

UNIVERSIDAD DE COSTA RICA
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD AMBIENTAL POR DESLIZAMIENTO EN LA
MICROCUEENCA DEL RÍO TABARCIA, CANTÓN DE MORA, REPÚBLICA DE
COSTA RICA

Trabajo final de investigación aplicada sometido a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geología para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias

FRANCISCO ARTURO CARBAJAL VALDÉS

Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.

2019

DEDICATORIA

Gracias te doy Dios mío por materializar los sueños que sembraste un día en mi corazón, por mover cada jugador en el juego de mi vida y porque soy testigo vivo de que siempre terminas lo que empiezas, por regalarme la vida que tengo, en donde aprendo y soy feliz.

Con todo el amor que he podido asimilar al día de ahora, dedico esta etapa de mi vida a mi madre; quién se ha mantenido a mi lado en toda circunstancia; por haber creído en mí y en mi sueños; por compartir cada momento, alegrías, triunfos y momentos críticos, los cuales no habría podido sortear sin su amor, gracias mamita, Blanca Valdés Miranda, eres mi maestra.

A mi padre el grillo Carvajal, quién con su ejemplo, temple y alegría me ha heredado herramientas de poder para triunfar en la vida, el entusiasmo, dinamismo y la pro actividad.

A mis hermanas Blanca y Karla en conjunto con Jeff Running, así como a mi hermano Luis Enrique y mi sobrina Lucerito quienes en la distancia me han apoyado con el corazón en la mano; también a Estrellita, Ian y Evan!

A todas aquellas personas que me apoyaron y fueron soporte y catapulta en este proyecto; entre estas y en orden de aparición están: Moshá's Manrique's, Raquel Ocampo, Galgo Garduño, Grillo Montes de Oca, María Peña Bonilla, familia Cabrera-Vargas, José Carlos Velasco, Margarita Gutiérrez-Valdés, familia Robles-Roy, Neo Rolón, Choco Molina, Marco Venegas y Ale Obón,

A todas y todos ustedes, gracias.

AGRADECIMIENTOS

La presente investigación representa la culminación estudios de posgrado que posibilitarán mediante su puesta en práctica y apegada los derechos fundamentales de las personas y las especies, disminuir la pérdida de vidas por desastres, incrementar la resiliencia y el empoderamiento de las comunidades, así como transmitir el conocimiento académico adquirido hacia espacios vulnerabilizados, con el objetivo de disminuir riesgos y preservar la vida en todas su manifestaciones posibles.

Por tanto agradezco a: La Universidad de Costa Rica, Alma Mater e Institución Benemérita de educación y cultura costarricense que me acogió como uno más de sus miembros para representar y difundir sus principios humanistas y de búsqueda constante de conocimiento; y quién a través de sus valiosas personas logra sus objetivos. Entre ellas se encuentran:

La M.Sc. Elena Badilla, por su apoyo y seguimiento antes y durante estos estudios; agradezco su comprensión y compromiso.

A Rolando Mora Chinchilla, director de esta tesis, a quién agradezco sus valiosos aportes, apoyo y dirección para la culminación de esta investigación.

Al M. Sc. Giovanni Peraldo por su intervención, guía y experiencia académica compartida.

Al Dr. Pablo Ruíz Cubillo por sus acertados aportes y comentarios en este proyecto.

Al Dr. Carlos O. Morales de la escuela de Biología de la UCR por sus significativos aportes taxonómicos correspondientes a la diversidad vegetal.

Al Lic. Fabián Campos por transmitir sus conocimientos en forma profesional y por el tiempo invertido.

Al Centro Nacional de Alta Tecnología a través de su Fundación Centro de Alta Tecnología, FunCeNAT, quién a través del Art. 3 de la Ley No. 7806 se obtuvo financiamiento para el desarrollo de los objetivos de esta investigación.

Al Ing. Allan Campos, Director del área de Gestión Ambiental CENAT-CONARE, quien confió en este proyecto, además de aportar pragmatidad y dinamismo en esta investigación.

A las personas de la comunidad de Tabarcia de Mora incluyendo las atenciones y el conocimiento aportado por Don José Vargas y su familia; así como a la Gestora Ambiental del Cantón de Mora, la Lic. Grettel Agüero, cuyos aportes fueron pieza fundamental durante el desarrollo de esta investigación.

A todos mis profesores y compañeros de la maestría quienes me compartieron su realidad y me hicieron parte de ella.

“Este trabajo final de investigación aplicada fue aceptado por la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Geología de la Universidad de Costa Rica, como requisito parcial para optar al grado y título de Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias.”

M.Sc. Elena Badilla Coto



Representante del Decano Sistema de Estudios de Posgrado



M.Sc. Rolando Mora Chinchilla

Profesor guía

M.Sc. Giovanni Peraldo Huertas



Lector

Dr. Paulo Ruiz Cubillo



Lector

Mag. María José Chaves Groh



Representante del Programa de Posgrado en Geología

Francisco Arturo Carbajal Valdés



Sustentante

TABLA DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	II
Agradecimientos.....	III
Representantes de la Comisión de programa de estudios de posgrado.....	IV
Tabla de contenidos.....	V
Resumen.....	VII
Lista de cuadros.....	VIII
Lista de figuras.....	IX
Abreviaturas.....	XII
Autorización SEP-repositorio.....	XIII
1.- JUSTIFICACIÓN	1
1.1.-Justificación normativa.....	3
2.-ANTECEDENTES	6
2.1.- Marco geográfico.....	6
2.2.-Geología.....	8
2.3.- Abordaje de los procesos de desarrollo en función de la vulnerabilidad.....	10
2.4.- Vulnerabilidad ambiental y deslizamientos.....	13
3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	16
4.- OBJETIVO GENERAL	18
4.1.- OBJETIVOS ESPECÍFICOS	18
5.- LIMITACIONES	19
6.- MARCO CONCEPTUAL	20
6.1.- Utilidad de los estudios de vulnerabilidad entorno a la Gestión del Riesgo en Desastres.....	22
6.2.- Riesgo y peligro como fuente potencial de amenaza.....	23
6.3.-Determinación de la amenaza a partir de una fuente de peligro.....	24
6.4.- La vulnerabilidad.....	24
6.5.- Sustentabilidad y ambiente.....	27
6.6.- La cuenca como unidad de análisis.....	27
7.- METODOLOGÍA	29
7.1.- Enfoque metodológico.....	31
8.- RESULTADOS	32
8.1.- Contextualización geomorfológica, inventario de deslizamientos y zonas de reptación.....	32
8.2.- Inventario de deslizamientos.....	34
8.3.- Análisis de susceptibilidad de deslizamientos con el método Mora Vahrson Mora.....	39
8.3.1.- Parámetro de susceptibilidad geomorfológica (S_G).....	40
8.3.2.- Parámetro de humedad del suelo (S_H).....	42
8.3.3.- Parámetro de pendientes (S_P).....	44
8.3.4.- Parámetro por sismicidad (D_S).....	45
8.3.4.1.- Contextualización Geológica. Falla Jaris.....	49
8.3.5.- Parámetro del disparo por lluvia (D_{LI}).....	51
8.6.- Resultados de MVM.....	52
9.- Lahar-z.....	55

10.- DISCUSIONES (Componente geomorfológico)	58
11.- Recomendaciones.....	67
12.- RECURSO HÍDRICO	69
12.1.- Contextualización de sus Sistemas Hídricos (SH _i) como generadores de indicadores base de vulnerabilidad.....	69
12.2.- Geoespacialización de nacientes.....	69
12.3.- Validación de sistemas hídricos (nacientes, tanques y quiebragradiantes)....	71
12.4.- Indicadores base sobre vulnerabilidad hídrica.....	75
12.4.1.- Vulnerabilidades por ASADA.....	75
12.4.2.- Vulnerabilidad al acuífero.....	78
12.5.- Factores antrópicos relacionados a la erosión de laderas y la perturbación hídrica.....	79
12.5.1.- Valoración cualitativa de impacto ambiental.....	82
12.6.- DISCUSIONES (componente hídrico)	85
12.7.- Recomendaciones.....	93
13.- COMPONENTE SOCIAL	96
13.1.- Uso de recursos y vulnerabilidades percibidas	96
13.2.- Percepción social de amenazas.....	103
13.2.1.- Mapas Individuales de Percepción de Amenazas (MIPA's).....	109
13.2.2.- Mapas colectivos de Percepción de Amenazas (MCPA's).....	113
14.- Discusiones sociales.....	120
15.- Recomendaciones.....	126
16.- COMPONENTE BIOLÓGICO	129
16.1.- Entrevistas	129
16.2.- Registros fotográficos y colecta de huellas.....	130
16.3.- Correspondencia de especies entre Áreas Silvestres Protegidas.....	133
16.4.- Flora.....	136
16.4.1.- Índice de diversidad vegetal (Shannon).....	136
17.- Identificación de ornitofauna local.....	142
17.1.- Generación de guía comunitaria.....	144
18.- DISCUSIONES (componente biótico)	148
19.- Recomendaciones.....	155
20.-DISCUSIONES GENERALES	157
21.- CONCLUSIONES	167
21.- BIBLIOGRAFÍA	169

RESUMEN

La presente investigación analiza diferentes componentes ambientales entorno al concepto de vulnerabilidad en una zona de estudio ubicada sobre la microcuenca del río Tabarcia, en la localidad de Tabarcia de Mora, Cantón de Mora, República de Costa Rica. Parte de una caracterización geomorfológica para la identificación de zonas susceptibles a deslizarse a través del método de Mora Vahrson Mora (MVM) (Mora, R et al., 2002). Durante la realización de dicha metodología se generó información cartográfica relacionada con diferentes parámetros morfodinámicos como humedad del terreno; geoformas, incluyendo zonas de deslizamiento activas; pendientes según van Zuidam (1986); así como de elementos activadores vinculados con valores máximos de precipitación (T=100 años) e intensidad sísmica (MM-VII). Asimismo los resultados de (MVM) fueron utilizados para justificar una área (en grids) como punto de origen de un deslizamiento, a la cual se le simularon 3 escenarios de alcance potencial mediante un software estadístico (Schilling, 1998) que empleó la combinación de diferentes volúmenes históricos con un Modelo Digital de Elevación de la zona.

Dentro de los componentes abióticos evaluados, se realizó un análisis de vulnerabilidad hídrica, durante el cual se georreferenciaron y valoraron los sistemas hídricos de la ASADA de Tabarcia de Mora en relación a los escenarios de deslizamiento simulados, su factor de exposición y sus características encontradas en campo. Dichos análisis fueron reforzados con la determinación de factores antrópicos relacionados con su perturbación hídrica, incluyendo indicadores de vulnerabilidad por ASADA. Con los resultados se generó una propuesta de zonificación de vulnerabilidad hídrica para la microcuenca del río Tabarcia.

Se abarcó un componente social con el que se determinaron vulnerabilidades contemporáneas vinculadas con necesidades y problemáticas locales, en donde se utilizó la entrevista mixta como fuente de información primaria. En esta vía se obtuvieron, a través de la participación social, mapas comunitarios (individuales y colectivos) sobre la percepción de su espacio y territorio entorno a sus amenazas de origen natural, biológicas tecnológicas y sociales, en donde los habitantes plasmaron factores subyacentes de riesgo de desastre.

Como parte de las estrategias que promueven la inclusión de la protección de la naturaleza en las políticas de desarrollo y de gestión de riesgo locales, se incluyó un componente biótico que parte de una contextualización que abarca el uso de recursos y la presencia de vida silvestre. Los resultados posibilitaron una propuesta de inclusión del área de estudio dentro del corredor biológico Garcimuñoz; así como la generación de información para la toma de decisiones informadas.

Por la forma en cómo fue dividida esta investigación, se realizaron las discusiones y recomendaciones pertinentes por componente analizado. Sin embargo al final se encuentra un compilado con discusiones generales.

LISTA DE CUADROS

Número	Nombre	
1	Porcentaje de geoformas.....	33
2	Nombres comunes de deslizamientos activos.....	36
3	Valores asignados para la obtención de (S_G).....	40
4	Atributos de la estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio.....	43
5	Intervalo de valores del (BHS).....	43
6	Valores asignados para la estación San Ignacio.....	43
7	Parámetro de humedad del suelo.....	44
8	Clases de pendientes según van Zuidam (1986).....	44
9	Sismos de influencia sísmica según (MM) para Tabarcia de Mora.....	47
10	Probabilidad máxima de lluvia para 100 años.....	51
11	Gráfico de probabilidad de lluvia $T=100$	51
12	Parámetros para la obtención del D_{LI} para Tabarcia de Mora.....	52
13	Clasificación de áreas susceptibles a deslizarse según (MVM).....	53
14	Volúmenes históricos de deslizamientos.....	56
15	Vulnerabilidades por ASADA.....	76
16	Ponderación de valores de vulnerabilidad.....	77
17	Análisis G.O.D. (Foster, 1987) sobre perforaciones en Tabarcia.....	78
18	Variables de perturbación ambiental en Tabarcia de Mora.....	84
19	Compilación de valores por categorías de vulnerabilidad hídrica.....	89
20	Percepción de amenazas comunitarias.....	104
21	Recopilación de desastres para el Cantón de Mora y el distrito de Tabarcia.....	117
22	Inferencia estadística justificativa.....	127
23	Especies de fauna silvestre reportadas por los habitantes.....	129
24	Índice de Shannon por morfotipos Estación-1.....	136
25	Índice de Shannon por morfotipos Estación-3.....	138
26	Flora identificada con algún grado de utilidad.....	141
27	Lista de ornitofauna registrada para Tabarcia de Mora.....	143

LISTA DE FIGURAS

Número	Nombre	Página
1	Marco tectónico de Costa Rica.....	7
2	Recurrencia de amenazas para el Valle Central.....	9
3	Diagrama de deslizamiento rotacional.....	21
4	Representación hipotética de flujo de detritos.....	21
5	Interconexión de vulnerabilidades diferenciadas.....	26
6	Área de estudio.....	30
7	Componentes parte del análisis de vulnerabilidad ambiental.....	31
8	Pares estereoscópicos.....	32
9	Porcentaje de geoformas.....	34
10	Zonificación geomorfológica.....	35
11	Porcentaje de deslizamientos activos y reptaciones en Tabarcia de Mora.....	36
12	Fotografía del deslizamiento Arasarí.....	37
13	Fotografía de suelos reptados.....	37
14	Espacialización de deslizamientos activos y zonas de reptación.....	38
15	Zonificación del parámetro de susceptibilidad geomorfológica.....	41
16	Estaciones meteorológicas cercanas el área de estudio.....	42
17	Porcentaje de parámetros de pendientes por ha.....	45
18	Zonificación del parámetro de pendientes.....	46
19	Mapas de isosistas con influencia para Tabarcia de Mora.....	48
20	Sobreposición de la falla Jaris con la geología de la zona.....	50
21	Estaciones meteorológicas con precipitaciones máximas.....	51
22	Relación de áreas susceptibles a deslizarse según (MVM).....	52
23	Zonificación de áreas susceptibles a deslizarse según (MVM).....	54
24	Diagrama representativo de modelización con Lahar-Z.....	55
25	Escenarios por volumen de deslizamientos con Lahar-Z.....	57
26	Bloque de roca usado en forma lúdica en Tabarcia de Mora.....	58
27	Escenario máximo del deslizamiento Arasarí.....	59
28	Fotografía de unidad habitacional en voladero.....	61
29	Croquis de unidad habitacional con afectación por desvío de aguas.....	62
30	Fotografía de árbol completo sobre la quebrada Mónicos.....	64
31	Nacientes geolocalizadas sobre mapa de vulnerabilidad hídrica.....	70
32	Esquema del acuífero de la ASADA de Tabarcia de Mora.....	71
33	Croquis del acueducto de Tabarcia de Mora.....	71
34	Fotografía nacimiento-ASADA-Tabarcia.....	72
35	Fotografía tanque-ASADA-Tabarcia.....	72
36	Fotografía nacimiento-ASADA-Cañas.....	72
37	Fotografía nacimiento-ASADA-Corralar.....	72
38	Fotografía del deslizamiento “El Indio Pelao”.....	73
39	Fotografía satelital de la corona de deslizamiento Momoto.....	73
40	Deslizamiento en relación con la ASADA-Tabarcia en Q. Barro.....	74
41	Tabla de posiciones de las ASADAS-Tabarcia.....	77
42	Fotografía de flujo hídrico con turbiedad.....	79

43	Fotografía de cárcava de influencia antrópica.....	79
44	Fotografía satelital evolución-Arasarí.....	80
45	Fotografía satelital evolución-Arasarí.....	80
46	Fotografía satelital evolución-Arasarí.....	80
47	Fotografía satelital de formación de cárcavas por apertura de caminos...	81
48	Fotografía de erosión de suelo dentro de una finca.....	82
49	Fotografía de depositación de drenaje mixto hacia el río Tabarcia.....	82
50	Atributos de enjuiciamiento EIA- 09.....	82
51	Frecuencias por categoría de impacto ecológico-ambiental.....	83
52	Fotografía de tanque en abandono.....	86
53	Fotografía multi-perturbación en la quebrada Mónicos.....	88
54	Propuesta de zonificación de vulnerabilidad hídrica para la cuenca del río Tabarcia.....	92
55	Fotografía con líder comunal.....	96
56	Fotografía con mujer de la comunidad.....	96
57	Porcentaje por categorías del uso del territorio y recursos.....	98
58	Mapa conceptual de problemáticas y necesidades percibidas.....	99
59	Apoyo y participación comunitaria.....	102
60	Fotografía de árbol con afectación al tendido eléctrico.....	108
61	Fotografía de ruptura de acueductos en Cañas de Tabarcia.....	109
62	Fotografía de repercusiones sociales por deslizamiento en Cañas.....	109
63	Mapa individual comunitario de percepción de amenazas-01.....	110
64	Mapa individual comunitario de percepción de amenazas-02.....	110
65	Mapa individual comunitario de percepción de amenazas-03.....	111
66	Mapa individual comunitario de percepción de amenazas-04.....	112
67	Fotografía sobre taller de percepción amenazas.....	112
68	Fotografía asistente de percepción de amenazas.....	112
69	Mapa colectivo de percepción de amenazas-01.....	113
70	Mapa colectivo de percepción de amenazas-02.....	115
71	Fotografía de la parte inferior del puente de Tabarcia.....	116
72	Asentamientos irregulares en los márgenes del río Tabarcia.....	116
73	Porcentaje de personas que atravesaron algún incidente.....	117
74	Percepción prospectiva comunitaria del riesgo.....	118
75	Personas dispuestas a participar en un comité local de emergencias.....	119
76	Colocación de foto-trampa-Estación 1.....	130
77	Colocación de foto-trampa-Estación 2.....	130
78	Fotografía de organismo del orden Roedentia.....	131
79	Fotografía de huella artiodáctilo.....	131
80	Fotografía de huella de marsupial.....	131
81	Fotografía de huella de Armadillo.....	131
82	Fotografía de huella de la familia Procyonidae.....	131
83	Huella en yeso de <i>Nasua narica</i>	131
84	Registro fotográfico de Venado.....	132
85	Fotografía de Rascón de cuello gris.....	132
86	Foto-registro de <i>Didelphis marsupialis</i>	132
87	Foto-registro de Momoto.....	132

88	Foto-registro de manada de Coatis.....	132
89	Fotografía de <i>Sciurus variegatoides</i>	132
90	Área de estudio en relación con las ZP- Cerros de Escazú y el Rodeo....	134
91	Gráfico de correspondencia de especies.....	134
92	Propuesta de inclusión del área de estudio al CB-I Garcimuñoz.....	137
93	Abundancia relativa porcentual Estación-1.....	138
94	Abundancia relativa porcentual Estación-3.....	139
95	Fotografía helecho arborescente en bosque de galería.....	140
96	Fotografía <i>Chamaedora costaricana</i>	140
97	Identificación ornitofauna local.....	142
98	Inclusión de participación ciudadana.....	142
99	Registro fotográfico del tucán Arasarí.....	143
100	Registro fotográfico de la especie <i>Dendrocygna autumnalis</i>	143
101	Componentes de la guía de aves comunitaria.....	147
102	Pareo de acciones realizadas y su relación con normativas ambientales.....	150

ABREVIATURAS

BHS: Balance Hídrico Simplificado

CNE: Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias

CONAGEBIO: Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad

DAP: Diámetro a la Altura del Pecho

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental

GR: Gestión del Riesgo

INBIO: Instituto Nacional de Biodiversidad

IPBES: Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services

IMN: Instituto Meteorológico Nacional

MINAE: Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones.

OT: Ordenamiento Territorial

PEN: Programa Estado de la Nación

PNB: Política Nacional de Biodiversidad

PNGR: Política Nacional de Gestión del Riesgo

UNISDR: Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre, por sus siglas en inglés.

MDE: Modelo Digital de Elevación

MVM: Mora-Vahrson-Mora

M_w : Escala de magnitud de momento, es logarítmica y mide la cantidad de energía liberada por un sismo; ella no se satura lo cual permite medir terremotos de gran intensidad.

SINAC: Sistema Nacional de Áreas de Conservación.



Autorización para digitalización y comunicación pública de Trabajos Finales de Graduación del Sistema de Estudios de Posgrado en el Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica.

Yo, Francisco Arturo Carbajal Valdés con cédula de identidad 148 400 39 8000, en mi condición de autor del TFG titulado Análisis de vulnerabilidad ambiental por deslizamiento en la micro cuenca del río Tabarcia, cantón de Mora Republica de Costa Rica

Autorizo a la Universidad de Costa Rica para digitalizar y hacer divulgación pública de forma gratuita de dicho TFG a través del Repositorio Institucional u otro medio electrónico, para ser puesto a disposición del público según lo que establezca el Sistema de Estudios de Posgrado. SI [X] NO * []

*En caso de la negativa favor indicar el tiempo de restricción: _____ año (s).

Este Trabajo Final de Graduación será publicado en formato PDF, o en el formato que en el momento se establezca, de tal forma que el acceso al mismo sea libre, con el fin de permitir la consulta e impresión, pero no su modificación.

Manifiesto que mi Trabajo Final de Graduación fue debidamente subido al sistema digital Kerwá y su contenido corresponde al documento original que sirvió para la obtención de mi título, y que su información no infringe ni violenta ningún derecho a terceros. El TFG además cuenta con el visto bueno de mi Director (a) de Tesis o Tutor (a) y cumplió con lo establecido en la revisión del Formato por parte del Sistema de Estudios de Posgrado.

INFORMACIÓN DEL ESTUDIANTE:

Nombre Completo: Francisco Arturo Carbajal Valdés

Número de Carné: B69009 Número de cédula: 148 400 39 8000

Correo Electrónico: franc.carbajal@gmail.com

Fecha: 14/01/2020 Número de teléfono: 6092 7780

Nombre del Director (a) de Tesis o Tutor (a): Rolando Mora Chinchilla

FIRMA ESTUDIANTE [Handwritten Signature]

Nota: El presente documento constituye una declaración jurada, cuyos alcances aseguran a la Universidad, que su contenido sea tomado como cierto. Su importancia radica en que permite abreviar procedimientos administrativos, y al mismo tiempo genera una responsabilidad legal para que quien declare contrario a la verdad de lo que manifiesta, puede como consecuencia, enfrentar un proceso penal por delito de perjurio, tipificado en el artículo 318 de nuestro Código Penal. Lo anterior implica que el estudiante se vea forzado a realizar su mayor esfuerzo para que no sólo incluya información veraz en la Licencia de Publicación, sino que también realice diligentemente la gestión de subir el documento correcto en la plataforma digital Kerwá.

1.- JUSTIFICACIÓN

Los deslizamientos en Costa Rica, en particular en el Valle Central son una amenaza constante y puntual que ha afectado diferentes componentes socio-ambientales (Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias, 2012) esto es debido a la compleja interacción de condiciones climáticas, geomorfológicas y antrópicas que han generado desastres y afectaciones en función de su magnitud, alcance y vulnerabilidades presentes (Programa Estado de la Nación, 2015; Geocad, (s.f)., DesInventar, 2019).

El distrito de Tabarcia de Mora se ha caracterizado en los últimos años por presentar frecuentes deslizamientos relacionados principalmente con sus pendientes pronunciadas y elevadas precipitaciones (DesInventar, 2019; PEN, 2015); variables que se consideran según Keller y Blodgett, (2007) como elementos pasivos y activos que inducen a la activación de deslizamientos. Esto, aunado a las diferentes actividades antrópicas vinculadas con el uso de sus recursos, ha generado impactos en sus diferentes componentes ambientales; sean estos abióticos, bióticos y sociales, entre otros.

Se considera que los análisis de las condiciones abióticas de la zona de estudio, relacionadas con sus patrones de expresión geomorfológica, como son los movimientos gravitacionales y su correspondencia con indicadores morfo dinámicos locales, según la metodología de Mora-Vahrson-Mora (Mora, R et al., 2002); servirán para generar una contextualización sobre las áreas susceptibles a deslizarse. Dichos insumos al combinarse con procedimientos simuladores de deslizamientos; a su vez, permitirán determinar áreas de potencial afectación. A su vez, los análisis de las actividades antrópicas llevadas a cabo en la localidad servirán para determinar impactos ambientales que estén repercutiendo en la generación de vulnerabilidades locales.

De esta manera se estima que los análisis de las condiciones ambientales de la zona, relacionados con actividades antrópicas, factores de exposición a zonas de peligro y vulnerabilidades (como propiedades intrínsecas), fungirán como elementos base o indicadores para focalizar esfuerzos y generar alternativas que disminuyan la vulnerabilidad ambiental de la zona de estudio. Considerando además, la participación comunitaria y su percepción de amenazas como un elemento fundamental e integrador

dentro de los procesos generadores de contexto y para la toma de decisiones informadas; y en la cual se involucre a diferentes actores; esto posibilitando dimensionar su espacio cognitivo hacia un espacio geográfico, en donde además como elemento sinérgico, sean plasmadas las necesidades y problemáticas contemporáneas de la comunidad en relación con factores subyacentes de riesgo que generan vulnerabilidad.

Se espera que los estudios llevados a cabo, sirvan como plataforma base para difundir la biodiversidad local y promover programas de protección y conservación, basados en primera instancia, en el derecho y respeto a la vida en todas sus formas según el Art. 9 de la Ley de biodiversidad 7788 y en la continuidad de los servicios ambientales con enfoque antrópico. Por tanto, se considera imperante la inclusión de la protección de los sistemas ecológico-ambientales en las políticas públicas y planes de desarrollo locales, ya que su conservación disminuye el riesgo de desastres, promueve la resiliencia y otorga autonomía a las comunidades.

Esta combinación de componentes abióticos, bióticos y sociales mejora la comprensión de la realidad o de los escenarios actuales y permite un abordaje más integral de la gestión de riesgos en desastres; componentes analizados en esta investigación con un enfoque de vulnerabilidad.

Asimismo se considera que los resultados servirán como insumos durante la elaboración de los Planes Reguladores y de Ordenamiento Territorial (OT), debido a que se generaron mapas de zonificación que permitirán la previsión durante el manejo de asentamientos como de actividades humanas. Además posibilitan visualizar áreas de peligro por deslizamiento en la comunidad, fungiendo como elementos anticipables para la toma de decisiones *ex ante*.

Igualmente servirá como un aporte de información para los estudios de microcuencia que se realicen utilizando metodologías para valorar la vulnerabilidad ambiental por potenciales (GR) eventos de deslizamiento, fortaleciendo así, las capacidades locales de Gestión de Riesgo y las áreas de oportunidad.

1.1.- Justificación normativa

La GR al ser un proceso transversal y vinculante toma diferentes instrumentos para la consolidación de sus objetivos, los cuales recaen en distintas dimensiones, como son la identificación, prevención, mitigación, monitoreo, respuesta, rehabilitación y reconstrucción, así como la financiación y transferencia del riesgo (Cardona, 2003). En cada una de estas dimensiones es de vital importancia la integración de la vulnerabilidad, ya que de esta manera se focalizan los esfuerzos y se eficientizan los recursos intersectoriales e interinstitucionales relacionados con las políticas públicas de desarrollo y sustentabilidad.

Cabe mencionar que el último Plan Nacional de Desarrollo (2015-2018) consideraba que existían carencias en la protección de las cuencas que han generado debilidades de gestión ambiental relacionadas con el uso de recursos, además reconocía que los deslizamientos son una de las amenazas más frecuentes en el país. A un año de haberse terminado este, el nuevo Plan Nacional de Desarrollo e Inversión Pública (MIDEPLAN, 2019) ha incluido el enfoque de GR, el cual considera el análisis de riesgos (incluyendo la vulnerabilidad) de los eventos por amenazas antrópicas y naturales relacionadas con agua, ambiente, (OT), etc., y contempla la integración de la conservación de la biodiversidad como un eje estratégico para el desarrollo y el combate a la pobreza.

La Ley 8488 sobre Atención de Emergencias y Prevención del Riesgo en su artículo 1, establece que deberán realizarse acciones que permitan reducir la pérdida de vidas y los diferentes tipos de consecuencias inducidas por factores de riesgo de origen natural o antrópico; además establece que deberán promoverse investigaciones orientadas a la prevención y mitigación de los desastres.

La Política Nacional de Gestión del Riesgo (CNE, 2015) en materia de desarrollo sostenible, aborda a la GR en el marco de un contexto ambiental y reconoce la importancia de los estudios de vulnerabilidad como una forma de disminuir el riesgo de desastres; considera indispensable el análisis de los factores de riesgo dentro de una dimensión de sostenibilidad ambiental. Asimismo en el tema educativo exhorta a fortalecer la generación del conocimiento que permita describir amenazas y vulnerabilidades con métodos y

tecnologías para interpretar el riesgo. Dicho enfoque es congruente con el Marco de Acción Sendai (Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastre, 2015) el cual alienta a las diferentes partes involucradas a incluir políticas de GR que puedan ser incorporadas en los territorios y que permitan generar mecanismos de implementación transversales y vinculantes; su objetivo es reducir el riesgo de desastres y la pérdida de vidas al 2030, contemplando medios de subsistencia, salud, bienes económicos, físicos, sociales, culturales y ecológico-ambientales. *A nivel local fomenta el evalúo de la vulnerabilidad*, el grado de exposición, las características de las amenazas y sus efectos sobre los ecosistemas, utilizando sistemas de información geográfica con el fin de comprender mejor los impactos sociales y ambientales. Además exhorta a aprovechar los conocimientos locales y las prácticas tradicionales en la evaluación del riesgo (ONU, 2015).

Igualmente la Política Nacional de Biodiversidad 2015-2030 de Costa Rica determina que: “el país deberá promover la disminución de la vulnerabilidad salvaguardando la integridad ambiental, así como reconocer el valor de la biodiversidad más allá de los sectores que tradicionalmente la reconocen” (pp. 11) (Ministerio de Ambiente Energía y Telecomunicaciones, 2015) Esto es, que dentro del marco normativo a nivel estatal, se visualiza una correspondencia entre la vulnerabilidad y la conservación de los recursos.

En materia de ordenamiento territorial Costa Rica está suscrita a la agenda de Desarrollo Sostenible de la Asamblea General de las Naciones Unidas, la cual en su objetivo 11 plantea lograr asentamientos humanos seguros, inclusivos, resilientes y sostenibles; objetivo acoplado al Plan de Acción Regional para América Latina y el Caribe 2016-2036; realizado por la CEPAL y en coordinación con el proyecto ONU-Hábitat, en donde se considera diseñar e implementar políticas nacionales consensuadas basadas en resultados y que fortalezcan la colaboración multisectorial y multinivel. A nivel Estatal, la Ley orgánica del ambiente en sus artículos 28 y 31, delegan al Estado y a las municipalidades la acción de ejecutar políticas de ordenamiento territorial que regulen los asentamientos, la actividades económicas y sociales de la población; con el fin de lograr una armonía entre el aprovechamiento de recursos naturales y la conservación del ambiente; promoviendo el desarrollo y reordenamiento de la ciudades mediante un uso intensivo de su espacio (Ley

No. 7554, 2019); temas considerados igualmente dentro de la Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 (Decreto ejecutivo 41136, 2018).

A su vez la Política Nacional de Ordenamiento Territorial (Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos, 2013) ha incluido el concepto de riesgo como un producto de la amenaza por la vulnerabilidad; instando a tomar medidas preventivas en los diferentes ámbitos de desarrollo con el objetivo de reducir la vulnerabilidad y disminuir el impacto de posibles amenazas; brindando especial atención a la determinación y *ubicación de zonas de riesgo no aptas para la localización de asentamientos humanos o actividades productivas*, en relación su grado de vulnerabilidad por amenazas ambientales o motivos de salubridad. Esta política aterriza en niveles administrativos regionales o locales mediante los Planes Reguladores Cantonales, los cuales son definidos como un conjunto de planos, mapas, reglamentos y cualquier otro documento gráfico, donde son plasmadas las políticas de desarrollo. Es congruente con la distribución de la población, los usos de la tierra, las vías de circulación... (); y donde según el decreto ejecutivo No. 32657 MINAET, debe integrarse el Índice de Fragilidad Ambiental (IFA); el cual determina el balance de carga ambiental en un espacio geográfico y combina diferentes categorías para establecer una aptitud natural del terreno vinculado a la demanda de recursos. Incluye categorías de zonificación en donde se considera el componente de “Geo-aptitud”, el cual contempla el análisis de estabilidad de laderas que generan deslizamientos. Es aquí en este último Plan Regulador es en donde recaerían los instrumentos mencionados en escalas superiores, ya que es en donde la materialización del riesgo se manifiesta, sobre los territorios y las comunidades.

2.- ANTECEDENTES

2.1.- Marco geográfico

Costa Rica posee 51, 100 km² y se encuentra dentro de los 20 países con mayor diversidad biológica. Está ubicada en una zona intertropical con más de 500,000 especies que representan el 4% del total de las estimadas a nivel mundial. Su topografía irregular genera diferentes tipos de ambientes y de vegetación; atesora más de 8,000 especies de plantas vasculares, 249 especies de mamíferos y 900 especies de aves, entre otros grupos (Instituto Nacional de Biodiversidad, 2017; Vaughan, s.f.; Rodríguez-Herrera, Ramírez-Fernández y Villalobos-Chávez, 2014). Dentro de esta topografía accidentada se suelen encontrar los ambientes mejor conservados, caracterizados por fuertes pendientes y abundantes lluvias, PEN (2015); sin embargo han estado sometidos a diferentes presiones, incluyendo los deslizamientos, lo cual se ha relacionado con cambios de uso de suelo, avances en la frontera agrícola-ganadera, expansión urbana y en general con desequilibrados procesos de desarrollo (Kok, Vishal, Wonink y Jager, 2006).

Dichas presiones sobre recursos y componentes ambientales, han sido conocidas desde siempre. Se sabe que los Sumerios por ejemplo, cuando aumentaron su demanda de agua para irrigar sus cultivos, propiciaron su salinización, un punto clave que intervino en el colapso de su civilización; un fenómeno socio-ambiental similar ocurrió con el imperio Maya, quienes vulneraron sus sistemas de cultivo a través de la erosión de sus suelos, aumentado la sedimentación en sus ríos y disminuyendo así, su seguridad alimentaria (Kok et al., 2006). Actualmente el panorama del uso de recursos posee vertientes de sustentabilidad y desarrollo por un lado, mientras que por otro existen reportes negativos como de metas no alcanzadas sobre pérdidas de biodiversidad y de servicios ecosistémicos (FAO, 2019; IPBES, 2019).

El país está ubicado dentro de la zona de interacción de las placas Coco-Caribe y Nazca, la cual se expresa a través de la fosa mesoamericana que forma parte de los procesos de subducción Coco-Caribe, estos movimientos han originado hacia su parte central un sistema de fallas denominado Cinturón Deformado del Centro de Costa Rica (CDCCR), el cual se continúa hasta el cinturón deformado del Norte de Panamá (CDNP). Los esfuerzos

tectónicos hacia la parte SW de la placa Caribe han provocado una fractura que ha generado una micro placa denominada, bloque de Panamá (Arroyo, Godínez y Linkimer, 2017). Hacia el sur existe otro sistema de fallas entre el límite de las placas Coco y Nazca asociada con la Zona de Fractura de Panamá; en su parte Oeste, la cordillera submarina de Coco subduce bajo la península de Osa (Fig. 1) Dicho marco tectónico le confiere a Costa Rica características de gran actividad sísmica y volcánica (Arroyo et al., 2017)

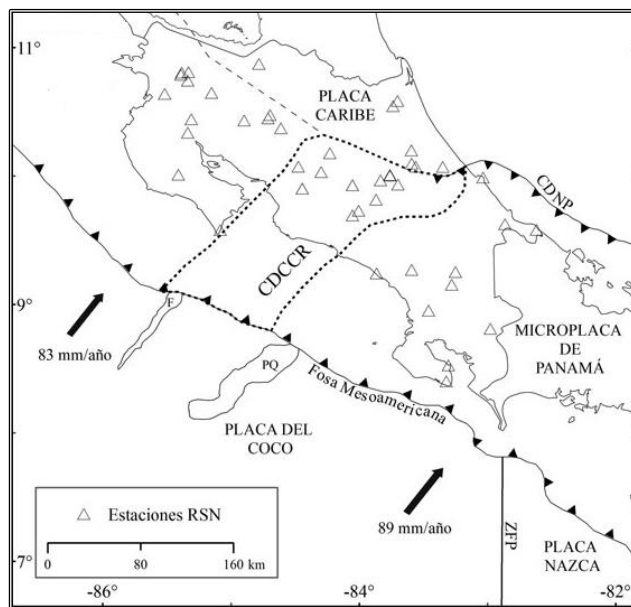


Figura 1.- Marco tectónico de Costa Rica. CDCCR: Cinturón Deformado Central de Costa Rica; CDNP: Cinturón Deformado del Norte de Panamá; ZFP: Zona de fractura de Panamá. Modificado de Arroyo et al., (2017).

Esta geodinámica interna, originada entre otras fuerzas, por la subducción de Coco ha moldeado al país en un entramado geomorfológico con planicies y montañas con elevadas pendientes. Climáticamente presenta zonas de baja presión y una influencia asociada a ciclones tropicales provenientes principalmente de Atlántico; existe una zona de convergencia intertropical entre los Vientos Alisios del hemisferio norte con los del sur; asimismo se presentan frentes fríos, así como periodos de El Niño y de la Niña. Este conjunto de condiciones geomorfo-climáticas han sido asociadas a fenómenos como sequías (hacia su parte pacífica) y prácticamente para todo el país a deslizamientos, inundaciones y cabezas de agua (CNE, 2015), convirtiendo al territorio en una país con múltiples amenazas.

2.2.-Geología

La zona de estudio presenta 4 tipos de formaciones geológicas descritas a continuación.

Formación la Cruz.

Según Denyer y Arias (1991), está conformada por lavas predominantemente basálticas y tobas que se sobreponen con la secuencia sedimentaria y ocasionalmente cortan el Complejo de Nicoya. Los basaltos presentan amígdalas de zeolita y poca calcita, comúnmente estas lavas meteorizan en una incipiente meteorización esferoidal, dando la apariencia de pseudoclastos dentro de una matriz arenosa. Las tobas intercaladas son color rojizo a violáceas, con estratificación centimétrica. La formación presenta una forma tabular y acuñada, con un espesor de ~1500 metros. Se le atribuye una edad de formación del Mioceno superior terminal.

Formación Peña Negra.

Las rocas están divididas en tres unidades, una inferior de areniscas medias y finas con estratos decimétricos, una media de lutitas y areniscas finas negras, y una superior con intercalaciones guijarrosas y estratos de caliza aislados. Se considera que tiene influencia volcánica con un espesor de ~1200 (Denyer y Arias, 1991).

Formación Grifo alto.

Denyer y Arias (1991), mencionan que se constituye por una serie de rocas volcánicas andesíticas y piroclásticas. El contacto inferior es una discordancia angular con la Formación la Cruz y la secuencia sedimentaria; en su parte superior se interdigita con la Formación Lavas Intracañón. Las lavas andesíticas presentan augita y/o hipersteno de color gris o rojizos. Los flujos piroclásticos en ocasiones son gruesos, con bloques lávicos y escoriáceos decimétricos, angulares y raras veces redondeados. Las ignimbritas son de color gris. Su forma es irregular y rellena la topografía existente post basculamiento. Se le estima un espesor de aproximadamente 800 a 1,000 m.

Depósitos aluviales y coluviales

Denyer y Arias (1991), mencionan que los ríos no presentan depósitos aluviales espesos, y cuando existen, son localizados. Evidenciando un dominio de la erosión sobre la depositación.

Los deslizamientos a nivel mundial han representado una de las amenazas de mayor frecuencia con impactos intensivos y focalizados que han generado desastres con pérdidas multisectoriales incluyendo vidas humanas; entre estos se pueden mencionar el de Cambray, en Guatemala (2015); la Pintada en México (2013); o el de Elgón en Uganda (2010) solo por hacer referencia de algunos. Costa Rica no es la excepción ya que se considera que cerca del 50% de su territorio presenta inestabilidad en sus laderas, en donde han ocurrido deslizamientos importantes que han afectado la calidad de vida y el bienestar de sus habitantes; originando en los últimos años ~224 personas fallecidas con afectación en sus sistemas económicos, sociales, y ecológico-ambientales (DesInventar, 2019; CONARE, 2018) como con lo acontecido durante los deslizamientos de Puriscal, Tapezco en Santa Ana, Tablazo en Desamparados, Toro amarillo, Bajo del Cacao, cerro de Tillarán (Mora, 1985) y también solo por mencionar algunos. Debido a esto, es que en el PEN (2014) en su informe sobre Gestión del Riesgo en Desastres y Ambiente, se reporta que a causa de las condiciones de montaña, en conjunto con los factores climáticos, estos eventos *socio-ambientales* son una de las amenazas más recurrentes para el Valle Central con una intensidad de baja a mediana (Fig. 2)

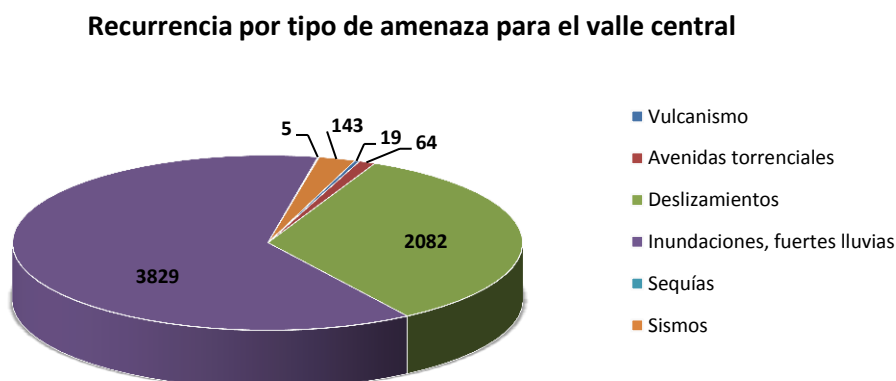


Figura 2. Recurrencia de amenazas para el Valle Central en donde se observan 2082 eventos de deslizamiento dentro del intervalo 1985-2013. Modificado de PEN (2015).

2.3.- Abordaje de los procesos de desarrollo en función de la vulnerabilidad

Los modelos de desarrollo durante la revolución industrial provocaron una tecnificación y sobre explotación de recursos naturales como producto del crecimiento y expansión de las actividades económicas; a raíz de estos acontecimientos aparecieron diferentes instituciones y grupos organizados que pretendían regular el uso desmedido de estos recursos para hacerlo más sostenible; de esta manera surgió el concepto de *desarrollo sustentable* a través del informe de Brundtland (1987) y se definía como: “Aquel que es capaz de suplir las necesidades del presente, sin comprometer las necesidades de las futuras generaciones” (Paniagua y Moyano 1988 p.154). Posteriormente este concepto fue abrazado en la Cumbre de Río (1992) y ha ido evolucionando a lo largo del tiempo; sin embargo mantiene la esencia de proteger al ambiente en función de un aprovechamiento sustentable de recursos que permita incidir o disminuir la vulnerabilidad del entorno, ya sea evitándola o disminuyéndola. A raíz de la apropiación de este concepto es que también se incorporó un procedimiento denominado *análisis de impacto ambiental*, que es llevado a cabo durante la ejecución de proyectos antrópicos y el cual propone medidas de prevención y mitigación respecto al uso de recursos y sus efectos sobre el ambiente o entorno (MINAE, 2008; Jiménez y Jiménez, 2008).

Por otro lado, también existen estudios sobre afectaciones al ambiente, provenientes no solo de las actividades antrópicas, sino como producto de ciertas amenazas de origen natural o socio-natural como huracanes, terremotos, tsunamis o deslizamientos, etc.; dichas investigaciones se han enfocado en una especie o sistema en particular como en: (Schoerner, Spiller y Lossos, 2001) les cuales analizaron la restauración poblacional de *Anolis sagrei* en 66 islas de las Bahamas tras el paso del huracán Floyd; o los estudios llevados a cabo por Heron, Morgan, Eakin y Skirving, (2005); quienes analizaron el blanqueamiento de Corales en el Caribe y su relación con fenómenos de baja presión. Siguiendo esta línea se ha reportado que los deslizamientos han generado repercusiones en la configuración del terreno (como en laderas y costas) así como efectos en la flora y fauna donde han impactado, ocasionando clareos de bosque y modificando procesos sucesionales con afectación en su estructura y dinámica, llegando a disminuir incluso la productividad del suelo hasta en un 70%; además de perjudicar la calidad de sus recursos hídricos (por

sedimentación) para consumo humano (Geertsema , Highland y Vaugeouis 2009; Elías y Díaz, 2009).

Por tanto los trabajos mencionados anteriormente poseen un enfoque de dos dimensiones, por una parte subrayan que la utilización de recursos de manera insostenible (*dimensión antrópica*) provoca efectos sobre componentes socio-ambientales; mientras que por otra parte se señala que existen diferentes amenazas que podrían alterar estos mismos componentes (*dimensión natural o socio-natural*). Ambas dimensiones es posible abordarlas desde una perspectiva de análisis ambiental, basada en el concepto de vulnerabilidad, que a diferencia del planteamiento tradicional de evaluación de impacto ambiental, permite superar algunas limitaciones caracterizadas por relaciones predominantemente lineales y centradas en impactos físicos. Con el enfoque de vulnerabilidad, las perturbaciones antrópicas o naturales, afectan a manera de red neuronal diferentes sistemas socio-ambientales (como el incremento delictivo, los movimientos sociales, los deslizamientos y la pérdida de biodiversidad etc.) y pueden ser al mismo tiempo causa o efecto; son considerados eventos concatenados que incluyen variables de carácter social, ecológico-ambiental, económicas, humanas, etc., además se presentan condiciones intrínsecas relacionadas con la susceptibilidad a daño en función de las diferentes presiones a las que puede verse sometido ese sistema (Gómez, 2001); asimismo se enfoca en identificar a aquellos factores que disminuyen la capacidad de respuesta y adaptación ante un impacto (Clark et al., 2000). Esta mejor comprensión de la realidad según Gómez (2001) “debería contribuir a un mejor diseño e implementación de políticas dirigidas a evitar o reducir los daños que puedan sufrir los sistemas humanos y ecológicos” (pp.7); y se refiere a los estudios de Gestión del Riesgo, entre ellos el *análisis de vulnerabilidades*.

Respecto a los *estudios de vulnerabilidad*, en la literatura existen múltiples abordajes y conceptos dependiendo de los objetivos del investigador y del enfoque de estudio, pasando por las ciencias sociales, naturales, ingenieriles, económicas, etc., (Birkmann, 2006). No obstante en sus inicios el enfoque estaba más vinculado a la incapacidad innata para afrontar “*la fuerza de los desastres naturales o de los castigos divinos*”; sin embargo ha ido modificándose o moldeándose, integrando elementos relacionados con las actividades

antrópicas; de esta manera se encuentran disertaciones que evalúan la *vulnerabilidad desde un contexto social*; como (Pizarro, 2001) quién estudió los impactos que ha tenido el desarrollo en países de América Latina y la incapacidad adquirida de los grupos más débiles (personas, familias o comunidades) para afrontarlos, estudios que incorporan a la vulnerabilidad como una condición intrínseca de estos grupos; de la misma forma Sánchez-González y Egea-Jiménez (2011) realizaron un estudio de *vulnerabilidad social* considerando poblaciones de alto riesgo en función de su grado de exposición frente a amenazas y sus condiciones para enfrentar tales riesgos; en este último ya se vincula la relación de amenaza-vulnerabilidad. Por otra parte Romero (2012) realizó un estudio de *vulnerabilidad económica* en una comunidad de Ecuador, considerando diferentes tipos de capital (humano, estructural, natural etc.) para hacer frente a una amenaza latente de deslizamiento. Así es que existen disertaciones para los diferentes tipos de vulnerabilidades según Wilches-Chaux (1989).

Los estudios referentes a la *vulnerabilidad ambiental*, han estado más relacionados con los daños potenciales que las actividades antrópicas o algún evento de origen natural podrían ejercer sobre los recursos naturales, los ecosistemas y su biodiversidad como en: (Chassoul, 2015; Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, 2017; y Villa y McLeod, 2002). Así se habla de *vulnerabilidad ambiental en determinados ecosistemas* en función del grado de perturbación posible generado por el ser humano o un evento natural. Sin embargo recientemente dichos enfoques han considerado a la *vulnerabilidad ambiental* como un estudio de vulnerabilidades del entorno, es así como Adamo, Razafindrazay y Sherbinin (2012) realizaron un estudio considerando eventos de origen natural (amenazas) y su relación con factores de exposición vinculados a variables como pobreza, mortalidad, y pérdidas económicas, identificando áreas de *vulnerabilidad ambiental* en América Latina; igualmente el PNUD (s.f) evaluó la *vulnerabilidad ambiental* para América Central considerando factores sociales como empleo y pobreza en combinación con el grado de coordinación multilateral y la protección de sus recursos naturales incluyendo el corredor biológico mesoamericano y el manejo integrado de cuencas. Dichas investigaciones han abordado un concepto de vulnerabilidad más integral, como el abordado en este estudio.

