Investigaciones de Café). 1975. Manual de conservación de suelos de ladera. Chinchina, CO, Federación Nacional de Cafeteros de Colombia. 267 p.
- CEPRENAC (Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central). 2000. Plan Regional de Reducción de Desastres (en línea). Consultado en 26 nov. 2000. Disponible en <http://www.ceprenac.org/temas/prrd/index.htm>
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical), UNA (Universidad Nacional Agraria), UNAG - Matagalpa (Unión Nacional de Agricultores y Ganaderos). 1997. Fundamentos básicos de cuencas hidrográficas: curso taller corto. Matagalpa, NI, CIAT. 47 p.
- CIDIAT (Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras, VE) / MARNR (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, VE). 1984. Diagnóstico físico conservacionista en cuencas hidrográficas. Mérida, VE, CIDIAT. 63 p.
- _____. 1984. Metodología para la determinación de prioridades en cuencas hidrográficas. Mérida, VE, CIDIAT, 38 p.
- COSUDE (Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación). 2000. Evaluación indicativa de peligros derivados de fenómenos de inestabilidad y torrenciales. Managua, NI, COSUDE. 31 p.

- _____. 2000. Fortalecimiento municipal para la gestión de los riesgos naturales: resultado de los estudios pilotos de evaluación de peligros realizados en 3 municipios de Nicaragua y 1 en Honduras. Matagalpa, NI. 1 disco compacto, 8 mm.
- Eastman, JR. 1999. IDRISI: Guide to GIS and Image Processing. USA. Clark Labs. 193 p
- Engebak, P. 1999. Vulnerabilidad social: desastres, vulnerabilidad social y derechos humanos. *In* Uribe, A., Franklin, H. Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. Estocolmo, SE. p. 141 – 143
- Eustaquio V., C.E. 1998. Aplicación de sistemas de información geográfica en la determinación de áreas vulnerables a riesgos naturales. *In* Maskrey, A ed. Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Colombia, La Red. p. 293 – 301.
- FAO. 1976. Esquema para la evaluación de tierras. Roma, Italia. Boletín de suelos de la FAO No. 32
- _____. 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, Chile. FAO, 321 p. (Serie: zonas áridas y semiáridas No. 7).
- Faustino, J. 1996. Gestión ambiental para el manejo de cuencas municipales. Turrialba, Costa Rica. CATIE, 148 p.
- Ferreira G., E.; Beltrao, S.M.; Veiga, T.C. 1998. Mapeo digital del estado de Río de Janeiro y de la cuenca hidrográfica del río Paraíba del Sur. *In* Maskrey, ed. Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Colombia, La Red. p. 279 – 292
- GeoDigital. 2001. Nicaragua Digital 1:50,000. Managua, NI. 1 disco compacto, 8 mm.
- Geilfus. F. 2000. 80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación. IICA-GTZ, San Salvador, El Salvador. 208 p.
- Gómez Salgado, M. del S, Úbeda Zeledón, M.A. 1992. Identificación de sistemas agroforestales de las subcuencas de los ríos Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Lic. Ing. Agr. Managua, NI, UNA. 44 p.
- Gutiérrez González, JE, Muñoz García, GF. 2000. Estudio florístico, estructural e índice de protección de la cobertura vegetal al suelo en seis fincas donde tiene incidencia el Proyecto Cuencas Matagalpa ubicadas en las subcuencas de Molino Norte y San Francisco, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Lic. Ing. Agr. Managua, NI, UNA. 71 p.
- Hidalgo R., P. 1993. Diagnóstico Físico Conservacionista. Santiago, Chile. CONAF. 70 p.
Presentado en Primer Seminario de Planificación Ambiental Participativa para el Manejo de Cuencas Hidrográficas.
- INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos). 1995. Total de viviendas y población por rango de edades, según departamento, Municipio, Comarca y Localidades (Matagalpa). Managua, NI. 50 p.
- INETER (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales). Servicios Meteorológicos. 2001. Informaciones Meteorológicas de estaciones dentro del Municipio de Matagalpa y San Ramón, Departamento de Matagalpa. Managua, NI. 1 disquete HD. 3½ pulgadas.
- _____. 1987. Hoja cartográfica Matagalpa 3054 – IV. Managua, NI. Esc. 1:50.000. Color
- _____. 1987. Hoja cartográfica La Fundadora 3055 – III. Managua, NI. Esc. 1:50.000. Color