2.4.- Vulnerabilidad ambiental y deslizamientos

Existen diferentes condicionantes y mecanismos de disparo para que la probabilidad de deslizamiento ocurra. En Costa Rica, estos mecanismos son sinérgicos en distintas partes de su territorio y han sido analizados en investigaciones como en: (Peraldo y Rojas, 2000; CNE, 2012; Mora, Mora, y Wilhem-Ghunter, 1992) En general, se encuentra una relación entre la amenaza por deslizamiento y la vulnerabilidad desde un enfoque social, vinculado a daños estructurales, número de fallecimientos, pérdidas económicas, etc. No obstante Geocad, (s.f) realizó un estudio sobre la cuenca del río Curubres, en el Cantón de Aserrí, considerando diferentes componentes que caracterizaban el deslizamiento del Burío; se encontró que existe un desarrollo insostenible en la región relacionado con procesos de deforestación y sobrepastoreo, mismos que se combinaron con condiciones climatológicas, geomorfológicas y edáficas existentes. Por su parte Barahona, Méndez y Sjobohm (2013) realizaron un análisis de susceptibilidad a deslizamientos en el Distrito de Tres Equis, en Costa Rica, incluyendo análisis geomorfológicos, climáticos, hidrológicos y sobre el uso de recursos con un *enfoque de microcuenca*, concluyendo que una mala utilización de recursos contribuye a la susceptibilidad de deslizamientos. De la misma forma Mora, (s.f.) realizó un estudio sobre un deslizamiento en Bajo Gamboa, en el Cantón de León Cortez, Costa Rica, donde concluyó que la tala indiscriminada como el aprovechamiento de cantera, fungían como mecanismos de disparo de deslizamientos. Dichas investigaciones desde otra perspectiva, abordan las causas y no los efectos de los deslizamientos.

Desde la parte de las amenazas por deslizamiento que inciden sobre los recursos naturales, en Costa Rica se han generado diversas investigaciones: Peraldo y Rojas, (2000) realizaron un catálogo de deslizamientos a partir de fuentes hemerográficas, y entre los hallazgos sobresale que los deslizamientos de Zapotal, en Pérez Zeledón de Costa Rica, afectaron sus cultivos de café, su recurso hídrico y la localización de acuíferos; mismos que se bascularon hacia una quebrada para represar un kilómetro de cauce, colmatando una de las dos lagunas de Arancibia y con esto afectar su sistema agropecuario. De la misma forma Peraldo y Solís (2000) reportaron que en la cuenca oeste del río Tírrases, Costa Rica; zona que previamente había sido deforestada para ganadería, se generaron procesos de reptación que culminaron en un desalojo de 100,000 m³ de suelo y vegetación afectando cultivos,

zonas de bosque y sus recursos hídricos; en este último punto cabe mencionar que cuando los deslizamientos inciden sobre quebradas o ríos con algún tipo de aprovechamiento consuntivo, suelen afectar las tomas de captura hídrica, nacientes y fuentes de abastecimiento como los deslizamientos de San vito y su afectación a la nacientes del río Limoncito. Así como en los estudios llevado a cabo por (OPS, 1997; Montero y Rojas, 2014; Borges y Mora, 2013) estos últimos realizaron un análisis sobre la potencial afectación de deslizamientos con base en la exposición de acueductos de los Cantones de Puriscal y Mora, arrojando datos espaciales a una escala 1: 140 000.

Los deslizamientos reportados con anterioridad han sido en parte influenciados por las actividades antrópicas en combinación con las características intrínsecas del terreno y mecanismos de activación, *como son los movimientos sísmicos*, los cuales han fungido como elementos de disparo; como con los terremotos ocurridos de Toro Amarillo y Guatuso en 1911; el de Sarchí en 1912; Cinchona en el 99 y el de Limón en el 91 (DesInventar, 2019; Peraldo, 2000).

Estas variables sísmicas han sido categorizadas como componentes morfodinámicos y se han utilizado como indicador para valorar zonas susceptibles a deslizamientos, a través de una técnica que combina parámetros relacionados con factores pasivos como la humedad, las pendientes y la litología; además de factores activos, como las precipitaciones y los terremotos, metodología denominada Mora-Vahrson-Mora (MVM) (Mora, et al., 1992) como en: Mora, (2004); Segura, Badilla y Obando, (2011).

Para saber el grado de alcance de un deslizamiento y con esto sus potenciales áreas de afectación o generación de mapas de peligros, se han utilizado diferentes simuladores que consideran variables relacionadas con factores geomorfológicos y climáticos que son representados en Sistemas de Información Geográfica como en: (García, Aristizábal y Guzmán, 2019); No obstante también en función del tipo de deslizamiento existen simuladores que modelan flujos de detritos (o hiper-concentrados) en relación al material de acumulación y arrastre; principalmente agua, roca, vegetación y escombros con zonas de depositación a lo largo de valles, como en (Figueroa-Miranda, 2013), quién simuló un flujo hiper concentrado de detritos producto de inusuales precipitaciones, saturación de suelos y deslizamientos múltiples represados en una microcuenca en la comunidad de Anganguero,

Michoacán, Mexico; sepultando unidades habitacionales, calles y sistemas hídricos. En esta misma línea de investigación se ha utilizado el software de Lahar-z (Shilling, 1988) para modelar áreas de peligro con diferentes escenarios de alcance con flujos no-Laháricos, y deslizamientos tipo deslaves o avalanchas (USGS, 2019; Griswold y Iverson, 2008)

Por último (Suárez, Peraldo, Badilla y Obando (2009); Hernández y Retana (2016) y Mora (2013) en sus investigaciones realzan la importancia de la zonificación de sus resultados, quienes evaluaron deslizamientos (con un enfoque geomorfológico e integral) para contribuir a la toma de decisiones informadas en los planes de OT.

3.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a los antecedentes expuestos los deslizamientos representan una de las amenazas más recurrentes y puntuales en el territorio nacional. Dichos eventos han afectado en mayor proporción al Valle Central y sus alrededores, sitio en donde está ubicada la micro cuenca de estudio en Tabarcia de Mora. Un área conformada por laderas de fuerte pendiente y suelos erosionados con influencia de actividades antrópicas vinculadas a sistemas agropecuarios como a minería a cielo abierto.

Por tanto se considera que las características geomorfológicas de la zona, aunadas a sus condiciones climáticas y sus actividades antrópicas, están influyendo en la susceptibilidad de deslizamientos en la zona; los cuales en los últimos años han generado afectaciones en unidades habitacionales, así como en su infraestructura vial e hídrica. Las dos últimas con repercusiones sociales. Además se considera que dichas actividades asimismo están incidiendo en la generación de vulnerabilidades hídricas, sociales y ambientales.

En Costa Rica existen instrumentos y políticas públicas que exhortan en todos los niveles el abordaje de la gestión de riesgos bajo el enfoque del análisis de vulnerabilidad e identificación de amenazas; para esto es que se han desarrollado metodologías integrales de mayor alcance que abarcan diferentes aspectos de la vulnerabilidad y que reflejan una realidad más acorde de los sistemas expuestos, ya que su generación incluye la participación ciudadana como un elemento de aporte para la toma de decisiones y en donde el uso de sus recursos de manera insostenible, incluyendo sus elementos de biodiversidad, está vinculado a diferentes factores subyacentes del riesgo; es decir la vulnerabilidad es contemplada como un constructo social. Sin embargo es necesario que estos instrumentos normativos, enfoques y metodologías sean implementadas en los lugares donde se manifiestan los desastres. Por tanto se considera necesario evaluar las condiciones existentes en la microcuenca del río Tabarcia, la cual presenta deslizamientos sobre sus quebradas que desembocan en áreas de asentamientos humanos. Además de que son sitios con bosques de galería que podrían fungir como áreas de refugio de vida silvestre. Dichas condiciones permitirán determinar parámetros de susceptibilidad a deslizamientos como zonificaciones, y posibilitarán bajo el enfoque de vulnerabilidad mencionado, evaluar

condiciones intrínsecas contemporáneas que puedan servir como insumo para los planes de desarrollo, conservación y de ordenamiento territorial locales.

4.- OBJETIVO GENERAL

Analizar la vulnerabilidad ambiental ante un escenario de deslizamiento en la microcuenca del río Tabarcia, estableciendo propuestas que incidan en su reducción.

4.1.- Objetivos específicos

Determinar áreas de peligro por deslizamiento en la micro cuenca del río Tabarcia de Mora, con el fin de establecer zonas potenciales de afectación.

Evaluar las condiciones ambientales en la micro cuenca del río Tabarcia de Mora para conocer su vulnerabilidad ante un escenario de deslizamiento.

Realizar un análisis de percepción social para identificar el conocimiento de la población hacia su espacio geográfico y su dinámica.

Establecer recomendaciones que permitan incidir favorablemente en la vulnerabilidad ambiental de la localidad de Tabarcia de Mora para su consideración en los procesos locales de Gestión de Riesgo.

5.- LIMITACIONES

Generales

La presente investigación no aborda el análisis del conjunto de vulnerabilidades globales según Wilches-Chaux (1989) debido a que no se ajusta a la metodología propuesta y a los recursos temporales para realizar esta investigación.

Los resultados de vulnerabilidad ambiental por deslizamiento por antonomasia son temporales, escalares y diferenciales: por tanto tienen caducidad y no son aplicables al futuro pues los contextos serán diferentes, ya que responden al dinamismo del entorno o ambiente relacionado con la teoría de sistemas y de causa-efecto; de igual manera las metodologías podrían verse modificadas en espacios diferentes y escalas de tamaño disímil.

Los resultados de la metodología de Mora-Vahrson-Mora (Mora, R. et al., 2002) no sustituyen estudios geotécnicos que profundizan en los parámetros de susceptibilidad a deslizamientos.

Técnicas

Los resultados de la modelación del deslizamiento Arasarí, no consideran factores de expansión del material removido por pérdida de presión de confinamiento y arrastre.

Los resultados de vulnerabilidad hídrica por exposición no contemplaron los sistemas hídricos de la ASADAS de Cañas debido a una ausencia de colaboración.

La valoración de impacto ambiental realizada con el software EIA09 consideró valores cualitativos de enjuiciamiento, en función de los recorridos en campo y la experiencia del autor, sin tomar en cuenta valoraciones cuantitativas, debido a que cada variable requeriría una estrategia de valoración.

6.- MARCO CONCEPTUAL

Se considerarán los deslizamientos como aquellos movimientos a lo largo de una o varias superficies de ruptura que están compuestos por volúmenes de roca y suelo (incluyendo material vegetal); en donde el peso principal es composición litológica y la cantidad de agua. Dichos movimientos pueden ser súbitos o de forma lenta, como las reptaciones; las cuales están definidas por Strahler (1986) como movimientos lentos del suelo y del sustrato dendrítico, en donde la gravedad ejerce un empuje que induce a las partículas descender cuesta abajo y de manera progresiva. Pueden presentarse como caída de rocas; como desprendimientos de bloques cohesivos sobre un plano de falla curvo (rotacionales) (fig. 3); con una o varias superficies de falla orientadas en favor de la ladera (traslacionales); y como flujo de detritos (fig. 4), que como su nombre lo indica es un flujo en donde dominan los esfuerzos viscosos en proporción con la cantidad de agua presente; en su recorrido gravitacional se va fragmentando y muestra una relación entre su longitud y anchura, su velocidad aumenta con la pendiente y disminuye con el contenido de arcilla. El material afectado suele ser el manto de alteración. Además pueden presentar hiper concentración de material no consolidado y desencadenarse a través de terremotos o intensas precipitaciones.

Sin embargo se considera que los deslizamientos mencionados, pueden presentarse de una o más formas, dependiendo de sus etapas de desarrollo, geodinámica y contexto local.

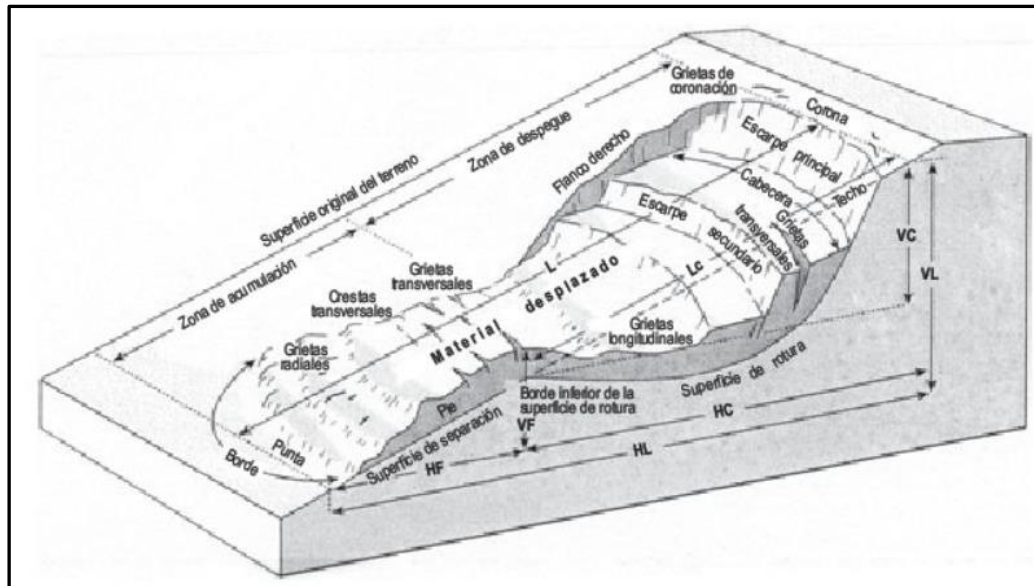


Figura 3. Diagrama general de un deslizamiento tipo rotacional. Tomado de Cruden y Varnes, (1996).

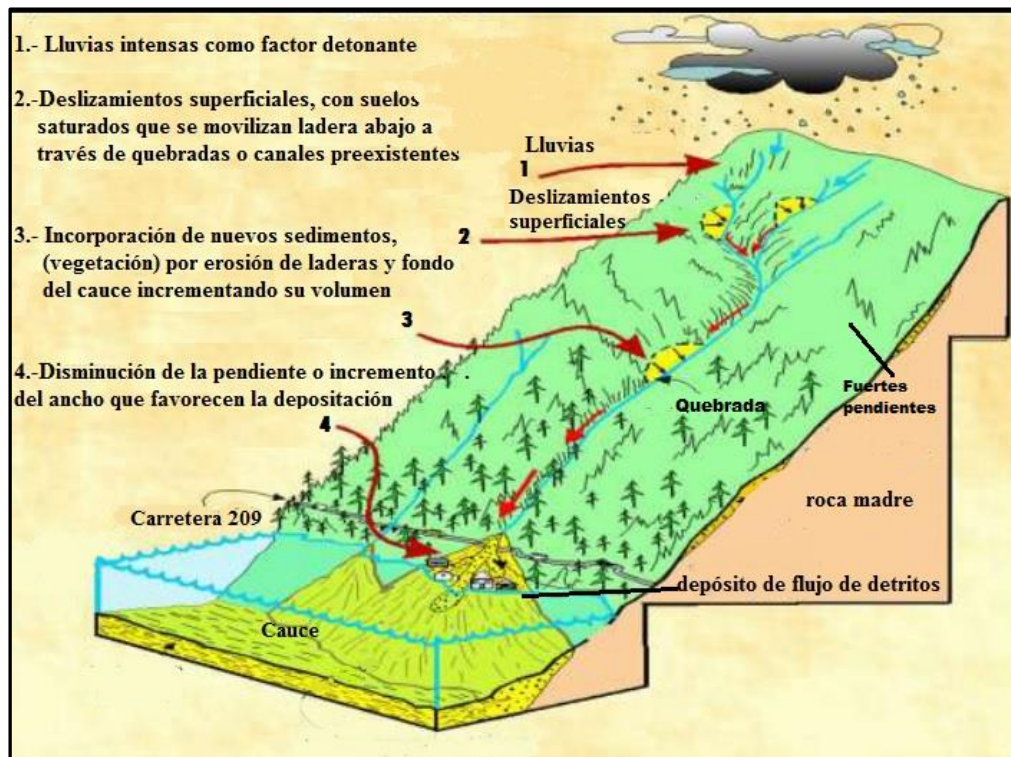


Figura 4: Ilustración hipotética de un flujo de detritos en laderas de fuerte pendiente con coronas de deslizamiento activas, fuertes precipitaciones y laderas de pendientes pronunciadas como algunos de sus elementos básicos de formación. Modificado de Figueroa-Miranda, (2013).

Dichos fenómenos denudacionales son estudiados por la geomorfología, la cual aborda los procesos relacionados con la dinámica de la superficie terrestre. Asimismo se considera que la especie humana a través de sus actividades, es un agente geomorfológico que moldea y acelera los procesos dinámicos, que incluso pudieran representar un peligro para sí misma y su subsistencia.

Uno de los puntos centrales en esta investigación descansa en la utilización del concepto de ambiente, el cual procede del latín *ambientis*, que significa rodear, o estar al lado de (RAE, 2017); por tanto cuando se habla de “medio ambiente” se está generando un pleonasma que hace referencia a *las características entorno a un sistema*, las cuales hacen alusión generalmente a sistemas ecológicos incluyendo biomas, paisajes, especies, nichos y ecosistemas; conceptos relacionados con ambientes “naturales”. Sin embargo, en esta investigación se tomará en cuenta el concepto desde su raíz, considerando que existen *ambientes o entornos* de diferentes clases como ambientes sociales, económicos, académicos etc., y para referirse a medio ambiente como se ha concebido erróneamente se hablará de *ambiente ecológico*. Es así que cuando se hable de vulnerabilidad ambiental; se estará hablado de la vulnerabilidad del entorno al estilo de Wilches-Chaux (1989); quién considera a la vulnerabilidad, conformada como un conjunto de vulnerabilidades.

6.1.- Utilidad de los estudios de vulnerabilidad entorno a la Gestión del Riesgo en Desastres

La gestión del riesgo GR es un procedimiento integral que busca, mediante diferentes instrumentos, revertir las condiciones de vulnerabilidad de un sistema o de una población. Para alcanzar esto, se necesita realizar una contextualización y análisis de los factores de exposición como de las condiciones ambientales que incrementan, a esa población o sistema, la susceptibilidad del impacto de una amenaza

Los análisis de vulnerabilidad aportan elementos para la toma de decisiones y de inversión de multi-recursos para mejorar la planificación, las condiciones ambientales y los procesos de desarrollo a diferentes niveles territoriales/espaciales. Su estudio involucra aquellas debilidades que deben ser abordadas previo al impacto de una o varias amenazas, y

generalmente se relacionan con causas de fondo, presiones dinámicas o condiciones inseguras que incrementan el riesgo de desastre (Wisner et al., 2004).

El abordaje de los estudios de vulnerabilidad vinculados a la GR posibilitan ejercer acciones preventivas, sostenibles y mitigables, así como conocer hacia donde deben ir los recursos de atención, rehabilitación y reconstrucción *post* desastre (CNE, 2015; DOF, 2006); son un denominador común dentro de las dimensiones diferenciadas de la GR según (Cardona, Hurtado, Duque, Moreno, Chardon, Velásquez y Prieto, 2003). Pues están implícitos en la identificación y la reducción del riesgo; el manejo de desastres y la transferencia del riesgo.

6.2.- Riesgo y peligro como fuente potencial de amenaza

El riesgo será definido como la probabilidad de daño y la pérdida de vidas (incluyendo la biodiversidad), puede comprender daños estructurales, perturbaciones socio-económicas, medios de sustento, así como degradación cultural y ecológico-ambiental; es el resultado de la interacción entre la amenaza y las condiciones de vulnerabilidad ambiental. De manera convencional se expresa por la ecuación de: $\text{Riesgo} = \text{Amenaza} \times \text{Vulnerabilidad}$ (UNDP-BCPR, 2004); es una construcción social que se justifica a partir de las actividades humanas y durante los procesos de desarrollo; que de manifestarse conducen a un desastre (Lavell, 2000; Oliver-Smith, 2002; Beck, 2006).

La amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un evento físico latente, que podría ocurrir dentro de un periodo específico de tiempo, sobre un territorio y con una intensidad diferencial (ESPON, 2003). Genéricamente se clasifica de acuerdo a su origen como natural, tecnológica o socio-natural. Esta última clasificación surge debido a las formas insostenibles del uso de recursos sobre el ambiente, es decir son amenazas que en parte, han sido construidas (Lavell, 2003). Representan un factor externo de riesgo de un sistema expuesto y pueden ser expresadas en términos de área (Cardona, Hurtado, Duque, Moreno, Chardón y Velázquez, 2003). Mientras que el peligro es una condición latente o susceptible de categorizarse como amenaza, está sujeto a las condiciones de vulnerabilidad y a la presencia del sistema/persona/población. Es decir, un deslizamiento es un peligro para las

personas en una isla inhabitada; sin embargo es una amenaza si se generan asentamientos irregulares entorno a ese deslizamiento.

6.3.-Determinación de la amenaza a partir de una fuente de peligro

Existen diferentes métodos para caracterizar la amenaza por deslizamiento; los determinísticos, probabilísticos y cartográficos (Barrantes, Barrantes y Núñez, 2011). Los primeros se basan en cálculos técnicos donde las inferencias se realizan a través de un método riguroso y se llevan a cabo por especialistas del área que consideran diferentes parámetros geomorfológicos y climáticos que forman parte de mecanismos condicionantes como de disparo. En los métodos probabilísticos se determina la frecuencia de los factores activos, como sus periodos de retorno y magnitud ajustados a diferentes escalas. Sin embargo en esta investigación se considera el método cartográfico mediante su representación a través de sistemas de información geográfica, el cual permite definir zonas de peligro a través de un modelador de escenarios que considera el alcance del deslizamiento en relación a las áreas de contacto o traslape entre sistemas expuestos (casas, puentes, áreas boscosas etc.) dichas áreas serán consideradas como zonas de amenaza.

6.4.- La vulnerabilidad

Esta investigación se consideró el punto de vista de diferentes autores para construir el concepto de vulnerabilidad, desde la perspectiva ambiental mencionada, pretende ser más de corte operacional que teórico, se le considera como un factor interno de riesgo desde un contexto constructivista y posmodernista ligado al desarrollo de la sociedad y el uso de sus recursos (Beck, 1986)

Blaikie, Cannon, David y Wisner (1994) consideran que la vulnerabilidad ambiental es causada por procesos que la sociedad realiza como parte de sus actividades y está aunada a cierto grado de exposición física o área de influencia a una amenaza, incluyendo la proporción de daño. Esta definición se adecúa con la emitida por la Oficina de la Organización de las Naciones Unidas para la Mitigación de los Desastres UNDR0 (1991); la cual vincula el concepto de vulnerabilidad a un porcentaje de pérdida en función de la intensidad y alcance de una amenaza. De las anteriores definiciones se rescata la exposición física, el área de influencia y el alcance, como elementos focales de esta investigación.

Para Cannon, Twigg y Rowel (2003) la vulnerabilidad implica una cualidad predictiva de respuesta de un sistema, que podría ocurrir en una población identificada y bajo condiciones particulares de amenaza. Mientras que Suárez (2002) define a la vulnerabilidad como la capacidad de un sistema para ser dañado por diferentes perturbadores en relación a su probabilidad de ocurrencia y magnitud. De estas definiciones se abstraerá la capacidad de un sistema a ser dañado en conjunto con sus cualidades predictivas, ya que a través del análisis de sus condiciones, es posible predecir o inferir qué población, sistema o componente es más o menos susceptible a sufrir daños.

Desde la perspectiva de las ciencias sociales y aplicadas Maskrey (1984) y Cardona et al. (2003) consideran a la vulnerabilidad como el grado de pérdida de un elemento o conjunto de elementos que se encuentren en riesgo ante la presencia de una amenaza de diferente magnitud; ellos incluyen la valoración de la vulnerabilidad de manera cualitativa o relativa, ya que está asociada a factores educativos, culturales, ideológicos, económicos, etc.

Además se consideran los aportes desde el contexto de las Ciencias Naturales, ya que según Mata, (2008) para prevenir y reducir la vulnerabilidad, es necesario abordarla desde un enfoque donde se reconozcan las relaciones entre el ambiente natural, el intervenido, y los sistemas socio-económicos desde un panorama de sostenibilidad; enfoques concebidos por Adger, Kelly y Bentham (2001) quienes reconocen las perturbaciones ecológico-ambientales como indicadores de vulnerabilidad, ya que los países más vulnerables son los que presentan mayores deterioros ambientales y los que sufren mayores desastre (Lavell, 1994).

En estas definiciones ya se contempla el enfoque de insostenibilidad para la generación de vulnerabilidad, es así como Corell, Cramer y Schellnhuber (2001) consideran que un sistema incrementa su vulnerabilidad como consecuencia de los procesos de transformación insostenible y perturbaciones ecológico-ambientales. Mientras que Feldbrugge y Von Braun (2002) toman en cuenta, además de factores políticos y demográficos como determinantes de la vulnerabilidad, cambios relacionados con la degradación ecológico-ambiental y el agotamiento de recursos.

Por tanto el concepto de *vulnerabilidad ambiental* utilizado en esta investigación será definido como:

Aquellas condiciones intrínsecas de un sistema, que incrementan el grado de susceptibilidad o porcentaje de daño que puede recibir, están influenciadas por los procesos construidos como parte de las actividades humanas y de desarrollo insostenible, así como por el grado de exposición de sus elementos dentro del área de influencia de una amenaza en conjunto con su magnitud; esto determina sus impactos directos o indirectos. Dichos impactos son diferenciales entre sus componentes, en los cuales existen interconexiones; su evaluación (de estos componentes) genera propiedades predictivas de susceptibilidad a daño.

Ejemplificando:

La vulnerabilidad que posea el componente natural producto de las actividades antrópicas respecto a alguna amenaza, repercute en la vulnerabilidad de los componentes ambientales del conjunto de vulnerabilidades presentes; este enunciado así mismo aplica para cada componente (Fig. 5).

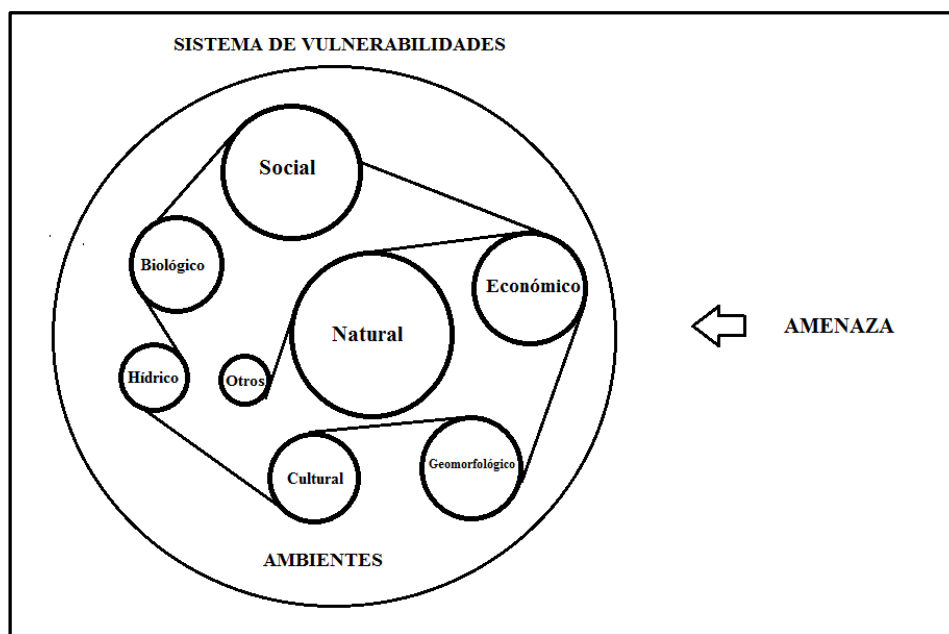


Figura 5. Se muestra un sistema con múltiples vulnerabilidades interconectadas, en donde el tamaño del círculo representa su vulnerabilidad diferencial entorno a una amenaza. La flecha representa el impacto hacia las vulnerabilidades, en caso de dirección contraria serían capacidades o resiliencia. Fuente: Elaboración propia.

6.5.- Sustentabilidad y ambiente

La sustentabilidad entonces se refiere al uso y explotación de un recurso mediante un proceso de extracción, transformación o valoración comercial, que permite o promueve su recuperación, de modo que garantiza su renovación y permanencia en el largo plazo; comprende la utilización de recursos naturales con respecto a la integridad funcional y las capacidades de carga de los ecosistemas (CONABIO, 2017). Estos recursos se refieren a aquellos elementos inmersos en el ambiente natural de la atmósfera y geósfera como pueden ser la litosfera, la biosfera, la hidrosfera etc., y que cumplen diferentes funciones en torno a los demás sistemas como a la sociedad (de allí el concepto de servicios ambientales). Cuando dichos elementos presentan una forma de aprovechamiento por las personas, en ese momento se convierten en recursos (Kaimowitz, 1996), que cuando son utilizados en forma irracional, generan eventos de perturbación que vulneran sistemas ambientales; y relacionado con el tema de investigación, genera un incremento en la susceptibilidad a los procesos de remoción en masa (Mata, 2008; Kok, Vishal, Wonink y Jager 2006).

Los análisis de insustentabilidad ambiental comprenden diferentes escalas; las globales que se remontan a los años 60's como respuesta a los modelos económicos de desarrollo y al uso indiscriminado de recursos. Sin embargo al paso del tiempo se ha hecho necesario escalar la visión a niveles territoriales o administrativos en donde los impactos sean evidentes y estén en función de las necesidades sociales como de las formas de aprovechamiento local. Para Paniagua y Moyano (1998) dicho nivel de sustentabilidad recae en los territorios de las comunidades, ya que consideran que es el más apropiado y a la vez posible, "pues solo a esta escala, es en donde las propuestas de sustentabilidad se hacen suficientemente operativas para su puesta en práctica y donde pueden ser asumidas por los habitantes de las comunidades implicadas" (p.159).

6.6.- La cuenca como una unidad de análisis

Una cuenca hidrográfica es un espacio territorial delimitado por un parteaguas, es decir, las partes más elevadas de las montañas de donde parten todos los escurrimientos que confluyen en un punto en común denominado punto de salida de la cuenca, este puede ser

un lago para las cuencas endorreicas, o el mar para las exorreicas. Las cuencas poseen límites bien definidos con salidas precisas, son unidades funcionales estructuradas jerárquicamente y pueden dividirse en subcuencas, que se encuentran delimitadas de la misma forma pero desembocan en el curso principal de un río. Las microcuencas, entonces, son las ubicadas al interior de cada subcuenca cuyos límites pueden o no incluir fronteras administrativas (SEMARNAT, 2013). Poseen una interrelación entre sus sistemas ambientales como parte fundamental de su expresión y su dinámica espacio-temporal; ya que como menciona Hernández y Retana (2016); las cuencas son territorios definidos naturalmente en donde se gestan procesos socio-ecológicos ligados íntimamente entre sí y donde es posible identificar los impactos de las actividades humanas. Además según Cordero, (2008) son canales de comunicación donde se realizan procesos fundamentales para la regulación de flujos hidrológicos, mitigación de riesgos, protección de suelo, control de la erosión y de la calidad del agua; además de que fungen como sitios de refugio climático y de paso de fauna silvestre. Debido a esto es que la CEPAL (1994) considera necesario abordar el enfoque de cuencas, para implementar estrategias de desarrollo y aprovechamiento de recursos con miras a la sostenibilidad y con una orientación en Gestión de Riesgos (Hernández y Retana, 2016; Granados y León, 2013; Cortés, 2016).

7.- METODOLOGÍA

La microcuenca de estudio comprende un área de 1,128 ha se encuentra ubicada en la localidad de Tabarcia de Mora y pertenece al tercer distrito del cantón de Mora (Fig. 6), forma parte de la subcuenca del río Tabarcia y de la cuenca del río grande de la Candelaria. Posee 3 quebradas de caudal perenne denominadas Q. Mata, Q. Mónicos y Q. Mina que tributan al río Tabarcia. Según el último censo de población y vivienda posee 4,703 habitantes (su mayor concentración se ubica en edades de entre 10-29 años (Apéndice 1 tabla 4) y 1,560 viviendas (INEC, 2019) las cuales en su mayoría se encuentran asentadas en el valle de la base de la microcuenca, a excepción de la localidad de Cañas, un poblado localizado al norte de la localidad de Tabarcia sobre laderas y colinas.

Presenta una topografía irregular con fuertes pendientes que van de 15-55° en donde se realizan actividades agropecuarias de cultivo de café, cítricos, ganado bovino, porcino y aviar principalmente (PDRT, 2015). Di Stéfano y Morales (1993) reportan que “la cuenca posee parches de vegetación correspondientes a bosque pre-montano y montano bajo muy húmedo, con temperaturas y precipitaciones anuales que oscilan entre 20 y 24°C y 2,000-3000 mm³, respectivamente” (p. 424). Presenta un clima tropical lluvioso seco a templado lluvioso con un rango de 190 a 210 días de lluvia por año (ITCR, 2014).

Hacia su parte norte se encuentra rodeada por dos áreas silvestres protegidas, ambas con categorías de Zonas Protectoras; las cuales son proveedoras de importantes servicios ambientales al contar con zonas de recarga hídrica, áreas con extensa cobertura forestal y reportes de especies de vida silvestre de gran importancia (PDRT, 2015; Alvarado y Durán, 2006; Alvarado y Bolaños, 2014). Hacia su parte central, se encuentra la Reserva Indígena Quitirrisí; una población de ca., de 527 habitantes del grupo étnico Huetar (Apéndice 1, tabla 6) establecidos de manera aleatoria, sin embargo actualmente solo ocupan el 0,9% de su territorio (Amaris Cervantes, 2017).

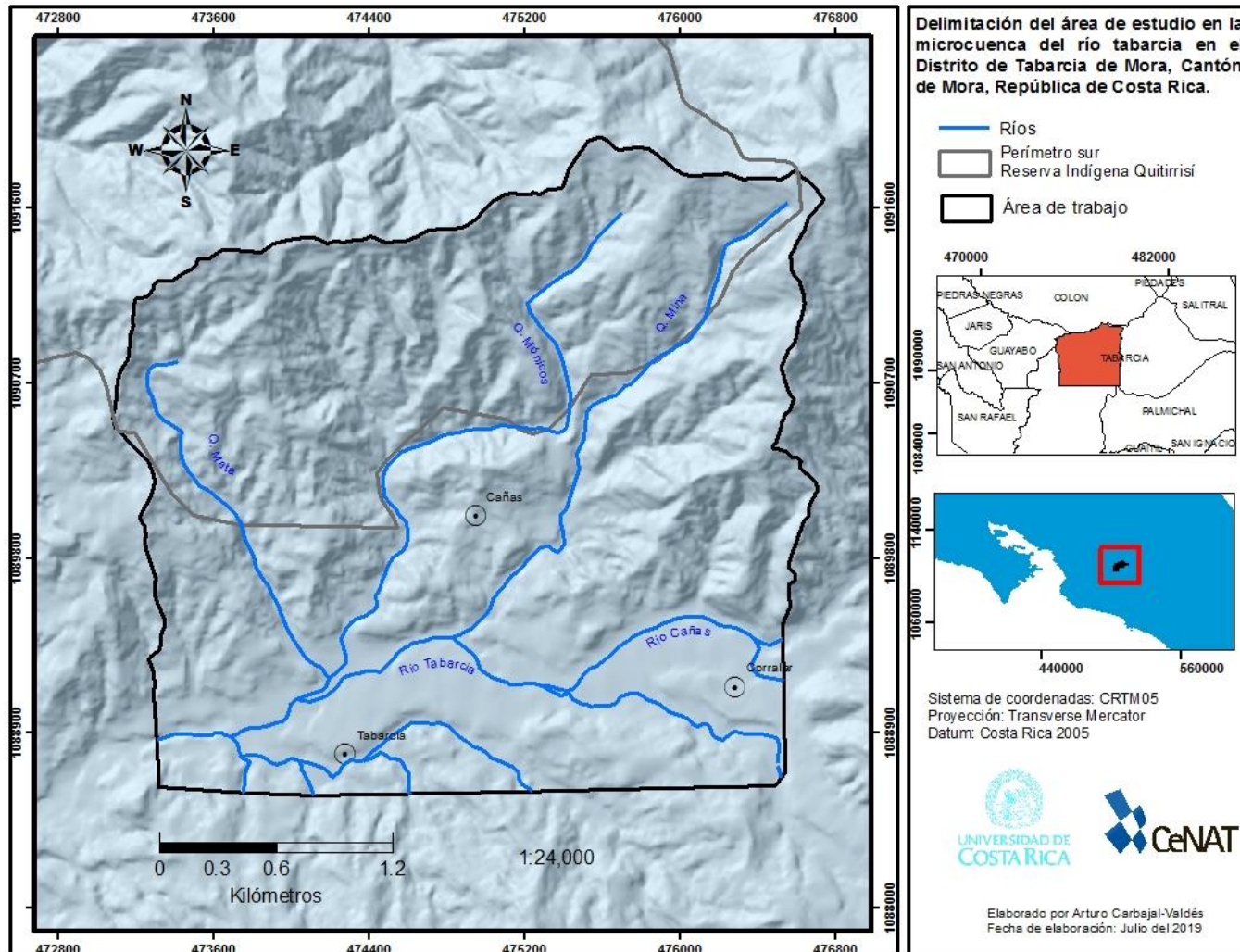


Figura 6. Ubicación del área de estudio en la micro cuenca del río Tabarcia, en el Distrito de Tabarcia, Cantón de Mora. República de Costa Rica.

7.1.- Enfoque metodológico.

La presente investigación recae dentro de los estudios de investigación aplicada; durante su transcurso, se consultaron fuentes de información primaria y secundaria. Además de que se realizó investigación cualitativa a manera de entrevistas semi-estructuradas, las cuales brindaron la oportunidad de percibir de manera más fluida el sentir y pensar de la comunidad Tabarceña. Así mismo, se realizó observación estructurada con fines exploratorios, en materia de vida silvestre y en función de los resultados de los análisis de las entrevistas. Los resultados permitieron generar una contextualización para su posterior análisis.

Por tanto durante el curso de esta investigación, se abordaron modalidades, descriptivas, exploratorias y explicativas, las cuales recaen dentro de los estudios profesionales y de campo; no obstante tuvo dos enfoques: uno desde el punto de vista de las Ciencias Naturales que consideró aquellos procesos y elementos que inciden en la vulnerabilidad de la zona de estudio; así como un segundo enfoque desde una perspectiva social, el cual permitió integrar y analizar el conocimiento local respecto a el aprovechamiento de sus recursos, a sus problemáticas y necesidades contemporáneas, así como la percepción y dinámica de su espacio geográfico mediante mapas de percepción social.

La investigación fue dividida en tres componentes (Fig.7) los cuales se corresponden con el alcance de los objetivos planteados según la siguiente figura. El proceso metodológico es explicado como parte introductoria de la parte de resultados.

I.- Componente Abiótico	II.- Componente social	III.- Componente biótico
<ol style="list-style-type: none"> 1. Contextualización geomorfológica 2. Inventario de deslizamientos y zonas de reptación. 3. Análisis de Susceptibilidad a deslizamientos con el Método Mora Vahrson Mora (Mora, R. et al., 2002). 4. Modelización de deslizamiento con Lahar-z (Schilling, 1992) <ul style="list-style-type: none"> • Análisis situacional de sus sistemas hídricos (SHi). 	<ul style="list-style-type: none"> • Necesidades, problemáticas y uso de recursos comunitarios. • Mapas individuales y colectivos de percepción social 	<ul style="list-style-type: none"> • Inventario de vida silvestre con participación social. • Índice de biodiversidad vegetal. Shannon-Weaver (1949). • Generación de guía comunitaria de aves
<p>Obj. No. 1: Determinar áreas de peligro por deslizamiento con el fin de establecer áreas potenciales de afectación (1-4)</p> <p>Obj. No. 2: Evaluar las condiciones ambientales en la microcuenca del río Tabarcia relacionadas con la vulnerabilidad (I, II y III)</p> <p>Obj. No. 3: Análisis de percepción social para identificar el conocimiento de la población hacia su espacio geográfico y dinámica (II)</p>		

Figura 7. Componentes que formaron parte del análisis de vulnerabilidad ambiental para la zona de estudio.

8.-RESULTADOS

8.1.-Contextualización geomorfológica, inventario de deslizamientos y zonas de reptación

Para la caracterización geomorfológica se buscaron fotografías aéreas de la zona de estudio dentro del Registro Nacional de Costa Rica y de los proyectos CARTA (2003 y 2005) del laboratorio de PRIAS del programa de investigaciones aplicadas y sensores remotos del Centro Nacional de Alta Tecnología, CeNaT. Se trabajó con la fotografía CARTA 2003 con terminación 905, de una resolución espacial de 5 metros y de 16 bits. Fue georreferenciada en Arcmap 10.1 y analizada mediante el programa Ilwis 3.4 junto con un modelo digital de elevación MDE de 5.5 (x,y) y un mapa de curvas de nivel con 10 metros de separación; Insumos digitales desarrollados en el laboratorio de mecánica de suelos de la escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica, UCR. Con esto fue posible generar pares estereoscópicos para la visualización de geoformas (Fig. 8)

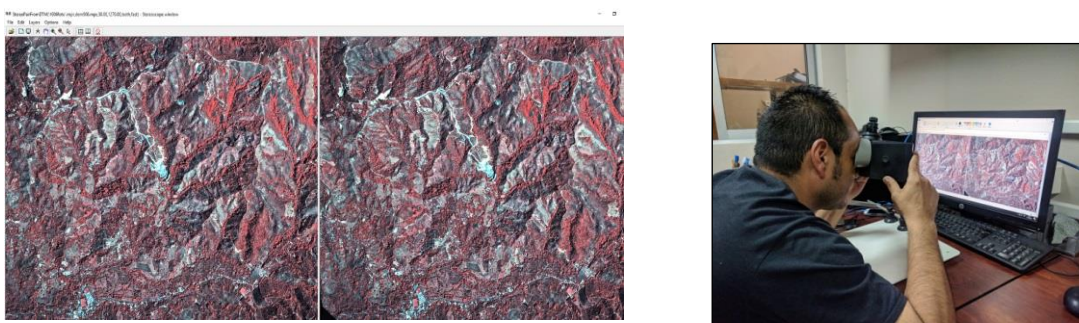


Figura 8. (Izq.) Generación de pares estereoscópicos en Ilwis 3.4 para la identificación de geoformas; (der) uso de lentes para su visualización en 3D.

La fotointerpretación se realizó siguiendo los criterios de van Zuidam (1986), dividiendo el área de estudio en las siguientes geo-formas (Fig. 9 y cuadro 1)

Un extensa planicie de inundación de 179,32 ha con dirección E-W y sobre la cual se encuentra establecida y cargada hacia su parte Oeste, la localidad de Tabarcia de Mora. En este punto se encontró que la mayor concentración de asentamientos, se ubican sobre una plataforma de sedimentación de al menos 10 metros de elevación respecto a la desembocadura de la quebrada Mónicos (Ubicación del deslizamiento activo Arasarí). En

esta planicie también se localiza parte de la carretera 209 rumbo a Palmichal; mientras que hacia su parte Este, se encuentra la comunidad de Corralar.

Se identificaron 63 polígonos de deslizamiento inactivos, digitalizados desde la parte visible de su corona como hacia el borde de su parte basal (su área de depositación) .El área obtenida fue de 102.65 ha. Estos deslizamientos históricos se encontraron concentrados hacia la parte norte del área de estudio sobre laderas y colinas de origen denudacional de fuerte pendiente y alta disectación; dichas colinas representan 50.3 % del área total de la zona.

Cuadro 1. Porcentajes por hectárea dentro del área de estudio respecto a los diferentes tipos de geomorfología encontrada

Geoformas	Ha	%
Deslizamientos inactivos	102.65	9.09
Escarpes denudacionales	16	1.42
Terraza aluvial	11.89	1.05
Laderas y colinas denudacionales de fuerte pendiente y disectación	567.81	50.34
Laderas y colinas de moderada disectación y fuerte pendiente	175.32	15.55
Colinas de moderada a fuerte pendiente y baja disectación	75.12	6.65
Planicie de inundación	179.32	15.9
Total	1128.11	100

Además se detectaron zonas con escarpes denudacionales hacia la parte NW- 5 polígonos de *c.a.* 16 ha; mientras que para la parte centro y sur del área de estudio se encontraron colinas denudacionales de moderada y baja disectación así como terrazas aluviales de 11,89 ha., dentro de la planicie de inundación. Los resultados fueron espacializados en el siguiente mapa (Fig. 10).

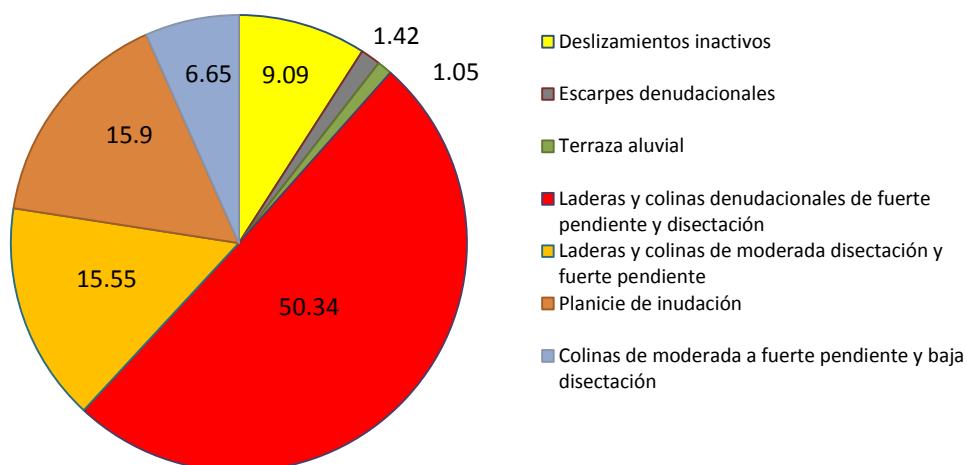


Figura 9. Porcentaje de geomorfos por hectárea dentro del área de estudio. Elaboración propia.

8.2.- Inventario de deslizamientos

Se utilizaron imágenes satelitales de la base de datos obtenida *vide supra*, así como de imágenes históricas de Google Earth 2019. Dicha base fue complementada con trabajo de campo, el cual incluyó un recorrido por el área de estudio, además se consideró la percepción de la comunidad sobre el conocimiento de deslizamientos. Los resultados fueron espacializados en un sistema de información geográfica ArcMap 10.1. (fig. 14) A fin de reforzar el inventario, se acudió a la Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias (CNE) de Costa Rica, para buscar información histórica de la zona en materia de deslizamientos; encontrándose que no se tenía reporte alguno en sus bases de datos (Julio Madrigal, comunicación personal, septiembre de 2018), incluyendo el mapa de amenazas y peligros para el Cantón de Mora (CNE, s.f) (Ap. VII).

Los resultados de las entrevistas respecto a la ubicación y espacialización de deslizamientos arrojaron que las personas tenían presente el deslizamiento de Cañas, localizado en una comunidad a 1,5 km dirección NE de Tabarcia (debido su incidencia económico-social) y el deslizamiento del alto Quitirrisí utilizado como punto focal de esta investigación (Fig. 12) ;

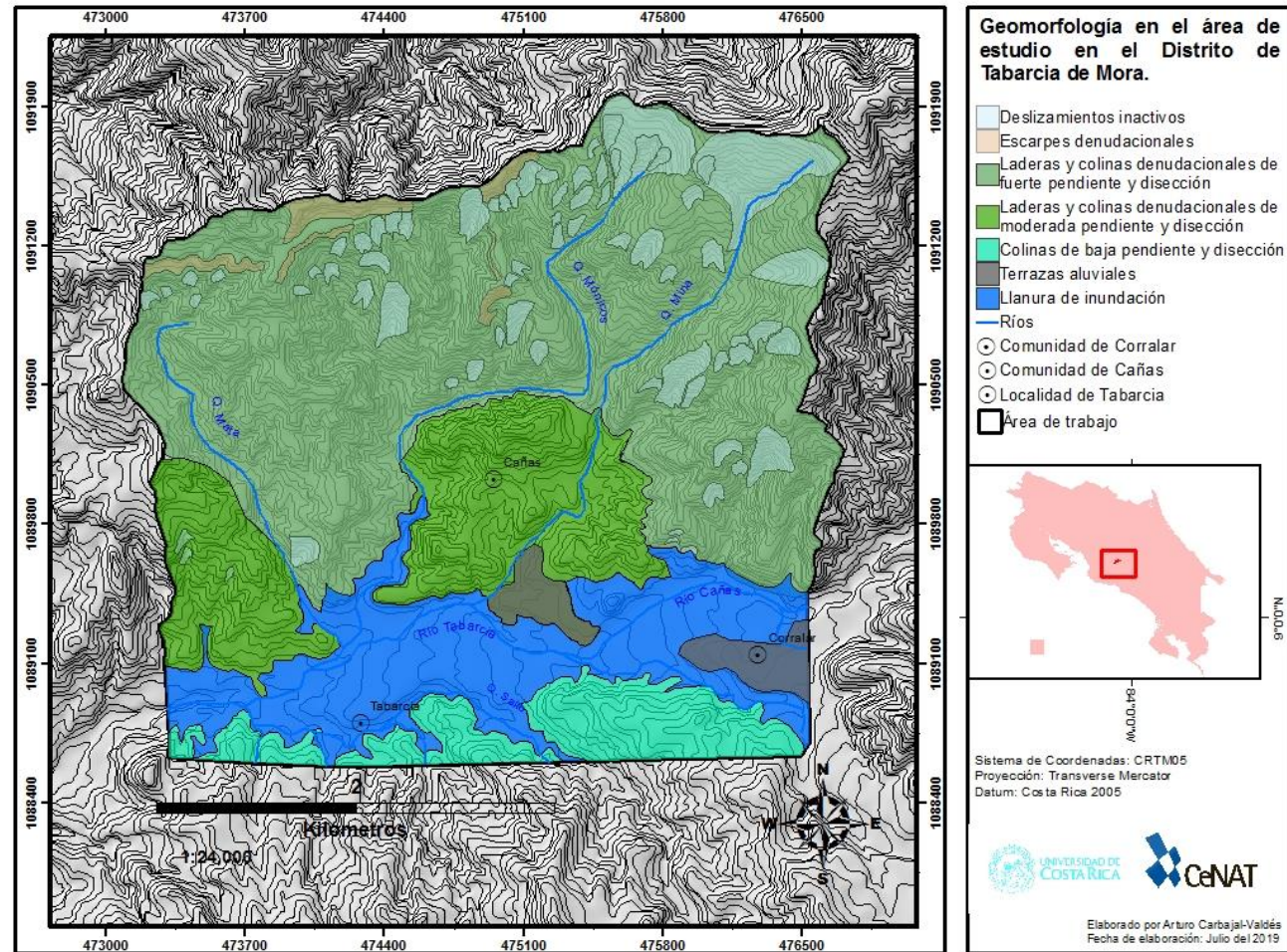


Figura 10. Zonificación geomorfológica en la microcuenca de estudio.

el cual a partir de ahora será denominado “deslizamiento Arasarí ” debido a que en campo al georreferenciarlo, se observó esta especie de Tucán; nombre común para la especie de *Pteroglossus frantzii*. Este reconocimiento en campo permitió además la geoespacialización de otros seis importantes (en cuanto a dimensiones y relación antrópica) polígonos de deslizamientos activos, los cuales presentan sus potenciales zonas de acumulación dirigidas hacia las quebradas Mónicos y Mina; de la misma forma se les asignó un nombre lúdico relacionado con la presencia de la ornitofauna local avistada (Cuadro 2)

Cuadro 2: Nombres comunes asignados a deslizamientos activos en la zona de estudio en la comunidad de Tabarcia de Mora.

Polígono (deslizamiento activo)	Nombre común	Especie	Coordenadas CRTM05		Dirección potencial de su zona de acumulación
1	Arasarí	<i>Pteroglossus frantzii</i>	475.555	1091.333	Mónicos
2	Pone Pone 1	<i>Aramides cajaneus</i>	475.048	1091.268	Valle intermitente
3	Pone Pone 2	<i>Aramides cajaneus</i>	475.264	1090.976	Mónicos
4	Pone Pone 3	<i>Aramides cajaneus</i>	475.284	1090.819	Mónicos
5	Chanchito 1	<i>Tityra semifasciata</i>	476.274	1091.002	Mina
6	Chanchito 2	<i>Tityra semifasciata</i>	476.121	1090.854	Mina
7	Chanchito 3	<i>Tityra semifasciata</i>	475.819	1090.246	Valle intermitente

Igualmente se obtuvieron zonas de reptación relacionadas con áreas sin cobertura boscosa, (figs. 11 y 13) probablemente vinculadas con actividades de pastoreo y agricultura, así como a las variaciones locales de precipitación y temperatura (Tarbuck y Lutgens, 2005).

Movimientos gravitacionales

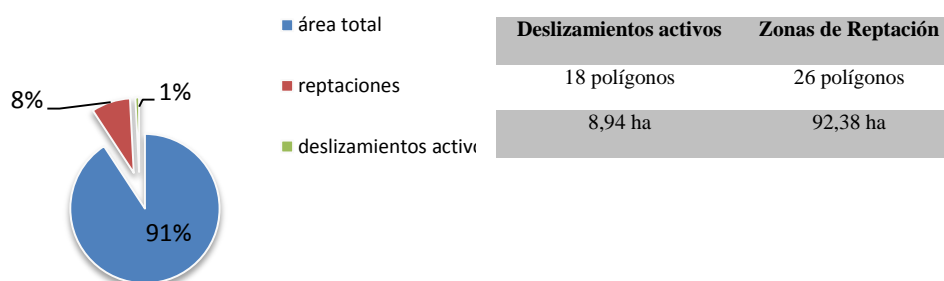


Figura 11. Porcentaje de deslizamientos activos y reptaciones en Tabarcia de Mora.

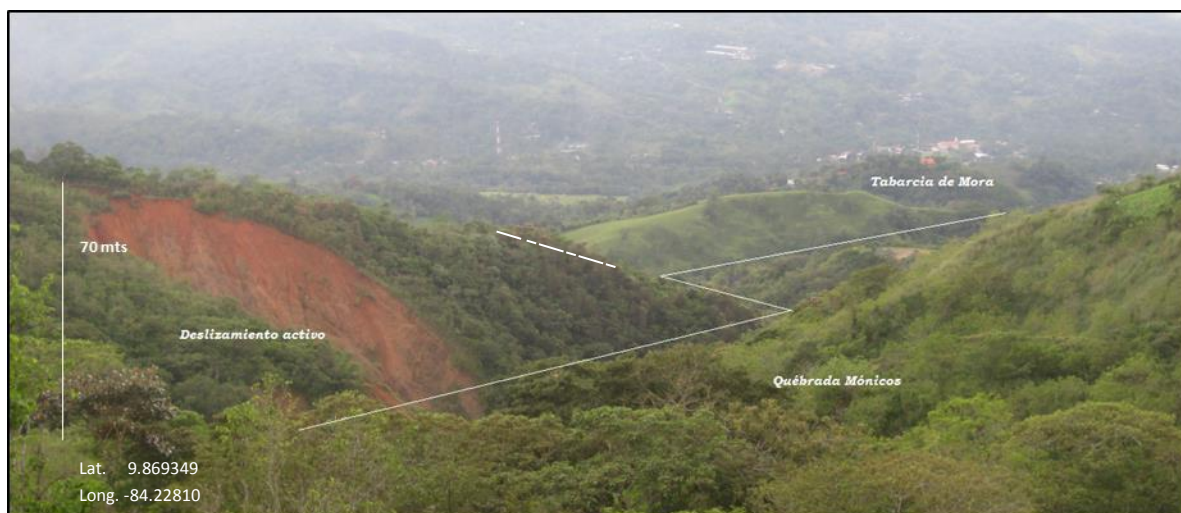


Figura 12. Fotografía del deslizamiento activo (Arasarí) en la parte alta de la quebrada Mónicos. Nótese que cuenca abajo se encuentra asentada parte de la población de Tabarcia de Mora, y en su parte media el desvío de aguas asociado con lineamientos estructurales, según (Montero y Rojas, 2014), representado en línea punteada según DGM-MINAE, (2017).



Figura 13: fotografía de suelos reptados en áreas deforestadas para ganadería. El área de estudio abarcaba una parte considerablemente reptada de forma intermitente. N 474,409; E 1090334.

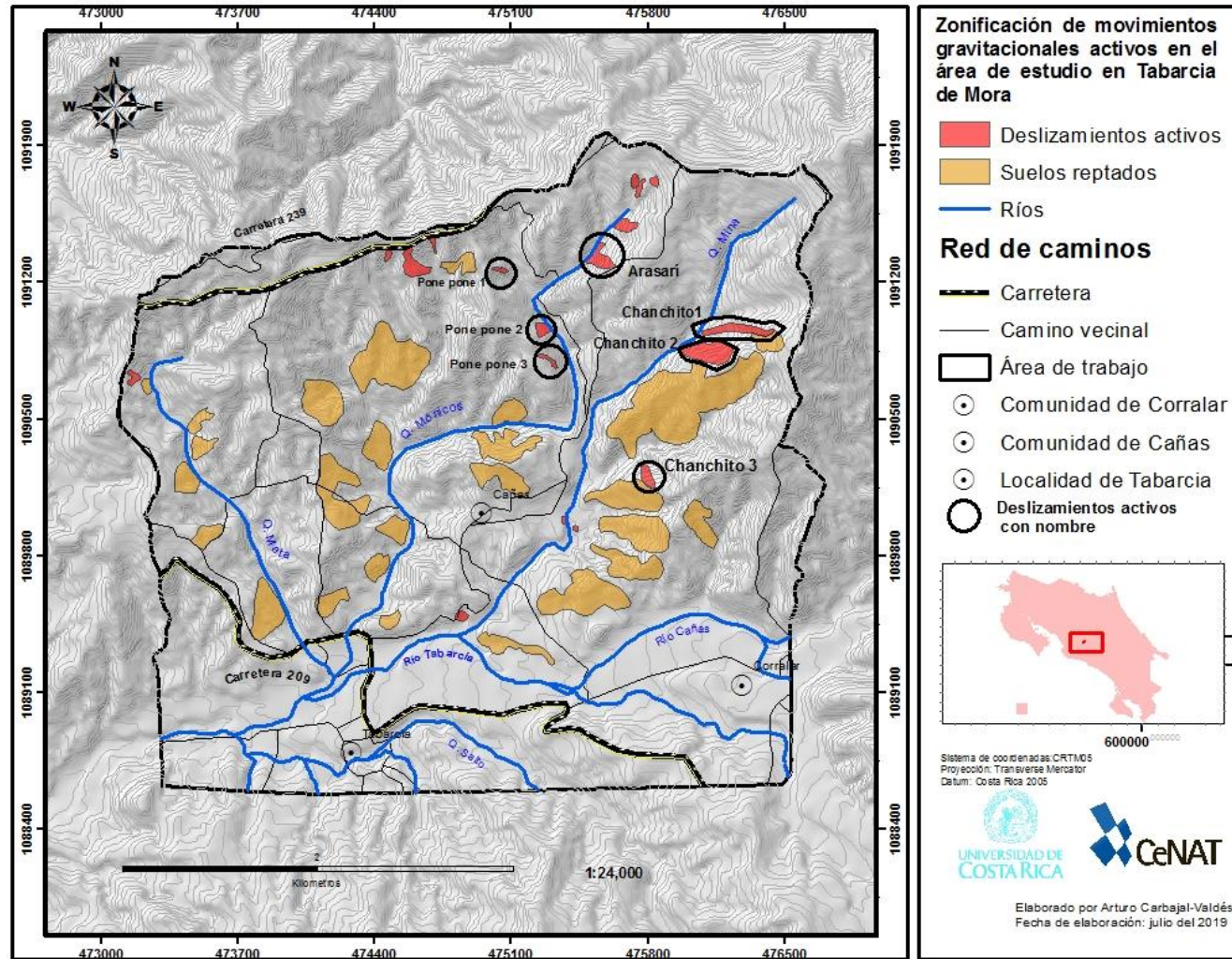


Figura 14. Espacialización de deslizamientos activos y zonas de reptación moderada.

8.3.- Análisis de susceptibilidad a deslizamientos con el método Mora Vahrson Mora

Se utilizó una modificación de la metodología de Mora Vahrson Mora (Mora R, et al., 2002). En donde fue sustituido el parámetro de susceptibilidad litológica relacionada con el tipo de suelo*, por el geomorfológico, debido a que este último brinda información más detallada para la escala utilizada en esta investigación.

Dicha metodología a través de la combinación de indicadores morfo dinámicos, genera áreas con diferente susceptibilidad a deslizarse considerando factores pasivos relacionados con la geomorfología, la pendiente y la humedad del terreno; así como con elementos activos vinculados con la activación de deslizamientos como es la precipitación y los eventos sísmicos. En esta investigación se utilizó una base topográfica 1:25,000 con una resolución de 25 m² es decir un tamaño de pixel de 5x5 m.

La fórmula general es la siguiente:

$$H=EP*D$$

*De donde:

H= grado de susceptibilidad al deslizamiento,

EP: Producto de la combinación de los elementos pasivos, y

D: Producto de la combinación de los elemento activos o factores de disparo.

Desglosando la fórmula según Mora, R. et al. (2002) se tiene que:

$$EP= S_G* S_H*S_P$$

S_G= Valor del parámetro de susceptibilidad geomorfológica,

S_H=Valor del parámetro de susceptibilidad de humedad del terreno, y

S_P= Valor de parámetro de la pendiente.

El factor de disparo está compuesto por los siguientes parámetros:

Para la zona de estudio solo se reportan suelos del orden de Ultisol (INTA, 2016) Los cuales se caracterizan por distribuirse en lugares de mucha precipitación; *son suelos meteorizados* con horizontes argílicos, es decir existe en ellos arrastre de suelo por procesos pluviales desde las fracciones más finas de la superficie hacia el interior del suelo. Presenta bases lavadas de Na, K, Mg y Ca; mientras que el color pardo-rojizo se lo brinda la deshidratación o lixiviación del Fe.

$$D = D_S + D_{LI}$$

De donde:

DS: Valor de parámetro de disparo por sismicidad, y

DLI: Valor del parámetro del disparo por Lluvia

Sustituyendo los parámetros en la ecuación original entonces se tiene que:

$$H = (S_G * S_H * S_P) (D_S + D_{LI})$$

8.3.1.- Parámetro de susceptibilidad geomorfológica (S_G)

Con los datos anteriores fue posible ponderar y zonificar el área de estudio quedando de la siguiente manera (cuadro 3 y fig. 15).

Cuadro 3. Valores asignados para la obtención del parámetro de susceptibilidad geomorfológica (S_G)

Atributos	Valor asignado	Categoría asignada	Color
Planicie y terraza aluvial	1	Muy baja	Blanco
Laderas y colinas denudacionales de baja disectación y moderada/pendiente	2	Baja	Verde esmeralda
Laderas y colinas denudacionales de mediana disectación, y fuerte pendiente con zonas de reptación.	3	Media	Verde
Laderas, colinas y escarpes denudacionales de fuerte pendiente y disectación; posee zonas de reptación y coronas de deslizamiento inactivas.	4	Alta	Café claro
Son zonas con deslizamientos activos	5	Muy alta	Rojo Marte

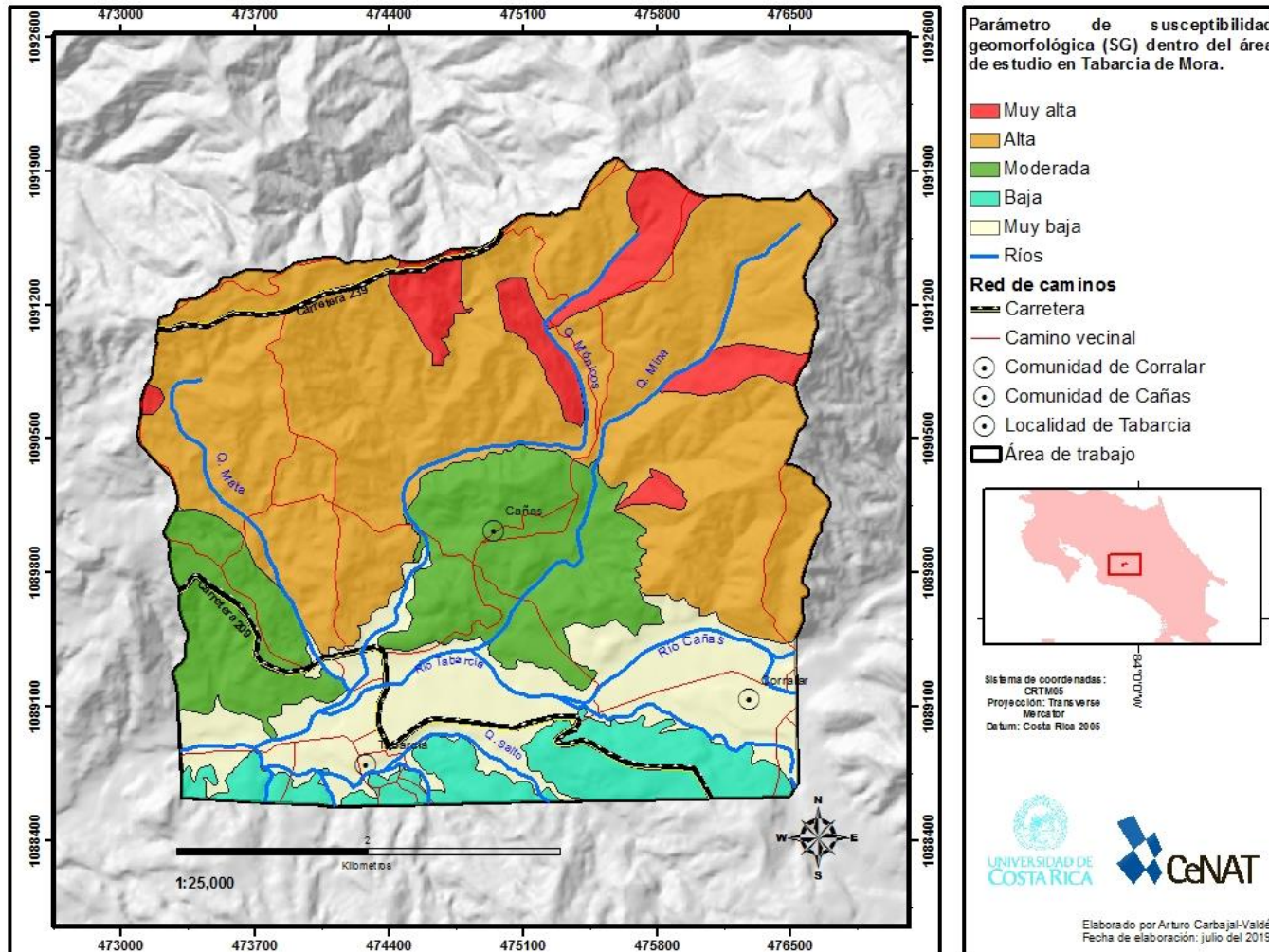


Figura 15. Mapa de zonas de susceptibilidad geomorfológica.

8.3.2.- Parámetro de humedad del suelo (S_H)

Se contactó al Instituto Meteorológico Nacional (IMN) de Costa Rica para obtener información de las estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio con datos de precipitación promedio mensual en milímetros (equivalente a un litro de agua por metro cuadrado) de los últimos 14 años.

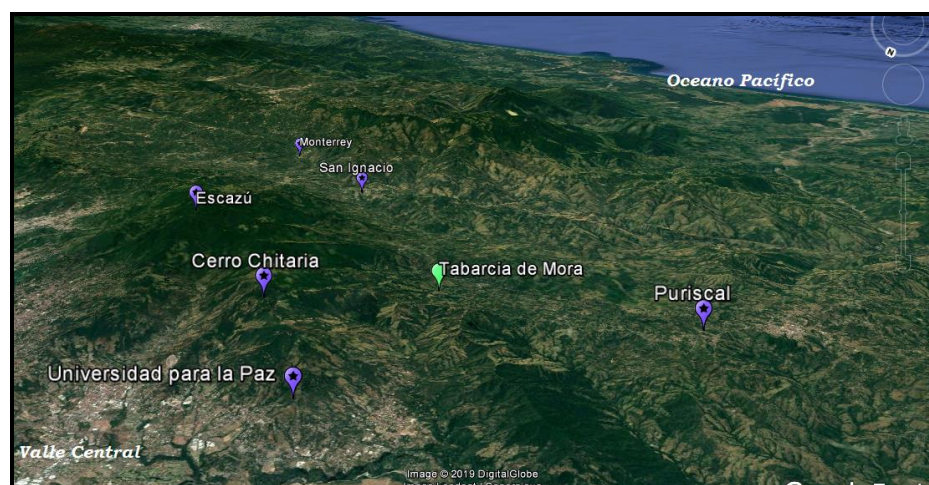


Figura 16: Estaciones geo-localizadas (color morado) en Google Earth cercanas al distrito de Tabarcia de Mora (color verde). Información provista en coordenadas geográficas por el IMN.

Se obtuvieron 6 estaciones meteorológicas con diferentes intervalos de tiempo en años de información (Fig. 16 y cuadro 4). Para la selección se utilizó la estación que contenía la información de precipitación promedio completa y de más de 10 años de antigüedad; descartando así las estaciones de Puriscal, Cerro Cedral-Escazú, Cerro Chitaria y Universidad para la Paz.

En esta investigación se consideró la estación de San Ignacio debido la cantidad de datos (en años) disponibles y su ubicación respecto a su influencia pacífica hacia Tabarcia de Mora. Sin embargo a cada una de las estaciones se les realizó un Balance Hídrico Simplificado (BHS) (Mora, 2004) con el objetivo de detectar variaciones en el valor de este parámetro.

Cuadro 4. Estaciones meteorológicas cercanas al área de estudio con diferente intervalo de información sobre precipitación mensual. * Dichas estaciones contenían vacíos en su información. Las columnas de **valor asignado/parámetro** representan el **BHS**, *vide post*. En rojo la estación utilizada.

Localidad	Intervalo tiempo	Años	Distancia al área de estudio (km)	Valor asignado	Valor del parámetro
Puriscal*	2013-2017	5	7,6	13	3
Cerro Cedral-Escazú*	2013-2017	5	8,7	11	3
Monterrey de Aserri	2005-2017	13	16,8	12	3
Cerro Chitaría	2012-2017	6	5,1	12	3
San Ignacio	1995-2017	23	9,5	11	3
Universidad para la Paz	2012-2017	6	6,7	11	3

La información obtenida del IMN fue clasificada de acuerdo a los valores del cuadro 5 en función de la cantidad de precipitación promedio por mes y sumada para los doce meses del año, obteniendo así un valor entre 0 y 24 unidades para cada estación (valor BHS).

Cuadro 5. Valores asignados a los promedios mensuales de lluvia (Mora, et al., 1992)

Promedio de precipitación mensual (mm ³)	Valor asignado
<125	0
125-250	1
>250	2

En donde según Mora, (2004) se asume que una evapotranspiración potencial de <125mm/mes no ocasionarían humedad al terreno; sin embargo, precipitaciones entre 125-250 mm si la incrementarían, y precipitaciones superiores a 250 mm conducirían a una elevada humedad del suelo.

El siguiente cuadro (6) despliega la forma en cómo se realizó la asignación de valores para la estación de San Ignacio.

Cuadro 6. Valores asignados por mes en función del cuadro 4

San Ignacio													
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1995-2017	7,2	22,6	44,3	99,3	300,2	266,5	177,7	221,6	376,2	397,9	154,5	32,1	
Valores asignados	0	0	0	0	2	2	1	1	2	2	1	0	11

Para obtener el valor del parámetro (S_H) se utilizó el cuadro 7, el cual asigna una descripción de la humedad del terreno que recae en el intervalo de valores asignados.

Cuadro 7. Valoración del parámetro de humedad del suelo (S_H) (Mora, et al., 1992)

Suma de valores asignados por mes	Descripción	Valoración del parámetro S_H
0-4	Muy bajo	1
5-9	Bajo	2
10-14	Medio	3
15-19	Alto	4
20-24	Muy alto	5

8.3.3.- Parámetro de pendientes (S_P)

Se utilizaron las clases de pendientes en grados según van Zuidam (1986), las cuales están relacionadas con las condiciones generales del terreno así como un color y parámetro sugerido por el mismo autor (cuadro 8); las diferentes clases podrían coincidir con los sectores críticos donde la probabilidad de deslizamiento es dominante

Cuadro 8. Clases de pendientes relacionadas con las condiciones del terreno, color y parámetro asignado *sensu* van Zuidam (1986)

Clases de pendiente en grados	Condiciones del terreno	Color sugerido	Valor del parámetro
0-2	Planicie sin denudación apreciable.	Verde oscuro	0
2-4	Pendiente muy baja con peligro de erosión.	Verde claro	1
4-8	Pendiente baja con peligro severo de erosión.	Amarillo	2
8-16	Pendiente moderada con deslizamientos ocasionales y peligro severo de erosión.	Naranja	3
16-35	Pendiente fuerte con procesos denudacionales intensos (deslizamientos) y peligro extremo de erosión de suelos.	Rojo claro	4
35-55	Pendiente muy fuerte con afloramientos rocosos y procesos denudacionales intensos, reforestación posible.	Rojo oscuro	5
>55	Extremadamente fuerte con afloramientos rocosos y procesos denudacionales severos (caída de rocas y cobertura vegetal limitada).	Morado	6

Los resultados reflejan un área de cerca de 180 hectáreas donde se encuentra el valle aluvial- con una intercalación de parámetros de 0-1 y 2 principalmente y sin denudación apreciable. En este sitio es en donde se encuentra ubicada la mayor concentración de asentamientos humanos de Tabarcia y Corralar, la carretera 209 rumbo a Palmichal de

Acosta; escuelas, centros comunales, iglesias e infraestructura habitacional. Sin embargo gran parte del área de estudio, hacia el norte, se encuentra conformado por una combinación de pendientes tipo 4 y 5, fuerte y muy fuerte (Fig. 17-18)

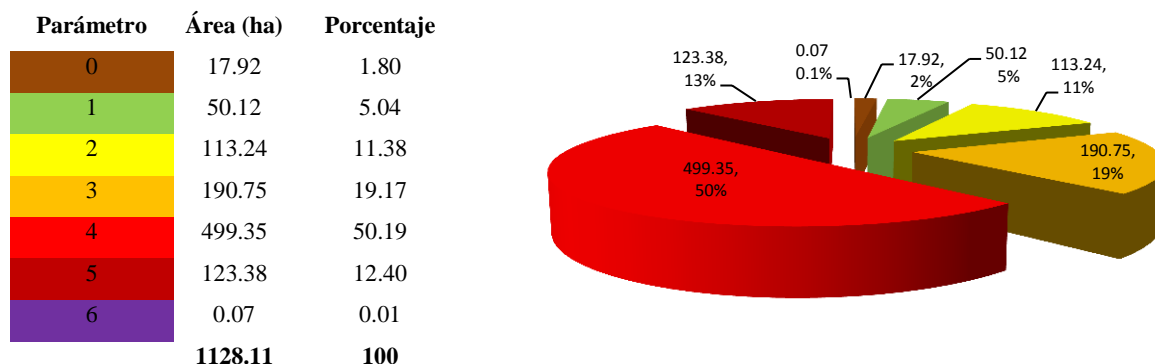


Figura 17: Porcentaje de área correspondiente a los parámetros por color según van Zuidam (1992) dentro del área de estudio del Distrito de Tabarcia de Mora

8.3.4.- Parámetro por sismicidad (D_s)

Mora y Vahrson (1991) y Mora, et al (1992) han considerado a la sismicidad como uno de los parámetros a incluir para zonificar la inestabilidad de las laderas; ya que se sabe que desde 1841 que en Costa Rica, los sismos han fungido como mecanismos de disparo de deslizamientos. Debido a esto es que se revisaron diferentes fuentes históricas como bases de datos, revistas y catálogos con información relacionada a las intensidades y su área de influencia (Cuadro 9, Fig. 19); con esto fue posible determinar el parámetro por sismicidad (D_s) correspondiente a *muy fuerte* con valor= 7.

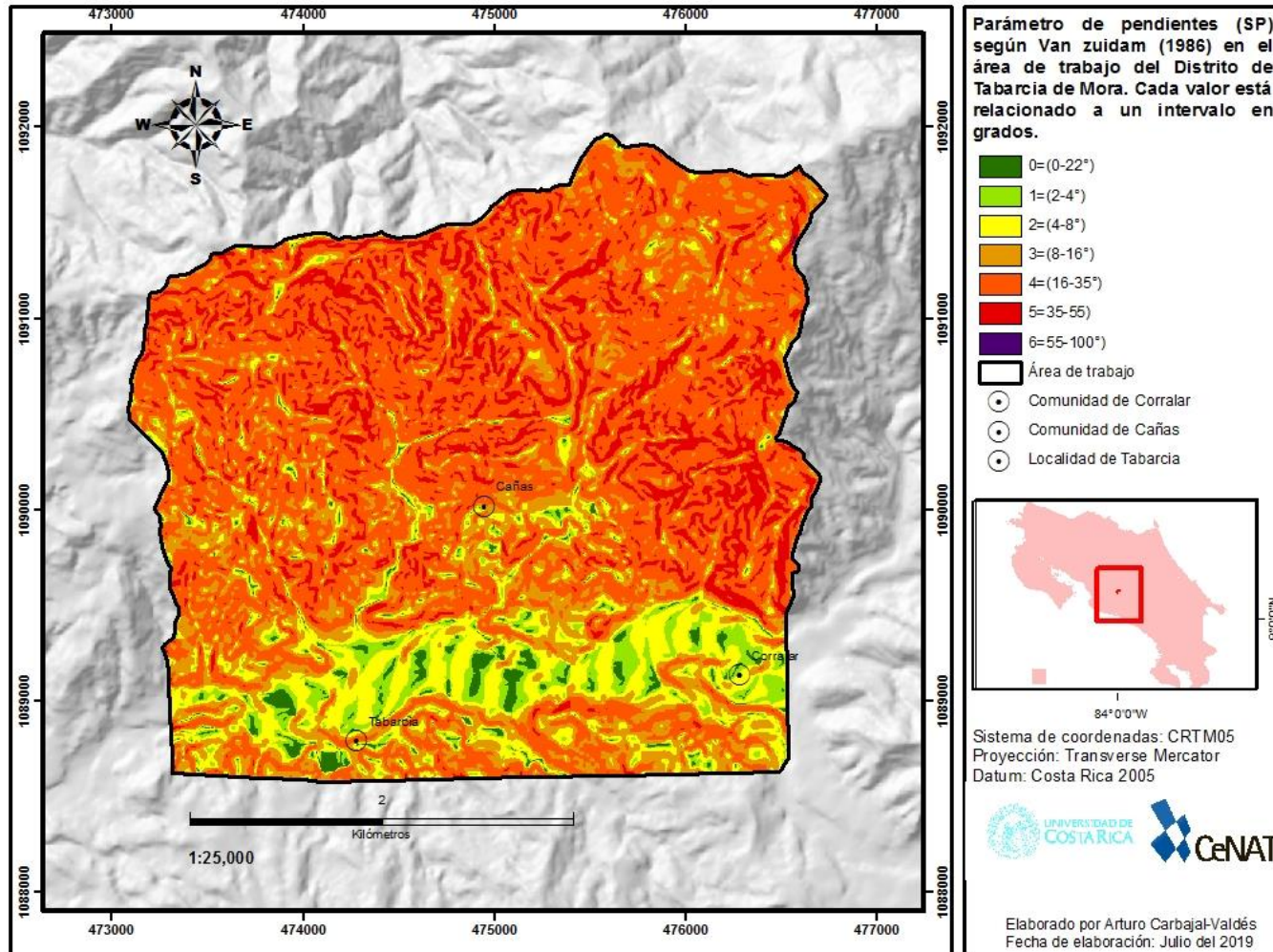


Figura 18. Zonificación del parámetro de pendientes.

Cuadro 9. Sismos de mayor importancia ocurridos en Costa Rica a partir de 1882-1991. Se consideraron los de mayor intensidad e influencia sísmica hacia Tabarcia de Mora. Los datos de Magnitud no necesariamente podrían estar correlacionados. Elaboración propia.

Fecha	Nombre	Magnitud	Intensidad (MM)
07 de mayo de 1882	Terremoto de Estanislao	7,5	VIII
03 de marzo de 1882	Terremoto de Grecia	7,5	VII
24 de febrero de 1916	Terremoto de Papagayo	7,5	VII
4 de marzo 1924	Terremoto de Orotina	7,0	VII
05 de octubre de 1950	Terremoto de Nicoya	7,7	VII
02 de abril de 1983	Terremoto de Golfito	7,3	VI
26 de febrero de 1989	Terremoto en playas del Coco	5,2	VI
25 de marzo de 1990	Terremoto de Còbano	7,0	VI
30 de junio de 1990	Enjambre sísmico de Puriscal	5,0	VI
22 de diciembre de 1990	Terremoto de Piedras negras	5,7	VI
22 de abril de 1991	Terremoto de Limón	7,7	VI

Se considera relevante enunciar que los mapas de isosistas para las intensidades de Mercalli-Modificada son el resultado de percepciones de personas y de las asociaciones de los efectos producidos en determinada localidad sobre objetos ordinarios, edificaciones y su entorno geológico (Schmidt, 2006). Por tanto la información obtenida de los mapas de la fig. 19 podría ser mejorada; y aunque el proyecto RESIS II sobre la evaluación de la amenaza sísmica para Costa Rica en el 2008 reportó en esa zona -para un periodo de retorno de 50 y 100 años-, aceleraciones (PGA) de: (300-400) y (400-500). Para la determinación de D_S en esta investigación, se utilizaron los parámetros de intensidad Mercalli Modificada (M-M). Considerando un parámetro de VII.

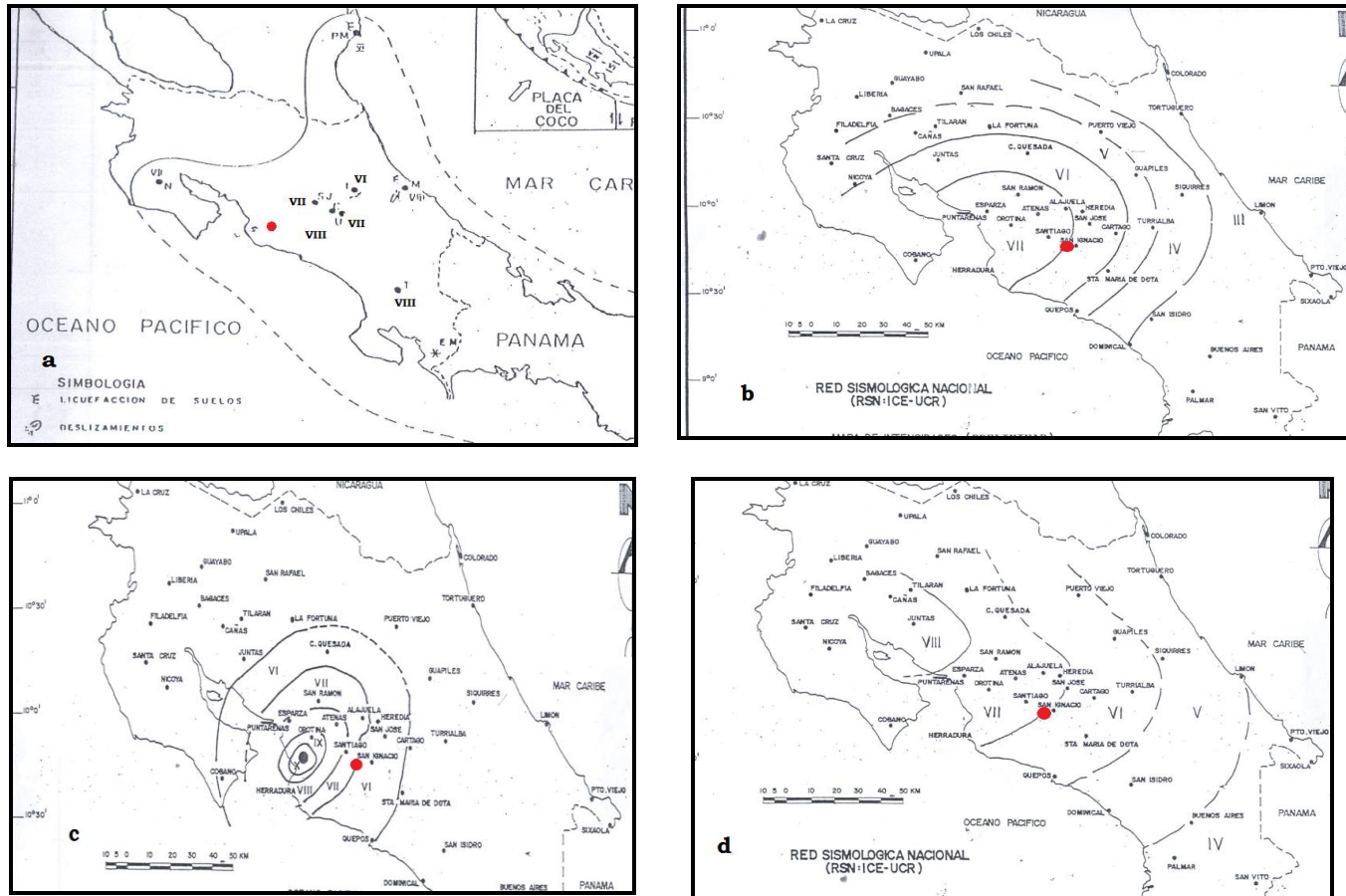


Figura 19. Sismos con influencia de isosistas para Tabarcia de Mora (punto rojo): **a**) Terremoto (T) de Estanislao- (VIII); **b**) (T) de Papagayo-(VII); **c**) (T) de Orotina-(VII); **d**) (T) de Nicoya-(VII). Modificado de Barquero y Rojas (1994).

8.3.4.1.- Contextualización geológica. Falla Jaris

La zona de estudio se encuentra dentro de una zona sísmica importante, donde según Montero y Rojas (2014) se localiza la falla Jaris con un potencial de Mw 7, quienes observaron evidencias de actividad Holocénica (2,000-1,000 años a.C) asociadas a los desvíos de divisorias y quebradas hacia la parte del deslizamiento Arasarí-sobre la quebrada Mónicos (Fig. 12). Estos desvíos o desplazamientos se encuentran muy relacionados con movimientos por fallamiento local; como lo ocurrido en el río Virilla o en el río Chile en el Cantón de Mora y su asociación con la falla Picagres (Montero y Rojas, 2014). Además es probable que esta falla se haya asociado a los eventos ocurridos durante el enjambre sísmico ocurrido en Puriscal en 1990 (Arias y Denyer, 1991).

Se georreferenció el último estudio de fallamiento local llevado a cabo por Montero y Rojas (2014) en donde se determina que esta falla posee un movimiento dextral con rumbo de N40°-60°W., así como una área transtensiva con un cambio de rumbo WNW a NNW. Dicha georreferenciación fue sobrepuesta y ajustada según Denyer y Arias (1990) dentro de la geología reportada en la hoja Abra 1:50 000 (Fig. 20). Ya que según (Schmidt, 2006), la geología también podría servir para realizar correlaciones entre la intensidad sísmica y los cambios ocurridos en el terreno. Se utilizaron los pares estereoscópicos generados, las curvas de nivel, y el conocimiento experto de Rolando Mora de la escuela de Geología de la Universidad de Costa Rica. Se usaron como límites las formaciones de Grifo Alto, la Cruz, Peña Negra y los Depósitos Aluviales-Coluviales; para estos últimos, también se siguió el trazo de las curvas de nivel del valle aluvial.

Cabe destacar que el Atlas Digital para Costa Rica (2014) reporta una falla de 2901 metros hacia la parte norte, la cual no presenta nombre o estado de activación alguno; sin embargo, *sensu* Montero y Rojas (2012) podrían pertenecer al sistema de fallas de Jaris.

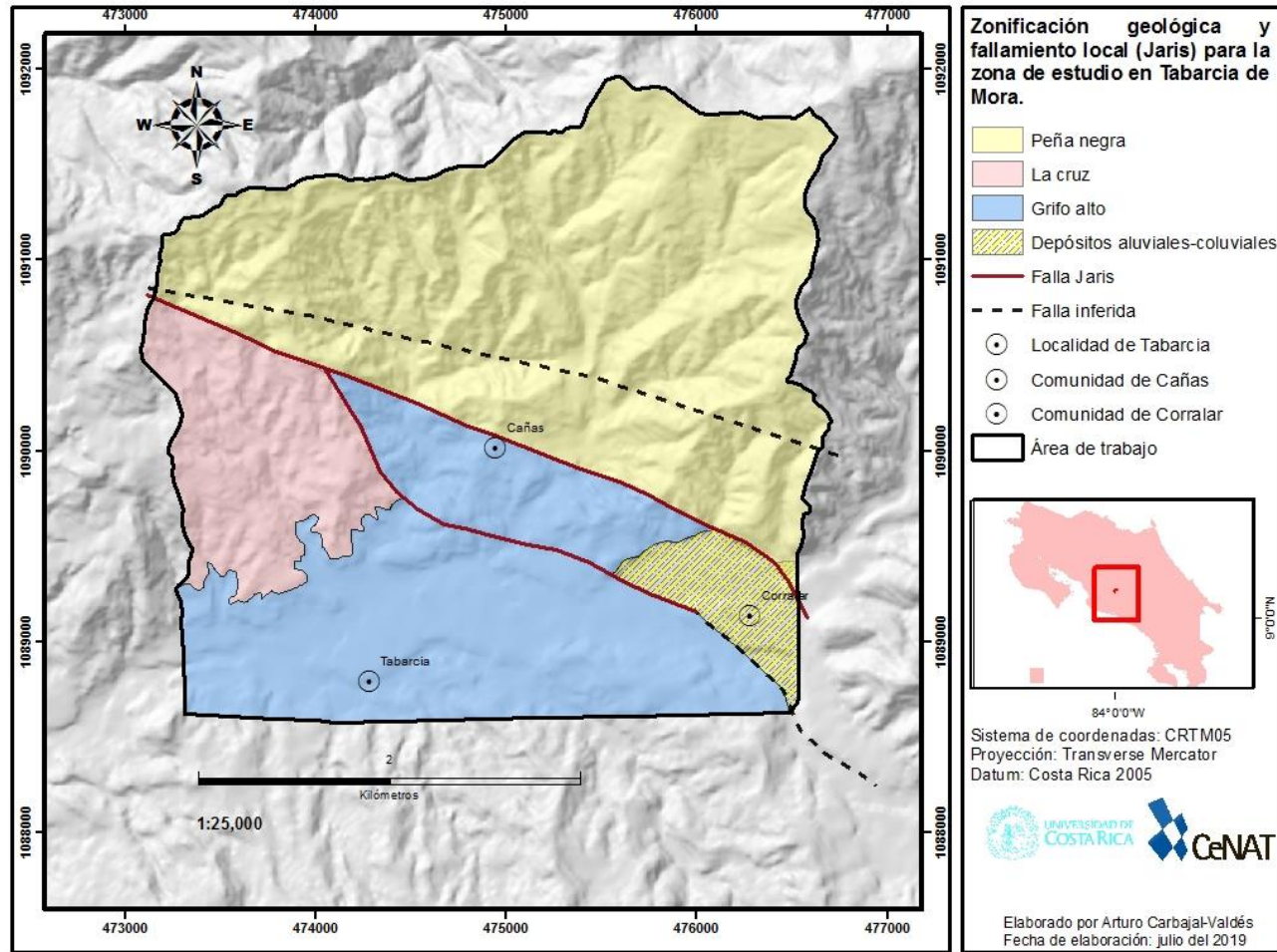


Figura 20. Superposición de la falla Jaris con la geología de la zona considerando el criterio de Denyer y Arias (1990)

8.3.5.- Parámetro del disparo por lluvia (D_{LL})

Se consideraron las lluvias de mayor intensidad (potencialmente generadoras de deslizamientos) en 24 horas con un periodo de retorno de 100 años; se aplicó el método estadístico para la distribución de valores extremos Gumbel tipo I a series temporales de más de 10 años de registro para la estación de San Ignacio (fig. 21). Para la obtención del parámetro $D_{LI} = 3$ se utilizaron los cuadros 10-12.



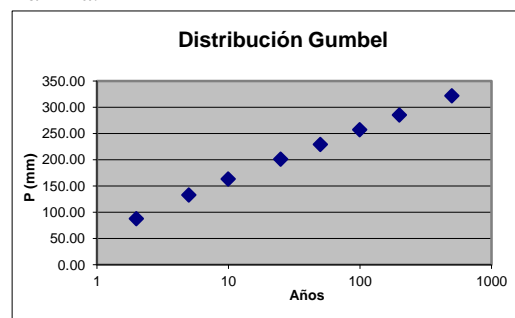
Figura 21. Estaciones meteorológicas con datos de precipitación máxima. Note que la única estación con datos de más de 10 años fue San Ignacio.

La distribución arrojó los siguientes datos:

Cuadro 10. Probabilidad máxima de lluvia según periodo de retorno. Se trabajó con $T=100$ años, color amarillo.

Gumbel tipo I		
T	Precipitación (mm ³)	Prob. ($P_{m\acute{a}x} \leq x$)
2	87,31	0,5
5	132,71	0,8
10	162,76	0,9
25	200,74	0,96
50	228,91	0,98
100	256,88	0,99
200	284,74	0,995
500	321,50	0,998

Cuadro 11. Gráfico que ejemplifica un $T=100$ correspondiente a 256,88mm como precipitación máxima.



Cuadro 12. Intervalos para la valoración del parámetro de disparo por lluvias D_{LI} (Mora, R. et al., 1992)

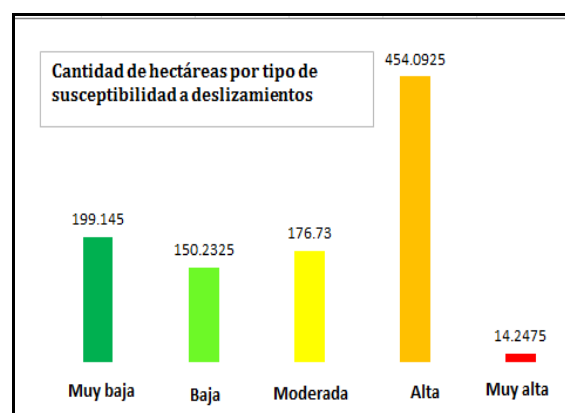
Lluvia máxima para periodo de retorno de 100 años. (mm)	Descripción	Valor de parámetro (D_{LI})
<100	Muy bajo	1
100-200	Bajo	2
200-300	Medio	3
300-400	Alto	4
>400	Muy Alto	5

8.6.- RESULTADOS DE MVM

La combinación de los diferentes indicadores morfodinámicos obtenidos, de acuerdo a la fórmula de MVM expuesta anteriormente $H = (S_G * S_H * S_P) (D_S + D_{LI})$, permitieron el establecimiento de cinco clases de susceptibilidad a deslizamientos (cuadro 13 y Fig. 22). El cual representa cuantitativamente los distintos niveles de *amenaza relativa* para Tabarcia de Mora.

Los resultados fueron digitalizados y desplegados en la siguiente figura (23). Generando así, una zonificación de susceptibilidad a deslizamientos con los siguientes porcentajes:

Susceptibilidad	Área (ha)	Color
Muy baja	199,145	Verde
Baja	150,2325	Verde claro
Moderada	176,73	Amarillo
Alta	454,0925	Anaranjado
Muy alta	14,2	Rojo



Se muestra la cantidad de hectáreas dentro del área de estudio en Tabarcia de Mora relacionadas con la susceptibilidad a deslizarse. Las 14,2 ha. (Rojas) representan las zonas con deslizamientos activos.

Figura 22. Relación de áreas susceptibles a deslizarse por hectárea según (MVM)

Cuadro 13: Clasificación de zonas susceptibles a deslizamientos; tomado y modificado de Mora, (2004)

Clase	Calificativo de susceptibilidad a deslizamiento	Descripción
1	Muy baja	Sectores estables, no se requieren medidas correctivas. Se debe considerar la influencia de los sectores aledaños de mayor susceptibilidad. Aptos para usos urbanos de alta densidad y ubicación de edificios indispensables como hospitales, centros educativos, municipalidades, iglesias, estaciones de policía y de bomberos, etc., y centros que regulen las líneas vitales de la comunidad. Se recomienda mitigar flujos deslizados como bloques de rocas y tierra proveniente de los demás sectores.
2	Baja	Sectores que requieren medidas correctivas en caso de obras de infraestructura de gran envergadura. Son aptos para usos urbanos de baja a media densidad. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Se recomienda mitigar los flujos deslizados como bloques de rocas y tierra provenientes del mismo sector.
3	Moderada	No se debe permitir la construcción de infraestructura si no se realizan estudios geotécnicos y se mejora la condición del sitio. Las mejoras pueden incluir: movimientos de tierra, estructuras de retención, manejo de aguas superficiales y subterráneas, bio-estabilización de terrenos, etc. Los sectores con rellenos mal compactados son de especial cuidado. Recomendable para usos urbanos de baja densidad, incluyendo categorías de manejo para la conservación de la biodiversidad.
4	Alta	Probabilidad de deslizamiento de (< 50%) en caso de sismos y precipitaciones de magnitud e intensidad alta. Para su utilización se deben realizar estudios de estabilidad a detalle y la implementación de medidas correctivas que certifiquen la seguridad del sector, en caso contrario, deben mantenerse dentro de alguna categoría de manejo para la protección de los recursos.
5	Muy alta	Probabilidad de deslizamiento muy alta (<50%) en caso de sismos de magnitud importante y lluvias de intensidad alta. Se prohíbe su uso con fines urbanos; en caso de peligro inminente se recomienda establecer estrategias de afrontamiento mediante medidas preventivas y de mitigación que disminuyan los posibles impactos.

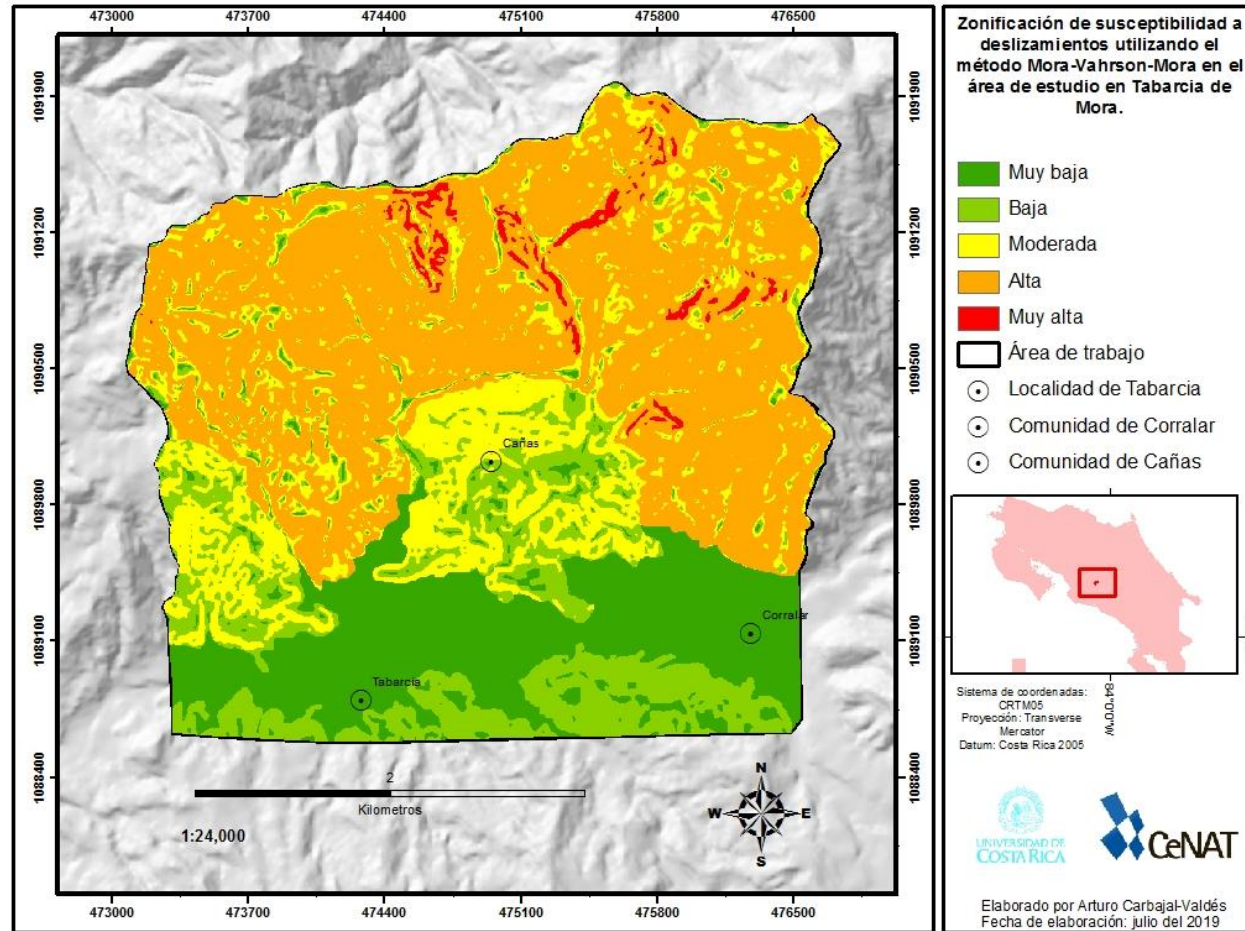


Figura 23. Áreas susceptibles a deslizarse según (MVM)

9.- LAHAR-Z

Los resultados obtenidos del método MVM se utilizaron para elegir el punto de inicio para la modelación del escenario de deslizamiento, eligiéndose así, el polígono del deslizamiento Arasarí, debido a sus dimensiones y su ubicación sobre la quebrada Mónicos, la cual desemboca hacia la comunidad de Tabarcia de Mora.