- IRENA (Instituto Nicaragüense de Recursos Naturales y del Ambiente, NI). Servicio Nacional de Ordenamiento de Cuencas. 1992. Plan de Manejo para la rehabilitación ambiental de las cuencas productoras de agua para la ciudad de Matagalpa (San Francisco, Molino Norte y Jigüina). Managua, NI, PASOLAC. 46 p.
- INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). 1999. Evaluación de los daños causados por el huracán Mitch sobre los suelos: estudio de 4 microcuencas. Documento de campo No. 10. Managua, NI. 60 p.
- Lavell, A. 1993. Ciencias Sociales y desastres naturales en América Latina: un encuentro inconcluso. . *In* Los desastres no son naturales. Colombia, La Red, p. 135 - 154.
- _____. 1996. Los desastres no son naturales. *Revista Hombre de Maíz* 43: 20-22.
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). Dirección de Estrategias Territoriales. 2000. Informaciones físico natural y socioeconómica del departamento de Matagalpa, Nicaragua. Managua, NI. 1 disco compacto, 8 mm.
- Mahone, T. 1999. Manejo de cuencas hidrográficas para la reconstrucción después de Mitch: una cuestión de escala. *In* Uribe, A., Franklin, H. Eds. Memorias del taller sobre vulnerabilidad ecológica y social. Memoria. Estocolmo, SE. P. 89 - 101
- MAGFOR (Ministerio Agropecuario y Forestal, NI). 1998 Huracán Mitch, Sector Agropecuario y Forestal: Rehabilitación y Transformación. Políticas y Programas. Managua, NI, MAGFOR. 100 p.
- MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). División General de Planificación. 2000. Gestión de Desastres (documento de consulta). Managua, NI, DANIDA. 65 p.
- Medina Banegas, JM. 1995. Identificación de áreas críticas y plan de reforestación mediante sistemas de información geográfica, en la cuenca del río Purires, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR. CATIE. 88 P.
- Minaya P., A. 1998. Análisis de riesgos de desastres mediante la aplicación de sistemas de información geográfica (SIG). *In* Maskrey, ed. Navegando entre brumas: la aplicación de los sistemas de información geográfica al análisis de riesgo en América Latina. Colombia, La Red. p. 95 - 140
- PNUD (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, US). 1999. Prevención y Mitigación de Desastres Naturales (en línea). US. Consultado en 19 ene. 2000. Disponible en: http://www.pnud.org.ni/programas/prevencion_mitigacion_preparacion_desastres.htm
- PCM (Proyecto Cuencas Matagalpa, NI). 2001. II Etapa: Marzo 2001 – Febrero 2004. Matagalpa, NI. 47 p.
- _____. 2000?. Boletín informativo sobre Proyecto Cuencas Matagalpa. Matagalpa, NI. 11 p.
- _____. 1999. Datos Básicos Subcuencas Molino Norte y San Francisco. Matagalpa, Nicaragua. 1 p (documento no publicado).
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategia de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias. San José, CR, IICA, BMZ/GTZ. 319 p. (Serie Investigación y Educación en Desarrollo Sostenible no.3).
- Redacción de referencias bibliográficas: normas técnicas del IICA y el CATIE / Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura: Centro Agronómico Tropical de Investigación y enseñanza. 4 ed. Turrialba, C.R.: Biblioteca Conmemorativa Orton, 1999. 40 p.

- Romero, G.; Maskrey, A. 1993. Cómo entender los desastres naturales. *In* Los desastres no son naturales. Colombia, La Red, p. 1 -7.
- Richters, E.J. 1995. Manejo del uso de la tierra en América Central: hacia un aprovechamiento sostenible del recurso tierra. San José, CR, IICA. 440 p. (Colección Investigación y Desarrollo / IICA no. 28).
- Sáenz S., F. 1995. Identificación de áreas críticas para el manejo de un sector de la cuenca del Río Pacuare, Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE. 145 p.
- Solano Mayorga, M. A., Robinson, T. H., Morera Beita, C. M. 1996. Sistemas de Información Geográfica (SIG) como herramienta para análisis espacial de los recursos hídricos. *In* Reynolds V., J. ed. Utilización y manejo sostenible de los Recursos Hídricos. Heredia, CR, Efun. p. 225 - 232.
- Silva E., O. 2001. Ecuaciones para evaluar, estimar y predecir la erosión hídrica (en línea) Anzoátegui, VE. Consultado 18 jun. 2001. Disponible en <http://www.redpav-fpolar.info.ve/venesuel/v031/v031a020.html>
- 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). Estocolmo, Suecia. Consultado en 15 ago. 2000. Disponible en: <http://hurricane.info.usaid.gov/span-env.htm>
- Vargas, G. 1992. Estudio del uso actual y capacidad de uso de la tierra en América Central. Anuarios de Estudios Centroamericanos, Universidad de Costa Rica, 18 (2): 7-23.
- Velásquez, S. 2000. La revisión de los conceptos de SIG básicos (en línea). Turrialba, CR. Consultado en 20 jul. 2000. Disponible en <http://computo.catie.ac.cr/~svelasqu/lect-01sp.htm>
- Wilches-Chaux, G. 1993. La vulnerabilidad global. *In* Maskrey, A. Comp. Los desastres no son naturales. Colombia. La Red. pp. 9 - 50