Para realizar el escenario del deslizamiento se utilizó un software libre denominado Lahar-Z (Schilling, 1992); Un algoritmo estadístico que estima o pronostica el alcance, las áreas transversales y la dirección de flujo en función de volúmenes pre establecidos (Fig. 24). Para lograr esto el programa ocupa un MDE y un mapa de pendientes; utilizándose los insumos digitales generados para los análisis de MVM, ambos mapas con un tamaño de pixel de 5x5 m.

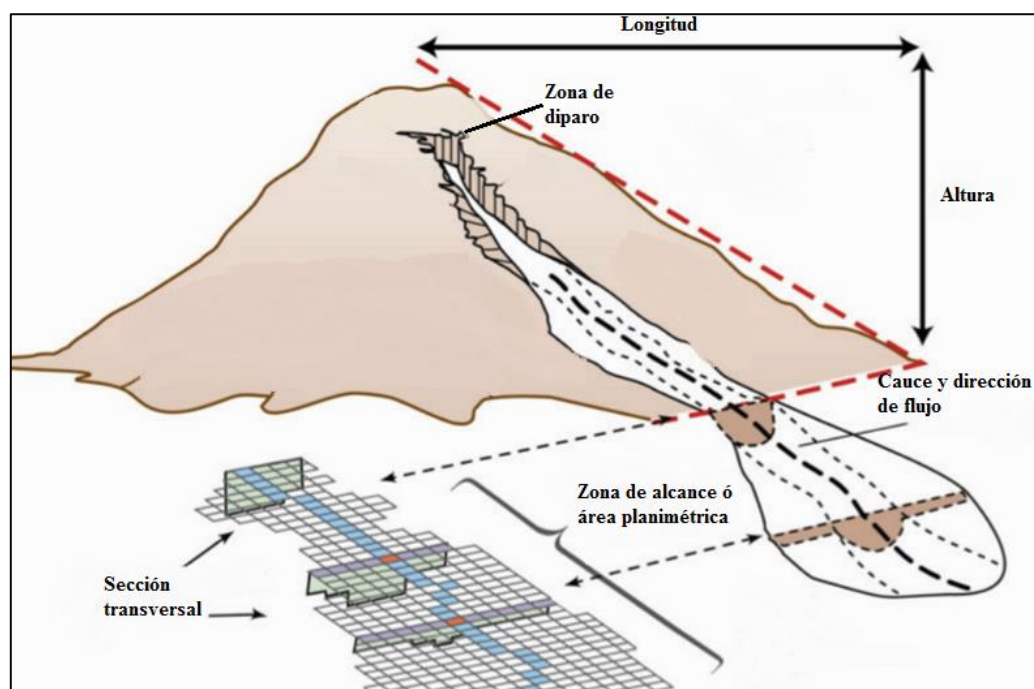


Figura 24. Diagrama representativo del alcance del flujo de detritos, en donde se observa la modelización por Lahar-Z de la sección transversal, incluyendo el ancho, (izq.); el área total de alcance (centro) así como la dirección de flujo por el cauce. Modificado de Shilling (1998).

Se consideró el volumen en metros cúbicos del deslizamiento Arasarí mediante la fórmula utilizada por la Asociación Internacional de Ingeniería Geológica reportada por Cruden y

Varnes (1996), la cual estima el volumen de medio elipsoide ajustada a máximas dimensiones.

$$\text{Volumen} = \frac{1}{6} \pi P (A * L)$$

Donde: P: Profundidad; A: Ancho; L: Largo;

Sustituyendo los datos del deslizamiento activo Arasarí se tiene:

$$\text{Volumen} = \frac{1}{6} (3.1416) 20\text{m} (350\text{m} * 184.56\text{m}) \quad \text{Volumen: } \mathbf{676,449 \text{ m}^3}$$

Tomando en cuenta los distintos volúmenes históricos de deslizamientos (Cuadro 14), se consideró para Arasarí establecer un volumen mínimo de 350,000 m³, uno potencial de **674,396 m³** y uno máximo de 1,000,000 m³. Volúmenes que pueden considerarse reales dentro de los intervalos para este tipo de eventos *sensu* (Mora y Pirulli, 2017).

Cuadro 14. Información histórica de volúmenes de m³ de material deslizado. Los intervalos corresponden a datos estimados.

Deslizamiento	Volumen en m ³
San Miguel de Cachí	600,000
Chiz de Murcia	700,000
Tapezco	(2-12)x10 ⁶
Las Torres	7x10 ⁶
Arancibia	(8-10) x10 ⁶
Puriscal	195 x10 ⁶
Quebrada Honda	2,000

A partir de los volúmenes obtenidos se generaron tres escenarios de deslizamiento de mínimo, moderado y máximo sobre la dirección de flujo establecida por el algoritmo y con rumbo SW sobre la quebrada Mónicos (Fig. 25).

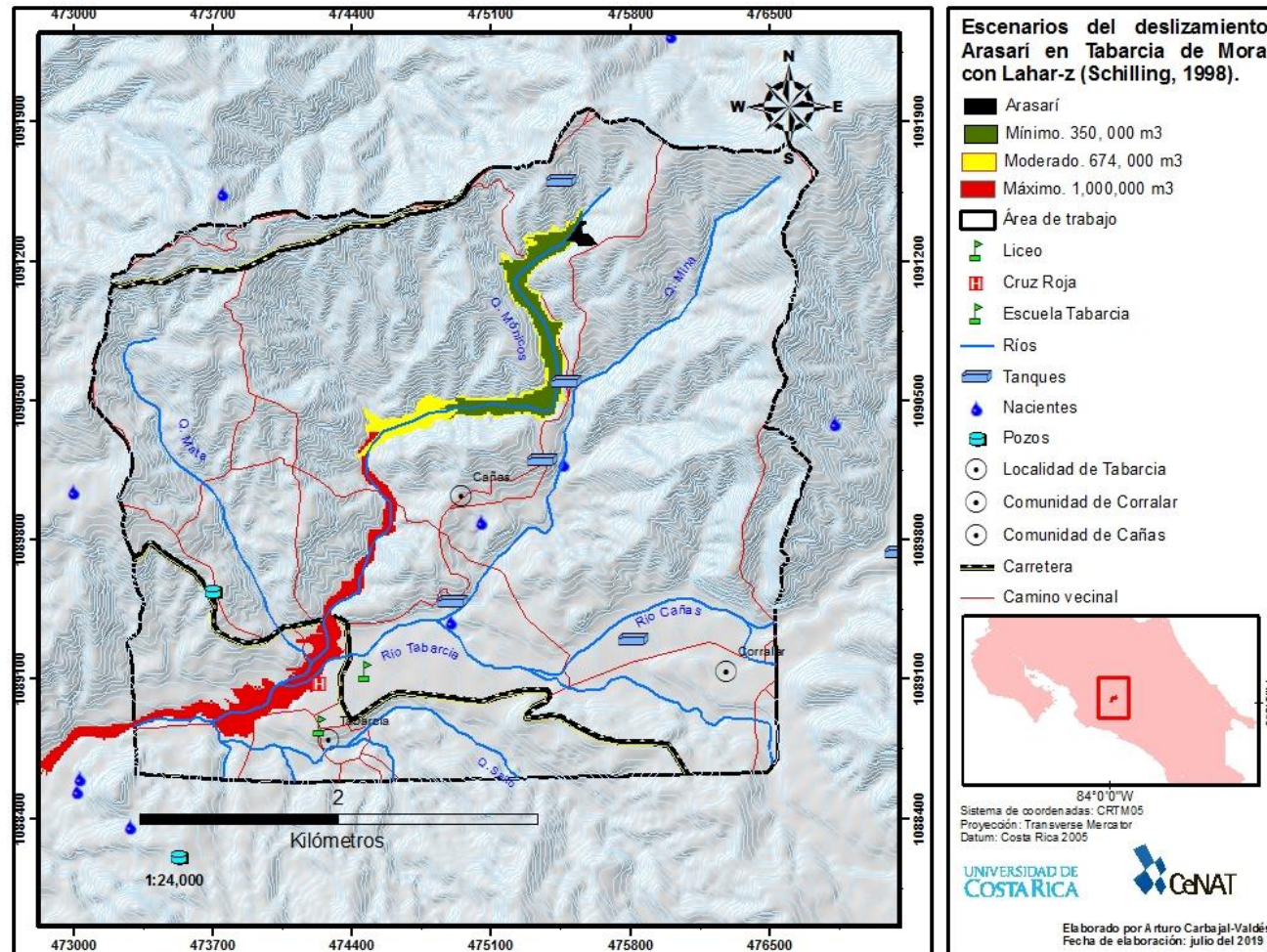


Figura 25. Modelización con Lahar-Z de diferentes escenarios de deslizamiento sobre la quebrada Mónicos.

10.- DISCUSIONES (componente geomorfológico)

Se reporta un sector de ~200 ha de *muy baja susceptibilidad a deslizarse* en la localidad de Tabarcia de Mora donde actualmente se concentran los asentamientos urbanos y las líneas vitales que le dan continuidad a la comunidad; incluyendo las actividades secundarias y terciarias de comercio y servicios. Sobre esta zona corre el río Tabarcia en dirección Oeste, es un valle aluvial que ha presentado materiales a partir de flujos producidos por movimientos en masa de los cerros circundantes (incluyendo grandes bloques) que formaron una planicie de sedimentación y sobre la cual se asentó la comunidad (Fig. 26). Es una zona de planicies con pendientes muy bajas a bajas y terrazas aluviales; presenta desde el punto de vista antropogénico *un área de peligro por exposición* al máximo escenario del deslizamiento Arasarí, la cual atraviesa el punto de intersección de la carretera 209 y la quebrada Mónicos, en donde su área planimétrica más distal, según el modelo con Lahar-z, continuaría rumbo a la localidad de Bustamante; abarcando un aproximado de 52 unidades habitacionales, su única vía de acceso (209) y ~10 ha de bosque de galería (Fig. 27).



Figura 26. Bloque de roca en ubicado en el valle aluvial de Tabarcia de Mora usado como estructura lúdica en un jardín para niños

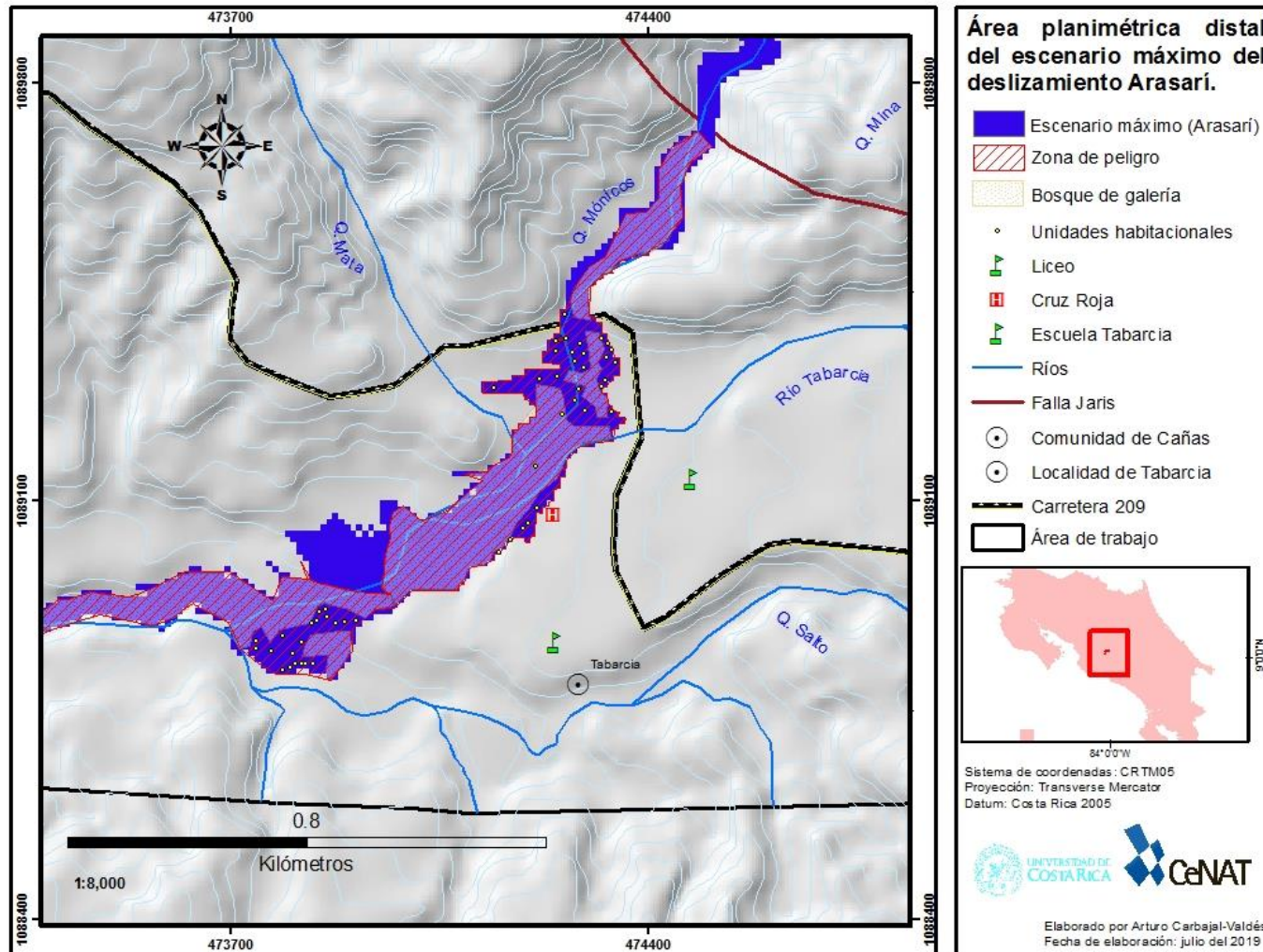


Figura 27. Escenario máximo del deslizamiento Arasari y áreas de potencial afectación.

.Hacia la parte Este se encuentra-igualmente sobre una planicie de sedimentación- la localidad de Corralar; la cual está rodeada por el río cañas y el río Tabarcia. Hacia el norte de este último y en las partes límites de este sector, se presentan zonas de moderada y alta susceptibilidad a deslizarse con pendientes fuertes a muy fuertes y con peligro extremo de erosión de suelos y deslizamientos. Sin embargo existe una área de ~11 has de bosque en estas laderas que mitiga la erosión laminar pluvial, reteniendo el suelo en estas pendientes pronunciadas.

De la misma forma en esta zona converge la quebrada Mina que es afluente del río Tabarcia, la cual en su parte noreste y cuenca arriba presenta tres deslizamientos activos denominados Chanchito 1, 2 y 3 en relación con la presencia de la especie *Tityra semifasciata* el pájaro chanchito; el primero de estos deslizamientos presenta una extensión de 2 ha; Chanchito 2 presenta una corona activa con un perímetro de 300 metros que al momento (08-19) no ha roto su superficie de falla, ambos son contiguos y se encuentran en la misma ladera. Sin embargo 600 metros en dirección sureste, sobre otra ladera y con posición norte, se ubica Chanchito 3, un deslizamiento con 0,4 ha de material deslizado que converge sobre una quebrada intermitente que alimenta en época de lluvias a la quebrada Mina, la cual desemboca en el sector de muy baja susceptibilidad a deslizamientos.

La susceptibilidad baja a deslizamientos hacia la parte sur del área de estudio está conformada en su mayoría por parches vegetacionales y zonas de cultivo, no presenta deslizamientos activos como coronas de deslizamiento; tampoco presenta influencia de zonas de moderada o alta susceptibilidad. Sin embargo posee áreas con pendientes moderadas a fuertes.

Dentro del sector de ***susceptibilidad moderada*** se encuentra asentada la comunidad de Cañas ubicada en cerros relictos estructurales con pendientes moderadas a fuertes y con un moderado grado de disectación. Está rodeada por la quebrada Mónicos hacia el W y por la Mina hacia el E. Es atravesada por dos trazos de la falla Jaris. Hacia su parte norte y este presenta suelos reptados que probablemente estén influenciados por sus sistemas de producción extensiva de pastoreo de ganado vacuno; mientras que para la parte sur de este sector, se encuentra el deslizamiento de Cañas; evento ocurrido durante la tormenta tropical de Nate durante el 2017. En este sector cruzan 1,2 km de la quebrada Mina, en donde se

detectaron a través de la base de datos de imágenes satelitales, 10 unidades habitacionales como asentamientos irregulares a menos de 15 metros de su cauce; el cual se ve influenciado río arriba y hacia su parte Este por los tres deslizamientos activos mencionados con anterioridad (Chanchito 1, 2 y 3), con zonas de acumulación que intersectarían por efecto de gravedad a la quebrada Mina. Por lo tanto se considera se generaría otra zona de peligro por flujo de deslizamientos con afectación en infraestructura habitacional, un camino rural que comunica a la localidad de Cañas con Corralar y la consecuente perturbación del bosque de galería presente en esa zona, la cual se estima en 1,7 ha. El camino de lastre mencionado hacia la parte norte comunicaba con el Alto Quitirrisí y la carretera 239 rumbo a Cd. Colón, sin embargo la apertura de este camino se considera fue un detonante para la ampliación de la Corona del actual deslizamiento Arasarí (ver capítulo de vulnerabilidad hídrica), por tal motivo actualmente está en desuso (Figs. 44-46). En este sector se presentan movimientos de tierra relacionados con un inadecuado manejo de aguas superficiales y unidades habitacionales con riesgo a deslizarse al estar construidas en voladeros con soportes inestables (Fig. 28)



Figura 28. Soportes de madera sosteniendo unidad habitacional hecha con tejas de polialumino en una zona de fuertes pendientes.

Fue en este sitio en donde una familia de la comunidad se acercó a esta investigación durante los recorridos y entrevistas realizadas, a fin de buscar asesoría debido a que aguas arriba por un desvío de aguas intencional, se estaba generando un incremento de humedad

en sus suelos con arrastre de sedimentos y la formación de una cárcava en sus terrenos (fig. 29). Motivo por el cual se coordinó una visita con personal del Laboratorio de Geomecánica de suelos de la UCR para una inspección en el área.



Figura 29.- Croquis de la unidad habitacional con afectación por desvío de aguas intencional. (Doña L. entrevista personal. junio 2019). Las flechas negras representan la dirección de flujo de agua y las líneas rojas las zonas de erosión. Lat. 9.857978°; Long. -84.225415°.

Donde se les recomendó, en primer instancia, buscar un acuerdo con las personas generadoras de estas externalidades, así como su orientación a seguir con la municipalidad y la defensoría de los habitantes; posteriormente a realizar un estudio geotécnico que les permitiera evaluar la estabilidad de su ladera. De igual manera como un proceso de biomitigación se le recomendó la siembra en terrazas con vetiver (*Chrysopogon zizanioides*) a fin de retener el suelo mediante su sistema radicular, esta planta además presenta semillas infértiles, lo cual evita su propagación y el desplazamiento de la vegetación nativa.

Hacia la parte Oeste de este mismo sector se encuentra la localidad de Morado de Mora, una comunidad de baja densidad con servicios escolares de educación básica; está asentada en una zona de moderada susceptibilidad a deslizamientos como de disectación; presenta áreas con coronas de deslizamiento inactivas y pendientes tipo 3 y 4 (Van Zuidam, 1986). Hacia su parte E corre la quebrada Mata y hacia su parte W la carretera 209 donde se han reportado deslizamientos de tierra que han afectado esta ruta (Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal de Mora, 2010).

Por último los sectores de *susceptibilidad alta-muy alta* pertenecientes en su mayoría a la formación Peña Negra (Denyer y Arias, 1991) se encuentran representados hacia la parte norte del valle aluvial de la localidad de Tabarcia de Mora, ocupan territorialmente el mayor porcentaje que las otras categorías y se caracterizan por poseer una elevada disectación con fuertes a muy fuertes pendientes. Presenta 66 coronas de deslizamiento inactivas, 18 polígonos de deslizamientos activos (figs. 9 y 11) y una elevada proporción de suelos reptados; hacia su parte Oeste se encuentra la falla Jaris, la cual está relacionada con los alineamientos estructurales vinculados a los desvíos de agua de la quebrada Mónicos y Mina (Montero y Rojas, 2014). Presenta caseríos dispersos en sus colinas, así como un barrio hacia la parte norte asentado justo sobre su divisoria de aguas en los márgenes de las coronas de deslizamiento inactivas y de fuertes a muy fuertes pendientes tipo 4 y 5 con peligro extremo de erosión de suelos; por tanto se considera un área prioridad de peligro.

Respecto a los elementos pasivos que conformaron el MVM, se tuvo que, para los parámetros de humedad S_H de todas las estaciones, incluyendo la de San Ignacio, se categorizaron con valores medios de humedad en sus suelos dentro del intervalo (10-14); sin embargo es de resaltar que la asignación de los valores por mes (relacionados con la evapotranspiración), se ven incrementados para los meses de mayo-junio y septiembre-octubre lo cual indica que estas temporadas de manera particular poseen una elevada humedad en el suelo con valores muy por encima de los 250 mm (Cuadro 6); factor decisivo para la activación de deslizamientos y que se relaciona con los incrementos de precipitación por fenómenos de baja presión como tormentas y huracanes.

Los parámetros de pendientes S_P revelaron que la mayor parte de la zona se caracteriza por tener pendientes fuertes a muy fuertes, categorías 4 y 5 (van Zuidam, 1986). Esto ha propiciado, en conjunto con las propiedades intrínsecas del suelo y el clima, además de factores antrópicos, que ocurran procesos sucesionales que han moldeado la geomorfología con zonas de afloramientos rocosos, caída de rocas y vegetación hacia sus cauces (Fig. 30). Por tanto se considera que las curvas de nivel utilizadas, se han visto modificadas de manera acelerada, principalmente en los puntos de los polígonos de deslizamientos activos.



Figura 30. Árbol con raíces completas deslavadas sobre el cauce de la Quebrada Mónicos como parte del flujo vegetacional proveniente de las laderas adyacentes.

Cabe mencionar que durante la colocación de cámaras trampa para el análisis del componente de biodiversidad se detectaron estos movimientos de roca y tierra conocidos como flujos híper-concentrados FHPC hacia la parte basal del deslizamiento Arasarí. Se considera que este parámetro fue de gran peso para generar la zonificación por MVM ya que forma parte intrínseca de la geomorfología y sin esta clase de pendientes pronunciadas, los demás parámetros por sí mismos, no representarían factores de peligro por deslizamiento.

Respecto al S_G se considera que geomorfológicamente es una zona bastante accidentada con procesos de remoción en masa muy activos y con una dinámica cambiante donde no solo las variables atmosféricas han intervenido, sino que la influencia antropogénica ha acelerado estos cambios. Como resultado, actualmente se tiene una elevada proporción del terreno con suelos reptados y deslizamientos activos que están relacionados con el sobre pastoreo y las actividades agrícolas. De hecho se considera que la combinación de las altas precipitaciones con las pendientes de la zona y las actividades humanas, están modificando este relieve a pasos mucho más acelerados de lo que lo harían sin la influencia antropogénica. Es decir, tomando como ejemplo el polígono del deslizamiento Arasarí; se considera que sí se llevase a cabo un estudio con imágenes LIDAR, tanto la configuración del terreno como sus pendientes deberían re categorizarse, ya que en este punto con (FHPC), colocarían a la zona según los criterios de van Zuidam (1986), dentro de la clasificación de pendientes extremadamente fuertes con afloramientos rocosos y procesos

sucesionales severos (caída de rocas y vegetación). Lo cual actualmente está ocurriendo en dicho polígono. Sin embargo no entra dentro de los objetivos de esta investigación. Lo mismo ocurre con las pendientes y la orografía en general hacia la zona del tajo, ubicada en las coordenadas 475.284N y 1090.645W, en donde actualmente está evidentemente cambiando su geomorfología.

Este parámetro S_G también sirvió para la identificación de las áreas de susceptibilidad muy baja, en donde se encontraba asentada la mayor cantidad de la población rural de la zona, como para delimitar las áreas de peligro en los valles aluviales con asentamientos irregulares, como sucedió en la parte media de la quebrada Mina; en la desembocadura de la quebrada Mónicos y en las partes altas cercanas a Quitirrisí. De la misma forma se identificaron escarpes denudacionales (hacia el norte del área de estudio) que pudieran representar un peligro para la carretera 239 sino se llevan a cabo medidas contingentes para la retención de su suelos.

Dentro de los elementos activos se tiene que la precipitación máxima D_{LI} (para todas las estaciones) se registró con la tormenta tropical Nate en el 2017 (fecha donde se tuvo el registro de deslizamientos en las localidades de Cañas y de Quebrada Honda); exceptuando la estación de Monterrey-Aserrí con 290 mm para el 2010, momento durante el cual se hizo presente el Huracán Thomas el cual generó deslizamientos en la comunidad de Lajas en Santa Ana de Escazú (Vallejos, et al., 2012). Por tanto se considera que si el factor de precipitación máxima está relacionado con la activación de deslizamientos, entonces sería necesario tomar en cuenta eventos futuros relacionados con fenómenos atmosféricos de variabilidad climática o calentamiento global y que pudieran sobrepasar los umbrales de precipitación máxima considerados en esta investigación, pues al momento no se tiene registro de eventos como el Huracán Cesar en el año 1996 o la influencia de Joan y Mitch en el año 1998 y su relación con la activación de deslizamientos en Tabarcia de Mora; como sí ocurrió en San Miguel de Cachi con Mitch o en el Alto Tapasco con Gilbert (Peraldo y Rojas 2000).

El parámetro sísmico para la activación de deslizamientos D_S enmarca la zona de estudio dentro de un valor alto VII-muy fuerte y anterior al destructivo) según la Intensidad Modificada de Mercalli MM; este valor representa una amenaza potencial para la

estabilidad de las laderas con categorías de susceptibilidades medias, altas y muy altas principalmente; en donde el factor de exposición al plano de falla de 500 mts a 1 km jugaría un papel fundamental durante la liberación de energía y generación de ondas sísmicas, ya que en caso de rompimiento dentro de las inmediaciones del Cantón de Mora, la atenuación sísmica tendería a conservar sus valores iniciales de amplitud de onda (Laboratorio de Ingeniería Sísmica, UCR, 2016).

Considerando las condiciones intrínsecas de estas laderas (más aún las de muy alta susceptibilidad, en donde existen al menos 6 polígonos de deslizamientos activos), incluyendo los valores medios de saturación de sus suelos relacionados con elevadas precipitaciones con tendencias a adquirir valores altos en época de lluvias con periodos de retorno de 100 años, y asociados a temporadas de bajas presiones o huracanes; (además de pendientes de fuertes a muy fuertes). Aunado a la cantidad de energía liberada propuesta por Montero y Rojas (2014) para Jaris de $M_w=7$. La probabilidad de que se generen deslizamientos múltiples en Tabarcia de Mora aumentaría; generando por efecto de gravedad y distancia una depositación de sus zonas de acumulación (rocas, vegetación y suelo) hacia las quebradas Mónicos y Mina principalmente, como lo ocurrido con el terremoto del 3 de julio de 1983 en Pérez Zeledón con alrededor de $5 \times 10^6 \text{ m}^3$ de suelo y roca removidos (Mora y Peraldo, 2011)

Los resultados obtenidos con MVM fueron utilizados para justificar el punto de origen de disparo para la simulación del deslizamiento. Se encontraron diferentes sitios potenciales dentro de las áreas de muy alta susceptibilidad (ver Fig. 23), sin embargo por su influencia antrópica (capítulo siguiente), sus dimensiones y su desembocadura sobre asentamientos humanos, fue elegido el deslizamiento Arasarí al NE de la quebrada Mónicos. Sin embargo es importante mencionar como se mencionó *vide supra* la localización de tres puntos de disparo de muy alta susceptibilidad (Chanchito 1, 2, y 3) sobre la quebrada Mina que desemboca al río Tabarcia. Y aunque estos no fueron considerados para la realización de escenarios con el algoritmo Lahar-z, se estima son de gran relevancia al presentar un conglomerado de asentamientos irregulares ubicados hacia la parte media de esta quebrada de ~10 casas, además de los que se encuentran después del puente de Tabarcia rumbo a Bustamante. Asimismo existen fuentes de abastecimiento hídrica comprometidas en esta

zona; y en donde más hacia el sur, después de su intersección con el río Tabarcia, se detectó vulnerabilidad estructural en el puente por socavamiento. Por lo anterior expuesto se considera que se generan riesgos para los asentamientos estructurales y las personas que las habitan; para sus recursos hídricos y finalmente para su puente; este riesgo se encuentra asociado a los posibles deslizamientos y/o represamientos cuenca arriba. Tema abordado en el componente social dentro del mapa colectivo de percepción de amenazas.

Se realizaron tres escenarios de deslizamiento a partir del punto de origen de disparo, el primero con un volumen mínimo de $350\,000\text{ m}^3$ correría a lo largo de la quebrada Mónicos ~1km de largo de su área planimétrica con un promedio de 35m a cada lado del cauce de la quebrada, terminando su área de influencia 400 m W del Tajo, en el norte de la comunidad de Cañas. El segundo modelo con $674,000\text{ m}^3$ según la fórmula de Cruden y Varnes (1996) , avanzaría sobre el mismo cauce 400 m más en dirección Oeste hasta la intersección de la falla Jaris. Hasta este punto no existiría impacto alguno sobre infraestructura, ya que con los recorridos en campo y las imágenes satelitales no se detectaron asentamientos humanos, sin embargo es sitio de paso de ganado vacuno y fauna silvestre (ver componente biótico). El escenario máximo con $1\,000,000\text{ m}^3$ recorrería cerca de 4 km hasta el entronque con la carretera 209 sitio donde se ubica un asentamiento rural de ~40 casas.

Debido a que la comunidad de Tabarcia de Mora se encuentra sobre una plataforma de sedimentación en dirección sur y una elevación de 20 metros respecto a la simulación del máximo escenario por deslizamiento, los asentamientos en esta parte de la localidad no se verían afectados.

11.- Recomendaciones

Se recomienda la implementación de esta metodología, (con sustitución del componente litológico por el geomorfológico) para escalas 1:25,000 o menores, ya que permite la discriminación de áreas por geformas dentro de las microcuencas de estudio en cuestión.

MVM es una metodología fácil y rápida de implementar para realizar análisis de susceptibilidad a deslizamientos, sin embargo no sustituye estudios geotécnicos, por tanto se recomienda en sitios de mayor interés, se realicen análisis de prospección geofísica, estudios de corte (DPL) y caracterización de suelos, en donde sea posible determinar

variables como la presión de poro, conductividad, parámetros de resistencia, cohesión y ángulo de fricción, así como la ubicación del nivel freático y de superficies de falla existentes correlacionadas con la activación de deslizamientos.

Se insta a seguir las recomendaciones hechas para los diferentes tipos de susceptibilidad encontradas en el cuadro 13 de los resultados de MVM (Mora, R. et al., 1992). Sin embargo se sugiere remarcar que en aquellos sectores de muy baja susceptibilidad en donde se encuentra asentada la mayor parte de la población de Tabarcia y Corralar, se considere podrían existir movimientos gravitacionales de tierra y rocas al estar rodeados de susceptibilidades medias y altas. Por tanto se recomienda establecer un buffer de protección hacia el interior de este sector proporcional a la pendiente aledaña, a los peligros de deslizamiento y a su cercanía con infraestructura; y en donde sea posible prever o mitigar estos potenciales flujos con la promoción o mantenimiento de zonas vegetacionales y de esparcimiento. Así mismo se espera que los resultados funjan como un aporte para los futuros planes reguladores, de ordenamiento territorial y para la zonificación cartográfica destinada a áreas verdes del artículo 9° de la Ley de Planificación urbana No. 4240 del 15 de noviembre de 1968 para el Distrito de Tabarcia de Mora.

Respecto a los asentamientos irregulares se recomienda mantener a la población informada sobre de los posibles peligros potenciales a fin de concientizarlos para su auto-remoción a través de los programas de asistencia social del INVU, MIVHA, e IMAS etc., como una forma de gestión correctiva del riesgo; así como la conformación de un comité local de emergencias que permita abordar esta problemática mediante estrategias de afrontamiento destinadas a disminuir la fuerza de choque, esto es mediante la instauración de disipadores de energía sobre el cauce como diques transversales y gaviones que permitan encausar la quebrada (y así re-direccionar los flujos) ; la protección de bosque en sus riberas para fijar vegetación (y no aumentar masa al cauce) o en su caso, establecer muros de contención en zonas de interacción cauce-unidades habitacionales. Así mismo como a exhortarles a conocer los programas de la municipalidad de desalojo mediante la fuerza pública en caso de riesgo inminente en materia de seguridad, salubridad y sanidad ecológico-ambiental.

12.- RECURSO HÍDRICO

Toda persona costarricense tiene derecho de acceso al agua potable en forma suficiente, segura y a su saneamiento con arreglo a la ley. (Modificación al Art. 50 Constitución Política de Costa Rica, 2014)

12.1.- Contextualización de sus Sistemas Hídricos (SH_i) como generadores de indicadores base de vulnerabilidad hídrica

Se encontró un mapa de vulnerabilidad hídrica (de los acuíferos) para el Cantón de Mora realizado a través del Proyecto de Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana GAM (Planificación Regional y Urbana de la Gran área Metropolitana, 2005), el cual reporta vulnerabilidades altas, medias y bajas según la metodología de G.O.D. (Foster e Hirata, 1993). Sin embargo al georreferenciar este mapa, se detectó que justo excluye el área de estudio (hacia el sur) utilizando los límites administrativos entre Ciudad Colón, Guayabo y Tabarcia de Mora. Por tanto no se reporta información sobre vulnerabilidad hídrica hacia este distrito, más que un área de protección de una naciente de 200 mts., según la Ley de aguas 276 para Costa Rica hacia el Oeste de la Quebrada Mata (Fig. 31 y Apéndice VI)

12.2.- Geoespacialización de nacientes

Por consiguiente se solicitó al Servicio Nacional de Aguas Subterráneas, Riego y Avenamiento (SENARA) información sobre las nacientes reportadas para este distrito, en donde se georreferenciaron 51 en dirección SW-NE., con información para diferentes usos: agropecuario (6) comercial (2) y doméstico (43). Dichas nacientes no registran datos de balance hídrico, es decir (litros/segundo) generados y la mayoría se encuentran ubicadas hacia la parte de los cerros de Escazú (Fig. 31).

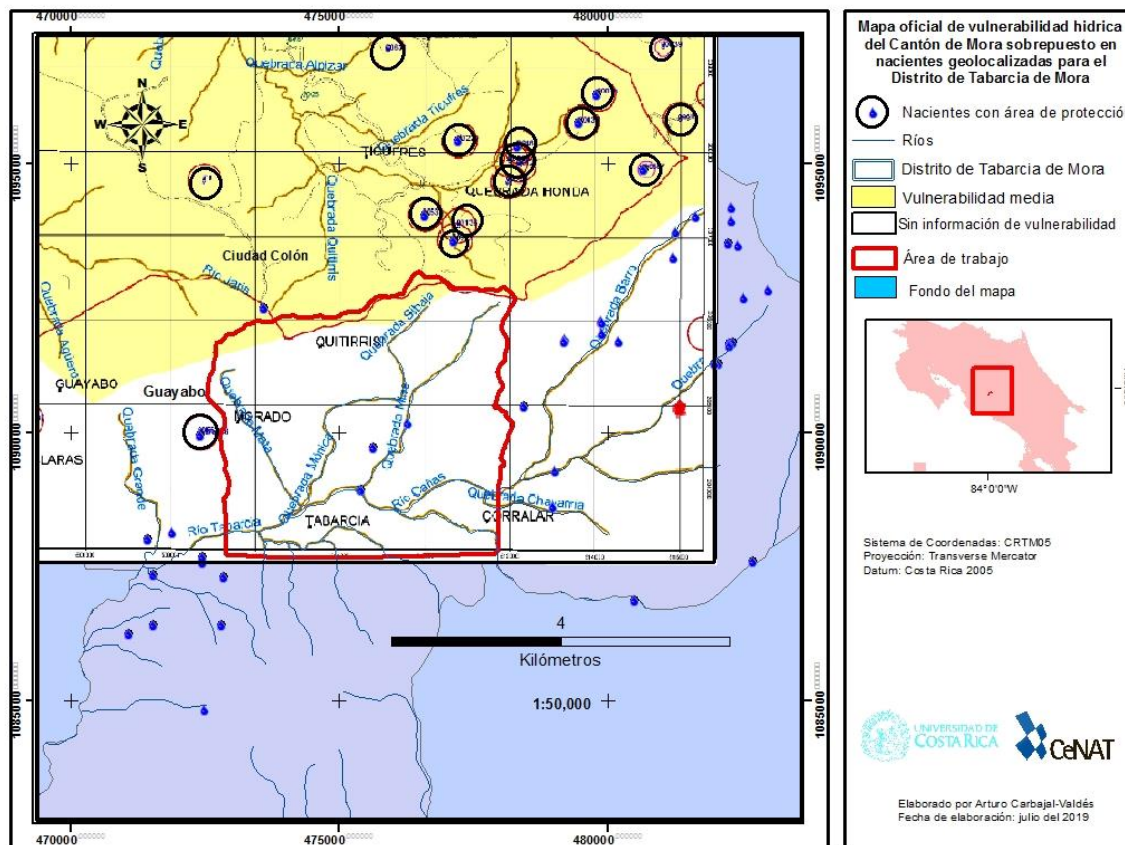


Figura 31. Georreferenciación de 41 registros de nacientes para el Distrito de Tabarcia de Mora sobrepuestos en el mapa oficial de vulnerabilidad hídrica para el Cantón de Mora. En donde se reporta una vulnerabilidad media para Ciudad Colón (color naranja). Observe como todas las nacientes (en azul) oficialmente no han sido incorporadas más que la que se encuentra en un círculo negro. El color rosa claro y rosa fuerte, solo se utilizó para fines de contraste, no representa nada.

De igual forma se obtuvo un croquis proveniente del AyA que espacializa la distribución de sus nacientes y sistemas hídricos SHi como fuentes, tanques y *quebragradientes (con su dirección de su flujo). Dicho croquis fue elaborado con el conocimiento comunal y no presenta coordenadas geográficas ni escala, es representativo (Figs. 32-33)

Se procedió con su georreferenciación en campo, así como con la validación de sus nacientes de acuerdo con los parámetros para la descripción de un manantial o naciente elaborado en el Centro de Investigaciones Geológicas de la UCR (González, 2014);

*quebragradiente: es un tipo de tanque que se instala para disminuir la presión por gravedad, lo cual disminuye la velocidad con la que es agua es captada en los tanques apoyando un flujo hídrico constante.

esto con el fin de conocer su espacialización en relación con el deslizamiento Arasarí y en función del balance hídrico reportado para la ASADA de Tabarcia de Mora (9,82 L/seg), así como del número de servicios que provee (378) para las localidades de Tabarcia y Bustamante. Variables con mayor puntuación respecto a las ASADAS restantes.

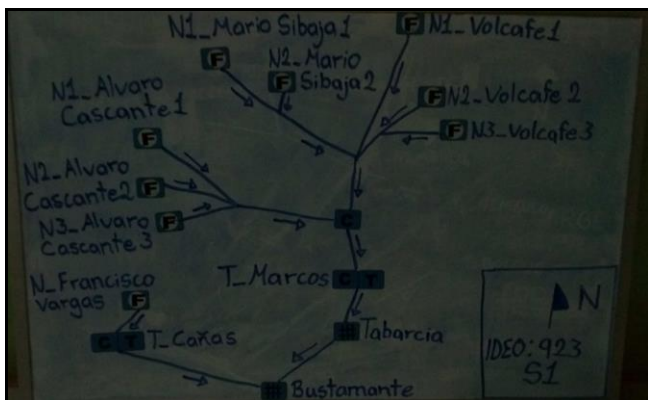


Figura 32. Esquema comunal representativo de la ASADA de Tabarcia de Mora que espacializa las nacientes o fuentes (N o F); los tanques de almacenamiento (T) y el sistema de cloración (C), Elaborado mediante participación comunal

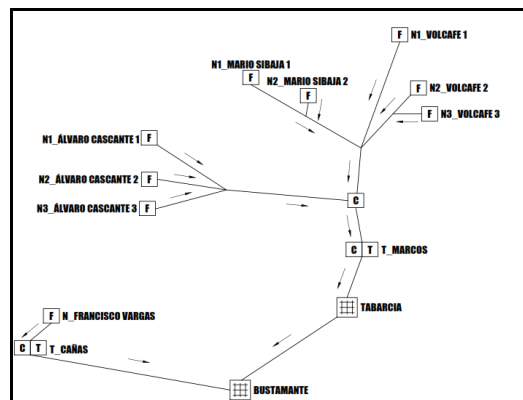


Figura 33. Croquis del acueducto de Tabarcia de Mora, realizado por el AyA y la empresa Hidrogeotecnia Ltda.

12.3.- Validación de sistemas hídricos (nacientes, tanques y quebragradientes)

Los SH_i de la ASADA de Tabarcia de Mora fueron validados como en buen estado de conservación; ya que estos presentaban tapa con candado, captación de cemento y sin fugas (Figs. 34-35); además de que estos (incluyendo sus tanques) presentan un sistema de monitoreo y limpieza cada 21 días (entrevista personal con el presidente de la ASADA de Tabarcia, febrero del 2019); sin embargo no presentaban coordenadas geográficas, rotulación y malla electro-soldada (con excepción de sus tanques).

Los registros fotográficos del AyA para las tres ASADAS restantes, categorizarían a las nacientes de regulares a malas al presentar captaciones rústicas sin seguridad (figs. 36-37).



Figura 34 Naciente de la ASADA de Tabarcia con captación de cemento y candado (parte superior); la parte inferior corresponde a una fuente de almacenamiento.

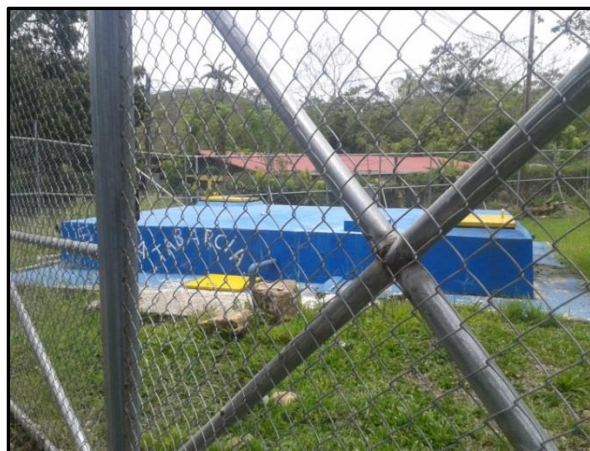


Figura 35. Tanque de la ASADA de Tabarcia con sistema de enrejado, cementada, con candados de seguridad y sistema de cloración.



Figura 36. Naciente de la ASADA de Cañas cubierta con rocas y malla

Figura 37. Naciente de la ASADA de Corralar cementada con tapa de metal emergente y rocas.

Los resultados de la georreferenciación de los SH_i de la ASADA de Tabarcia de Mora, reflejaron que se encuentran cargados hacia la parte Este de la localidad, sobre la quebrada Barro; una zona con pendientes fuertes a muy fuertes según los criterios de van Zuidam, (1986) y con un alto grado de disectación; dichos SH_i se encuentran fuera de la influencia del modelo del deslizamiento activo Arasarí; sin embargo están potencialmente expuestos a un gran deslizamiento activo denominado Momoto, el cual contiene una corona de 1.6 km de perímetro, se ubica en dirección E a ~200 mts (Fig. 39).



Figura 38. Deslizamiento activo (El Indio Pelao) sobre una parte del acueducto de la ASADA de Tabarcia de Mora.

Durante la georreferenciación del sistema Volcafé-Sibaja (fig. 32-33) personal de la ASADA de Tabarcia de Mora, comentó que existe un deslizamiento “El Indio Pelado” que se encuentra justo sobre uno de sus acueductos que surten ~ 2.7 L/seg de agua hacia la comunidad de Tabarcia de Mora (Figs. 38-40) lo cual podría afectar en la distribución temporal de ~ 103 servicios en la comunidad; similar a lo ocurrido durante la tormenta tropical Nate (2017) donde ocurrió la ruptura del acueducto ubicado en la localidad de cañas con su tanque de almacenamiento posicionado 50 metros Este de la corona de deslizamiento y con una diferencia de elevación de 20 metros respecto a su área de depositación.



Figura 39.- Corona de deslizamiento activa nombrada Momoto hacia la parte NE de los SH_i de la ASADA de Tabarcia de Mora (Sistema Volcafé-Sibaja). Al sur se localiza el deslizamiento El Indio Pelao. La línea verde representa un área de basculamiento hacia la parte central de este deslizamiento. Google Earth (2019).

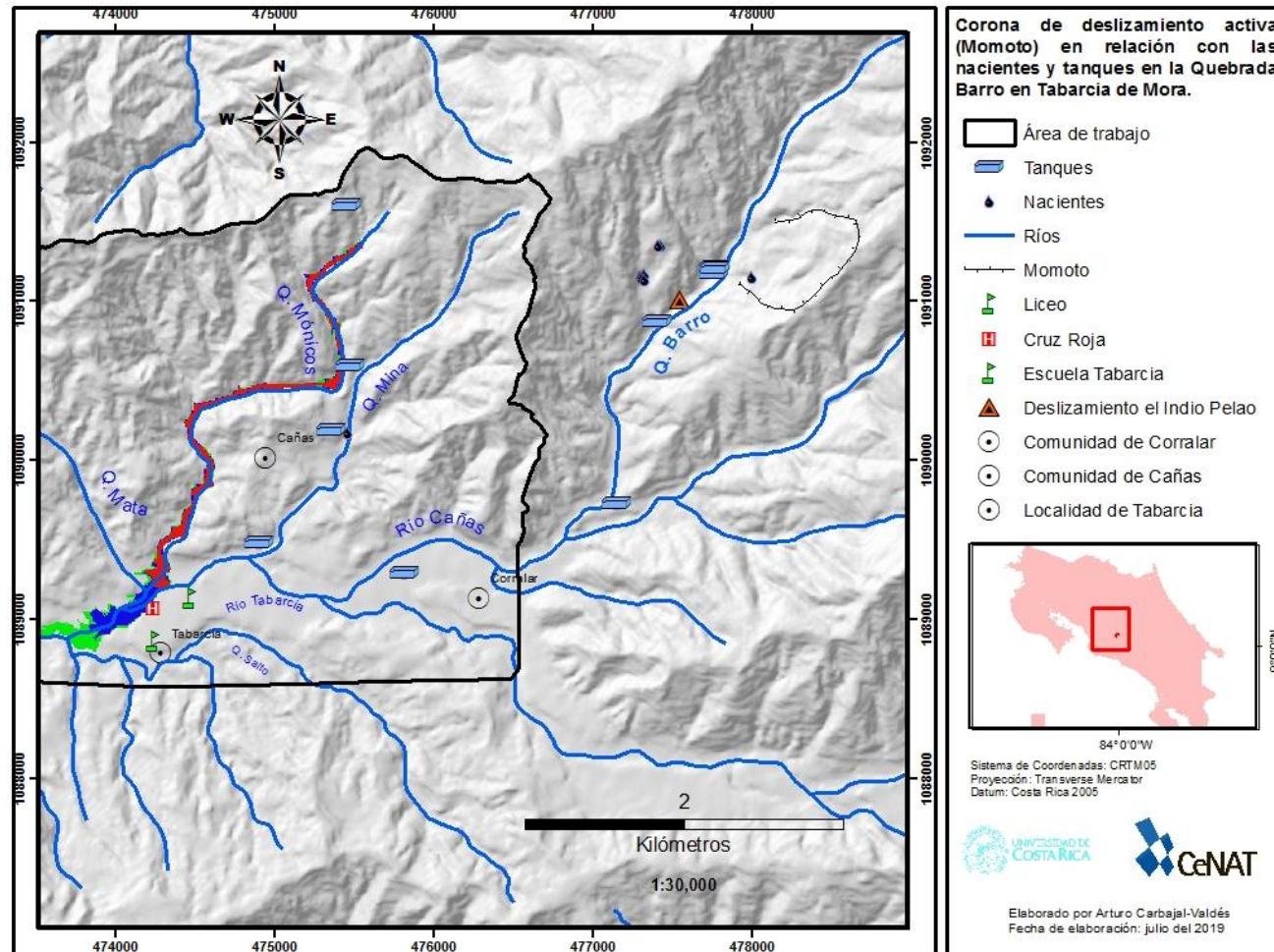


Figura 40. Corona de deslizamiento activa con potencial afectación por exposición a los sistemas hídricos de la ASADA de Tabarcia y el sistema Mario-Sibaja.

La espacialización de los SHi de la ASADA de Cañas no fue posible georreferenciarse debido a que no se tuvo acceso a su ubicación; sin embargo se sabe que el agua se capta de una naciente ubicada sobre la quebrada Corrales y dos directamente de aguas superficiales (Alfaro, M., comunicación personal, 27 mayo 2019)

12.4.- Indicadores base sobre vulnerabilidad hídrica

12.4.1.- Vulnerabilidades por ASADA

Posteriormente se obtuvo una base de datos del AyA con datos actualizados al 2014 (Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados) de las cuatro ASADAS (Asociaciones Administradoras de Acueductos y Alcantarillados Comunes) registradas para el Distrito de Tabarcia de Mora: 1) Tabarcia de Mora; 2) Los Ángeles de Tabarcia; 3) Cañas y 4) Corralar respectivamente; ponderándose 37 variables relacionadas con algún tipo de vulnerabilidad según Wilches-Chaux (1993). Los valores fueron obtenidos considerando el valor=1 como de menor vulnerabilidad dividido entre el número de entes operadores y nacientes. La ASADA de Tabarcia de Mora posee dos entes operativos, uno en dicha localidad y otra rumbo a Bustamante, poseen 9 nacientes registradas; Los Ángeles de Tabarcia un ente operativo con 3 nacientes; Cañas un ente operativo con una naciente y dos quebradas como fuente de toma hídrica y por último Corralar un solo ente operativo con dos nacientes (Cuadro 15).

Cuadro 15. Ponderación de variables para las cuatro ASADAS de Tabarcia de Mora. El valor=0 representa mayor vulnerabilidad; Valor=1 menor vulnerabilidad. Los decimales corresponden a valores proporcionales del total de nacientes u operadores para cada ASADA. Elaboración propia.

ASADAS							
No	Tipo de Vulnerabilidad	Variables	Tabarcia de Mora	Los Ángeles de Tabarcia	Cañas	Corralar	
1	Por exposición a amenazas	*Valoración por inundación	0	0	0	0	
2		*Valoración por deslizamiento	1	0.6	0	0.5	
3		*Valoración por erupción volcánica	0	0	0	0	
4		*Valoración por sismicidad	0	0	0	0	
5		*Valoración por contaminación	0	0.6	0	0	
6	Estructural-económica	*Posee servidumbre de acceso	1	0	0	0	
7		Correo postal	1	1	0	0	
8		Equipo de desinfección	1	1	1	1	
9		Posee luz eléctrica	1	1	1	1	
10		Existe telefonía	1	1	1	1	
11		Servicio de internet	1	1	1	1	
12		Acueducto	1	1	1	1	
13		Hidrantes	0.5	0	0	0	
14		Alcantarillado pluvial	0	0	0	0	
15		Alcantarillado sanitario	0	0	0	0	
16		*Tiene cerca de protección inmediata	0.7	0	0	0	
17		Social -Institucional	*Posee rotulación	1	0	0	0
18			*Adquisición de terrenos aledaños que garanticen su protección	0.3	0	0	0
19			*Concesión del MINAE	0.8	0	0	0
20			*Existe población en un radio de 50mts a la fuente	1	1	1	1
21			*Existe vigilancia periódica	1	1	1	1
22	Posee EB AIS		1	0	0	0	
23	*Posee programas de mantenimiento		0	1	1	1	
24	Transporte público		1	1	0	0	
25	*De fácil acceso		0.3	1	0	0.5	
26	Convenio delegacional		1	1	0	0	
27	Permiso sanitario	1	0	0	0		
28	Técnica-académica	Datos de Balance hídrico (Lts/seg)	1	0	0	1	
29		Personal con educación primaria	1	1	0	1	
30		Personal con educación secundaria	1	0	0	0	
31		Personal con educación profesional	0	0	0	0	
32		*Se delimita su área de protección legal	0	0	0	0	
33	Ecológico-ambiental	*Está protegida de contaminación externa	1	1	0.3	1	
34		*Valoración por contaminación en un radio de 200 mts aguas arriba	0	0.3	0	0	
35		*Se ubica en un área protegida	0	0	1	0	
36		*Se encuentra rodeada de bosque	0.4	1	1	1	
37		Programas de protección ambiental	0	1	1	0	
Total			22	17.5	11.3	13	

Para la determinación de la vulnerabilidad de cada ASADA se utilizó la siguiente tabla (16) en relación con los valores encontrados, en donde a cada variable se le otorgó el mismo valor de importancia.

Cuadro 16. Ponderación de valores de vulnerabilidad, Elaboración propia.

Intervalo	Categoría
0-7	Muy alta
7-14	Alta
14-22	Moderada
22-30	Baja
30-37	Muy baja

Solo dos ASADAS reportaron datos de balance hídrico (Cuadro 15): Tabarcia de Mora con 9.82 L/S y la comunidad de Corralar con 8.14 L/S; los programas de protección ambiental (variable 37) se refieren a pagos por servicios ambientales (PSA) en materia de protección de bosques y recurso hídrico, información otorgada por el FONAFIFO (08/19).

Los resultados fueron tabulados por frecuencias, en donde los valores de $V=0$ corresponderían a la ASADA con el total de variables cumplidas, es decir la meta a alcanzar. Por tanto, dichas posiciones en relación con las categorías asignadas, colocarían a la ASADA de Tabarcia de Mora con una vulnerabilidad de baja a moderada; Los ángeles de Tabarcia con vulnerabilidad moderada; mientras que para Corralar y Cañas se asignaron vulnerabilidades altas (Fig. 41).

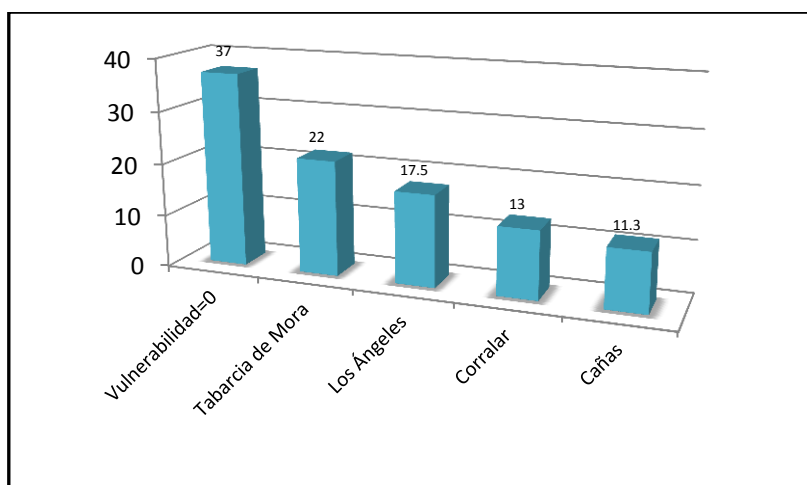


Figura 41. Tabla de posiciones de las ASADAS respecto al cumplimiento de las variables del cuadro 15.

12.4.2.- Vulnerabilidad al acuífero

Se solicitó al Servicio Nacional de Aguas Riego y Avenamiento (SENARA) datos sobre perforaciones que pudieran brindar información para determinar el grado de *vulnerabilidad hídrica del acuífero potencial presente* de acuerdo al método G.O.D., Foster (1987) el cual establece un parámetro considerando el grado de confinamiento hidráulico, las características litológicas del sustrato suprayacente y la distancia al nivel de agua (para acuíferos no confinados y cubiertos, o al techo del acuífero libre) (Apéndice III).

Se obtuvieron 8 perforaciones con datos completos en un radio de ~10 km a partir de la localidad de Tabarcia de Mora (un diámetro promedio de los acuíferos más cercanos como, Santa Ana, Escazú y Atenas) con los siguientes resultados (Cuadro 17)

Cuadro 17. Resultados del método G.O.D. (Foster, 1987) (Apéndice III) sobre las 8 perforaciones obtenidas de SENARA. Se consideran los tres parámetros propuestos por el autor y los resultados de la vulnerabilidad del acuífero en la última columna.

Código	Localidad	Grado de confinamiento hidráulico	Ocurrencia del sustrato suprayacente		Distancia al nivel de agua subterránea (m)	Valor GOD	Vulnerabilidad de la contaminación al acuífero
			Profundidad (m)	Litología			
AB2292	Tabarcia de Mora	No confinado cubierto	0-2	suelo	40	0,21	*Baja
			2-12	Arcillas alteradas (café) de baja permeabilidad.			
			12-56	Lutitas alternadas con areniscas.			
AB2187	Tabarcia de Mora	No confinado cubierto	0-9	Arcillas de permeabilidad baja con tramos arenosos	15	0,24	Baja
			9-30	Arenisca con lutitas de permeabilidad media.			
CG-7	San Ignacio de Acosta	Confinado	0-8	Suelo arcilloso, impermeable	11.5	0,08	*Despreciable
			8-12	Lahares y cenizas			
AB1565	Lindora, Santa Ana	Semi confinado	0-8	Arcillas café claro de difícil perforación	25	0,16	Baja
			8-15	Tobas piroclásticas con bloques lávicos de permeabilidad media			
			15-100	Roca gris de alta dureza con planos de fractura			
AB2025	Colón de Mora, Ticufres	Semi confinado	0-4	Arcilla café plástica	19	0,16	Baja
			4-62	Sedimentaria de alta dureza, tipo lutita de media permeabilidad			
AB2178	Colón de Mora	Semi confinado	0-12	Aluvión con arcillas café	7	0,16	Baja
AB2177	Colón de Mora	Semi confinado	0-5	Coluvial; volcánoclastitas en matriz arcillosa. con aparente baja permeabilidad	10	0,29	Baja
			5.22	Arenisca meteorizada de baja permeabilidad con poco aporte hídrico			
AB2300	Salitral de Santa Ana	No confinado	0-2	Arcillas	40	0,19	Baja
			2-81	Sedimentarias con baja permeabilidad, tramos de lutita y minerales meteorizados			

*En la vulnerabilidad baja se es vulnerable a contaminantes conservativos que son descargados o lixiviados en forma amplia y continua durante largos periodos de tiempo; mientras que en la despreciable la presencia de capas confinantes mitiga la percolación a un grado insignificante.

12.5.- Factores antrópicos relacionados a la erosión de laderas y la perturbación hídrica

Con las visitas a campo se comprobó que existe una influencia del aporte de sedimentos hacia las quebradas que está relacionada con procesos de erosión y remoción de suelo producto de actividades humanas (figs. 43-47); esto incrementa los niveles de turbiedad de las quebradas (Fig. 42) y en fuentes de abastecimiento superficial. Las actividades de ganadería vacuna no estabulada en sus laderas, en combinación con sus fuertes pendientes y elevadas precipitaciones temporales, han propiciado la formación de cárcavas (Fig. 43), esto aunado a una falta de sistemas de drenaje pluvial que canalicen el agua de manera óptima en sus laderas de pastoreo como en sus áreas de cultivo; dicha combinación de factores ha provocado una pérdida paulatina de horizontes de suelo provocando un arrastre considerable de sedimentos hacia sus quebradas así como un desaprovechamiento del recurso hídrico en sus potenciales zonas de recarga.

De esta forma se puede establecer una relación de riesgo hídrico por deslizamiento si se considera la vulnerabilidad encontrada en sus ASADAS (Cuadro 15) y la exposición de algunos de sus SH_i (Figs. 39-40)



Figura 42. Flujo hídrico de alta turbiedad (izq.) proveniente del deslizamiento Arasarí sobre la quebrada Mónicos. Note la diferencia con el flujo hídrico del lado derecho el cual procede de una quebrada intermitente sin deslizamientos registrados.



Figura 43. Cárcava asociada a ganadería extensiva en una zona de fuertes pendientes con derivación hacia la quebrada Mónicos.

También se estima que como producto de actividades antrópicas relacionadas con la falta de drenajes pluviales y manejo de aguas provenientes de sus sistemas agrícolas, la corona del deslizamiento Arasarí ha ido paulatinamente expandiéndose, influyendo en la formación de una gran cárcava. Incluso hacia la parte norte de este deslizamiento esta corona ha deshabilitado un camino que comunicaba al alto Quitirrisí con las localidades de Cañas y Tabarcia (Figs. 44-46).



Figura 44. El área delimitada en blanco representa el perímetro de cultivos sobre las colinas de Tabarcia. La línea naranja representa el borde del deslizamiento Arasarí y la línea café un camino rural. Imagen tomada de Google Earth 2009



Figura 45. Seis años después, la corona del deslizamiento se ha expandido con dirección noroeste (línea naranja), incluso atravesando los cultivos. Imagen tomada de Google Earth 2015.



Figura 46. Actualmente el borde de la Corona se ha juntado con los desvíos de agua de los cultivos de mayor altitud, el camino ha desaparecido y los cultivos han sido abandonados. Imagen tomada de Google Earth 2019.

Este mismo fenómeno de la apertura de caminos con una falta de planeación en el manejo de aguas pluviales, se vincula con la formación de tres grandes cárcavas de aproximadamente 125 metros de longitud cada una; catalogadas en esta investigación como deslizamientos activos Pone pone 1, 2 y 3 (ver fig. 14) Influencia antrópica relacionada con el establecimiento de la empresa de un tajo en la localidad de Cañas (empresa dedicada a la extracción de roca y suelo en la zona) (Fig. 47).



Figura 47. Cárcavas generadas por lavado superficial con entradas de caminos para camiones ubicadas dentro del Tajo en Cañas de Tabarcia; la tercer formación está ubicada 340 metros al noroeste de Pone pone 2.

De la misma forma y a causa de una falta de alcantarillado sanitario según lo visto en (cuadro 15 y Tabla 10, Apéndice 1), existen desvíos intencionales y no planificados de aguas pluviales que son mezclados con aguas residuales que también generan procesos de remoción y lavado de suelo (Fig. 48); aportando más sedimentos cuenca abajo y que son combinados con materia orgánica proveniente de drenaje doméstico, porquerizas y sistemas de producción aviar sin previo tratamiento.

Aunado a esto el Plan Estratégico de Desarrollo Sostenible para la Cuenca del Río Tabarcia y Río Negro de la Asociación de Desarrollo Sostenible (ADESSARU, 2001) reportó que existen otros impactos que estarían incidiendo en sus recursos hídricos como son: el uso de agroquímicos y plaguicidas para sus cultivos; el vertimiento de la broza de café hacia el río Tabarcia, (el cuál fue corroborado mediante las entrevistas locales) además del vertimiento de aguas jabonosas y servidas hacia sus ríos (Fig. 49).



Figura 48. Cárcava formada por desvío de aguas intencional con agua pluvial y residual dentro de una finca particular. Su formación conformación fue ajustada por los afectados a fin de darle dirección hacia una quebrada.



Figura 49. Drenaje de aguas mixtas (pluviales y servidas) a cielo abierto en Tabarcia de Mora con depositación directa hacia el río Tabarcia.

12.5.1.- Valoración cualitativa de impacto ambiental

Al conjunto de factores antrópicos encontrados en esta investigación, se les realizó una Evaluación cualitativa de impacto ambiental a través del Software EIA09 (Cruz, Gallego, y González de Paula, 2008) (Apéndice V) una aplicación open-source que realiza un enjuiciamiento de las variables de entrada relacionada con diferentes atributos (Fig. 50)

VALORACION CUALITATIVA COMPLETA	
SIGNO	ACUMULACION (A)
Impacto beneficioso: + Impacto perjudicial: -	Simple: 1 Acumulativo: 3 Sinérgico: 6
EXTENSION (E)	INTENSIDAD (IN)
Puntual: 1 Parcial: 2 Extenso: 4 Total: 6 Crítica: +4	Baja: 1 Media: 4 Alta: 4 Muy alta: 6 Total: 10
PERSISTENCIA (P)	REVERSIBILIDAD (RV)
Fugaz: 1 Temporal: 2 Permanente: 4	Corto plazo: 1 Medio plazo: 2 Largo plazo: 3 Irreversible: 4
RECUPERABILIDAD (RC)	PERIODICIDAD (PR)
Recuperable inmediatamente: 1 Recuperable a medio plazo: 2 Mitigable: 4 Recuperable a largo plazo: 6 Irrecuperable: 8	Aperiódico o discontinuo: 1 Periódico: 2 Continuo: 4
MOMENTO (MO)	EFECTO (EF)
Largo plazo: 1 Medio plazo: 2 Inmediato: 4 Crítico: +4	Directo: 3 Indirecto secundario: 2 Indirecto terciario: 1

Figura 50. Atributos que permiten al software EIA09 evaluar cuantitativamente las variables de entrada.

Se generó una matriz de correlación de impactos ambientales por categoría y atributos con los siguientes resultados (Cuadro 18), los resultados de los impactos se muestran de mayor a menor de izquierda a derecha. Esto permitió evaluarlos en función del reconocimiento en campo de estas variables y del conocimiento experto del autor, Los resultados revelaron una mayor frecuencia con impactos moderados en la localidad de Tabarcia de Mora (Fig. 51)

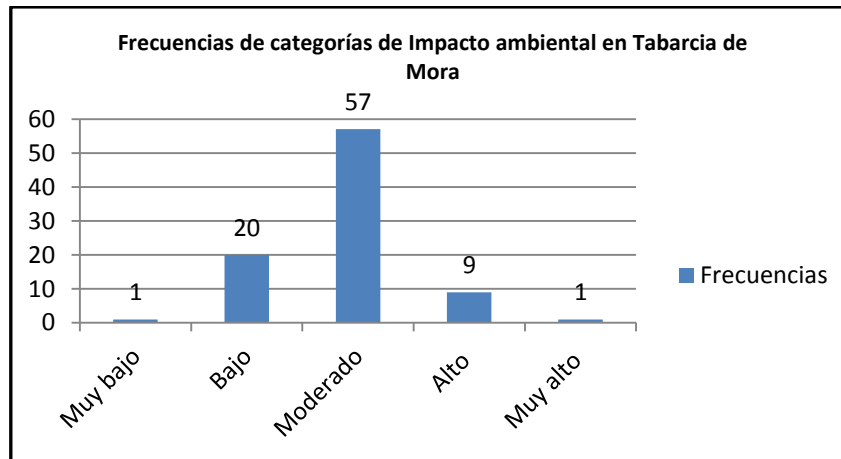


Figura 51. Gráfico de barras que muestra las diferencias por frecuencias de impactos ecológico-ambientales, evaluados mediante EIA-09.

Cuadro 18. Variables de perturbación ambiental en la microcuenca de Tabarcia de Mora. DASNP-A: Drenaje de aguas servidas, negras, porquerizas y agroquímicos.

	Atributos EIA09	Minería a cielo abierto	DAS-NP-A	Turbiedad (quebrada Mónicos)	Carcavación por caminos mal trazados	Ausencia de drenaje pluvial	Desvíos de aguas intencionales	Carcavación por Pastoreo extensivo	Toma ilegal de nacientes	Modificación de los márgenes del cauce	Preclarismo en zonas de fuerte pendiente	Depósitos ilegales de basura
Categoría	Acumulación (A)											
Baja	Simple									1	1	1
Media	Acumulativo	3	3	3	3	3	3	3	3			
Alta	Sinérgico											
	Extensión (E)											
Baja	Puntual			1			1		1	1	1	1
Media	Parcial	2	2		2	2		2				
Alta	Extenso											
Muy alta	Total											
	Intensidad (IN)											
Baja	<i>idem</i>							1	1	1	1	1
Media	<i>idem</i>		4		4	4	4					
Alta	<i>idem</i>	4										
Muy alta	<i>idem</i>			6								
	Persistencia (P)											
Baja	Fugaz											1
Media	Temporal			2	2	2	2	2	2		2	
Alta	Permanente	4	4							4		
	Reversibilidad (RV)											
Baja	Corto plazo											1
Media	Mediano plazo	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Alta	Largo plazo											
Muy alta	Irreversible											
	Recuperabilidad (RC)											
Muy baja	Inmediata											1
Baja	Mediano plazo											
Media	Mitigable	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
Alta	Recuperable a largo plazo											
Muy alta	irrecuperable											
	Periodicidad (PR)											
Baja	Aperiódico								1	1	1	1
Media	Periódico		2	2	2	2	2	2				
Alta	Continuo	4										
	Efecto (EF)											
Baja	Terciario											
Media	Secundario	2			2	2	2	2			2	2
Alta	Directo		3	3					3	3		
	Total	25	24	23	21	21	20	18	17	17	14	9

12.6.- DISCUSIONES (componente hídrico)

La ASADA de Tabarcia de Mora otorga 378 servicios a su comunidad, es decir un 360% más que la comunidad de Cañas y presenta diferentes factores (estructurales, sociales, económicos, ambientales etc.) que la hacen menos vulnerable, esto es, posee una mayor estructura organizativa, reflejo de sus concesiones con el MINAE, permisos sanitarios, convenios delegacionales, así como una organización y poder adquisitivo que le ha permitido comprar a la fecha 7 ha de bosque para incluirlas bajo alguna modalidad de Pago Por Servicios Ambientales (PSA), lo cual incrementa el área de sus centros de captura hídrica-según el modelo de la teoría de la bomba biótica de humedad atmosférica (Makarieva y Gorshkov 2007); disminuye la erosión por lixiviación; propicia la infiltración y permite una fijación del suelo mediante el sistema radicular vegetacional. Se considera que existe una interconectividad entre los diferentes factores involucrados, ya que si se tiene mayor organización se tendrá un mayor impacto social y consecuentemente ambiental. Esta capacidad organizativa se ve potencialmente vulnerada por el grado de exposición de sus SHi ubicados bajo la corona de deslizamiento activo Momoto (Fig. 40) y “El Indio Pelao” específicamente el SHi Volcafé con tres nacientes, dos tanques y dos quebrada-gradientes (denominados Álvaro y Mencha que llevan agua hacia el tanque Marcos mediante una línea de conducción hídrica) (Fig.33 y 38).

Por tanto esta exposición de sus SHi en caso de deslizamientos sobre las quebradas Mónicos y Barro, y donde se encuentran los puntos de abastecimiento, almacenaje y transporte hídrico, genera vulnerabilidad por exposición tanto a la comunidad de Tabarcia de Mora, como a las ASADAS que por alguna circunstancia dependan de este recurso hídrico; como es el caso de Palmichal y Acosta quienes fueron apoyadas durante 22 días con camiones de agua provistos por la ASADA de Tabarcia de Mora durante la tormenta tropical Nate, ya que en dicho evento, las nacientes de los ríos Tabarcia y Negro se vieron afectadas, incluyendo sus desarenadores y líneas de aducción entre las tomas y las plantas potabilizadoras, afectando asimismo el suministro de agua para *c.a.* de 30,000 personas ubicadas entre Ciudad Colón, Barrio San Bosco, Morado, Quitirrisí, Fila de Mora y Santiago de Puriscal (Entrevista personal, Luis M., 30 abril 2019).

Esta exposición juega un papel importante en los riesgos por desastre hídrico para las personas que dependen de la ASADA de Tabarcia de Mora, ya que una interrupción en sus SHi por deslizamiento, incluyendo la ruptura de sus acueductos o sus líneas de aducción podría generar un desabastecimiento local, además de esto, el gran aporte de sedimentos que se genera actualmente por efecto de ladera como por lavado de suelo por carcavación, está produciendo una saturación de sus desarenadores. Sin embargo es necesario realizar una georreferenciación en campo de los acueductos de las tres ASADAS restantes, incluyendo la ubicación sus tubos de conducción hídrica. Ya que como se vio en la Fig. 38, sería necesario para el deslizamiento el “Indio Pelao” establecer medidas contingentes en caso de ruptura; (ver recomendaciones). Y si se desconoce su espacialización no es posible realizar análisis de vulnerabilidad por exposición de los demás acueductos.

Cabe destacar que la ASADA de la Cañas, se situó en el menor peldaño según la evaluación de sus variables (Cuadro 15) y esto es en parte debido a la falta de participación y coordinación local, ya que durante las entrevistas y recorridos en campo realizados en esa comunidad, los habitantes remarcaron que existe un área de oportunidad entre ellos mismos para su inclusión en las actividades referentes a la protección de sus recursos hídricos; esto ha generado un descuido de sus SHi (Figs. 52)



Figura 52. Tanque de transporte y almacenamiento hídrico en estado de abandono y con residuos urbanos perteneciente a la ASADA de Cañas.

Como lo ocurrido durante la ruptura de uno de sus acueductos durante la tormenta tropical Nate (2017) donde, según sus habitantes, fue ardua la labor para organizarse y coordinarse con los diferentes actores participantes (AyA, Municipalidad y ASADAS) y restablecer así los servicios de conectividad hídrica y caminos. Este fenómeno social coadyuva para la protección y monitoreo de sus nacientes o fuentes; ya que como se observó en las figuras 36-37, existe una casi nula infraestructura alrededor de sus nacientes.

Respecto a la vulnerabilidad por exposición a amenazas se obtuvo que solo la ASADA de los Ángeles reportó una valoración por contaminación en sus zonas de descarga hídrica, relacionada con fertilizantes, desechos de potreros y porquerizas que son vertidos hacia una de sus nacientes; sin embargo las demás amenazas por sismicidad, vulcanismo, e inundación no han sido evaluadas en la zona; mientras que la valoración por deslizamiento reporta datos para la ASADA de Tabarcia, sin que al momento hayan sido detectados dichos estudios por el administrador de dicha ASADA como por el mismo AyA; es decir se desconoce quién haya hecho tales investigaciones como su ubicación.

Los resultados revelaron una vulnerabilidad baja de acuerdo al grado de confinamiento hídrico según Foster (1978). Se registró que la zona no saturada presenta un grado de permeabilidad baja con una espesura entre 40 y 15 metros a la superficie del acuífero. Sin embargo para un radio de 10 km, esta permeabilidad tiende a incrementarse ligeramente a media. Es necesario considerar que este método es una aproximación subjetiva de vulnerabilidad por contaminación hacia los acuíferos, ya que no se toman en cuenta diferentes parámetros como: conductividad hidráulica, coeficientes de almacenamiento, litología, grado de infiltración efectiva etc. Además de que es recomendable realizar estudios geológicos cuyo objetivo sea el de crear un modelo conceptual del acuífero y posteriormente delimitarlo a través de perforaciones. Asimismo no existen estudios en la zona relacionados con la dinámica de los agroquímicos, pesticidas y materia orgánica reportados por fuentes secundarias (ADESSARU, 2001) como por la comunidad. Estos vacíos de información son un área de oportunidad vinculada con las vulnerabilidades técnicas y académicas de las cuatro ASADAS, ya que al momento se desconoce si alguno de estos elementos estarían infiltrando hacia su acuífero, esto a pesar de que se tienen reportes por parte del AyA (CEDI, 2019) como denuncias en el MINAE sobre

contaminación de nacientes y acuíferos por agroquímicos y aguas residuales (Sistema Integrado de Trámite de Denuncias Ambientales, 2019). Sin embargo al caer dentro de los rangos del cuadro 17, de permeabilidades con categorías de baja a tendencia media, se considera justificable, hasta no tener más estudios sobre perforaciones en la zona; y en combinación con los factores antrópicos asociados a: la falta de alcantarillado sanitario, bajos terrenos adquiridos entorno a las zonas de descarga, falta de permisos sanitarios y pocos programas de protección ambiental; realizar una combinación de variables técnicas, (G.O.D) y sociales para categorizar la vulnerabilidad sus sistemas hídricos.

Las visitas a campo permitieron ajustar la información compilada por fuentes primarias, así como asignar valores a las diferentes variables de la evaluación cualitativa de impacto ambiental enfocada hacia el recurso hídrico, variables que forman parte de un encadenamiento generador de riesgos colaterales, es decir, la presencia de vehículos automotores detectados sobre la quebrada Mónicos y que se incluyen dentro de la variable de impacto que modifica los márgenes de los cauces (fungen como multi-perturbadores), ya que también impactan a la fauna del lugar, a la calidad del agua, la normativa ambiental etc. Así con cada uno de los impactos encontrados (Fig. 53)



Figura 53: La quebrada Mónicos, usada como área de esparcimiento con cuatrimotos. 05-2018

De esta manera e incluyendo los resultados de los análisis del componente abiótico (geomorfológico) e hídrico de esta sección, es posible compilar una lista de atributos inherentes a la micro cuenca del río Tabarcia que inciden en la vulnerabilidad de su recurso hídrico como son: el porcentaje de suelos susceptibles a deslizarse; el arrastre constante de sedimentos y aumento de turbiedad; la tendencia (de baja a media) de la permeabilidad en

la capa superior al acuífero aunado a sus escasas información de perforaciones; la explotación permanente de minería a cielo abierto; el precarismo en zonas de fuerte pendiente como en los márgenes de sus quebradas y ríos; el vertido de aguas domésticas y porquerizas hacia sus cauces; la existencia de zonas con ganado extensivo en sus laderas y colinas; los depósitos ilegales de basura (que son muy pocos); los caminos mal trazados; el fallamiento local; las coronas de deslizamiento inactivas cerca de sus cauces; el porcentaje de laderas y colinas de fuerte disectación y pendiente cerca de sus SHi; la toma ilegal de sus nacientes; el desconocimiento espacial de sus sistemas hídricos; el uso de agroquímicos con depositación a sus quebradas; la modificación de los márgenes de su cauce; la condición diferenciada en infraestructura de sus nacientes y los diferentes grados de vulnerabilidad de sus ASADAS, entre las más importantes. Cada uno de estos factores le brinda cierto grado de susceptibilidad a la microcuenca de ser afectada en su recurso hídrico. Por tanto y considerando una compilación de los valores obtenidos en esta investigación (Cuadro 19). Se propone una zonificación con un grado de **vulnerabilidad hídrica media** para la zona de estudio (con una zona alta hacia la parte este de la corona Momoto).

Cuadro 19. Compilación de valores por categorías evaluadas en los sistemas hídricos de Tabarcia de Mora.

Categorías evaluadas en esta investigación:	Valor asignado
Factor de exposición de los SHi de la Asada de Tabarcia en relación con el grado de susceptibilidad a deslizamientos con MVM incluyendo la corona de Momoto.	Medio-Alto
Estado de conservación estructural de sus SHi por ASADA	
1) A. Tabarcia	Medio-alto
2) A. Los Ángeles	Medio
3) A. Cañas	Bajo
A) Corralar	Bajo
Vulnerabilidades por ASADA	
Tabarcia	Baja-Medio
Los Ángeles	Media
Cañas	Alta
Corralar	Alta
Vulnerabilidad por contaminación al acuífero (G.O.D.)	Baja
Impactos antrópicos de mayor frecuencia	Moderados

Esto considerando los SHi que potencialmente se verían afectados en caso de deslizamientos y en relación con los diferentes tipos de vulnerabilidades e impactos encontrados. Sin embargo se recomienda que hasta que no se realicen más estudios sobre

los factores de exposición de los SHi de las ASADAS restantes, aunado a estudios hidrogeológicos que respalden de manera técnico-científica esta investigación (ej. ubicación de sus áreas de recarga acuífera), se abarque la totalidad de la microcuenca del río Tabarcia; debido a que esta zona es una fuente importante de abastecimiento hídrico para las poblaciones de Tabarcia de Mora, Colón, Puriscal y Acosta. Ubicación de las 51 nacientes espacializadas en este estudio, de los entes operadores (con sus vulnerabilidades) de agua para el distrito de Tabarcia y de impactos ambientales similares a los encontrados en esta investigación llevados a cabo por la Asociación de Desarrollo Sostenible de San José Rural a través del Plan Estratégico para la cuenca del río Tabarcia y río Negro (ADESSARU, 2001); esto comprende entonces: desde el río Negro, pasando por las quebradas Pichila, Barro, Mina, Mónicos y Mata, hasta su desembocadura en el río Jorcó (Fig. 54)

De la misma forma se recomienda incluir esta zonificación dentro de los sitios de mayor importancia hídrica a través del FONAFIFO; lo cual devendría en mayores apoyos para la gestión y conservación de este recurso, si se considera que lo recaudado por los cobros del canon de agua (25%) según la Agenda del Agua 2013-2030 se destinaría a PSA en aquellas zonas declaradas como *sitios de interés para acueductos rurales y/o a zonas de importancia hídrica con criterio para el consumo humano* (utilizando para ello la información contenida en el mapa de vulnerabilidad hídrica generado en esta investigación) según el decreto ejecutivo 32868-MINAE; lo anterior en la modalidad de *protección del recurso hídrico*. Cabe destacar que actualmente existen 3 programas en todo el Distrito de Tabarcia de Mora; dos para protección de recurso hídrico con 135,76 ha, y uno para protección del bosque con 162.44 ha. Sin embargo no fue posible acceder a su ubicación en relación con la zona de estudio debido a que dicha información era de carácter interno y requería la aprobación de finqueros locales (Cabezas, G., comunicación personal., FONAFIFO 06/18). En esta misma línea se encontró que el área de estudio se encuentra dentro de los polígonos catalogados como tierras Kioto, es decir tierras que antes del 31 de diciembre de 1989 no tenían cobertura boscosa, (información que puede ser corroborada con el Atlas Digital de Costa Rica 2008 y los rollos 257, línea 203.3 y 193; línea 205 del Registro Nacional) y que pueden ser elegibles para forestar o reforestar como mecanismo de desarrollo limpio MDL para la disminución de los efectos de gases invernadero (GI).

Mecanismo alternativo a las Zonas de Importancia Hídrica cuyo objetivo principal es generar sumideros de carbono que pueden ser fuentes de ingreso comunitario a través del Marco de las Naciones Unidas en la lucha contra el Cambio Climático, REDD + y acorde a los acuerdos de Paris (ONU, 2019).

Cabe destacar que otro 25% de lo recaudado por este canon, es destinado a la conservación del agua en aquellas propiedades del Estado consideradas como Áreas Naturales Protegidas que son administradas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Esto aumentaría los fondos para la conservación de este recurso si se toma en cuenta la inclusión del área de estudio dentro del corredor biológico Garcimuñoz. (Tema considerado en el capítulo de Biodiversidad).

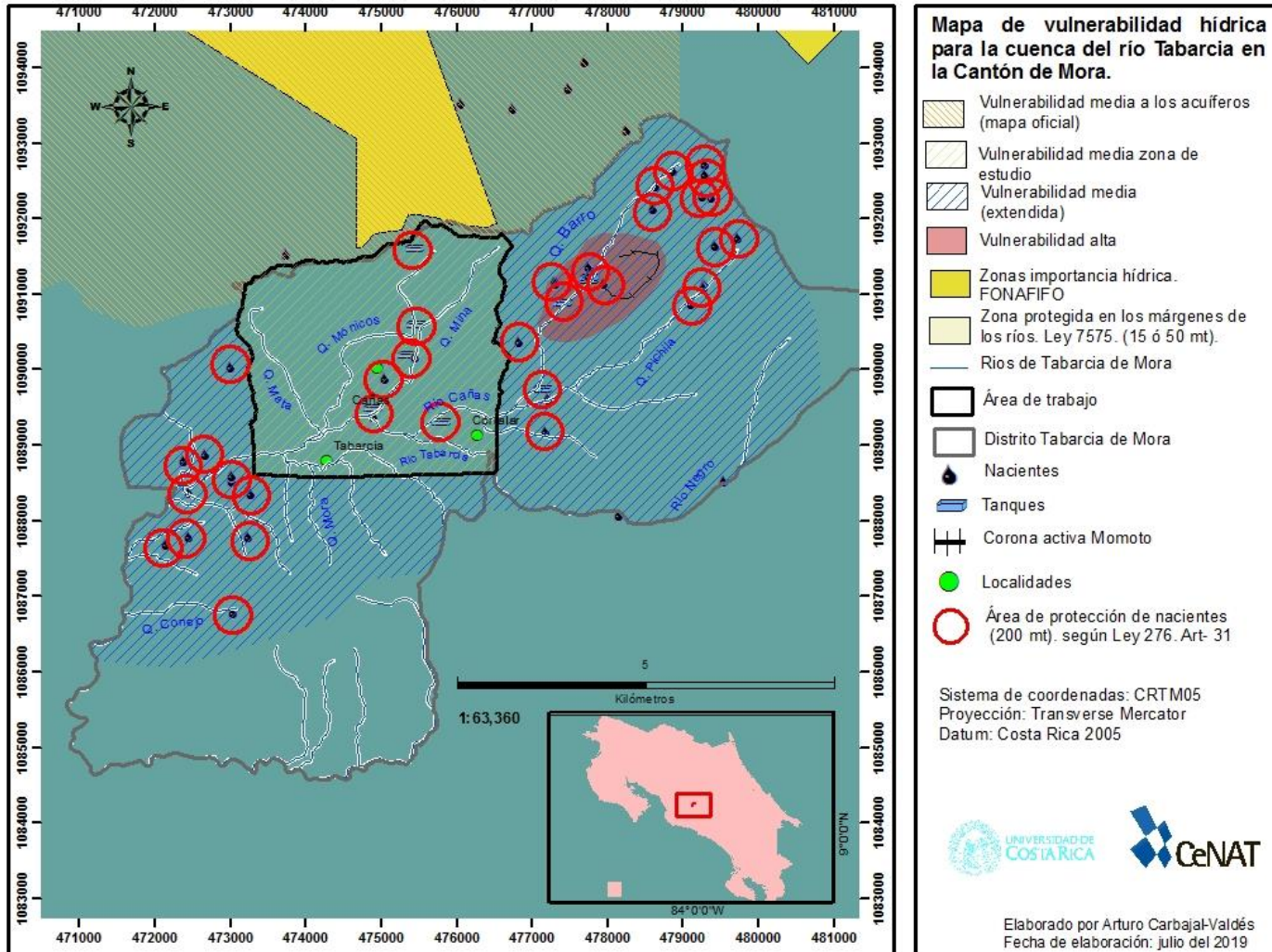


Figura 54. Propuesta de zonificación de vulnerabilidad hídrica para la microcuenca del río Tabarcia

12.7.- Recomendaciones

Si bien los estudios de vulnerabilidad, reflejan fragilidad, exposición y falta de resiliencia; lo principal de esta investigación no es realzar estas debilidades para la comunidad de Tabarcia de Mora a manera de puntero, sino más bien que cada uno de los puntos analizados en estos componentes, puedan ser áreas de oportunidad para establecer planes de acción que permitan prever, anticipar, monitorear, mitigar y visualizar los riesgos en que se encuentra la población. Se considera imperante se desarrollen estrategias ancladas a las políticas de desarrollo local y vinculadas con la normativa de los Planes Reguladores, de GR, OT, y demás instrumentos que faculten a las comunidades a gestionar sus riesgos.

Se recomienda la georreferenciación en campo de los acueductos de las ASADAS de Cañas, Corralar y los Ángeles (incluyendo sus líneas de aducción) a fin de establecer una relación con las zonas de susceptibilidad a deslizamientos de acuerdo a los resultados de MVM de esta investigación. De la misma forma se hace necesario realizar una modelización del deslizamiento Momoto con Lahar-z para establecer zonas potenciales de afectación por exposición, principalmente de los SH_i de la ASADA de Tabarcia de Mora.

Se recomienda que los resultados generados puedan servir de soporte o apoyo para generar indicadores base que permitan fortalecer las capacidades de las ASADAS de Tabarcia de Mora, incluyendo los parámetros para la protección de sus nacientes, en donde sea posible establecer un perímetro de protección de 200 metros en las zonas donde se ubiquen sus SH_i dentro de zonas de alta y muy alta susceptibilidad a deslizamientos, las cuales coinciden con laderas de fuerte pendiente, zonas de cultivo, ganaderas y parches vegetacionales de diferente índole, como bosques de galería y secundarios; mientras que en las zonas rurales con asentamientos urbanos, sea considerada la más baja categoría de protección (100 mts); así como la instauración inmediata de medidas de protección establecidas en (González, 2014). Para el acueducto ubicado en la zona donde está el deslizamiento activo “El Indio Pelao” se recomienda establecer medidas preventivas que permitan, en caso de rompimiento, tener una reserva de materiales que sirvan para restablecer su conexión, como tuberías, bombas hidráulicas, sistemas de cierre y paso de agua etc., ya que no es viable la instalación de pasos elevados en ese punto debido a la pendiente del lugar y el factor de acumulación de masa que podría generarse. Sin embargo sí es posible realizar estudios a

fondo de mecánica de suelos que aporten información sobre su caracterización y ubicación respecto al acueducto. De esta manera se podría considerar si se acepta el riesgo de mantenerlo en ese sitio o se invierten recursos para su reubicación.

Es necesario realizar estudios para determinar la localización de las áreas de recarga acuífera en conjunto con estudios hidrogeológicos que posibiliten la conceptualización de sus acuíferos a fin de relacionar los impactos ambientales con las vulnerabilidades locales para la protección de este recurso, así como el monitoreo a través de análisis de DQO y SST principalmente de las tomas de agua directas y su relación con los límites permisibles para consumo humano

Es importante que la comunidad esté informada acerca de su entorno respecto a los deslizamientos activos, los procesos de cárcavación-reptación y zonas de susceptibilidad; esto permitirá en conjunto con los tomadores de decisión, incluyendo la municipalidad, abordar esta problemática, por ejemplo: la necesidad de establecer una estrategia para el drenaje de taludes, la cual disminuiría la incidencia de deslizamientos y el lavado de suelo por cárcavación.

De conformidad con el artículo 145 de la Ley de Aguas, el cual insta a todas las autoridades de la República al estricto cumplimiento de las disposiciones legales referentes a la conservación de los árboles, especialmente en las orillas de los ríos y nacimientos de agua; a que se realicen evaluaciones de auditoría ambiental a la empresa del TAJO ubicada en la localidad de cañas y su posible vinculación con la formación de cárcavas de los deslizamientos activos Pone pone I, II y III. Las cuales a través de lixiviación y remoción de suelo, están modificando la geomorfología e impactando la vegetación ubicada en las laderas de la quebrada Mónicos, alterando los procesos ecológicos locales y modificando los parámetros de la calidad del agua por sedimentación y turbiedad, este conjunto de factores concatenados genera una depreciación del capital hídrico relacionado con su capital edáfico.

Por último se recomienda a la sociedad tabarceña a que registre sus nacientes a la autoridades correspondientes y genere el pago del canon respectivo por uso consuntivo del

agua, ya que este recurso económico se utiliza para la protección, monitoreo y gestión integral del agua en la zona, incluyendo la protección de sus bosques.

13.- COMPONENTE SOCIAL

13.1.- Uso de recursos y vulnerabilidades percibidas

Se realizaron entrevistas mixtas semiestructuradas (Apéndice IV) dirigidas a personas residentes de la comunidad, con mayoría de edad y buscando una proporción igual entre géneros. Las entrevistas fueron realizadas en la localidad de Cañas y de Tabarcia de Mora, en áreas cercanas a la posible zona de impacto del deslizamiento Arasarí, es decir en la confluencia de la quebrada Mónicos y el río Tabarcia, sitio donde se localiza la carretera 209. Se siguió la metodología de campo utilizada por el INEC en el levantamiento cartográfico de información, es decir recorridos a favor de las manecillas del reloj hasta cerrar las unidades primarias de muestreo (INEC, 2011). Se realizaron entrevistas casa por casa obteniéndose un total de 41 entrevistas; 22 mujeres y 19 hombres (fotografías 55-56).



Figura 55. Entrevista con Don Francisco Vargas, Ambientalista y líder comunal de Tabarcia de Mora.



Figura 56. Entrevista con Doña Elena, sobre el uso de recursos y problemáticas comunitarias. Activista y residente de Cañas.

El objetivo de las entrevistas fue conocer la forma en que las personas se apropiaban y utilizaban su territorio; la percepción social entorno a sus amenazas locales; sus necesidades y problemáticas locales, así como su interés en conformar un comité local de emergencias; esta última pregunta se incluyó con el objetivo de promover su participación y de hacer un llamado local para la gestión comunitaria de riesgos.

El 65% de las personas contestaron que cultivaban o cosechaban alguna de las siguientes especies, ya sea para consumo personal o eventualmente para su venta local: maíz, banano, limón, naranja, cas, guayaba, mandarina, mango, guaba y aguacate; a manera de hortaliza se cultiva: yuca, pejibaye, cilantro (culantro), chayote, chile dulce, ayote y albahaca; hacia

las partes más altas también se cultiva el café, este último fruto se comercializa en mercados y ferias del agricultor a través del Centro Agrícola Cantonal de Mora.

El 31% de las y los entrevistados respondieron realizar actividades pecuarias con animales de traspatio como conejos, gallinas y gansos; de manera extensiva se realizan actividades de pastoreo con ganado tipo lechero, Brahman y Gyr, principalmente. La zona también es utilizada con chancheras temporales (principalmente en época navideña) en donde ya sea que comercialicen sus animales o los hagan en grandes cazos en el mismo lugar. Hacia la parte del centro rural de Tabarcia también existe un corral con 22,000 gallinas para la producción de huevo.

Se reporta que el 16% de la población entrevistada ha usado de manera local los recursos forestales como materiales para construcción, cercados y combustibles; utilizando para ello especies como el Pino, Cedro, Madero negro (*Gliricidia sepium*); Guachipelín (*Diphysa americana*) el roble (*Quercus sp*) y el cedro rojo (*Cedrela odorata*), especie considerada como vulnerable según UICN (2004). De la misma forma el 9,5% declaró haber utilizado en algún momento materiales como roca y tierra como insumo para construcción particular y para la reconstrucción de caminos de lastre; material extraído de la parte basal de la quebrada Mónicos, donde confluye con el río Tabarcia.

Los y las tabarceñas en un 50%, reportaron usar algunos sitios de la zona de estudio como áreas de esparcimiento, ya que durante los fines de semana suelen reunirse en forma lúdica justo en la colina donde se ubica el deslizamiento Arasarí para disfrutar de sus recursos paisajísticos; igualmente en época de estío se utilizan algunas pozas ubicadas en la quebrada Mónicos como sitios de recreo (Figura 57).

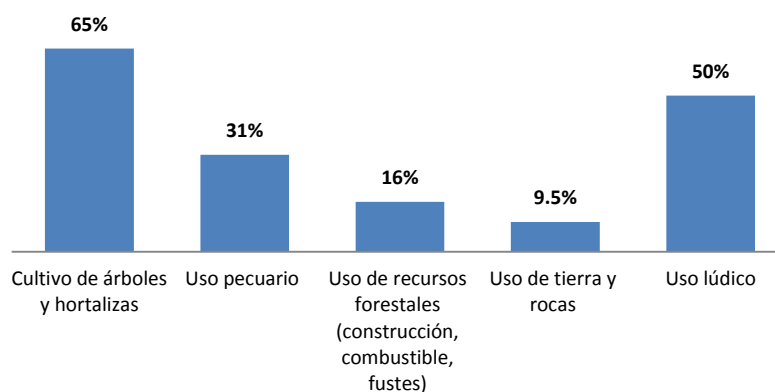


Figura 57. Porcentaje por categorías del uso del territorio y recursos de la muestra obtenida.

Las personas brindaron información directa sobre las necesidades y los problemas que son percibidos dentro de su comunidad, lo cual fue relacionado con algún tipo de vulnerabilidad y representado a través de una *red neuronal conceptual* en donde las respuestas de los y las taberseñas se colocaron dentro de recuadros (Fig. 58); los cuales pudieran comportarse al mismo tiempo como causa o efecto, debido a que los procesos sociales por sus características, actúan de manera dinámica. Por tanto las flechas significan interconexiones o cierto grado de influencia.

En el centro del mapa conceptual se colocó la respuesta de pobreza, ya que se considera una condición social que promueve la generación de las problemáticas y necesidades expuestas, más no es exclusiva o directamente condicionante. Sin embargo si forma parte de las condiciones intrínsecas de la comunidad y se manifiesta hacia diferentes dimensiones. Además, según la ONU (1995) la pobreza no solo depende de los ingresos económicos, sino también del acceso a los servicios y se caracteriza por una privación de las necesidades básicas que incluyen el acceso al agua, alimentos, sanidad, educación información y vivienda; además según el Banco Mundial (1990) está relacionada con la imposibilidad de alcanzar un nivel de vida mínimo y aceptable. Si bien su definición abarca múltiples conceptos, operacionalmente gira entorno a carencias, acceso a recursos, exclusión, ausencia de titularidades, niveles bajos de vida y condiciones inaceptables que privan de un bienestar físico y mental (Spicker, 1993). Dentro del mapa conceptual se plasmaron necesidades y problemáticas locales, que no necesariamente podrían ser sufridas,

sin embargo como sociedad, si forman parte de sus condiciones intrínsecas que les generan vulnerabilidades. Dicho mapa se refuerza con el porcentaje de las necesidades básicas insatisfechas y de hogares con carencias reportados por el INEC (2011) para el distrito (Tabla 15 y 11 Ap. I.) y parcialmente con los índices del Atlas de Desarrollo Humano Cantonal de Costa Rica; los cuales reportan para el 2007 un índice de desarrollo social distrital para Tabarcia de ISD= 56.0, colocándola en la posición 214 de 485 (PNUD-FOMUNDE, 2009).

Los peligros de origen natural como vientos y rayos; fueron colocados en vulnerabilidades ecológico-ambientales debido a que las y los habitantes comentaron que se sentían amenazados por su presencia, además de que históricamente se han visto afectados en sus estructuras de tendido eléctrico y tejado por los fuertes vientos (DesInventar, 2019)

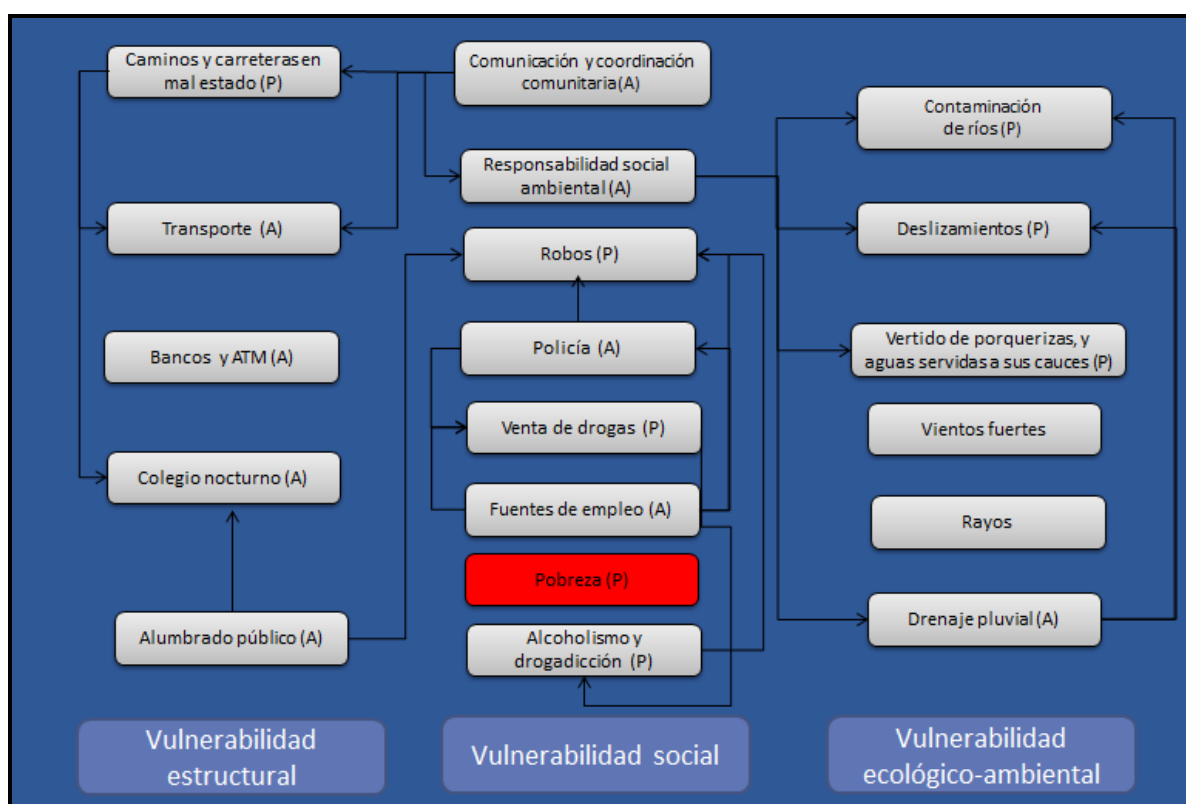


Figura 58. Mapa conceptual elaborado con las problemáticas y las necesidades percibidas en la comunidad de Tabarcia de Mora, se encuentran encasilladas en algún tipo de vulnerabilidad. La letra (P) representa su presencia como la (A) su ausencia.

Uno de los problemas percibidos fue la falta de caminos pavimentados, principalmente hacia la parte de Cañas, esto imposibilita la entrada de transporte público hacia esa comunidad, dificultando el acceso a los diferentes tipos de servicios ubicados en Tabarcia de Mora; de la misma forma la falta de transporte público foráneo en horas nocturnas en Tabarcia de Mora, incide en el acceso a la educación media, ya que esta se encuentra supeditada a la capacidad del Liceo de Tabarcia de ~400 estudiantes, la cual se considera podría abarcar tan solo el 50% de la población potencial (INEC, 2019; Apéndice I); en este sentido, la población percibe que la falta de alumbrado público incide en el establecimiento o ampliación de instalaciones de educación media; debido a esto es que se hace necesario para esta población desplazarse hacia Ciudad Colón, Puriscal o San José.

Esta ausencia de alumbrado público en ciertos sectores, consideran se encuentra relacionada con el aumento de robos a transeúntes principalmente en sus paradas de transporte público y en horas nocturnas o de madrugada; variable que se ve influenciada por la ausencia de una estación de policía local para la comunidad, ya que dichas funciones son asumidas por parte del Distrito de Guayabo de Mora a 6 kilómetros de la localidad, factor importante para el incremento en la venta de mariguana o estupefacientes, un tema de gran interés para los y las habitantes ya que dichas actividades les generan miedo colectivo al estar relacionadas con otras actividades ilícitas. De esta forma se puede observar en la (Fig. 58) como es que la falta de fuentes de empleo repercute en: 1) la contratación de policías, 2) en la venta y consumo de psicotrópicos y 3) en el aumento de robos.

Se encontró que la comunicación y coordinación entre las personas, es un área de oportunidad que ha afectado procesos entre sus mismos habitantes quienes declararon la dificultad para establecer acciones durante la tormenta tropical Nate (2017): etapa donde se generó un deslizamiento que obstaculizó el paso entre la población de Cañas y Tabarcia; dicho suceso fue retrasado por una indisponibilidad local de las personas a colaborar, como por conflictos de gobernanza institucional entre el AyA y la Municipalidad de Mora para reconstruir el camino, dicho deslizamiento también afectó el sistema del acueducto de la ASADA de Tabarcia (González, O., comunicación personal Diciembre, 2018). Esta ausencia de comunicación y coordinación comunitaria también ha sido un factor

relacionado en las responsabilidades sociales-ambientales de las personas o empresas de Tabarcia, y que se vinculan con el control de vertidos hacia sus cauces provenientes de chancheras, de aguas servidas y del control de agua pluvial, ya que en su ausencia no es posible organizarse para mejorar la calidad de vida o anclarse a las estrategias municipales de desarrollo. Asimismo se reporta la contaminación de sus quebradas, principalmente hacia el río Tabarcia con motivo de una falta de gestión de residuos durante el procesamiento del café (generación de broza y lixiviados), ocasionando contaminación por olores y sedimentos hacia este río. Dicho acontecimiento originó en el 2010 se emitiera una sentencia sanitaria en la Sala Constitucional de la Suprema Corte de Justicia, No-07569 para los beneficios del café los Anonos y Palmichal CECA. S.A., con la participación de la Defensoría de los habitantes, la Municipalidad de Mora, la Secretaría de Salud y la Secretaría Técnica Nacional Ambiental (SETENA). A la fecha las denuncias se han cerrado, sin embargo continúa el vertido de desechos (Noticias en línea Puriscal, 2018, recuperado de: <https://www.facebook.com/EnlineaPuriscal1/posts/con-la-presencia-de-todo-el-consejo-municipal-de-mora-alcalde-vice-alcaldesa-ges/1840968535935614/>).

Si bien no es posible establecer una relación causa/efecto (incluyendo su magnitud) de manera determinada dentro del mapa conceptual; (es decir, no necesariamente el que las personas hayan declarado la ausencia de alumbrado público se relaciona con un aumento de robos, pero sí es una condición que los favorece); si se considera que existe una relación tipo neuronal o multidireccional que sinergiza las vulnerabilidades locales. Se reitera que el concepto de pobreza fue colocado por el autor en color rojo, ya que se considera una causa de fondo que mantiene una estrecha relación con la generación de las demás vulnerabilidades y desigualdades sociales (Castro y Cano, 2013)

Un parte importante dentro de los procesos de participación ciudadana en el mejoramiento de su calidad de vida, radica no solo en la participación de los diferentes sectores e instituciones involucradas (para difundir sus programas y empoderar a sus habitantes), sino también en el propio interés de los habitantes en acercarse a los servicios que les son ofrecidos. Durante las entrevistas se encontró que el 41% de las personas habían recibido algún tipo de apoyo gubernamental, entre los que destacan: beneficios familiares y de emprendimientos productivos del Instituto Mixto de Ayuda Social (IMAS), bonos de

vivienda del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), Apoyos por parte de FONAFIFO para la regeneración de tacotales, pagos de pensión por parte de la Caja del Seguro Social, así como becas para continuar con estudios por parte del Ministerio de Educación Pública (MEP). La proporción de apoyo entre géneros masculino y femenino fue ligeramente mayor para las mujeres con 2.0 puntos porcentuales.

Sin embargo, al analizar las respuestas acerca del porcentaje de personas que no habían recibido ningún apoyo institucional (59%), se encontró que la gran mayoría de ellos (70%) no conocían los apoyos existentes en su comunidad ni las instituciones encargadas de ofrecerlos (Fig. 59). Esto obedece en parte a una debilidad en los procesos de gobernanza como reflejo de los resultados del Índice de Gestión Municipal en materia de participación ciudadana con un promedio de 6.9 puntos en los últimos 9 años, (Tabla 19. Ap. I), así como a una falta de interés de los habitantes para acercarse a las instituciones para conocer los servicios.

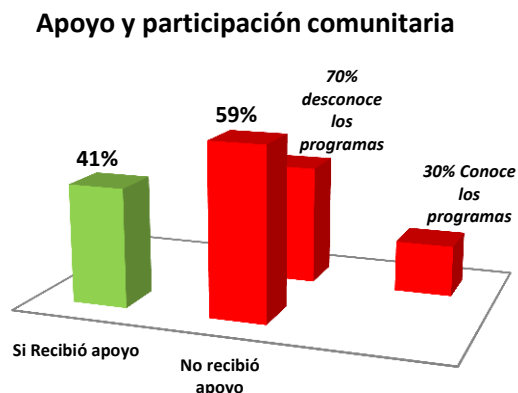


Figura 59. Porcentaje de personas que han recibido algún tipo de apoyo gubernamental en Tabarcia de Mora; Note que el 70% de las personas sin recibir apoyo también desconocen los programas e Instituciones que los otorgan

13.2.- Percepción social de amenazas

La percepción social estuvo vinculada a tres estrategias de intervención; **la entrevistas**; un diálogo bilateral que fungió para la recopilación de acontecimientos ocurridos en la comunidad Tabarcia de Mora; **los mapas individuales de percepción de amenazas**, en donde la comunidad dio a conocer su territorio desde su realidad ambiental y **la generación de mapas colectivos de percepción de amenazas**; en donde fue posible generar a través de la participación comunal, mapas integradores del conocimiento local sobre la espacialización de sus amenazas, recursos y vulnerabilidades socio-ambientales; incluyendo la ubicación de albergues e infraestructura vital en caso de desastres.

Con la aplicación de entrevistas fue posible indagar sobre la ubicación de líderes y lideresas comunales dispuestas a participar en el desarrollo de un taller para la generación de mapas individuales y colectivos mencionados. Durante dicha labor también se contactó a la Gestora Ambiental de la Municipalidad de Mora, Grettel Agüero, con quién se coordinaron acciones para la elaboración de dicho taller en el auditorio municipal de Tabarcia. La invitación se hizo extensiva hacia diferentes actores locales como: la Municipalidad de Mora, Fuerza Pública, el Centro Agrícola de Mora, el Liceo de Tabarcia, la Cruz Roja local, la iglesia católica de San Francisco de Asís, el Benemérito Cuerpo de Bomberos de Puriscal, una escuela privada, entre otros.

Durante el taller se llevó a las y los asistentes mediante una técnica de relajación psicológica a un ambiente de tranquilidad, esto con el fin de propiciar un ambiente lúdico y participativo entre los asistentes. Se abordaron temas de ubicación (respecto a los puntos cardinales) y visualización espacial; además se les preguntó sobre ¿qué es lo que identificaban como amenazas dentro de su comunidad? permitiendo al asistente actuar de forma libre en la representación de su imaginario.

El siguiente cuadro 20 muestra los resultados sobre las amenazas percibidas de los mapas individuales (Figs. 63-66) tal y como fueron descritos por las personas.

Cuadro 20. Total de amenazas percibidas por las personas de Tabarcia de Mora. Note que fueron categorizadas por el autor y que las descripciones podrían corresponder a amenazas, peligros o riesgos; la mayor cantidad corresponde a deslizamientos (frecuencia relativa porcentual= 33.2).

Categoría	Descripción textual por los participantes	Frecuencia	Frecuencia relativa	Frecuencia relativa porcentual
Hidrometeorológica	Huracán	2	0,058	29.2
	Inundaciones	6	0,176	
	Sequía	1	0,029	
	Desbordamiento de ríos	1	0,029	
Movimientos gravitacionales	Flujo de detritos	1	0,029	29.3
	Deslizamientos	9	0,264	
Sismo-tectónica	Sismo fuerte	1	0,029	14.5
	falla	1	0,029	
	Falla Jarís	1	0,029	
	Riesgo de temblor	1	0,029	
	Riesgo de inestabilidad (escuela)	1	0,029	
Tecnológica	Explosión gasolina	1	0,029	11.6
	Venta de gasolina (clandestina)	2	0,058	
	Incendio	1	0,029	
Fenómenos atmosféricos	Vientos fuertes	2	0,058	11.6
	Lluvias	1	0,029	
	Rayos	1	0,029	
Biológica	Serpientes	1	0,029	3
Total		34		

Es interesante mencionar que algunos de estos eventos podrían estar relacionados, fungiendo dentro de la comunidad como elementos multi amenaza; como son los huracanes, ya que pueden ser disparadores de deslizamientos y estar relacionados con inundaciones y el desbordamiento de ríos. Tal es el caso del huracán Mitch en 1998; el cual provocó movimientos de tierra en Puriscal (una zona bastante cerca de la zona de estudio). Tales huracanes generan efectos que son sentidos hacia la vertiente del pacífico, cuándo su origen proviene del Océano Atlántico y en función de la ruta que estos lleven. Estos efectos se agravan debido a la particular circulación de los vientos y a la presencia de la zona de convergencia intertropical (zona donde interactúan los vientos alisios del hemisferio norte con los del hemisferio sur) existente en latitudes costarricenses; con dicho Huracán se alcanzaron precipitaciones en el Pacífico Central de hasta 893mm en comparación con los

registros en la vertiente del caribe (Sixaola) con precipitaciones de 150 mm (IMN, 2019). Por tanto se considera importante el reconocimiento por parte de los pobladores de Tabarcia de los efectos indirectos de estos fenómenos atmosféricos (Cuadro 20 y fig. 63)

Correspondiente al desbordamiento de ríos e inundaciones (Cuadro 20 y figs. 63-66) se estableció una relación entre los deslizamientos percibidos cuenca arriba y su asociación con los posibles represamientos que pudieran originar cabezas de agua o avenidas fuertes, y que pudieran impactar sus viviendas o cultivos. Durante las entrevistas, las personas no recuerdan haber atravesado alguna situación extrema de este tipo como desastre puntual, no obstante los habitantes cuyas viviendas se encuentran a los márgenes del río Tabarcia rumbo a Bustamante, mencionaron que en época de lluvias intensas, el cauce del río se llena hasta su límite sin desbordarse.

“...si, más o menos fue durante octubre cuando llovía mucho, vimos como el río subió así hasta el límite, y nos dio miedo” (Gutiérrez, F, entrevista personal, agosto del 2018).

Dicho evento fue relacionado con la tormenta tropical Nate en el 2017, en donde se dispararon las precipitaciones máximas registradas en 24 horas en los últimos 14 años con 205,7mm (IMN, 2019). Sin embargo se considera que con un periodo de retorno mayor a 200 años y su relación con la micro-historia antes mencionada, la capacidad del cauce podría verse rebasada, más si se observan pruebas de antiguos desbordamientos tales como bloques de roca en los patios de las casas, un fenómeno común en la comunidad (fig. 26); suceso que podría verse potencializado (como se comentó en el componente abiótico) por lo fenómenos climáticos de calentamiento global vinculados con un incremento en la magnitud y cambio de ruta de huracanes provenientes del Atlántico (IPCC, 2018).

En esta misma categoría, la zona fue percibida como dentro del área de influencia de amenaza por sequía (Cuadro 20 y fig. 65); esto puede deberse a diferentes factores; primero a que en época de estío se genera un desabasto hídrico por desvío de este recurso cuenca arriba con afectación en sus cultivos, viviendas y animales, tal y como fue descrito en el primer mapa colectivo de percepción de amenazas (Fig. 69); la segunda causa se relaciona con la ruptura del acueducto por el deslizamiento que afectó la distribución y el abastecimiento de agua mencionado anteriormente; el tercer caso se vincula directamente

con los fenómenos de variabilidad climática, principalmente del fenómeno de El niño (la fase cálida de ENSO) que ha afectado la zona del Pacífico Central. Incluso en 1984 se llegó a decretar emergencia por sequía prolongada en el Cantón de Turrubares (INDER, 2014) A 35 km de Tabarcia de Mora.

Hacia la parte de la falla de Jaris (Cuadro 20, fig. 63) se considera relevante que se haya plasmado el trazo de falla correspondiente a esta zona; la cual fue representada por los asistentes con rumbo sureste, tal y como ha sido descrita por Montero y Rojas, (2014); lo cual puede relacionarse con la ocurrencia de los eventos sísmicos cercanos al área de estudio, como el enjambre de Puriscal en el año de 1990 y su difusión en medios informativos; así como con las actuales capacidades académicas del Liceo de Tabarcia y de la Municipalidad de Mora. Dicha amenaza fue relacionada con la vulnerabilidad estructural de una escuela abandonada y categorizada como un riesgo por inestabilidad, incluyendo una amenaza por comportamiento social.

“...Bueno, en caso de algún temblor sabemos que la escuela ¿puede caer verdad?, y pues allí dentro hemos visto muchachos que aprovechan que la escuela está abandonada y se meten a consumir drogas o la incendian...” (E. Gutiérrez, comunicación personal, junio del 2018)

En este punto la amenaza por incendio (Cuadro 20 y fig. 64) se refiere a la situación mencionada (de la escuela) y al riesgo de explosión por venta de gasolina; ya que dentro de la memoria histórica de la comunidad, en los últimos años no se tienen registros de incendios; caso contrario a lo reportado por el Benemérito Cuerpo de Bomberos para todo el distrito, el cuál reporta 23 incendios en charrales y 3 estructurales (información bomberos, comunicación personal, 22 abril de 2019) y a los reportes de las zonas de riesgo por incendio reportadas por el INDER (2014). Esto puede deberse a que dichos eventos se relacionan una pérdida de memoria histórica relacionada con un bajo impacto en la comunidad.

Dentro de las amenazas tecnológicas (Cuadro 20 y figs. 64 y 65) existe la venta de gasolina clandestina en tres puntos de la localidad; y la cual los habitantes consideran que podría convertirse en un eventual desastre para las personas cercanas al punto de venta, esto al no

contar con las especificaciones según el reglamento para la regularización del sistema de almacenamiento y comercialización de hidrocarburos 30131 (MINAE-S, 2002), ya que dicha venta se realiza al interior de las casas. Esta amenaza está relacionada a un desabastecimiento local de gasolina y diésel, ligada con un incremento en el uso de vehículos automotores; ya que según el PEN (2018) se reporta un aumento de la flota vehicular de hasta 6 veces más que la población costarricense. A esto hay que añadirle un incremento poblacional para Tabarcia de Mora de ~20% por década a partir de 1950, así como a sus ofertas foráneas de trabajo/educativas, que están convirtiendo la localidad en un distrito dormitorio (Caso Purral en Goicoechea) con estaciones de servicio a ~7 km., ya sea en Ciudad Colón o en Puriscal.

La parte de amenazas tecnológicas relacionadas con accidentes de tránsito, no fue mencionada a pesar de los accidentes con tendencia exponencial reportados para el Cantón de Mora y la Ruta 209 (MOPT, 2019; COSEVI, 2017)

Se encontró que los vientos fuertes (Cuadro 20, fig. 65) constituyen una amenaza local percibida relacionada con el derribo de postes del tendido eléctrico y árboles, esto ha impactado la infraestructura habitacional como los suministros de energía eléctrica (Fig. 60) debido a que la magnitud de las rachas de viento en esta zona, alcanzarían los 100km/hr según Johanning y Barahona (2015). De hecho, Patiño (2007) en su mapa de velocidades de viento para Costa Rica, clasifica la zona distrital, dentro de las categorías más elevadas para el país con ráfagas de 100km/hr para un período de retorno de 50 años. Categoría cercana al primer nivel de la escala Saffir Simpson para los huracanes.



Figura 60. Árbol caído en la localidad de Corralar en Tabarcia de Mora a causa de los fuertes vientos, interfiriendo con el tendido eléctrico como con la obstrucción de caminos. Fuente: Diario Extra 2016

Por último se encontró que la comunidad posee un gran sentido de percepción hacia los movimientos gravitacionales (29.3%), la mayor de todas las amenazas percibidas (Cuadro 20 y figs. 63-65). Esto se relaciona con su memoria histórica y los recientes acontecimientos ocurridos con la tormenta tropical Nate (2017), los cuales tuvieron repercusiones sociales, como el bloqueo de carreteras y la desorganización comunal-institucional (fig. 61-62); así como a los constantes deslizamientos reportados por CONAVI (2010) sobre la ruta 209 (lo cual llegó a generar 10 km de presas debido a un bloqueo por tierra y árboles deslizados en octubre del 2016).



Figura 61. Ruptura de acueductos y desaparición del camino durante el deslizamiento en octubre del 2017 en la comunidad de Cañas en Tabarcia de Mora.



Figura 62. Bloqueo de la ruta 239 en donde c.a. de 140 personas demandaban la reparación de caminos y acueductos en Cañas, comunidad ubicada dentro del área de estudio.

13.2.1.- Mapas Individuales de Percepción de Amenazas (MIPA's)

En el siguiente MIPA-01 (Fig. 63) el color café en la parte superior izquierda representa el peligro de deslizamiento por Arasarí proveniente de la quebrada Mónicos. El rojo representa la falla Jaris con un movimiento hacia el Este. La zona azul corresponde a dos amenazas, por inundación y por huracán. El centro representa la vivienda de Don R.R., en Tabarcia de Mora.

En el siguiente MIPA-02 (Fig. 64) los puntos cafés representan múltiples deslizamientos localizados hacia la parte NE de Tabarcia de Mora. En círculo azul la asistente S.C. colocó amenaza por desbordamiento en sus quebradas. Con dos puntos amarillos se representó el riesgo por temblor (en la escuela junto con incendio) y la venta de gasolina clandestina, parte inferior izquierda.

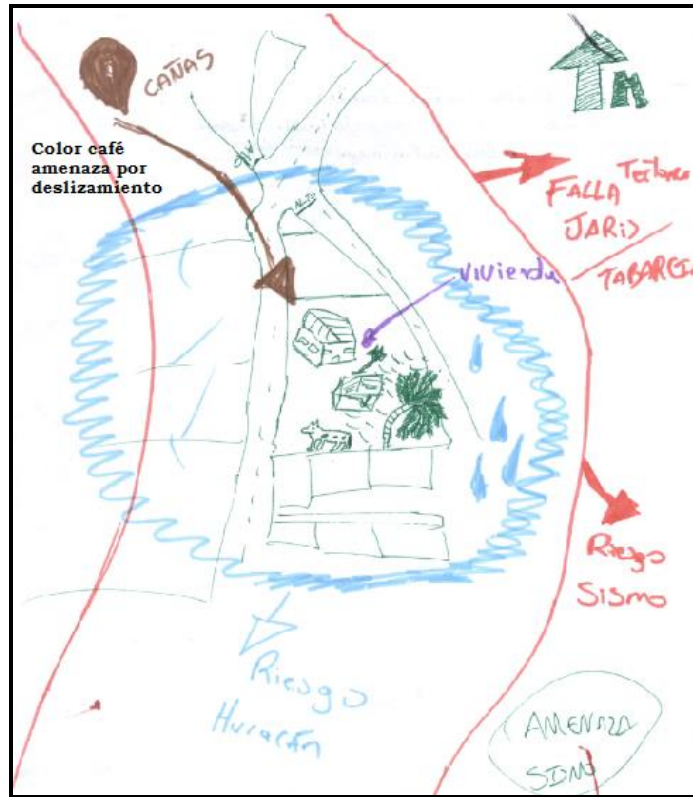


Figura 63. Mapa Individual de Percepción de Amenazas. Elaborado por Reiner R.

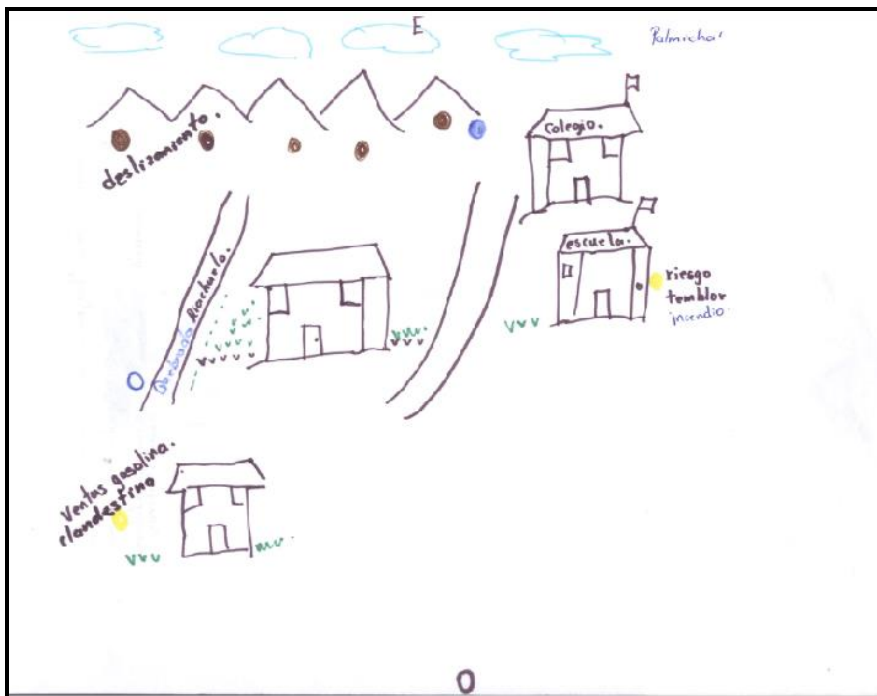


Figura 64. Mapa Individual de Percepción de Amenazas. Elaborado por Sandra C.

La siguiente representación del MIPA-03 (Fig. 65), considera a la comunidad de Tabarcia rodeada de 6 amenazas (en negritas); incluye información técnica sobre la falla Jaris (tipo transcurrente).

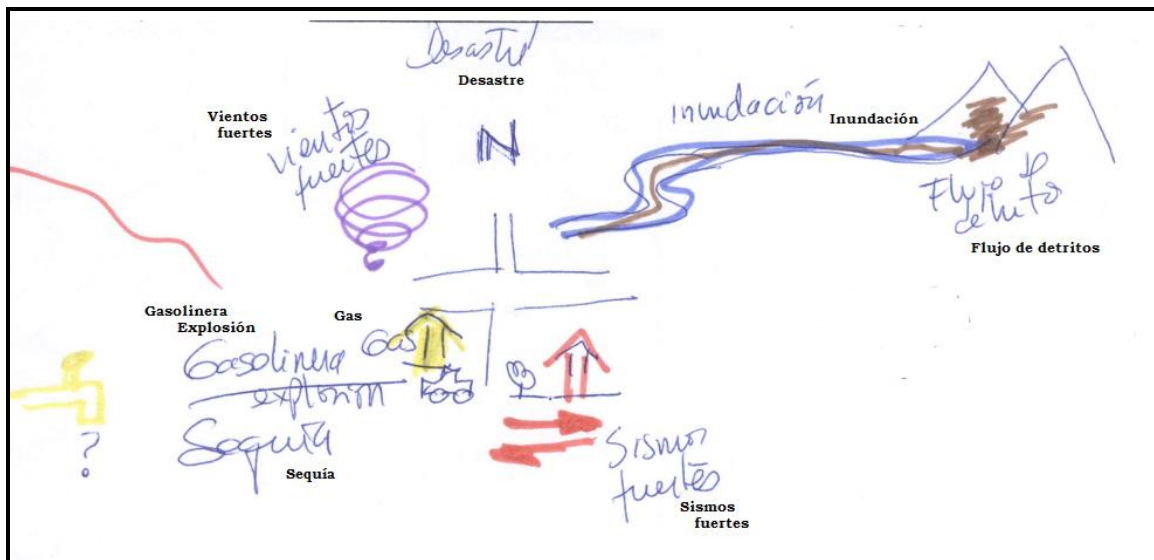


Figura 65. Mapa Individual de Percepción de Amenazas. Elaborado por la G. Ambiental de Tabarcia de Mora, Grettel Agüero.

En el MIPA-04 (fig.66), el color azul representa la amenaza por desbordamiento del río Tabarcia. Hacia el lado derecho se posiciona la casa del asistente B.A y hacia las colinas se representan serpientes como amenaza; tema tratado en el capítulo siguiente.

Una vez terminado el proceso de generación de mapas de percepción individual, se invitó a las y los asistentes a interpretar sus resultados a los demás participantes. Esto con el fin de difundir su conocimiento y compartir la percepción cognitiva de su espacio, fortalecer su gobernanza y empoderar a las comunidades en los procesos de participación de Gestión del Riesgo de acuerdo a los principios rectores de la Política Nacional del Riesgo (CNE, 2015) (figs. 67-68).

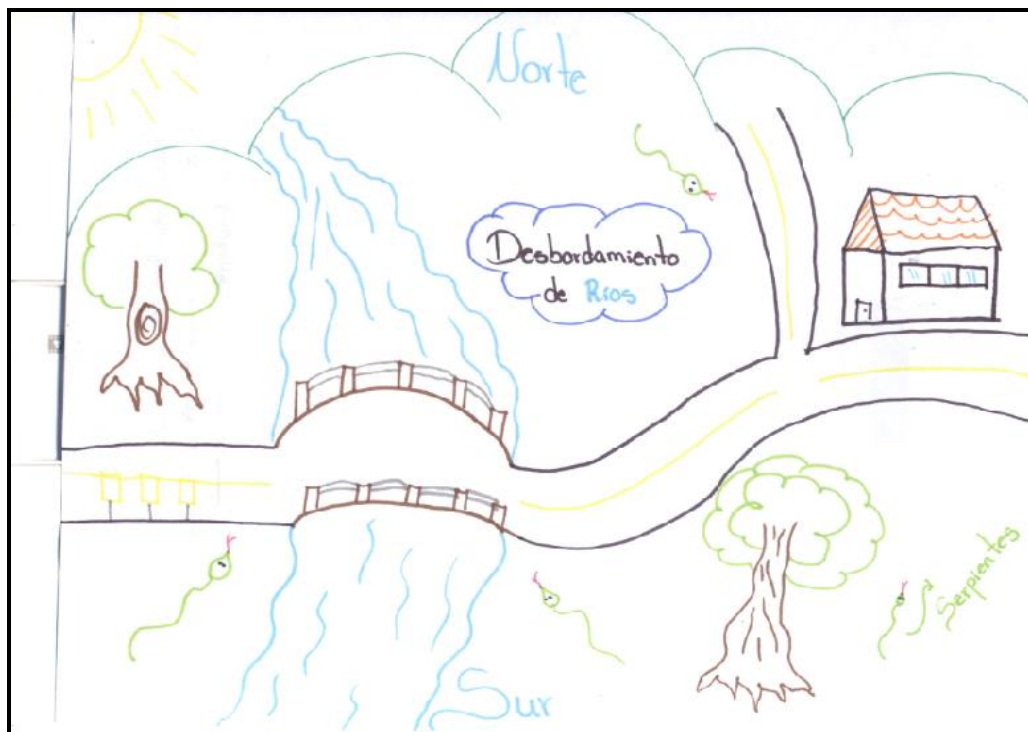


Figura 66. Mapa Individual de Percepción de Amenazas. Elaborado por Brayan A.



Figura 67. Asistentes dentro del taller de percepción de amenazas en el salón comunal de Tabarcia de Mora.



Figura 68. Oficial de la Fuerza Pública explicando de forma individual las amenazas percibidas por él mismo, dentro de su comunidad en Tabarcia de Mora.

13.2.2.- Mapas Colectivos de Percepción de Amenazas MCPA´s

Posteriormente el grupo se dividió en dos para la generación de los mapas colectivos de percepción de amenazas (MCPA-01) (Fig. 69); en esta representación también se plasmaron sitios potenciales donde los y las Tabarseñas consideraban posible la habilitación de albergues temporales en su comunidad; uno de estos puntos fue el salón comunal; el cuál fue por primera vez establecido como albergue durante la tormenta tropical Nate en el 2017, en donde se apoyó a 2 familias provenientes de la comunidad de Morado (CNE, 2017). Sin embargo les participantes consideraron que el salón parroquial como el gimnasio del colegio también son espacios potenciales para albergar a personas en situación de desastre.

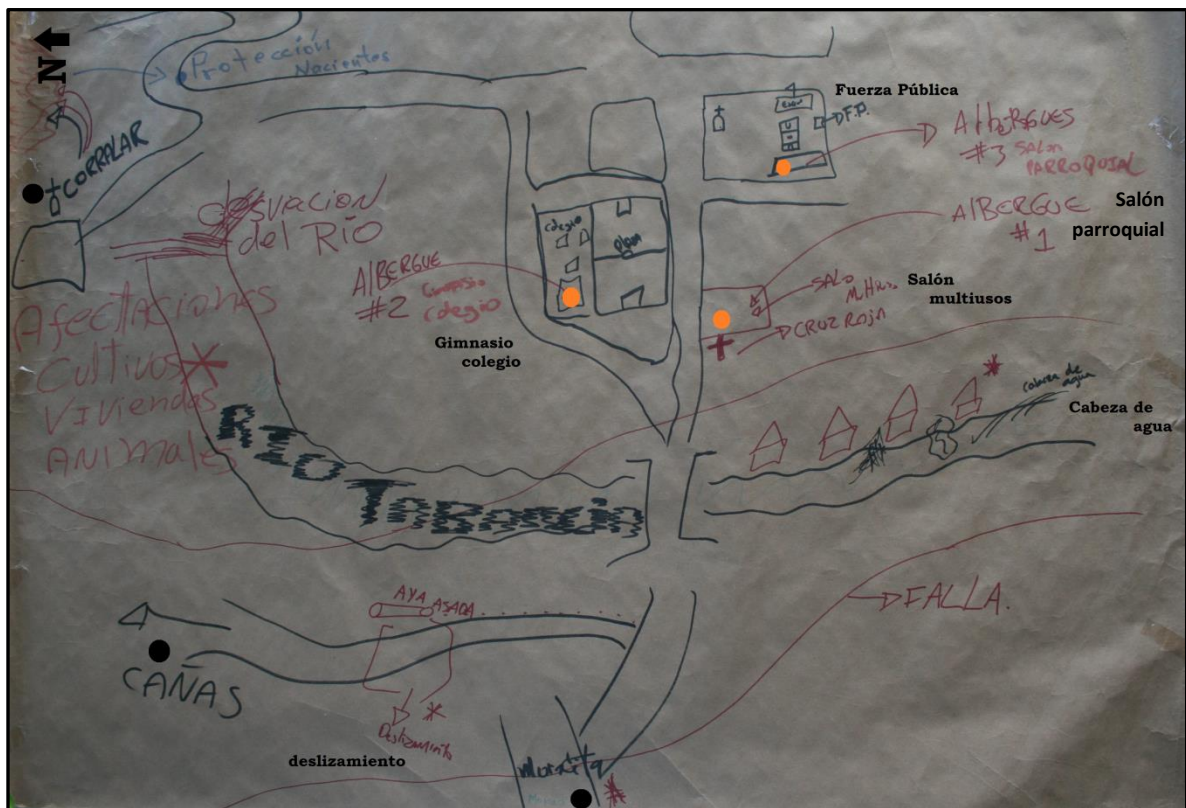


Figura 69. MCPA-01. Primer Mapa Colectivo de Pecepción de Amenazas de Tabarcia de Mora. Los circulos naranjas representan sitios donde los participantes colocarían albergues; los círculos negros representan las localidades de Corralar, Cañas y Morado.

Durante el taller la comunidad expresó la necesidad de darle protección a sus nacientes debido a que consideran se encuentran descuidadas y que se realiza extracción ilegal del

recurso; información que concuerda con las denuncias hechas en el Sistema Integrado de Trámite de Denuncias Ambientales SITADA del MINAE, las cuales reportan registros históricos de extracción ilegal del recurso hídrico, contaminación por agroquímicos y tala clandestina que impacta en sus nacientes (SITADA, 2019).

Otro elemento de gran interés descansa en la representación del desvío de aguas arriba del recurso hídrico en época de estiaje (y de manera intencional); generando un desabasto hídrico en los cultivos, viviendas y animales ubicados cuenca abajo, además los participantes ilustraron casas sobre los costados del río Tabarcia (fig. 69) que consideraron se encontraban amenazadas por la potencial formación de crecidas/cabezas de agua sobre el río y su ubicación.

La espacialización de la falla Jaris al igual que en los mapas de representación individual, tuvo una percepción congruente con los estudios de Montero y Rojas (2014), fue colocada atravesando la localidad de Cañas con rumbo al sur; sin embargo se conoce que su trazo no pasa por la localidad de Tabarcia pero sí por la localidad de Cañas y atraviesa la quebrada Mónicos y el río Tabarcia.

Hacia la parte SW del mapa, Las personas participantes colocaron específicamente el deslizamiento ocurrido durante el paso de la tormenta Nate (2017) al sur de la localidad de Cañas y su relación con la afectación del acueducto de la ASADA de Tabarcia.

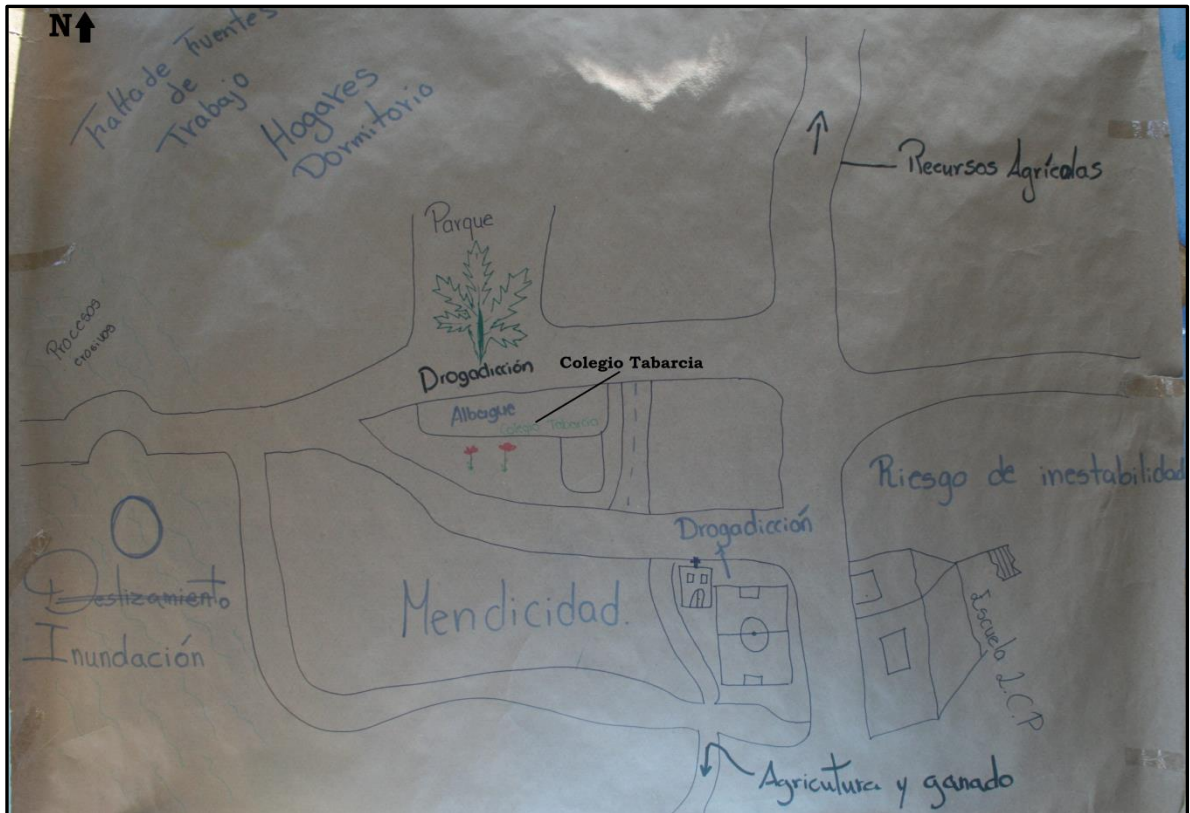


Figura 70: MCPA-02. Segundo Mapa Colectivo de Percepción Amenazas de Tabarcia de Mora. Las siglas L.C.P. corresponden al nombre de la escuela local; Lisímaco Chavarría Palma; la hoja en medio representa el consumo de Cannabis sp., y en letras verdes el colegio de Tabarcia, el sitio elegido por los asistentes como albergue.

El segundo (MCPA-02) (Fig. 70) hizo referencia a los procesos erosivos cuenca arriba asociados con la formación de deslizamientos e inundaciones en el río Tabarcia. Se comentó que estos procesos se relacionaban con las pendientes pronunciadas y las lluvias de la localidad (sin embargo no fueron comentadas las actividades de pastoreo extensivo y la ausencia de drenajes pluviales vistas en el componente abiótico). Cabe destacar que en ambos mapas colectivos, las amenazas categorizadas como hidro-meteorológicas o de movimientos gravitacionales (inundación, desbordamiento o deslizamientos como flujo de detritos,) atraviesan el puente de Tabarcia bajo la carretera 209, el cual actualmente presenta una socavación que está fracturando y debilitando su estructura (Fig. 71). Un punto focal que les habitantes tienen muy presente dentro de la concepción de su territorio, ya que es el único punto de comunicación terrestre entre las localidades de Colón, Puriscal y San José; y una interferencia/bloqueo en este sitio por dichas amenazas, dificultaría los

accesos para los procesos de rehabilitación y reconstrucción en caso de desastre; además de que en esta parte del río, como se comentó anteriormente en el (MCPA No. 1) se corroboró la existencia de asentamientos irregulares, percibidos por la comunidad como elementos en riesgo (Fig.72).



Figura 71: Estructura del puente de Tabarcia con socavamiento y fractura en su parte inferior.

Figura 72. Asentamientos irregulares a los costados del río Tabarcia incumpliendo los 15 metros de amortiguamiento en zonas rurales según la ley Forestal 7575.

Uno de los puntos a resaltar en este segundo mapa, se encuentra en que las personas identificaron diferentes elementos sociales vinculados con la vulnerabilidad local; y que se comportan como factores subyacentes de riesgo, al actuar como procesos que contribuyen en la construcción de condiciones de riesgo de desastre (Cardona, 2003). Esto es, la falta de oportunidades laborales, la mendicidad y los puntos detectados como venta y consumo de mariguana o de algún otro estupefaciente; resultados congruentes con la información arrojada por el mapa conceptual neuronal (fig. 58) y el MCPA-02 (Fig. 70).

Por último es importante considerar que la percepción del espacio respecto a los peligros/amenazas o riesgos por parte de los habitantes, está en función de diferentes variables que tienen que ver con su cultura, cosmovisión, educación, la manera de interiorizar su entorno, así como con su memoria histórica respecto al tiempo en qué ocurrió determinado evento y su grado de afectación (Peraldo, 2004). Dicha afectación puede aterrizar en el ambiente económico, social, psicosocial, etc., debido a esto y según las respuestas de las personas entrevistadas, es que tienen muy presente la tormenta tropical Nate (2017) con un porcentaje del 58% respecto a aquellas personas que consideran han

atravesado algún incidente en su comunidad (Fig. 73). Además, cabe destacar que según datos de la CNE dicha tormenta produjo un costo económico para el distrito de ¢542,728,000. (DesInventar, 2019).

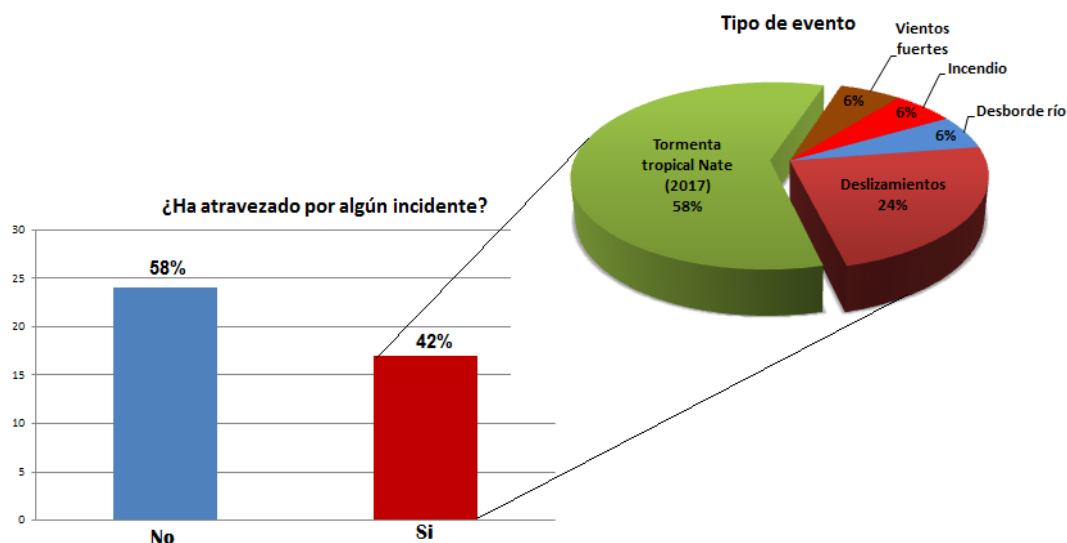


Figura 73. Porcentaje de personas que han atravesado por algún incidente en la comunidad de Tabarcia de Mora, así como el tipo de evento que describieron. La tormenta Tropical Nate también fue relacionada con la formación de una cabeza de agua como con flujo de detritos con intromisión de lodo en casas. Este gráfico conforma entonces parte de la memoria histórica de los y las Tabarseñas.

Dichos resultados son similares a los encontrados dentro del inventario histórico de desastres (1968-2018) de DesInventar. (Cuadro 21)

Cuadro 21. Compilación de desastres registrados a partir del año 1968 para el Distrito de Tabarcia en el Cantón de Mora. Elaboración propia con datos tomados de DesInventar. TT Nate=Tormenta Tropical Nate y del (UTGV, 2017) para el Cantón de Mora, (Última fila).

Año	Evento	Suceso
1968-2003	Desbordamiento	2 casas afectadas en quebrada Corralar
2005	Deslizamiento	Relacionado a lluvias y cerca de una escuela
2005	Deslizamiento	Relacionado a lluvias con afectación en una escuela en Bajo Loaiza
2008	Deslizamiento	Afectación carretera 239
2008	Deslizamiento	Afectó una vivienda; un adulto mayor y dos menores
2009	Vendaval	Techo colapsado en la zona de la Fila
2010	Deslizamiento	Menor atrapado
2012	Deslizamiento	Cierre total carretera 209 (cruce a San José)

2012	Inundación	Relacionada a lluvias con una casa afectada
2013	Vendaval	Techo colapsado en Cañas
2013	Vendaval	Vivienda dañada
2013	Vendaval	Caída de árbol sobre casa en Cañas
2017	TT Nate	Afectación de escuela en Piedras Blancas por deslizamiento
2017	TT Nate	Afectación de camino y acueducto de Cañas por deslizamiento
2017	TT Nate	Afectación en el pie del talud de carretera en Calle Vargas
2017	TT Nate	Deslizamiento en la comunidad Bajo Loaiza
2017	TT Nate	Afectación de 4 fincas apicultoras en Bustamante por lluvias
2017	Deslizamientos y hundimientos en carreteras	40 eventos que afectaron 27 rutas viales, 11 de ellas en Tabarcia de Mora.

Se considera que las y los habitantes han desarrollado una relación entre su memoria histórica (Fig. 73); los hechos acontecidos en su comunidad (Cuadro 21); la percepción de su territorio respecto a sus amenazas (Cuadro 20) y su *percepción prospectiva del riesgo* (Fig. 74), es decir ¿qué tanto se considerarían afectadas y afectados en caso de alguna amenaza presente?

Porcentaje de percepción prospectiva comunitaria del riesgo.

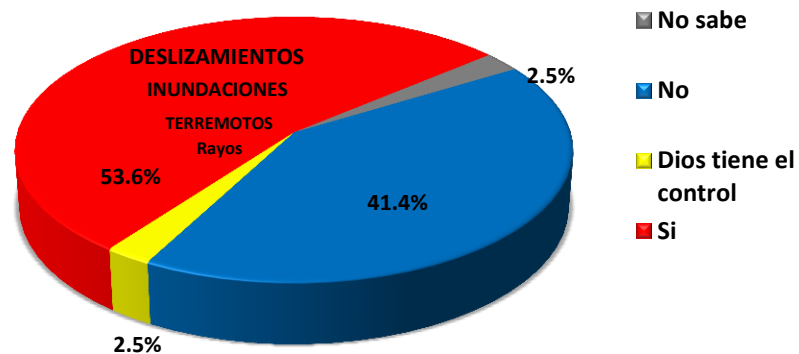


Figura 74. (en azul) Las personas participantes consideran que no se verían afectadas en caso de algún evento; (en amarillo) una presencia Divina tiene el control de la situación; (en rojo) consideran que si se verían afectadas y por cuatro amenazas principalmente: En mayor proporción por deslizamientos, seguido de inundaciones, terremotos y rayos; (en gris) desconocen si se verían perjudicados.

Finalmente, se aprovecharon los instrumentos utilizados en campo para abordar el tema de la importancia y formación de un Comité Local de Emergencias; esto durante las entrevistas mixtas y al final del taller de MCPA con la participación de la Municipalidad de Mora; en donde el 80% de las personas sí estarían dispuestas a participar en su conformación. Las justificaciones negativas, en su mayoría, giraron en torno a que las personas no tenían el tiempo suficiente; un caso (femenino) de percepción de discriminación por ser de nacionalidad nicaragüense, mientras que otra persona comentó que después de los acontecimientos ocurridos en Cañas (2017) se formó un comité comunal al cual no se le dio seguimiento, razón por la cual no volvería a participar (Fig. 75).

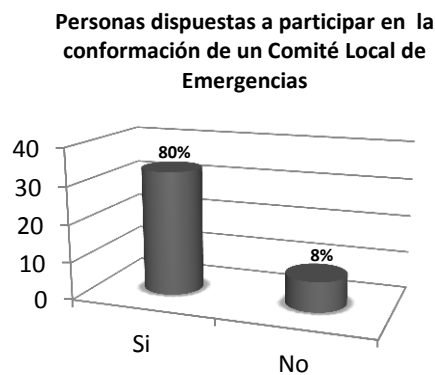


Figura 75. El 80% de las personas entrevistadas respondieron que si participarían en la formación de un Comité Comunal de Emergencias. El otro 20% no lo haría.

14.- DISCUSIONES (sociales)

Las entrevistas mixtas con preguntas abiertas, dieron pauta para que las personas se sintieran más cómodas con sus respuestas; con esto se estima se aumentó la veracidad de las respuestas en relación con la percepción comunitaria.

La utilización de los recursos locales reflejado en el cuadro 20, coincide con los resultados censales del 2011 por parte del INEC (Tabla 18, Apéndice 1). Esto indica que las y los pobladores de Tabarcia poseen una dinámica muy activa en el uso de su territorio, pues parte de su población tiene una tendencia a mantenerse dentro del sector agrícola y pecuario, en donde predomina el consumo por subsistencia y la venta local de productos. En este sentido se encontró que existe un aprovechamiento extractivo de madera de bajo impacto pero en forma constante, según los resultados de las entrevistas y los reportes de las denuncias anuales hechas a través del MINAE (SITADA, 2019); además de que los únicos dos proyectos que se tienen registrados en FONAFIFO para el distrito, no permiten la tala de árboles o el aprovechamiento de madera, ya que pertenecen a la categoría de Protección de Bosques y de Recurso Hídrico respectivamente. Sin embargo es probable que parte de esa extracción sea llevada a cabo por personas indígenas pertenecientes a la etnia Huetar, quienes tienen permiso para explotar sus recursos maderables dentro de los límites de su reserva según el Art 6 de la Ley Indígena 6172 (1978); sin embargo, la ley demanda que “los terrenos de vocación forestal deberán de guardar ese carácter a efecto de mantener inalterado el ciclo hidrológico en las cuencas hidrográficas y de conservar la vida silvestre de esas regiones según el Art. 7 de la misma ley. No obstante, al momento no existen estudios sobre vocación forestal y estudios ecológicos sobre la dinámica poblacional de la fauna dentro de la reserva, que les permitan establecer límites geográficos que les restrinjan la extracción de madera y de fauna silvestre por subsistencia, (Mena, V. entrevista personal, julio 2019). Con excepción de que existan permisos extendidos por la administración forestal del Estado según el Art. 5 de la Ley 38863 (2010) y/o permisos extendidos por el MINAE para la cacería por subsistencia Art. 28. c) (Ley 7317, 1992)

Asimismo se considera que les habitantes de Tabarcia poseen un gran sentido de percepción entorno al actual espacio multi-peligroso, relacionado con los eventos o *desastres puntuales* ocurridos en su comunidad, y de los cuales se tienen registros por

Desinventar a partir del año 2003 (cuadro21); lo cual no significa que no hayan ocurrido antes; sin embargo, las personas no recuerdan algún evento de desastre relacionado con un cese total de actividades comunitarias, la necesidad de ayuda externa para su restablecimiento, o periodos de crisis y emergencia colectiva (Esta información fue corroborada en el Archivo Nacional de Costa Rica, de la Sala Luis Coto Conde a partir del año 1813 en los diferentes legados existentes incluyendo los de gobernación, policiaicos, etc.) así como la ocurrencia de eventos relacionados con: deslizamientos, inundaciones, cabezas de agua, terremotos o alguna otra amenaza para la comunidad; los únicos datos de interés al tema de investigación que carecen de ubicación espacial, son las concesiones otorgadas en Tabarcia para el aprovechamiento extractivo de oro y plata así como el reparto de tierras que se hizo en aquellos años para inicio de actividades agropecuarias.

Se generaron diferencias entre los MIPA's y los MCPA's; ya que según Peraldo y Mora, (2009) las percepciones son subjetivas y están determinadas por procesos sensoriales y de cognición, además están influenciadas por marcos culturales. Como el MIPA's elaborado por la Gestora ambiental de Tabarcia la cual en función de su formación, llegó a colocar incluso el tipo de movimiento de falla para Jaris, mientras que el denominador común para los demás MIPA's reflejó o encuadro a las amenazas entorno a probables desbordamientos o inundaciones del río Tabarcia, un fenómeno que se relaciona más con las vivencias locales de los y las taberseñas. Sin embargo los MCPA's no integraron la totalidad de los mapas individuales (los cuales ya habían sido compartidos entre ellos) sino más bien en ambos mapas aparecieron necesidades, problemáticas y eventos generadores de riesgo de carácter social.

En este punto se considera de gran importancia que las personas hayan relacionado sus amenazas con aspectos sociales vinculados con necesidades, impactos y actividades antrópicas, tales como la ubicación de las casas después del puente de Tabarcia (que amenazan la integridad física de las personas); la protección de sus nacientes (que amenazan su recurso hídrico); el desvío intencional de sus cauces que impactan sus sistemas agropecuarios (que amenaza su seguridad alimentaria y económica); así como la falta de fuentes de trabajo y la drogadicción (que amenazan su calidad de vida y desarrollo comunitario). Esto nos habla de un conocimiento comunal de trasfondo que se relaciona

con la percepción de sus amenazas y de sus actividades humanas que llegan a convertirse también en amenazas , al comportarse como eventos con la probabilidad de generarles algún tipo de daño, (Cardona, 2003); un fenómeno social vinculado con el concepto de la construcción social del riesgo.

El turismo rural comunitario en la zona es un área de oportunidad que podría impulsarse para la generación de fuentes de empleo y proyectos de conservación ambiental; tiene un potencial para el desarrollo de programas de senderismo interpretativo que contemplen temáticas de agro-silvicultura sostenible, avistamiento de aves, recorridos cafetaleros y cosmovisión indígena Huetar; cada uno de estos temas podría desarrollarse utilizando recursos locales como la finca de Don José Vargas, el Centro de Cuela, la finca Luis Fournier, los cafetales hacia la zona de Arasarí, así como las zonas indígenas del Alto Quitirrisí (con previa autorización). Sin embargo en entrevista con Don Pepe Vargas, Líder comunal y ambientalista de Tabarcia de Mora, nos platicó que en el pasado se realizaban recorridos turísticos que abordaban temas para conocer el proceso de elaboración del trapiche, agrosilvicultura sostenible y educación ambiental, no obstante se dejaron atrás debido a que no había un seguro que cubriera a los visitantes en caso de un incidente por mordedura de terciopelo *Bothrops asper*, así como por la falta de recursos para chapear las zonas establecidas como caminos; de hecho actualmente la zona de cabañas y el área destinada a educación ambiental, se encuentran deshabilitadas; de la misma forma el acceso para la finca biológica Luis Fournier rumbo Bustamante presenta problemas de acceso administrativos que desincentivan el turismo y la investigación (Agüero G., entrevista personal, 2018). Asimismo en entrevista con el Presidente de la Cámara de Turismo de Puriscal se comentó que una de las principales problemáticas de la región (incluyendo al Cantón de Mora) es que existe un desinterés en la población para trabajar de manera conjunta en beneficio de la comunidad, ya que durante las actividades que se han desarrollado anteriormente, se ha notado que se trabaja según intereses personales, además de que considera se necesita un programa que promueva a través de resultados, la participación inter-institucional y sectorial (Castro, F., entrevista personal, febrero del 2019).

Les habitantes realzaron la presencia de la serpiente terciopelo *Bothrops asper* como una amenaza para ellos y ellas, lo cual quedó ejemplificado en la figura 66. Un vipérido con la capacidad de dañar físicamente a la persona mordida o de llevarle a su muerte (Gutiérrez, Rojas, Lomonte, Rucavado y Chávez, 1998). Si se considera que cerca del 50% de las mordeduras para Costa Rica son atribuidas a esta especie (Soto, 2002) y que en Tabarcia de Mora existe una incidencia de mordedura de 3 personas/mes (K. Rubí, comunicación personal, julio 2018), en donde el 13,3% de personas no tienen seguro médico (Tabla 1, Apéndice 1); se estima que puede representar un serio problema de salud pública acorde a lo reportado por la OMS (Soto, 2002). Esta declaración se justifica por los factores de exposición de las personas a la serpiente, ya que una importante parte de la población se dedica a labores de cultivo y ganadería (Tabla 18 Apéndice 1); áreas de interacción con la serpiente, la cual podría presentar una conducta irritable al ser territorial y prolífica, razón por la cual tiende a defenderse de las personas y del ganado que pasta en su nicho. Además de que las personas mordidas deben ser trasladadas a Puriscal, ya que en la Cruz Roja de Tabarcia los sueros anti viperinos como el número de dosis suelen escasear (K. Rubí, comunicación personal, julio 2018). Su presencia también es un tema de preocupación para los ganaderos, ya que si no se trata a tiempo, la cabeza del ganado suele perderse.

Respecto a la percepción de amenazas tecnológicas locales y la venta de gasolina clandestina, se argumenta que esto se encuentra relacionado con un incremento en los flujos migratorios vinculados con sus foráneas ofertas de trabajo/educativas y en donde el aumento poblacional es un factor determinante. Actualmente en Tabarcia de Mora existe un 36% de personas mayores de 15 años sin un empleo remunerado* y con una población a futuro con crecimiento exponencial. En donde, si bien la proyección para el año 2025 según datos del INEC se estima en 5,319 habitantes, se considera que estos números serán afectados por los procesos de expansión territorial de la GAM y la inclusión del Cantón de Mora dentro del Plan de Ordenamiento Territorial (POT) GAM-2013-2030, esto generará

* En esta investigación se incluyó a las personas que tienen actividades en el hogar como dentro de la fuerza laboral ~900 habitantes; caso contrario a la clasificación reportada por el INEC, (2019)

flujos demográficos que convertirán eventualmente a Tabarcia en un distrito dormitorio; fenómeno social percibido por los habitantes en el MCPA-2, y que debe ser considerado dentro la actualización o generación del Plan Regulador de Tabarcia.

Por tanto, este constante flujo migratorio incrementa la demanda del consumo de gasolina a través del aumento del número de vehículos automotores, los cuales se han incrementado en un 60% con 1,106, 593 vehículos reportados por el RTV en Costa Rica (PEN, 2019). Por otra parte dichos vehículos atraviesan el puente de Tabarcia ya sea rumbo a Ciudad Colón, Puriscal, San José o Palmichal, siendo esta su única vía de comunicación y un punto que las personas tienen muy presente dentro de la percepción de su imaginario y su territorio (Figs. 63, 66, 69-70); y en donde una colapso o falla estructural en este sitio afectaría en gran medida las actividades de los habitantes de estas comunidades.

Tomando en cuenta la vulnerabilidad estructural detectada en el puente de Tabarcia en relación a los elementos mencionados y al alcance del deslizamiento Arasarí, se considera que su salón comunal ubicado a 90 metros del dicho puente, no cumple con las condiciones requeridas para categorizarse como albergue temporal según la guía para el manejo de albergues (CNE, 2014). Ya que a pesar de poseer buenas condiciones estructurales (de superficie, electricidad y sistemas sanitarios de aguas servidas); su acceso se encuentra en riesgo por las circunstancias mencionadas y por ser la única vía de entrada inmediata (sobre la carretera 209) proveniente de las localidades de Ciudad Colón y Puriscal. Las cuales poseen los cuerpos de primera respuesta más cercanos.

Se considera que las vulnerabilidades contemporáneas que se encuentran relacionadas con algún tipo de problemática o necesidad local, no es posible resolverlas de manera puntual o directa; ya que tienen que ver con encadenamientos sociales en torno a temas fiscales de ingresos y egresos en la administración pública, gestión presupuestaria, inversión local, educación, promoción del turismo local, generación de empleos y aplicabilidad de normativas existentes, entre muchos otros factores. Sin embargo, sí sirven para orientar de manera articulada y coordinada las prioridades de acción de los planes operativos y de las agendas de desarrollo (Municipal y Cantonal), tomando en cuenta que la inclusión de la participación ciudadana sinergiza los esfuerzos institucionales y sectoriales; re-direcciona las estrategias y permite un seguimiento situacional de los riesgos comunitarios. Esto a su

vez incentiva la gobernabilidad y promueve la descentralización y empoderamiento de las y los habitantes de Tabarcia de Mora. De hecho algunas de las necesidades arrojadas a la luz de esta investigación ya habían sido contempladas 9 años atrás dentro del Plan de Desarrollo Humano Local 2010-2020 para el Cantón de Mora; sin embargo a la fecha la población de Tabarcia aún no percibe los resultados de esa estrategia a un año de su finalización; además de que se detectaron nuevas áreas de oportunidad relativas a su oferta educativa y su creciente población que rebasa en un 200% la capacidad actual del Liceo con ~400 estudiantes (INEC, 2011); además de la necesidad de incluir facilitadores para la resolución de conflictos intra-comunales (Caso Cañas) que permitan enfrentar los desacuerdos y potenciar los acuerdos en la búsqueda de un bien común; así como estrategias que combatan la venta y el consumo de drogas, lo cual ha comenzado a generar un sentimiento colectivo de inseguridad entre sus pobladores; en este sentido en el Plan de Desarrollo Humano para el Cantón de Mora (PNUD-FOMUDE, 2009) se había propuesto incentivar la creación de una policía rural comunitaria, sin embargo a la fecha no se tienen reportes de su existencia.

Por último se considera relevante parafrasear las palabras de Wilches-Chaux (1993) el cual comenta que cualquier intento de trabajar en las comunidades con la única mira de prevenir los desastres estará condenado al fracaso, es decir si en la comunidad de Tabarcia de Mora se abordan temas enfocados exclusivamente a prevenir deslizamientos sin abordar los factores subyacentes de riesgo, las causas de fondo y las presiones dinámicas que generan condiciones inseguras no será posible disminuir la vulnerabilidad local por deslizamientos. De allí se reitera el valor de la participación ciudadana y su percepción entorno a su propio territorio, de visibilizar sus amenazas en conjunto, para definir umbrales y tomar acciones de carácter transversal de la mano con las autoridades y los diferentes tomadores de decisión que participan en la dinámica social. Este fue el conocimiento que fue transmitido entre los participantes durante los talleres de mapas de percepción comunitaria, donde se generó un diálogo entre el conocimiento comunal y los diferentes sectores implicados, y en donde en esta investigación se hace una interpretación desde su percepción y marcos de referencia sin que dejen de ser válidos o disímiles para la comunidad científica.

15.- Recomendaciones

Anclar en la Estrategia Municipal de Desarrollo Humano 2010-2020 (PNUD-FOMUNDE, 2009) sobre las líneas de acción de infraestructura, realizar actividades de reparación y fortalecimiento estructural en el puente del río Tabarcia, mediante medidas ingenieriles y el establecimiento de muros (gaviones) que mitiguen la erosión y disipen la energía de choque que genera socavamiento en su costado anterior e inferior derecho (tomando como referencia su alineación hacia el norte). También pueden colocarse en forma paralela en los márgenes de la desembocadura del Mónicos (de donde se extrae tierra), de esta manera se protegería de la acción erosiva.

Dentro de las líneas de acción prioritarias enmarcadas en el Plan de Desarrollo Humano para el Cantón de Mora, respecto a la capacitación para la generación de empleos con el INA e Universidades Públicas, se recomienda se incluya la creación de talleres ecológico-ambientales que estén relacionados con técnicas de poda y mantenimiento de árboles, para mitigar su caída por fuertes vientos, así como métodos de bio-estabilización de laderas (con especies autóctonas) y drenajes hídricos pluviales.

Respecto al punto anterior, se recomienda en los deslizamientos activos puntuales y de pequeñas dimensiones, bio-estabilizar las laderas con fibras nativas de ser posible tejidas por grupos locales, (como lo Huetares); asperjando semillas de pastos nativos o en su caso vetiver; sostenido con estacas de *Rhipidocladum* sp. (Ver cuadro 26). Esto acompañado de canales hídricos artesanales en sus laderas revestidos de gramíneas locales y monitoreando su crecimiento a fin de que permita el paso del agua de lluvia y posibilite un abatimiento de sus niveles freáticos.

Dentro de las opciones de transporte público de las líneas de acción prioritarias para el fortalecimiento de las capacidades municipales del Cantón de Mora, (PNUD-FOMUDE, 2009) se recomienda una ruta de transporte que abarque el circuito de Corralar, Cañas, Morado y Bustamante, necesidades arrojadas a la luz de esta investigación por les habitantes y acción elemental para generar un acceso a diferentes servicios.

Considerando el porcentaje (46.5%) de viviendas en regular y mal estado presentes en la comunidad de Tabarcia de Mora, de acuerdo a la tabla 7 Apéndice 1; aunado a los reportes

y percepción de los habitantes respecto a los fuertes vientos. Se recomienda un monitoreo de puertas, ventanas y techos con el objetivo de reforzar estas estructuras; así como en función de las isotacas reportadas para la zona, en un futuro implementar un código de construcción pragmático, viable y de fácil implementación, para casas habitación rurales en función de las recomendaciones de Johanning y Castillo (2015) respecto a las mejoras del código de construcción para cargas de viento para Costa Rica.

En función de la dinámica social de Tabarcia (Cuadro 22) en cuanto a su fuerza laboral, proporción de personas desempleadas, porcentaje de habitantes con necesidades básicas insatisfechas y el perfil de las principales actividades económicas locales, se recomienda la generación de proyectos de huertos familiares/colectivos con prácticas sostenibles, a través de la Red Costarricense de Agricultura Familiar del MAG y su vinculación con la FAO en zonas de susceptibilidad muy baja/baja; beneficios que pueden utilizarse para el autoconsumo o ser comercializados en tianguis locales como el de Ciudad Colón y Puriscal, en donde tienen gran aceptación. Así como ampliar la cobertura, mejorar o implementar en su caso, el aprovechamiento de residuos de granjas porcinas y avícolas para la generación de biogás y productos de composteo.

Cuadro 22*. Estadísticas generales de soporte para la justificación de proyectos de huertos familiares en Tabarcia de Mora.

Fuerza laboral potencial para huertos familiares	Población potencial (10 y 69 años)	Personas sin empleo	*Personas con necesidades básicas insatisfechas	Personas dedicadas a los sistemas agropecuarios
68%	78%	900	1,415	342

Para el Cuadro 22., la fuerza laboral para la producción de huertos familiares se incluyó la población mayor de 15 años que está desocupada, es pensionada, a los estudiantes y personas que realizan actividades en el hogar, ya que se considera que la producción de huertos es una actividad que pueden realizar miembros de la familia con estas características; es por eso que la población potencial se amplía en intervalos de 10 a 69 años representando un 78% de la población.

Respecto a los contaminantes de vertidos en sus cauces correspondientes a los beneficios del café de la región central sur y con base en los artículos 50 de la Constitución de Costa Rica; la Ley 8839 (2010) sobre gestión de residuos sólidos y el Art. 100 de conservación de vida silvestre (Ley 7317, 2012) los cuales hablan sobre tener el derecho de un ambiente sano y equilibrado entre las y los costarricenses; y en donde se establecen multas/penas con intervalos de 1-3 años de prisión por arrojar sustancias contaminantes a sus quebradas y ríos con énfasis en áreas pertenecientes al Estado y de protección hídrica: Se recomienda que se busquen alternativas que generen medidas coercitivas que eviten la exhortación en el cumplimiento de la Ley, debido a los constantes incumplimientos en el vertido de desechos hacia los cauces según la sentencia 075-69 de la Suprema Corte de Justicia del año 2012, la Denuncia N-1993 del SINAC-MINAE del año 2018. y los resultados de las entrevistas.

Se considera relevante que las unidades habitacionales ubicadas dentro de los márgenes de los ríos y quebradas establecidos por ley para su protección; reciban pláticas de concientización respecto a los riesgos en los cuales se encuentran, considerando principalmente el factor de exposición a deslizamientos, inundaciones o cabezas de agua; y que a través de la CNE, la municipalidad y los diferentes actores involucrados se realicen procesos de reubicación de viviendas utilizando los diferentes tipos de apoyos de ayuda social, así como el impedimento de nuevos tugurios.

16.- COMPONENTE BIOLÓGICO

16.1.- Entrevistas

Durante las entrevistas se les preguntó a los habitantes sobre la presencia de fauna silvestre y alguna forma de aprovechamiento en la zona, encontrándose los siguientes resultados (Cuadro 23).

Cuadro 23. Lista de especies que las y los Tabarseños reportan para la zona de estudio; la determinación taxonómica fue realizada por el autor considerando su distribución geográfica según (Garrigues y Dean, 2017; Leenders, 2001; Wainwright, 2007).

Clase	Nombre común	Especie
Reptilia	Serpiente terciopelo	<i>Bothrops asper</i>
	Culebras	Indeterminado
Aves	Guarda barrancos	<i>Momotus lessonii</i>
	Tucanes	Indeterminado
	Pájaro Toledo	<i>Chiroxiphia linearis</i>
	Yiguirros	<i>Turdus grayi</i>
	Gallina de monte	Indeterminado
Mammalia	Perezoso	<i>Choloepus hoffmanni</i>
	Mapache	<i>Procyon lotor</i>
	Tolomuco	<i>Eira barbara</i>
	Coyotes	<i>Canis latrans</i>
	Mono cara blanca	<i>Cebus capuchinus</i>
	Venado	<i>Odocoileus virginianus</i>
	Tepezcuintle	<i>Cuniculus paca</i>
	Cherenga	<i>Dasyprocta punctata</i>
	Zorro pelón	<i>Didelphis marsupialis</i>
	Armadillo	<i>Dasybus novemcinctus</i>
	Chiza	<i>Sciurus variegatoides</i>

Los habitantes reportaron que en el pasado (cuando era permitido) se practicaba la cacería de venado con perros, mientras que actualmente se considera la posibilidad de caza ilegal y eventual de Tepezcuintle y/o Guatusa (entrevista personal a personas de Tabarcia, 19 de Junio y 29 de octubre del 2019); igualmente la extracción de aves para su uso como ornato fue detectada en un par de ocasiones durante los recorridos en campo con especies del orden Passeriformes y la familia Psittacidae; asimismo el departamento de Prevención, Protección y Control del SINAC correspondiente para el Cantón de Mora, presenta dos denuncias ante el SITADA para Tabarcia de Mora (15135-2019 y 10127-2018) las cuales reportan la posesión ilegal de Loros, Pericos y un mono cariblanco en cautiverio (Comunicación personal, Meza, V., MINAE 07 de julio del 2019).

16.2.- Registros fotográficos y colecta de huellas

Posteriormente se procedió con la colocación de estaciones de foto-trampeo con cámaras tipo APEMAN con sensores de movimiento y visión nocturna sobre tres puntos estratégicos, los cuales fueron obtenidos través del banco de imágenes inicial y considerando aquellas áreas con cobertura boscosa constante, la cual se correspondía con bosques de galería y remanentes de bosque premontano y montano bajo muy húmedo según Di Stéfano y Morales (1993) y a lo largo de la quebrada Mónicos. Las estaciones de foto-trampeo fueron ajustadas en campo seleccionando sitios de pasos de fauna (Figs. 76- 77) El tiempo de permanencia fue de 30 días por estación en las siguientes coordenadas: lat 9.859904, long -84.231900; lat 9.867173, long -84.226131 y lat 9.869273, long -84.224107.



Figura 76: Estación No. 1. Foto-trampa (circulo negro) instalada sobre un bosque de bambú (*Rhipidocladum* sp.) en paso de fauna (líneas blancas). Aprox 40cm de altura.



Figura 77. Estación No. 2. Fototrampa (circulo negro) sobre un paso de fauna (líneas blancas) en el costado de la Quebrada Mónicos (línea azul). En la foto aparece Rolón Llerenas de quién se obtuvo apoyo para la colocación de cámaras.

Durante el proceso de instalación de las estaciones, se realizaron métodos indirectos para determinar la presencia de organismos mediante fotografías y extracción de huellas con yeso odontológico (Aranda, 2012) (Fotos 78-83) identificando las siguientes especies:



Figura 78. Huella correspondiente a un organismo del orden Roedentia; *Cuniculus paca* (Tepezcuintle) o *Dasyprocta punctata* (Guatusa). Sobre su costado izquierdo se presenta una moneda de ¢100 con un diámetro de 30 mm.



Figura 79. Huella de artiodáctilo sobre quebrada Mónicos, posible venado o pecarí.



Figura 80. Huella de marsupial (*Didelphis marsupialis*) en zonas de bajo impacto antropogénico sobre quebrada Mónicos

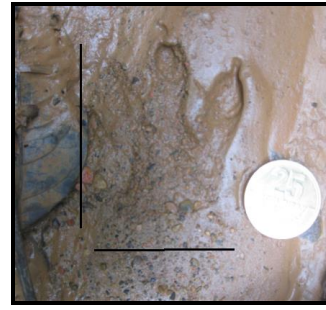


Figura 81. Huella de Armadillo *Dasyus novemcinctus*. A la derecha una moneda de ¢25 con 25.5 mm de diámetro.



Figura 82. Huella de organismo de la familia Procyonidae sobre sustrato muy húmedo, cerca de la estación No.3

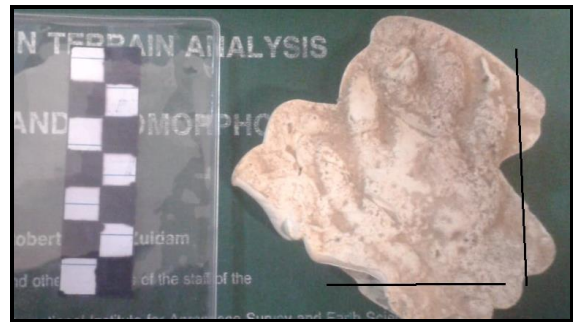


Figura 83. Extracción de huella en yeso de *Nasua narica*.

Respecto a los organismos captados en cámara se registraron las siguientes especies (Figs. 84-89).



Figura 84. Venado juvenil cola blanca *Odocoileus virginianus* con rastros de moteado sobre sus costados.



Figura 85. Rascón de cuello gris (*Aramides cajaneus*); un organismo escurridizo y difícil de observar; suele habitar en bosques maduros.



Figura 86. *Didelphis marsupialis* forrajeando. Se piensa que su madriguera estaba justo bajo la estación debido a que se obtuvieron 24 registros de este organismo.



Figura 87: Pájaro bobo buscando alimento. *Momotus momota*



Figura 88. Debido a las condiciones de nubosidad no se observa claramente una manada de Coatis.



Figura 89. Chiza, *Sciurus variegatoides*. Fotografía tomada con cámara personal fuera de la estación de fototrampeo.

Además fue posible, mediante observación directa, el registro de una población de basiliscos-Jesucristo (*Basiliscus basiliscus*), justo bajo el puente del río Tabarcia; como contar con la colaboración de algunos habitantes de la localidad, quienes proporcionaron fotos o videos tomados desde el patio de su casa, lo cual permitió realizar registros indirectos de Tolomuco (*Eira barbara*), Boa bécquer *Boa constrictor* y Oso Perezoso, esta última especie no fue posible determinarse por la distancia y calidad del video. Asimismo y a través de la gestora ambiental de la Municipalidad; se tienen registros indirectos a través de personeros de la comunidad acerca de la presencia de un felino que está merodeando sus corrales, al cual las personas se refieren como un puma (*Puma concolor*).

Con los resultados obtenidos se generó una lista de especies para Tabarcia de Mora (Apéndice II) en donde fueron incluidas las aves registradas por observación directa (ver apartado de identificación de ornitofauna local).

16.3.- Correspondencia de especies entre Áreas Silvestres Protegidas

Se encontró que existe una gran similitud con las especies registradas dentro las Zonas Protectoras del Rodeo y Cerros de Escazú; Áreas Silvestres Protegidas (ASP) decretadas por el Sistema Nacional de Áreas de Conservación de Costa Rica (SINAC) y contiguas a la zona de estudio (Fig. 90). Dichos registros fueron obtenidos de listas oficiales, bases de datos museográficas y Planes de Manejo del SINAC (Durán, F. 2014; SINAC, 2015; Alvarado y Bolaños, 2014; Alvarado y Durán, 2006; CTDR, 2015; INDER, 2014).

Para el análisis de correspondencia de especies entre las ASP y la zona de estudio, se realizó la prueba estadística de Levene, utilizando el software de Statgraphics XV.II., dicha prueba evalúa la varianza entre más de dos poblaciones. Se obtuvo un valor de $W=0.298735$ con una $P=0.742215 \geq 0.05$. Esto indica que no existe una diferencia significativa entre las poblaciones con un nivel de 95% de confianza (Fig. 91).

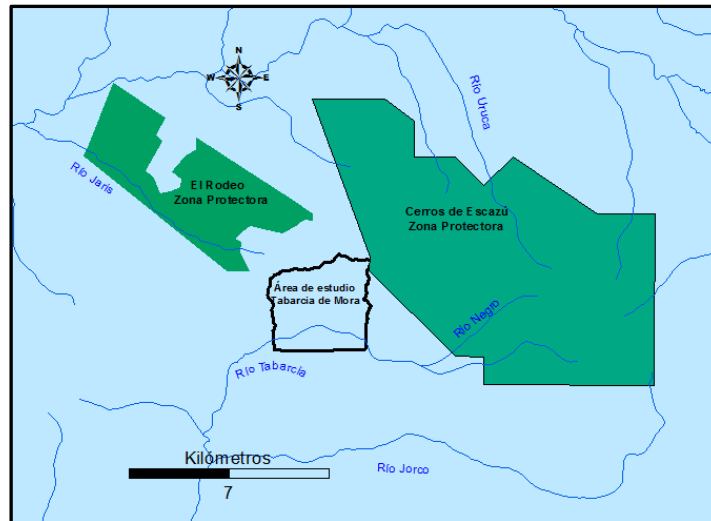


Figura 90. Se observa el área de estudio en el centro (perímetro obscuro); la ZP- Cerros de Escazú ubicado hacia la parte Este como un polígono en color verde fuerte; y la ZP-El Rodeo en verde claro hacia la parte Oeste.

Gráfico de correspondencia de especies.

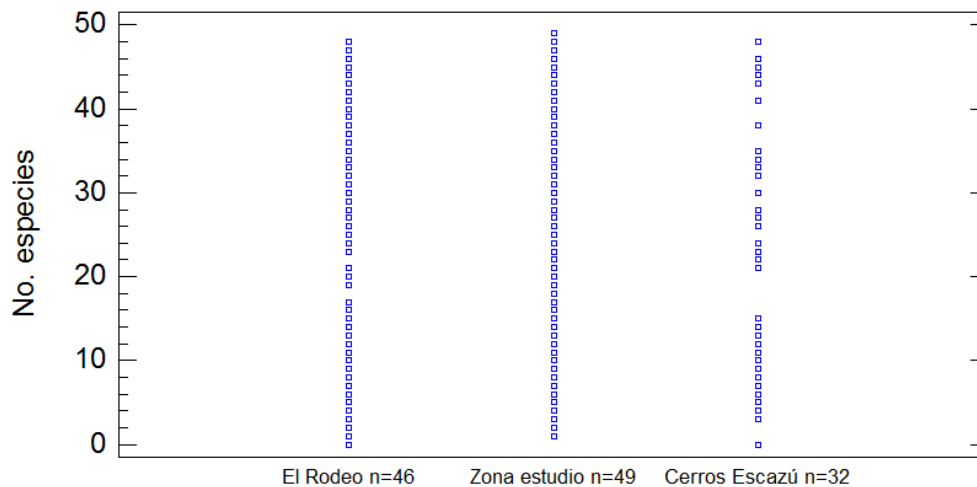


Figura 91. Correspondencia entre las especies registradas en la zona de estudio $n=49$ (cuadros azules) respecto a las especies registradas en las ASP del Rodeo y los Cerros de Escazú pertenecientes a las clases de mamíferos, reptiles y aves.

Además si se considera el tipo de vegetación de Holdridge (1971) que en la zona de estudio se caracteriza por una transición entre el Bosque Premontano y Montano Bajo muy Húmedo; que dichas zonas de vida se extienden hacia las Zonas Protectoras contiguas, donde su categorización (de las zonas de vida) está relacionada con factores de

precipitación, temperatura, altitud, humedad y vegetación, dimensiones que influyen la distribución de las especies bajo el concepto de nicho ecológico de Hutchinson (1957), el cual habla de esta distribución sobre un espacio N-dimensional. Entonces se considera que el área de estudio está fungiendo como un sitio de paso de fauna e interconectividad entre las dos zonas protectoras, y que las condiciones topográficas de sus quebradas con fuertes pendientes, están contribuyendo en este flujo.

Por tanto y tomando en cuenta que los corredores biológicos interurbanos (CBI) funcionan como un sistema de *ordenamiento territorial* para el fortalecimiento de las áreas protegidas y su conectividad, en donde se consideran medidas de adaptación y mitigación al cambio climático, el mantenimiento de los servicios ecosistémicos, la gestión urbana y la planificación articulada de manera intersectorial con modelos de participación e inclusión ciudadana según el Art. 3 de la Ley 40043 (2016). Se propone que el área de estudio sea incluida dentro del Corredor Biológico Inter Urbano Garcimuñoz (Fig. 92) esto a su vez eficientizará flujos energéticos y genéticos entre las poblaciones que utilicen vía terrestre o aérea este CB-I. Dicho corredor en su dinámica posee dos áreas de conservación, un parque nacional, cuatro zonas protegidas y parte del territorio indígena Huetar distribuidos en 24,942 ha de bosques de galería, plantaciones de café, áreas verdes y urbanas.

16.4.- Flora

16.4.1.- Índice de diversidad vegetal (Shannon)

Una vez obtenidas las muestras de las estaciones de foto-trampeo se procedió sobre los mismos puntos a obtener el índice de biodiversidad de Shannon (Shannon y Weaver, 1949) considerado morfotipos de más de 0.5 m de altura y 30 cm de DAP sobre parcelas de 500 m²; obteniéndose los siguientes resultados (Cuadro 24).

Para obtener el índice se utilizó la siguiente fórmula: (Shannon y Weaver, 1949)

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i$$

De donde:

S= Número de morfotipos;

Pi= Proporción de individuos de los morfotipos i respecto al total de individuos

ni= Número de organismos del morfotipo *i*

N= Número de todos los organismos de todos los morfotipos.

Cuadro 24. Índice de Biodiversidad de Shannon (H') para la estación No.1 dentro de una finca de la comunidad de Tabarcia.

Morfotipos	Frecuencia	Abundancia relativa	H'	Vegetación
1	12	0.1290	-0.3811	Transición entre bosque pre- montano y montano bajo muy húmedo
2	9	0.0968	-0.3261	
3	12	0.1290	-0.3811	
4	13	0.1398	-0.3968	
5	11	0.1505	-0.4112	
6	13	0.1398	-0.3968	
7	4	0.0430	-0.1952	
8	16	0.1720	-0.4443	
9	3	0.0323	-0.1600	
Total	93		3.0927	

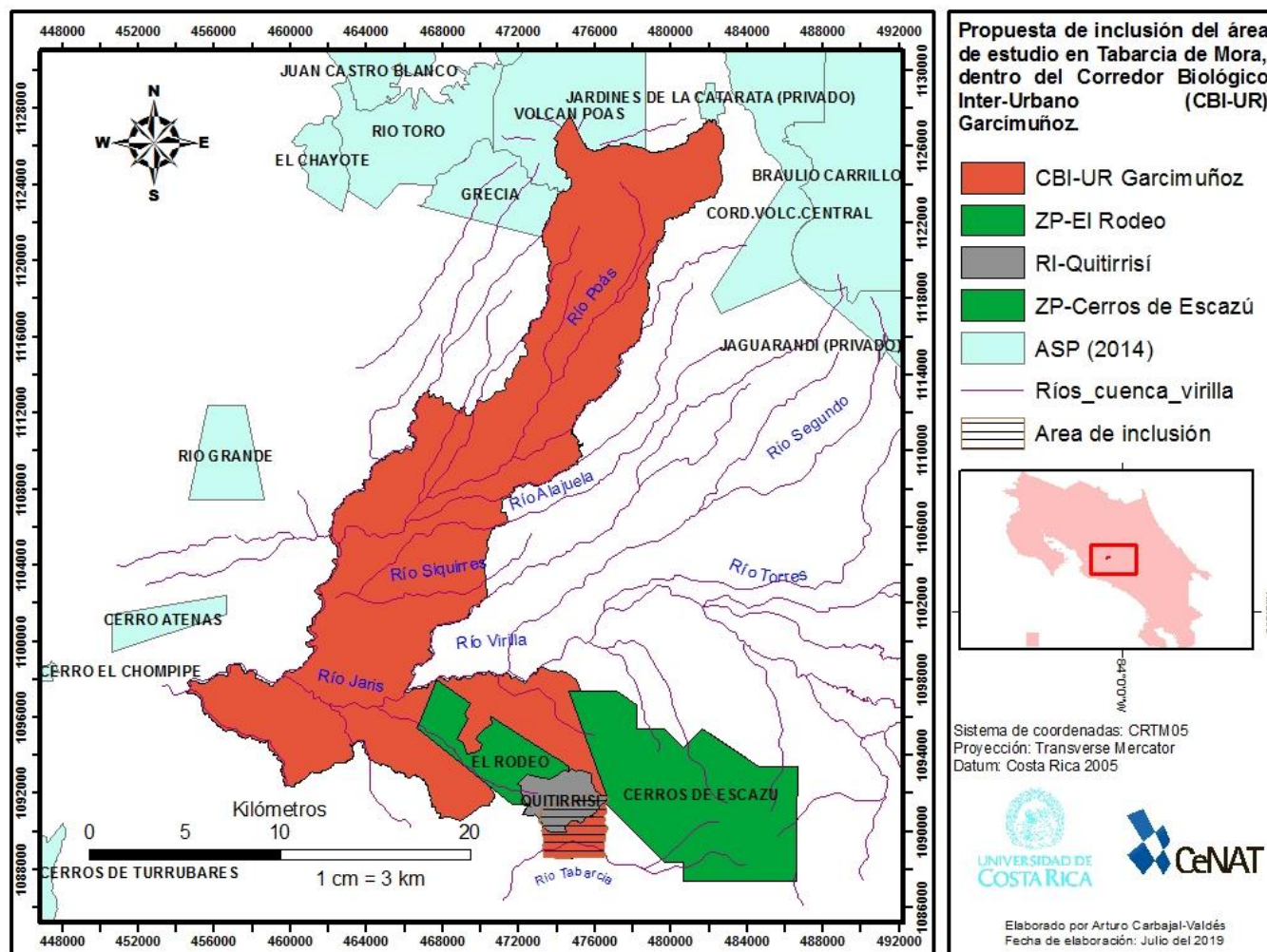


Figura 92. Propuesta de inclusión del área de estudio dentro del Corredor Biológico Garcimuñoz

Aplicando los datos de la fórmula de (Shannon y Weaver, 1949) se tiene que:

$$= \sum (0.1290) (\log 0.1290/\log 2) + (0.0968) (\log 0.0968/\log 2) + (0.1290) (\log 0.1290/\log 2) + (0.1398) (\log 0.1398/\log 2) + (0.1505) (\log 0.1505/\log 2) + (0.1398) (\log 0.1398/\log 2) + (0.4030) (\log 0.4030/\log 2) + (0.1720) (\log 0.1720/\log 2) + (0.0323) (\log 0.0323/\log 2)$$

H' = 3.0927 En esta parte de la finca con 9 morfotipos se generó un buen índice de diversidad vegetal al estar por encima de los 3 puntos (Si se considera que el valor máximo es de 5 para zonas con buena biodiversidad (Torres-Torres et al. 2016) como bosques maduros o sistemas arrecifales); además de que la abundancia relativa porcentual se comportó de manera muy similar (Fig. 93)

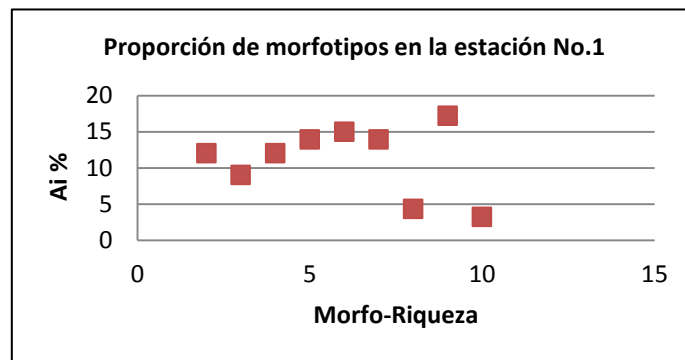


Figura 93. Abundancia relativa porcentual (Ai%) de organismos por Morfotipo en una parcela de 500m² sobre la ladera SE de la quebrada Mónicos de la estación No. 1.

Hacia la parte de la estación número tres, 300 metros SW del deslizamiento Arasarí se obtuvo la siguiente información (Cuadro 25).

Cuadro 25: Índice de Biodiversidad de Shannon (H') para la estación No.3 dentro de una finca de la comunidad de Tabarcia.

Morfotipos	Frecuencia	Abundancia relativa	H'	Vegetación
1	11	0.1134	-0.3561	Transición entre
2	7	0.0722	-0.2738	
3	12	0.1237	-0.3730	
4	9	0.0928	-0.3183	
5	16	0.1649	-0.4288	

6	3	0.0309	-0.1550	bosque pre- montano y montano bajo muy húmedo
7	2	0.0206	-0.1154	
8	1	0.0103	-0.0007	
9	7	0.0722	-0.2738	
10	8	0.0825	-0.2980	
11	12	0.1237	-0.3730	
12	5	0.0515	-0.2204	
13	4	0.0412	-0.1896	
Total	97		-3.3758	

Aplicando los datos a la fórmula de (Shannon y Weaver, 1949) se tiene que:

$$= \sum (0.1134) (\log 0.1134/\log 2) + (0.0722) (\log 0.0722/\log 2) + (0.1237) (\log 0.1237/\log 2) + (0.0928) (\log 0.0928/\log 2) + (0.1649) (\log 0.1649/\log 2) + (0.0309) (\log 0.0309/\log 2) + (0.0206) (\log 0.0206/\log 2) + (0.0103) (\log 0.0103/\log 2) + (0.0722) (\log 0.0722/\log 2) + (0.0825) (\log 0.0825/\log 2) + (0.1237) (\log 0.1237/\log 2) + (0.0515) (\log 0.0515/\log 2) + (0.0412) (\log 0.0412/\log 2).$$

H' = 3.3758 También es una zona con un buen índice de biodiversidad vegetal; presenta mayor heterogeneidad boscosa, un similar número de organismos (97) y 4 morfotipos más que la estación anterior; sin embargo algunos de ellos poseen poca representación (hasta un organismo por especie); en la figura 94 se puede observar que la dominancia se restringe a unas cuantas especies.

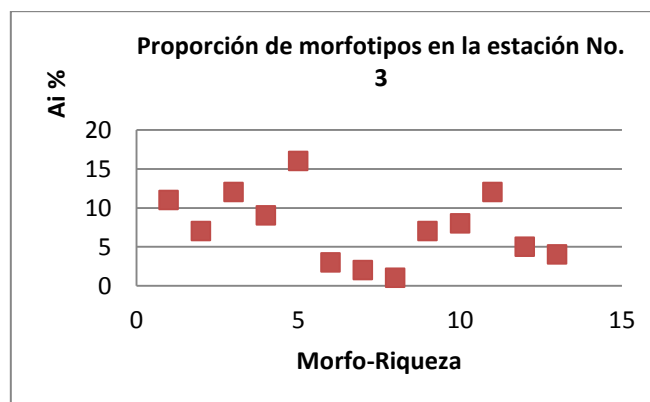


Figura 94. **AI %** (Abundancia relativa porcentual) de organismos por Morfotipo en una parcela de 500m² 300m SW del deslizamiento Arasarí.

Asimismo se generó una lista de especies/géneros presentes en el área de estudio a la cual se le relacionó algún tipo de atributo en función del contexto de esta investigación (Cuadro 26 y Figs. 95-96).



Figura 95. Cyatheaceae sp. Helecho arborescente, organismo pancrónico y especie bio-indicadora presente en el transecto No. 1 y 3. Especie con poblaciones reducidas (MINAE, 092)



Figura 96. *Chamaedorea costaricana*. Organismo común de bosques húmedos, presente en el transecto No.1

Cuadro 26. Organismos identificados en la zona de estudio relacionados con algún beneficio ambiental (PAA)=Planta alimentadora de aves.

Género/Especie	Nombre común	Atributos
<i>Bromelia pinguin</i>	Piñuela	Cercas vivas (por sus espinas); frutos para hacer chicha;
<i>Carludovica</i> sp.	Tule	Recuperación de claros; (PPA); cestería.
<i>Cecropia</i> sp.	Guarumo	Restauración ambiental; sist. Agroforestales, (PPA).
<i>Chamaedorea costaricana</i>	Pacaya	Estabilización de cauces pluviales y protección de mantos acuíferos (UICN, 2019).
<i>Clarisia biflora</i>	Ojoche	Uso agroforestal, alimento de Arasarí (PPA) y maderable.
<i>Coccoloba uvifera</i>	uvita playera	Setos para la estabilización de laderas.
<i>Cupania</i> sp.	n/a	Restauración de suelos y agroforestería.
<i>Cyathea</i> sp.	Helecho arborescente	Helechos arborescentes pantropicales y bio-indicadores de conservación.
<i>Dalbergia retusa</i>	Cocobolo	Árbol de sombra para cafetales y fijador de nitrógeno, planta pionera para restauración; madera de alto valor; Vulnerable (CITES, 2018)
<i>Dypterix panamensis</i>	Almendo de montaña	Se establece mejor en ecotonos, es vulnerable a la fragmentación; madera de alto valor comercial.
<i>Ficus</i> sp.	n/a	Género pantropical PPA.
<i>Hedychium coronarium</i>	mariposa	Ornamental, medicinal.
<i>Hura crepitans</i>	Jabillo	Estabilización cauces y protección de mantos acuíferos y sistemas agrosilvopastoriles. (PPA); tóxica.
<i>Lasianthaea fruticosa</i>	Quitirrisí	Rompe vientos; planta melífera; medicina popular
<i>Lauraceae</i> sp.	n/a	Familia primitiva de angiospermas
<i>Picramnia antidesma</i>	n/a	Uso etnobotánico (Malaria)
<i>Piper auritum</i>	Yerba santa	Comestible y medicinal
<i>Psidium guajava</i>	Guayaba	Comestible para humanos y (PPA- psitácidos).
<i>Rhipidocladum</i> sp.	Bambú	Cestería, techos e instrumentos musicales
<i>Syngonium</i> sp.	Singonio	Endémica de América Central.
<i>Thevetia ahouai</i>	Campanilla	Fito-remediación, tolera suelos inundables; anti fúngica, frutos venenosos.
<i>Trichilia havanencis</i>	Uruca	Cercas vivas, corredores riparios, huertos familiares, (PPA), uso medicinal, ornamental.
<i>Vachellia</i> sp.	Acacia	n/a
<i>Wodyetia bifurcata</i>	Palma cola de zorro	Ornamental
<i>Zanthoxylum</i> sp.	n/a	Medicinales
<i>Zinnia elegans</i>	Zinnia	Como flor de corte y atrayente de mariposas

17.- Identificación de ornitofauna local

Los avistamientos de aves fueron realizados considerando los diferentes tipos de hábitats donde las especies pudieran encontrarse tomando en cuenta zonas arboladas con laureles, guayabos, cecropias, balsas, etc., potreros, pastizales, colinas y fuentes de agua, así como áreas en el centro de Tabarcia de Mora. Se generó una lista de aves de la comunidad donde se incluyó la participación comunitaria con el fin de incorporar el conocimiento local respecto a avistamientos como formas de aprovechamiento ornitológico; se encontró que las personas que realizaban algún tipo de actividad primaria (agricultura o ganadería) conocían de más especies que las que se ocupaban en actividades secundarias o terciarias; de hecho estas personas fueron las que aportaron información relacionada con nombres comunes, leyendas y/o avistamientos en su comunidad (Figs. 97-98).



Figura 97. Avistamiento de aves sobre bosque de galería en Tabarcia de Mora.



Figura 98. Durante los avistamientos se consultó a la población local sobre el conocimiento y uso de las especies observadas.

Además de que los y las Tabarseñas declararon no utilizar este recurso como capital verde, encontrándose una área de oportunidad en este sentido, ya que como se comentó anteriormente existen áreas e infraestructura local en donde es posible realizar recorridos turísticos para el avistamiento de aves, (e.g.) a 5 minutos de la iglesia de Tabarcia de Mora, se ubica un área de aprox. 10 ha con cabañas y bosque secundario. Así mismo las personas gustan de visitar sus colinas por sus vistas panorámicas (en especial el cerro Quitirrisí,- justo debajo del deslizamiento Arasarí-); sitios en donde se realizaron avistamientos ornitológicos.

El cuadro (27) representa las especies registradas en la comunidad de Tabarcia de Mora durante la temporada de marzo-agosto del 2018. Su estado de conservación es con base en la lista roja de especies (UICN, 2019), en donde se incluyó la resolución del Consejo Nacional de Áreas de Conservación (MINAE-092) sobre la lista oficial de especies en peligro de extinción y con poblaciones reducidas o amenazadas, al encontrarse dos especies dentro de estas categorías (El Tucán Arasarí y el pájaro sargento). Las categorías taxonómicas fueron tomadas de la lista oficial de aves de Costa Rica (Garrigues y Dean, 2017). Se adjunta el registro fotográfico de la especie Arasarí y de una especie de pato encontrada dentro de una finca (fotos 99 y 100).

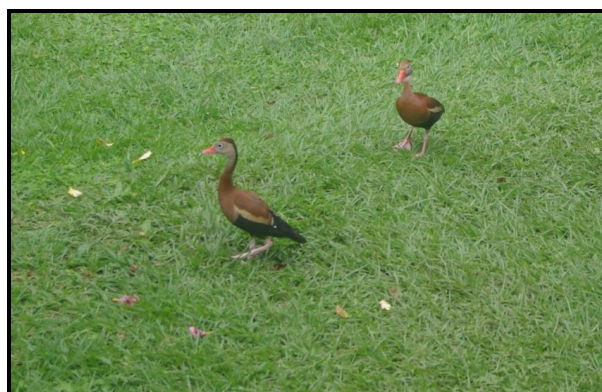


Figura 99. Tucán Arasarí *Pteroglossus frantzii*, detectado en bosque secundarios con guarumbos. Figura 100. Piche *Dendrocygna autumnalis*, dentro de una finca de Tabarcia.

Cuadro 27. Lista de especies registradas en esta investigación PM: Preocupación menor, LA: Ligeramente amenazada, ↑P: Aumentando sus poblaciones; ↓P: Disminuyendo sus poblaciones. PR-A: Población reducida o amenazada Categorías: R: Residente; M: Migratoria; END: Endémica. La lista representa un porcentaje del total de aves estimado para esta área ~200 spp. Elaboración propia.

No	Especie	Nombre común	*Estado de conservación	*Categoría
1	<i>Aramides cajaneus</i>	Pone pone	PM-↓P	R
2	<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche	PM-↑P	R
3	<i>Tachybaptus dominicus</i>	Pato zambullidor enano	PM	R
4	<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita ganadera	PM-↑P	R-M
5	<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	PM	M
6	<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán colicorto	PM-↑P	R-M
7	<i>Buteo jamaicensis</i>	Aguililla cola roja	PM-↑P	R-M
8	<i>Coragyps atratus</i>	Zoncho	PM	R
9	<i>Thraupis episcopus</i>	Viudita	PM	R

10	<i>Ramphocelus costaricensis</i>	Pájaro sargento	PR-A	R-END
11	<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Chico piojo	PM	R
12	<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey cucarachero	PM-↑P	R
13	<i>Icterus galbula</i>	Cacique veranero	PM	M
14	<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola	PM	R
15	<i>Momotus lessonii</i>	Pájaro bobo	PM	R
16	<i>Pteroglossus frantzii</i>	Arasari o Cusingo	PR-A	R-END
17	<i>Chiroxiphia linearis</i>	Toledo	PM	R
18	<i>Psilorhinus morio</i>	Piapia	PM-↑P	R
19	<i>Nyctidromus albicollis</i>	Cuyeó	PM-↓P	R
20	<i>Turdus grayi</i>	Yiguirro	PM-↑P	R
21	<i>Ortalis cinereiceps</i>	Pajuela/chachalaca	PM-↓P	R
22	<i>Dendrortyx leucophrys</i>	Chirrascuasa	PM-↓P	R
23	<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pecho amarillo/cristofue	PM-↑P	R
24	<i>Piranga rubra</i>	Pan de achote	PM	M
25	<i>Euphonia hirundinacea</i>	Agüfo	PM	R
26	<i>Tityra semifasciata</i>	Puerquito	PM	R
27	<i>Sporophila torqueola</i>	Monjito	PM-↑P	R
28	<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina	PM-↑P	R-M
29	<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	PM-↓P	R
30	<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero	PM-↑P	R-END
31	<i>Contopus cooperi</i>	Pibí boreal	LA-↓P	M
32	<i>Brotogeris jugularis</i>	Zapoyolito	PM	R
33	<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí cola roja	PM	R
34	<i>Zenaida asiática</i>	Paloma aliblanca	PM-↑P	R-M

17.1.- Generación de guía comunitaria

Como parte de un valor agregado a esta investigación y considerando darle un enfoque pragmático de acuerdo al Plan Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2020 (CNE, 2015) dentro del ámbito de reducción del riesgo y de los ejes de participación social y de gestión del conocimiento; se desarrolló una guía de aves comunitaria para Tabarcia de Mora. Durante dicho proyecto se contó con el apoyo de la comunidad, como del departamento de Gestión Ambiental del Centro Nacional de Alta Tecnología para realizar el diseño de la guía, incluyendo las *imágenes, las cuales fueron obtenidas de Garrigues y Dean (2017).

La guía fue denominada *Pajareando en Tabarcia de Mora*, una compilación con 34 especies agrupadas en 28 familias entre las que se encuentran representantes de:

*Se recomienda se contraten los servicios profesionales correspondientes para hacer la toma de fotografías de especies en campo, realizar su digitalización y hacer el cambio de imágenes de esta propuesta de guía comunitaria para su utilización.

Ramphastidae, Psittacidae, Icteridae, Rallidae, Accipitridae, entre otras.

El contenido de la guía se dividió en tres partes (Figura 101):

La primera de ellas consiste en una portada representada por el tucán Arasarí, una sección que indica las partes principales de un ave, sus categorías respecto a su distribución ya sea residente, migratoria o endémica, además de su estado de conservación actual según el listado oficial de aves para Costa Rica (2018) y la Lista Roja de Especies según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2019).

Dentro del cuerpo de la guía, segunda parte, se colocó el nombre común de la especie conocido en Tabarcia de Mora, seguido de su nombre científico y su descripción general, la cual incluye su descripción morfológica con características diagnósticas, además de rasgos distintivos sobre etología y alimentación. En algunas especies se consideró añadir un dato curioso, el cuál realza el valor de la especie al incluir atributos particulares sobre su comportamiento, distribución o incidencia cultural en la localidad. Se pretende que la o el lector/a quede atrapado/a por el contenido y redacción; por ejemplo. Se comentó que en la localidad existe un pato zambullidor enano, el cual está categorizado como la especie acuática más pequeña para Costa Rica; de igual forma, se incluyeron relatos del pueblo como con la Piapia, una especie de ave que según las y los Tabarseños, avisa mediante su canto cuando alguna persona ha llegado a casa. Para la tercera parte se generó una historia ficticia o fantástica que relaciona los primeros asentamientos de la comunidad con el canto de una especie de ave.

Dice la Leyenda que en el siglo XVII

Un grupo de mujeres y hombres costarricenses

Observaron un ave tan hermosa bajo la sombra de un roble

Que a través de su canto mágico

Les indicó donde había agua, bosque y alimento para sus familias...

Por tal motivo decidieron fundar en ese lugar el pueblo de Tabarcia de Mora.

¿Quieres conocer de qué ave estamos hablando? Ven y encuéntrala tú misma/o!

Dentro de las especies encontradas, se eligió para protagonizar esta historia a la especie *Icterus galbula*, el cacique veranero o cacica naranjera; por presentar un canto armonioso y características morfológicas llamativas. Se colocó dentro de la guía una dirección URL enlazada a un código QR en donde el usuario puede escuchar su canto como su llamado. Esta información fue obtenida de las bases de datos libres de xeno-canto (St-Michel, M. 2001).



Figura 101. Portada, cuerpo y contraportada de la guía de aves comunitaria para la comunidad de Tabarcia de Mora. En su frente aparece el tucán Arasari, el cuerpo consta de 11 partes mientras que en la contraportada aparece narración fantástica.

18.- DISCUSIONES (componente biótico)

El creciente desarrollo económico incrustado en el sistema mundo en el que vivimos, hizo necesaria la inclusión del concepto de desarrollo sostenible en el informe de Brundtland. A partir de 1987 nos dimos cuenta que la capacidad de carga del planeta está yendo más allá de los patrones de consumo que tenemos. Esto ha mermado los recursos y con ello los beneficios ambientales para nuestra propia subsistencia; esto sin contar que la preservación y conservación de los sistemas ecológico-ambientales promueven la existencia de más de $\sim 1.2 \cdot 10^6$ de especies registradas en el planeta (Mora, Tittensor, Simpson, Worm, 2011) que como nosotros, tienen el derecho a la vida.

Debido a esto, es que en la administración pública de los Estados, prevalece un discurso ambiental enfocado a la protección y preservación de los recursos naturales. Es en este sentido en donde se conjuntan las políticas ambientales y la gestión de riesgos, en donde es imperante comprender que el desarrollo y el bienestar humano deben de ir por antonomasia anclados a la conservación y la sustentabilidad; al análisis de factores subyacentes de riesgos que provocan desastres y que se relacionan con el deterioro ambiental y el incremento de la vulnerabilidad. Es una relación de causa-efecto en donde las causas se relacionan con los beneficios directos provenientes del capital verde y los efectos con los riesgos o consecuencias de tales actividades; dicha ley de causa-efecto al relacionarla con la teoría de sistemas biológicos de Bertalanffy (1969), se tiene entonces que cualquier acción cometida dentro de un sistema, sea biológico, social, económico, cultural, etc. tendrá efectos (directos/ indirectos, positivos/negativos) sobre sí mismo y sobre los demás sistemas. Con estas premisas se pretende resaltar la importancia de incluir el componente ecológico-ambiental y su relación con el componente abiótico y social en esta investigación; de manera que, en la siguiente figura (102) entonces se puede observar una relación de las actividades ejecutadas para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto, y su vinculación como insumos académicos, dentro de las diferentes estrategias de desarrollo, de gestión del riesgo de desastres y de la protección al ambiente desde niveles superiores a locales.

Es importante remarcar que en esta normativa ambiental y de manera jerárquica, se han observado rezagos en el cumplimiento de sus metas, pues a un año de terminar el Decenio de las Naciones Unidas sobre la Diversidad Biológica (2010-2020) a través de las metas Aichi cuya visión es integrar el componente de biodiversidad dentro del componente económico y social; 1 10⁶ de especies se encuentran en amenaza de extinción, 290 10⁶ ha de bosque nativo se han perdido de 1990 a 2015 por clareos o producción de madera y se extraen 60 10¹² t/año de recursos renovables o no renovables, muy cerca del límite de la capacidad de carga del planeta, solo por mencionar algunas cifras (Intergubernamental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, 2019). Esto ha degradado los ecosistemas a una velocidad sin precedentes, disminuyendo los servicios ambientales y como consecuencia aumentado la vulnerabilidad a desastres, un escenario histórico y actual bastante evidente.

Costa Rica no se queda atrás en ese sentido, ya que según el PEN (2018) de armonía con la naturaleza, el país tiene un sistema eficaz para aprovechar sus recursos naturales, sin embargo posee un área de oportunidad para controlar los impactos ambientales derivados; es decir para asumir los costos de los riesgos generados por determinadas externalidades. Además de que el número de desastres por eventos hidrometeorológicos para 2017 incrementó respecto al año anterior en un 500% reflejo de las condiciones de vulnerabilidad y falta de preparación en relación a las amenazas manifestadas. Mientras que de manera local en materia de Gestión Ambiental y según el índice de Gestión Municipal emitido por la Contraloría General de la República (Contraloría General de la República, 2010; CGR, 2019) la Municipalidad de Mora ha obtenido calificaciones por debajo de 7 en siete ocasiones de nueve (Tabla 19 Apéndice I ; además de que dicho índice solo abarca la recolección, depósito y tratamiento de residuos, así como el aseo de vías y de sitios públicos; no obstante se considera esta información refleja una visión parcial de las vulnerabilidades y capacidades ecológico-ambientales, ya que deja de lado múltiples factores vinculados con la conservación ecológico-ambiental (e.g. estado de su recurso hídrico, degradación de tierras, calidad del aire, cambios en su cobertura vegetal,

Mapa de susceptibilidad geomorfológica	G,K,M,P,W.
Inventario cartográfico de deslizamientos	G,H,K,M,T,U,W.
Zonificación de susceptibilidad a deslizamientos (MVM)	G,H,K,R,U,V.
Modelización del deslizamiento Arasarí con Lahar-z	W,G,H,I,K,M,Q,R,U,V,W.
Escenario máximo de Arasarí y su intersección con la carretera 209	F,H,I,K,V.
Detección de coronas de deslizamiento sobre los (SI) de la ASADA de Tabarcia	W,G,H,I,Q,R, U, W.
Tabulación de vulnerabilidades por ASADA	F,H,I,K,V.
Investigación con enfoque de género	A,B,C,J,O.
Generación de una guía de aves comunitaria	A,C,D,J,M,O,P,S,T,V,X
Factores antrópicos relacionados a la erosión de laderas e impacto hídrico	A,B,G,H,I,L,M,N,R,W.
Propuesta cartográfica de vulnerabilidad hídrica para Tabarcia de Mora	F,H,I,L,U,V.
Taller comunitario sobre percepción de amenazas	F,G,H,I,J,N,O,P,Q,R,U,V,
Detección del socavamiento de la infraestructura del puente Tabarcia	H,K,R,V.
Incorporación del área de estudio dentro del CBI-Garcimuñoz	X,A,C,D,E,F,H,L,M,P,T,U,V,X.

CONVENIO DE DIVERSIDAD BIOLÓGICA	
A	Conservación de la diversidad biológica, desarrollo sostenible; participación justa y equitativa de los beneficios ambientales
PLAN ESTRATÉGICO PARA LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA (2011-2020)	
B	Abordar causas subyacentes de la pérdida de diversidad biológica
Metas Aichi	
C	No.1.- Concientizar a las personas del valor de la biodiversidad
D	No. 13.- Se mantendrá la diversidad genética de vida silvestre
E	No.2.- Integrar la biodiversidad en los procesos de planificación
F	No. 14.- Se salvaguardarán ecosistemas relacionados con servicios ambientales con prioridad en recursos hídricos
MARCO DE ACCIÓN SENDAI (2015-2030)	
G	Generación de mapas con exposición a desastres
H	(GR) orientada a la protección de las personas y sistemas ecológico-ambientales
PLAN NACIONAL DE DESARROLLO (2019-2022)	
I	ODS (6) Protección de nacientes, distribución y acceso al agua potable
J	ODS (5) Asegurar la participación de las mujeres en todos los sectores
K	ODS (11) Reducir el número de muertes y personas afectadas por desastres
L	ODS (13)Acción por el clima y conservación de ecosistemas terrestres y de agua dulce
M	ODS (15) Detener la degradación de tierras y pérdida de biodiversidad
POLÍTICA NACIONAL DE BIODIVERSIDAD (2015-2030)	
N	Reconocimiento de amenazas que atenten contra la biodiversidad
O	Fomentar la participación social en la gestión de la biodiversidad
P	Generación de conocimiento para la toma de decisiones para la conservación
PLAN NACIONAL DE GESTIÓN DEL RIESGO (2016-2020)	
Q	Plataforma de (OT) con participación comunitaria
R	Fomento a la gestión local del riesgo en la promoción de Comités Comunales de Emergencia
S	Contextualización de la biodiversidad local para establecer acciones en situación de desastres
PROGRAMA DE GOBIERNO, MUNICIPALIDAD DE MORA	
T	Declaratoria del circuito turístico del Cantón de Mora (2010) en la modalidad de turismo rural comunitario
U	Generación y actualización del Plan Regulador
PLAN DE SEGURIDAD VIAL CANTONAL DE MORA (2017-2021)	
V	Proteger el ambiente urbano y rural de efectos negativos y asegurar una adecuada accesibilidad socioeconómica
GESTIÓN MUNICIPAL DEL RIESGO DE DESASTRES (2014)	
W	Generación de IFA's en materia de Geo-aptitud, estabilidad de laderas y amenazas naturales
X	Contextualización para el establecimiento de Corredores Biológicos. Bioaptitud

Figura 102.- Correlación de objetivos concretados en esta investigación y su relación con normativa internacional, nacional y local. Las letras se corresponden.

programas educativos ejecutados, acciones sociales de beneficio ecológico-ambiental, monitoreo de impactos ambientales, estudios en ecología de poblaciones, entre muchos otros).

La vulnerabilidad relacionada con el tema de biodiversidad en Tabarcia de Mora está relacionada con: **1.)** vacíos de información e inventarios oficiales de los taxa existentes que permitan una caracterización en pro de la promoción de la conservación local y vinculación con programas nacionales, bi o multilaterales; **2.)** a los eventos puntuales de extracción y caza de vida silvestre; **3.)** a las perturbaciones en sus bosques de galería por remoción de suelo y a la alteración de sus cauces por vertido de desechos de diferente origen **4.)** A la falta de aplicación de leyes coercitivas que conserven aquellos territorios pertenecientes al Estado, como son sus ríos, quebradas y bosques; así como para hacer cumplir el Art 3 de la Ley 7788 respecto a *la distribución de los costos derivados* por el uso de recursos.

Se espera que los resultados de esta investigación funjan para ampliar el conocimiento local de la biodiversidad o en la inclusión de programas de conservación y protección vinculados a la investigación, el turismo y los pagos por servicios ambientales, ya que como se mencionó anteriormente existen dos áreas aprovechables para tales fines; una finca de 20 ha y otra de 17 ha sometidas a PSA. Sin embargo en el área de estudio y a través de un análisis satelital de cobertura vegetal se obtuvieron ~280 ha entre asociaciones de bosques secundarios, con transiciones de bosques premontanos a montanos bajos, incluyendo los bosques de galería sobre los márgenes de los cauces. Estos sitios por su cobertura boscosa y condiciones de accesibilidad humana, como se comentó anteriormente, son áreas de refugio y de paso de fauna silvestre (incluyendo la fauna aérea) entre las Zonas Protectoras del Rodeo y los Cerros de Escazú, y si se considera que el Art. 58 de la Ley de Biodiversidad (Ley 7788, 1998) respecto a los objetivos de las Áreas Silvestres Protegidas que las determinan como aquellos territorios dedicados a la conservación y protección de la biodiversidad; a la protección del recurso hídrico y los servicios ecosistémicos; a las áreas que favorecen el flujo genético entre poblaciones (en caso de que se generen islas ecológicas); a la protección del suelo; así como a preservar y difundir su significado histórico y cultural (de hecho actualmente a través del Liceo de Tabarcia y su directora, la

Dra. Nancy Zúñiga, se está promoviendo la identidad cultural local a través de un museo que realza los asentamientos precolombinos de la etnia Huetar con insumos arqueológicos como vasijas y petroglifos encontrados en la localidad (Zúñiga, N, entrevista personal, marzo 2019)). Entonces es que se justifica la propuesta de incluir a zona de estudio dentro del Corredor Biológico Garcimuñoz, de esta manera y a través del enfoque de sustentabilidad, será posible combinar la conservación de la biodiversidad con el desarrollo local; lo cual a su vez permitiría abordar la meta global No. 1 de la Estrategia Nacional de Biodiversidad (2016-2025) (MINAE-CONAGEBIO-SINAC, 2016) que pretende ampliar el sistema de áreas protegidas estatales en un 05% para aumentar la conectividad ecológica en el país, la principal estrategia de conservación que tiene Costa Rica.

La propuesta no se enfocó hacia la modalidad de Zona Protectora (aunque comparten objetivos en común) debido a que estas son decretadas como zonas de aptitud forestal *inalienables*, además de que debe existir un financiamiento para adquirir esas tierras. Caso que no aplicaría para la zona de asentamientos rurales en Tabarcia y el territorio indígena Huetar, las cuales son tierras que pertenecen a ese grupo étnico y que tampoco por Ley Indígena pueden ser compradas (Ley 6172, 1977). Sin embargo si se toma en cuenta que los *Corredores Biológicos Interurbanos* permiten una conectividad entre ecosistemas, paisajes y *hábitats modificados* a través de parques urbanos, microcuencas, bosques de galería, etc., y que contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad posibilitando la migración y la dispersión de especies con un enfoque de dimensiones socioeconómicas, culturales, y políticas (SINAC, 2018) entonces así, se refuerza aún más la propuesta sobre su inclusión. Además es menester considerar que para el 2009 las contribuciones de los parques y reservas biológicas al PIB alcanzaron los ₡778, 000,000 según la Política Nacional de Biodiversidad (CONAGEBIO-SINAC, 2015); de esta manera con los recursos que se cuentan en la comunidad es probable generar ingresos que permitan aumentar la resiliencia de las comunidades de la mano del desarrollo y reconociendo así, el valor de la biodiversidad más allá de los sectores que tradicionalmente la reconocen según la PNB (2015-2030) (CONAGEBIO-SINAC, 2015). Es en este punto en donde entra la propuesta para la utilización de la guía de aves comunitaria, un insumo que se espera sea difundido

dentro de los planes de turismo rural comunitario y el fortalecimiento de capacidades locales que incentiven la educación, la apropiación del territorio y las iniciativas conservacionistas. Debe aclararse que dicha guía fue realizada con historias comunales que los y las mismas habitantes proporcionaron al autor, fue elaborada con un lenguaje inclusivo y lúdico que posibilita su uso al considerar especies que se distribuyen dentro de la misma comunidad como en zonas de mayor concentración ornitológica, es una guía recreativa y no fue generada para grupos especializados o a manera de inventario ornitológico, ya que para la zona se estima se podría alcanzar un registro de ~250 especies, incluyendo aquellas residentes, estacionales o migratorias.

De la misma forma y de manera alternativa se considera que en las zonas de susceptibilidad baja, moderada y alta, es posible incorporar territorios dentro de las diferentes categorías de manejo decretadas dentro de las Áreas Silvestres Protegidas; considerando ASP que combinen el manejo Estatal con el privado, en donde las y los Tabarseños a través de facilitadores ambientales y planes de manejo, administren sus propios recursos en forma de refugios de vida silvestre mixtos o privados, servidumbres ecológicas etc.; categorías inclusivas que generan incentivos para la exención de pagos del impuesto territorial, aumentan el valor de la plusvalía al conformarse con cobertura boscosa, aperturan la vivienda turística recreativa y según Borrini-Feyerabend et al., (2014), “este manejo combinado del territorio a través de procesos que involucren la gobernanza de los recursos, producen resultados más duraderos, con mejores recursos financieros y con un abordaje integral para la reducción de las amenazas”. Además de que se considera que los objetivos de estas categorías de manejo, deben ser un tema de corresponsabilidades entre el Estado, las instituciones y las personas, pues de nada sirve incrementar el área de protección sin una apropiación y logro de objetivos por resultados.

Las listas de organismos que los y las Tabarseñas dijeron haber visto o tenido algún encuentro directo en la comunidad (Cuadro 23); se corroboraron con estas investigaciones casi en un 100%, ya sea por avistamientos directos o métodos indirectos. Además de que

dicha lista fue incrementada por especies de diferentes clases y formará parte de los registros de especies para la comunidad de Tabarcia de Mora y territorios aledaños; ya que en la actualidad son pocos los estudios que hacen referencia a la flora y fauna de la zona (PDTR, 2015; Durán, F. 2014; Alvarado y Bolaños, 2014; ICCA, 2002; SINAC, 2015; Di Stéfano y Morales, 1993; ADESSARU, 2001).

La estimación de la biodiversidad vegetal reflejó valores altos de variabilidad y proporciones semejantes de equitabilidad, dichos índices se espera formen parte de los estudios locales sobre vegetación, su utilidad estriba en que áreas de mayor concentración de variabilidad genética permiten generar contextos o indicadores base para encarar el problema de pérdida de biodiversidad y dirigir esfuerzos de conservación focalizados que posibiliten preservar dichas zonas, además de que en estos puntos se concentran las áreas boscosas asociadas a centros de captura hídrica, menor remoción de suelo por lixiviación y por tanto mayor estabilidad de laderas. La mayor heterogeneidad de morfotipos encontrada en la estación tres, podría deberse a que es una zona alejada de la influencia antrópica, de difícil acceso, con pendientes muy pronunciadas, vientos fuertes y neblinas que posibilitan el establecimiento de diferentes especies simpátricas dentro de la transición o áreas de traslape entre el Bosque Premontano y el Bosque Montano Bajo muy húmedo. Mientras que la mayor homogeneidad en la estación número uno, pueda deberse a que en estos sitios ha existido influencia antrópica relacionada con un recambio, introducción y siembra de especies.

En la zona de estudio fue detectado el vertido de desechos de porquerizas comentado anteriormente; lo cual genera una depositación en el suelo de Cu, Zn, P y N₂; micronutrientes esenciales para el metabolismo de las plantas; sin embargo, un incremento en la concentración estos elementos, podría generar clorosis en las hojas así como retrasos en el crecimiento radicular y del tallo, afectando su rendimiento y propiciando la aparición de enfermedades. Esto podría afectar las áreas de cultivo ubicadas cuenca abajo como el bosque de galería, lugares de mayor concentración boscosa y biodiversidad. Asimismo se genera contaminación hídrica por olores en el aire circundante, debido a una ausencia en la implementación de buenas prácticas. En este tema se considera que debería ajustarse el

principio del que contamina paga de la Ley 31176 (2003) del canon ambiental por vertidos; y no en el sentido económico, ya que sus multas son risorias según el Art. 7 y 20, las cuales cobran por kilogramo de contaminante vertido (medido a través de los Sólidos Suspendidos Totales (SST) y Demanda Química de Oxígeno (DQO)) el equivalente a ~C128 por cada kilogramo de DQO y ~C110 por cada kilogramo de SST. Sino en el sentido de pagar por los costos de restauración y mitigación ambiental generados por tales actividades.

19.- Recomendaciones

Incluir la zona de estudio dentro del Corredor Biológico Garcimuñoz.

Se recomienda para las zonas con reptación y carcavación, establecer sistemas para el manejo de agua pluvial mediante la siembra de cercas vivas con terraceo y con método tres bolillo, auxiliándose de las especies locales identificadas (Cuadro 26) y sobre las curvas de nivel; seleccionando aquellas especies que no agreguen demasiada carga, con raíces profundas y con un manejo de poda que no genere más peso por la acción de los fuertes vientos.

Se recomienda se trabaje en la parte del recambio de imágenes y se utilice la propuesta de guía de aves generada, como instrumento para el reconocimiento de especies locales así como la generación colectiva de un sentimiento de pertenencia e identidad territorial que se vincule con programas de conservación y turismo rural comunitario.

Se recomienda a través de la participación ciudadana y los diferentes actores involucrados en la toma de decisiones ecológico-ambientales, realizar un censo para determinar las áreas que podrían someterse a alguna PSA (incluyendo las áreas de conservación privada) ancladas a los objetivos del CBI-Garcimuñoz y priorizado las modalidades de 1) **Sistemas agroforestales con especies nativas** (e.g. *Inga punctata*, *Dalbergia retusa*) para las áreas de cultivo de café y cítricos; así como a 2) los **sistemas mixtos en agroforestería** para los pequeños productores de ganado porcino y vacuno de Tabarcia. -modalidades que actualmente no se aprovechan para la zona según el último reporte del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal 2019 (Comunicación personal Verónica Madrigal, 02/05/18); 3)

Reforestación con especies nativas (un contrato con una vigencia a 16 años con el más alto rendimiento económico: ₡1,182,250 /ha/5 años) para las zonas con claros vegetacionales o áreas con procesos denudacionales importantes. De preferencia elegir especies freatofíticas que permitan un anclaje del suelo con un incremento en evapotranspiración que influya en la disminución de la saturación de humedad de sus suelos y con un sistema de poda que posibilite mantener fustes cortos y gruesos; disminuyendo así la carga y el riesgo de caída por fuertes vientos e.g. *Ficus* aff. *tonduzii.*, y **4) Protección de bosque y recurso hídrico** a lo largo de las quebradas con cobertura boscosa siguiendo la definición de la Oficina Nacional Forestal del FONAFIFO-Costa Rica., la cual posibilita para territorios indígenas la inclusión de hasta 1,000 ha.

Promover entre las y los habitantes de Tabarcia de Mora y a través de la institucionalidad correspondiente, buenas prácticas que incentiven la conservación de la vida silvestre así como las sanciones respectivas en caso de extracción, comercialización y cacería fuera de la normativa legal.

20.-DISCUSIONES GENERALES

La presente discusión general podría ser reiterativa respecto a las discusiones generadas al final de cada componente; sin embargo se agrega con el objetivo de que el/ la lector(a) pueda tener una visión en conjunto de los puntos analizados en esta investigación. Así mismo sí se requiere de mayor comprensión, se recomienda ir a los apartados respectivos de cada componente; los cuales contienen información más detallada.

Los estudios de Gestión del Riesgo por antonomasia son interdisciplinarios, analizar la vulnerabilidad ambiental o del entorno, requiere de una visión holística que posibilite incluir información pertinente entorno a dicha vulnerabilidad.

Para realizar este análisis, la investigación se dividió en tres componentes: 1) uno abiótico, el cual abordó un análisis geomorfológico del área de estudio, en donde fue incluido un primer inventario de deslizamientos. Los resultados fueron incluidos como indicadores morfodinámicos pasivos para el desarrollo de la metodología de MVM (Mora, R et al., 2002), la cual generó una zonificación de susceptibilidad a deslizamientos, asimismo dichos indicadores se vincularon con la humedad del terreno, el grado de sus pendientes según van Zuidam (1986), la precipitación máxima alcanzada, así como el grado de intensidad sísmica según MM, ya que éstos últimos parámetros están categorizados como elementos disparadores de deslizamientos. Metodológicamente hasta este punto se utilizaron imágenes satelitales para la generación de pares estereoscópicos en conjunto con el programa de Ilwis, de esta forma se obtuvieron las geoformas del área de estudio; De igual manera y con imágenes de google earth y recorridos de campo, pudo completarse el inventario de deslizamientos mencionado representado a través de cartografía digital con ArcMap 10.1.

Los resultados de MVM fueron utilizados para justificar el área de inicio o punto de disparo del deslizamiento a modelizar con el software de Lahar-Z (Schilling, 1992); la cual es una metodología pragmática que utilizó como insumos un modelo digital de elevación, curvas de nivel y parámetros de volúmenes en m³, los cuales fueron estimados tomando como punto de partida la fórmula de Cruden y Varnes (1996), en donde se consideraron las

dimensiones de un deslizamiento denominado Arasarí, el cual fue elegido dentro las diferentes opciones generadas por MVM, por su tamaño y su potencial depositación sobre la quebrada Mónicos, afluente del río Tabarcia, sitio de asentamientos irregulares. En dicha modelización se generaron tres escenarios de deslizamiento con volúmenes de $V1=350,000$; $V2=676,449$ y $V3=1,000,000$; en donde se consideró al máximo escenario, para generar un mapa de amenaza (cartográfica) por deslizamiento, al traslaparse con las unidades habitacionales de la comunidad de Tabarcia.

Los resultados con Lahar-z, fueron utilizados para valorar los factores de exposición de los sistemas hídricos de la ASADA de Tabarcia; sin embargo para poder valorar esto, fue necesario realizar un análisis de contexto y a la vez situacional, ya que no se contaba con información alguna para la zona. Para esto fue georreferenciado el mapa oficial de vulnerabilidad hídrica para la zona según Foster e Hirata (1993). Se observó que la información de vulnerabilidad solo llegaba al límite norte del distrito de Tabarcia. Posteriormente fueron geo-espacializadas las nacientes registradas para el distrito, obtenidas de una base de datos de AyA, en donde fueron incluidos los datos espaciales de sus tanques, quiebragrados y fuentes georreferenciadas directamente en campo. Los resultados reflejaron que sus sistemas hídricos SHi se encontraban fuera de la influencia de modelado con Lahar-z, sin embargo al ser situacional la investigación, se encontró una corona de deslizamiento de 1.6 km., de perímetro, denominado deslizamiento Momoto, que amenaza los SHi de la ASADA de Tabarcia, un conjunto de tanques, nacientes y líneas de aducción que proveen agua para la comunidad de Tabarcia. De igual manera sobre esta quebrada denominada Barro, se encontró un deslizamiento reportado por los mismo/as habitantes, que se encuentra justo sobre la línea de aducción hídrica, el cuál fue denominado por los habitantes como deslizamiento el “Indio Pelao”.

Dentro de los análisis de vulnerabilidad hídrica, fueron considerados aquellos factores antrópicos que estuvieran perturbando sus SHi; para dichos resultados se consideraron las respuestas de los habitantes a través de entrevistas semiestructuradas, como de recorridos en campo; se encontraron 11 diferentes tipos de impactos locales (cuadro 18), los cuales fueron ponderados utilizando el conocimiento experto del autor, en conjunto con un

software denominado EIA09, entre estos y los de mayor impacto están: la minería a cielo abierto por parte de una empresa ubicada en la localidad de Cañas, la cual por ausencia de un sistema de drenaje pluvial, está generando procesos de carcavación, lo cual influye en un aumento de sedimentación hacia la quebrada Mónicos y en la remoción de la cobertura vegetal; esta misma ausencia en el manejo del agua pluvial, se considera generó la expansión de la corona del deslizamiento Arasarí, un sitio de cultivos que a la fecha ha sido abandonados. Las variables fueron ponderadas con categorías de impactos bajos, medianos y altos; en donde se encontró que prevalecen los impactos de categoría moderada (Fig. 51)

En esta misma línea de vulnerabilidad hídrica, fueron ponderadas 37 variables obtenidas de una base de datos de AyA y clasificadas en 5 diferentes tipos de vulnerabilidad, dichas categorías corresponden a: vulnerabilidades estructurales-económicas; sociales-institucionales; técnicas académicas, ecológico-ambientales y por último por exposición a amenazas; en donde los resultados reflejaron los valores más altos para la ASADA de Tabarcia, seguidos por las ASADAS de Los Ángeles, Corralar y Cañas respectivamente. Sin embargo al combinar los resultados de estas posiciones con los factores exposición de los deslizamientos activos de Momoto y el Indio Pelao, se considera que no necesariamente la ASADA de Tabarcia presenta las mejores condiciones, ya que sus SHi se encuentran actualmente amenazados por dichos deslizamientos activos.

Los resultados de los análisis mencionados fungieron para generar una propuesta de zonificación del área de estudio de vulnerabilidad hídrica (fig. 54), en donde no solo se consideraron los valores habituales del método de Foster e Hirata (1993) (los cuales fueron generados utilizando una base de datos proveniente del SENARA); sino que se incluyeron los análisis geoespaciales generados en esta investigación (incluyendo el factor de exposición a deslizamientos); la validación estructural de sus tanques y nacientes de acuerdo a las recomendaciones del CIG-UCR (González, 2014); los análisis de vulnerabilidad diferencial de sus ASADAS, así como los impactos ambientales que inciden en el aumento de la vulnerabilidad hídrica de la zona de estudio. Con los datos anteriores se propuso un mapa cartográfico de vulnerabilidad media con zonas de elevada vulnerabilidad hacia la parte este de Momoto, y considerando el área total de la microcuenca, ya que los

impactos históricos reportados para dicha microcuenca son similares para la zona de estudio (ADESSARU, 2001); además de que se desconoce la distribución de sus SHi del total de la ASADAS; existe una ausencia de información respecto a la conceptualización de su acuífero y de sus zonas de captura; de igual modo es sitio de abastecimiento hídrico para las poblaciones de Tabarcia de Mora, Colón, Puriscal y Acosta.

Dentro de la parte del componente social, la participación comunitaria fue un punto clave y elemental para la obtención de información relacionada con necesidades y problemáticas contemporáneas, que fueron vinculadas con algún tipo de vulnerabilidad, en donde fue considerada una participación equitativa entre hombres y mujeres. Los resultados de las entrevistas semiestructuradas, reflejaron que existe un encadenamiento de tipo red neuronal entre estas necesidades y problemáticas, las cuales fueron categorizadas por el autor tres tipos de vulnerabilidades; estructurales, sociales y ecológico-ambientales. (e.g) los habitantes declararon que existe una ausencia de comunicación y coordinación comunitaria, esto a su vez, estaría incidiendo en una ausencia de responsabilidad ambiental por parte de las personas o las empresas, lo cual repercute en la contaminación de sus ríos, incluyendo el vertido de porquerizas y aguas servidas hacia sus cauces, así como en una ausencia de drenaje pluvial, esto último estaría vinculado con la presencia de deslizamientos. Por otra parte; la ausencia de fuentes de empleo estaría incidiendo en la contratación de elementos de policía, como en un incremento en la venta de drogas, así mismo las personas perciben que esta ausencia de policías repercute en el aumento de robos. Es de esta forma en cómo fueron enlazadas las respuestas de las y los Tabarseños en la comunidad, y en donde, como se comentó en este apartado, no necesariamente existe una asociación determinística de causa-efecto, sin embargo las causas sí son una condición que favorece o incentiva la aparición de dichos efectos relacionados con vulnerabilidades (Fig. 58).

La participación social también fue utilizada en la generación de mapas individuales y colectivos de percepción de amenazas, para dicha generación se generó un taller en el salón comunal con la participación de diferentes personas tomadoras de decisión, entre las cuales se encontraban: la Gestora ambiental de Mora, la Directora del Liceo de Tabarcia, una Lideresa de la asociación de desarrollo local, y demás líderes comunitarios. Durante dicho

taller se llevó a las personas a un ambiente lúdico a fin de generar un ambiente de relajación y participativo; en donde se explicó la forma en como visualizar su vivienda, sus puntos cardinales y sus amenazas comunitarias.

Los resultados revelaron 6 categorías de amenazas presentes (Cuadro 20): 1) Hidrometeorológicas; 2) por movimientos gravitacionales; 3) sismo-tectónicas; tecnológicas; 4) por fenómenos atmosféricos; 5) tecnológicas y 6) finalmente biológicas. Los resultados de dichas amenazas se encuentran plasmados en el cuadro 20, en donde se puede observar que la percepción social de mayor frecuencia relativa se recarga sobre los movimientos gravitacionales; esto se debió a los constantes deslizamientos ocurridos y reportados en la zona de estudio (Cuadro 21), como a las repercusiones sociales generadas, las cuales, la comunidad tiene presente dentro de su memoria histórica; como es el caso del deslizamiento de Cañas ocurrido durante la tormenta tropical Nate (2017). Dentro de los Mapas individuales de percepción de amenazas (MIPA's) la comunidad percibió los efectos de los huracanes, aun estando dentro de la vertiente pacífica; esto es debido a las condiciones climáticas relacionadas con la zona de convergencia intertropical y circulación de los vientos. Así mismo la percepción de los habitantes por posibles desbordamientos de ríos, fue relacionada con posibles represamientos (intencionados o por deslizamientos) ocurridos cuenca arriba, que pudieran originar cabezas de agua o avenidas fuertes. Respecto a la amenaza por sequía percibida por la comunidad, se vinculó a: 1) los desvíos de agua intencionados cuenca arriba, 2) a la falta de un acceso seguro al recurso hídrico (en caso de ruptura de sus líneas de aducción) y a 3) los efectos de El niño sobre la zona pacífico central.

Asimismo fue percibida por los habitantes la falla Jaris descrita por Montero y Rojas (2014), incluso en algunas representaciones el rumbo fue similar, se comentó que esto pudo deberse a los eventos sísmicos recientes y el interés de los habitantes por profundizar en su ubicación, así como a las capacidades académicas del Liceo y de su Municipalidad. Dicha amenaza categorizada como sismo-tectónica incluyó el riesgo de inestabilidad de una escuela en abandono en la comunidad. Finalmente se percibieron amenazas atmosféricas, las cuales incluyeron lluvias, rayos y fuertes vientos, estos últimos podrían llegar a alcanzar

velocidades de hasta 100km/hr según Johanning y Barahona (2015). De igual modo, la venta de gasolina clandestina fue percibida como parte de sus amenazas tecnológicas; ya que esta se vende en unidades habitacionales o talleres, los cuales carecen de las normas regulatorias de almacenamiento y seguridad.

Los mapas colectivos de percepción de amenazas, MCPA's en donde se esperaba una integración de las amenazas descritas de manera individual, reflejaron más bien necesidades, problemáticas y factores subyacentes de riesgo; ya que en el primer MCPA los habitantes plasmaron la necesidad de darle protección a sus nacientes, así como la ubicación de viviendas en riesgo ubicadas después del puente de Tabarcia (Fig. 69), así mismo dentro del segundo MCPA's (Fig. 70) aparecieron condiciones sociales vinculadas a la falta de fuentes de trabajo, el aumento de la mendicidad y la venta de drogas en el parque de la comunidad, actividades humanas asociadas con la construcción social del riesgo.

Se consideró que dentro de los habitantes de Tabarcia existe una correlación entre su 1) memoria histórica, 2) la percepción de sus amenazas, 3) los hechos acontecidos en su comunidad y su 4) percepción prospectiva del riesgo. Ya que los resultados de las entrevistas semiestructuradas en conjunto con la similitud de eventos percibidos en los mapas individuales y colectivos, mantuvieron una asociación con los eventos registrados por DesInventar a partir del año 2003 y su percepción acerca de que si se verían o no afectado/as en un futuro por determinada amenaza.

Como parte de las entrevistas en campo y a sabiendas de que durante la ejecución de esta investigación no existía un comité comunal de emergencias, se les preguntó a las personas sobre su disposición de formar dicho comité. Los resultados revelaron que el 80% de las personas si estarían dispuestas a conformarlo, mientras que las negativas giraron entorno a: la falta de tiempo; al abandono de un primer comité formado durante la tormenta tropical Nate (2017), así como un caso de percepción por discriminación por ser de nacionalidad Nicaragüense.

Dentro del componente biótico fue generada una tabla de 18 especies de organismos vistos de manera directa por los habitantes; (Cuadro 23); así mismo se les consultó sobre la

existencia de algún tipo de aprovechamiento extractivo, el cual estuvo relacionado con la extracción puntual de madera; la caza de venado (en el pasado) y la caza actual de Tepezcuintle o Cherenga; asimismo mediante los recorridos en campo se pudo constatar la extracción ilegal de aves del orden Passeriformes y Psittacidae. También fue detectada la posesión de un mono cariblanco a través de una denuncia hecha en el SITADA.

Posteriormente se procedió con la instalación de cámaras trampa en puntos estratégicos, junto con la observación directa e identificación de la ornitofauna local, así como la obtención de registros indirectos de vida silvestre a través de huellas según Aranda (2012); con esto fue posible generar una primer lista de organismos de vida silvestre para la comunidad, (Ap. II) y sobre la cual, se justificó una propuesta de inclusión del área de estudio dentro del corredor biológico Garcimuñoz, ya que los resultados reflejaron que, a través de un análisis de correspondencia de especies entre las zonas protectoras de los Cerros de Escazú y el Rodeo, existe una gran similitud entre las especies registradas entre estos tres sitios, (Fig. 91) esto se traduce en zonas de interconectividad y de pasos de fauna silvestre. Con dicha propuesta será posible además promover la conservación de servicios ecosistémicos (incluyendo la estabilización de sus laderas), anclarse a programas de identidad y fortalecimiento cultural (como la instauración del actual museo Huetar) e incentivar la participación ciudadana como elemento vinculante en la generación de resiliencia.

Correspondiente a los sistemas vegetales, se realizaron estudios sobre biodiversidad con morfotipos; utilizando el índice de Shannon y Weaver (1994), en donde se obtuvieron puntajes de: $H=3.09$ y $H= 3.37$, valores que reflejan en los transectos muestreados, buenos índices de diversidad, si se considera que $H=5$ es asignado a sistemas arrecifales y manglares con saludables estados de conservación (Torres-Torres et al. 2016). Con estos valores se refuerzan las propuestas de conservación mencionadas anteriormente; además de que es menester mencionar que dichas zonas de elevada biodiversidad, estuvieron asociadas a sus quebradas con fuertes pendientes, sitios utilizados como refugios de vida silvestre.

Como parte de un valor agregado a esta investigación y pragmatizando los ámbitos de reducción de riesgo respecto a la participación social y la gestión del conocimiento, fue desarrollada una guía de aves comunitaria, la cual pretende ser un instrumento de apropiación de recursos y fortalecimiento de las capacidades locales en materia de turismo rural comunitario. Dicha guía fue elaborada considerando el conocimiento comunal y la distribución de especies dentro de la misma localidad, no pretende ser un inventario de especies y está generada de manera lúdica para que él o la lectora, le sea posible identificar las especies de una manera sencilla. Además dentro de la guía se generó una historia ficticia que alienta a las personas a descubrir el canto y la especie de ave que dio origen a la fundación del pueblo de Tabarcia de Mora.

Además, se discute que es imperante que se contemple una responsabilidad de riesgos generados, tal y como se expone desde el contexto ambiental en el artículo 3 de la Ley de Biodiversidad para Costa Rica, (Ley 7788, 1998) el cual dice que: “el Estado regulará el uso, el manejo, el conocimiento asociado y la distribución justa de los beneficios y *costos derivados* del aprovechamiento de los elementos de la Biodiversidad”; en donde por definición, se incluye a los ecosistemas y por ende a los recursos naturales. Dicha distribución justa de beneficios, no se ajusta al último valor del coeficiente de Gini que alcanza valores de 48.3 para Costa Rica, según el Banco mundial (2017) y el cual mide la disparidad de ingresos entre la población; como tampoco se ajusta con el porcentaje de personas con necesidades básicas insatisfechas NBI (tabla 15 Apéndice I) para el distrito de Tabarcia de Mora, con cifras que alcanzan al 30% de la población. Estos indicadores pueden reflejar al menos en parte, el incumplimiento de los objetivos de esta Ley.

Respecto a la distribución de los costos o riesgos generados por el uso y manejo de los recursos, se considera que existe una falta de responsabilidad que permita la apropiación, mitigación y remediación de dichos riesgos. Tal es el caso de las actividades antrópicas insostenibles que generan impactos ambientales en Tabarcia de Mora; como el depósito de cerdaza y broza hacia sus ríos, quebradas y fuentes de abastecimiento hídrico; así como a la falta de responsabilidad social de la empresa el Tajo, que a la fecha no ha asumido dichos

costos ambientales, generados en parte, por una ausencia efectiva de sistemas pluviales en sus instalaciones; así pues, con cada uno de los impactos encontrados en la comunidad de Tabarcia, de manera que, a la ausencia de dicha figura que asuma tales costos, sea persona, empresa, población, sector, institución etc. se generarán condiciones de vulnerabilidad y propensión a desastres.

Dentro de las *actas de consejo de las sesiones ordinarias del Gobierno local de Mora*, predominan durante los últimos meses en materia ecológico-ambiental temas relativos a: la tala de árboles (78,000 autorizados en la zona indígena Quitirrisí) y su relación con los deslizamientos en Quebrada Honda; la siembra de pinos maderables que perturban las condiciones ecológicas para especies locales,; la extracción de madera a través de sus cauces; la contaminación de sus ríos por vertido de desechos provenientes de chancheras y granjas avícolas; los malos olores generados; el desabastecimiento de agua en algunas comunidades (San Bosco) por el paso de Nate, vinculado con averías en sus desarenadores; necesidades relacionadas al tratamiento y disposición final de residuos sólidos; preocupación de los habitantes de Corralar por la localización de la falla de Jaris en su comunidad y su asociación con el otorgamiento para los permisos de construcción; la reducción de gastos a organismos de primera respuesta (Cruz Roja); el aumento de la incidencia delictiva y la ausencia de una policía local, (Sesiones ordinarias No. 121 (2018); 74(2019); 81(2019); 140(2019); 141(2019); 143(2019); 144(2019); 151(2019); 152(2019); 161(2019). Por tanto, si se relacionan dichos temas que coinciden en su mayoría con los resultados arrojados en esta investigación, con los efectos o consecuencias producidas y los gastos que conllevarían las etapas de atención, mitigación o en su caso rehabilitación y reconstrucción, se recomienda que se incorpore dentro de las políticas públicas y de desarrollo sostenible para el Cantón, un departamento de Gestión de Riesgos que visualice de manera holística y transversal dichas problemáticas con énfasis en desastres, mediante el abordamiento de estrategias prospectivas que disminuyan riesgos y costos sociales, ecológico-ambientales y económicos, pues actualmente el Cantón presenta una deuda pública de C 900 millones.

Por último se considera que para avanzar en el cumplimiento del conjunto de metas ambiciosas establecidas en los instrumentos normativos de la figura 102, y en la reducción de la vulnerabilidad ambiental de la comunidad de Tabarcia de Mora; es necesario se aborden las diferentes vulnerabilidades de manera holística, pues éstas, tal y como se esquematizó en la fig. 5., se encuentran interconectadas. Ya que como se observó en los resultados del componente abiótico, las distintas geoformas, incluyendo las susceptibilidades diferenciadas encontradas en MVM, repercuten en las vulnerabilidades de sus sistemas hídricos (al estar dentro de los factores de exposición a deslizamientos); dichas vulnerabilidades hídricas a su vez, se encontraron influenciadas por las diferentes categorías de vulnerabilidades de sus ASADAS establecidas en el cuadro 15, en donde se observó que el componente social incide, a través de sus actividades humanas insostenibles, en un incremento de la vulnerabilidad. Asimismo dicho enfoque holístico debe contemplar la percepción de las amenazas comunitarias, sus necesidades y problemáticas contemporáneas y los eventos de perturbación encontrados dentro del componente biótico, los cuales podrían incidir incluso en el aumento de susceptibilidades a deslizamientos, al disminuir tanto las coberturas vegetacionales como las poblaciones de vida silvestre que mantienen el equilibrio ecológico y los servicios ambientales

21.- CONCLUSIONES

La metodología de Mora Vahrson Mora (Mora et al., 1992) es un procedimiento eficiente que permite realizar una zonificación de las áreas de susceptibles a deslizarse, de fácil implementación y que posibilita disminuir costos para la planificación del territorio.

A escalas menores a 1:25,000 es recomendable utilizar parámetros geomorfológicos, ya que permiten realizar una discriminación del terreno con base en sus geoformas y su relación con movimientos gravitacionales.

La modelización con Lahar-z es una metodología que permitió establecer zonas de amenaza de una manera cartográfica.

Las comunidades de Tabarcia de Mora y Corralar, se encuentran rodeadas de hacia su parte norte de altas susceptibilidades de deslizamiento, para lo cual se considera un tema de vital importancia que debe ser incorporado en las políticas locales de Gestión del Riesgo y de desarrollo, con énfasis en los asentamientos con influencia de zonas a deslizarse según los resultados de MVM y Lahar-z.

Considerando los parámetros de las variables utilizadas en la metodología MVM con escenarios máximos, eventos extremos de variabilidad climática, movimientos sísmicos de gran magnitud y el inventario de deslizamientos generado, no se descarta la generación de deslizamientos múltiples sobre la quebrada Mónicos y Mina.

Es necesaria una georreferenciación y validación de los SHi de las ASADAS de los Ángeles, Cañas y Corralar, a fin de establecer relaciones de afectación por exposición a deslizamientos en el distrito, así como atención inmediata en el mejoramiento de la infraestructura de sus centros de captura, y almacenaje; incluyendo el acueducto donde se encuentra ubicado el deslizamiento el “El Indio Pelao”

Se necesitan más estudios sobre perforaciones dentro del distrito de Tabarcia de Mora con el objetivo de conceptualizar su acuífero, así como investigaciones que determinen sus centros de captura hídrica con el objetivo de establecer estrategias de protección y conservación.

Mediante un portafolio de proyectos se necesitan abordar los impactos antrópicos encontrados, ya que en cada uno de ellos demanda una estrategia integral e intersectorial para su mitigación, monitoreo y resolución.

El aporte de la participación comunitaria le brindó veracidad y confiabilidad a los estudios de vulnerabilidad generados, esto a través de las entrevistas mixtas que posibilitaron la creación de problemáticas y necesidades contemporáneas así como los mapas de

percepción, los cuál permitió incluir la forma en como los y las Tabarseñas conciben su territorio entorno a sus amenazas.

Los estudios realizados de vida silvestre en la zona, incluyendo sus registros directos e indirectos permitieron establecer un patrón de correspondencia entre las ASP contiguas; hallazgo significativo para la generación de una propuesta de conservación de la mano con el desarrollo local y la gestión de riesgo en desastres.

La comunidad de Tabarcia de Mora presenta un gran potencial para realizar programas de turismo rural comunitario en función de sus recursos locales y los inventarios biológicos realizados. Propuestas que deben ser ancladas a programas de conservación enfocadas a la protección de sus bosques, recurso hídrico y estabilidad de laderas.

Los estudios de Gestión del Riesgo deber ser integrales, considerando que las vulnerabilidades ecológico-ambientales se encuentran ligadas con las sociales, las hídricas y las de la propia microcuenca (en función de la inestabilidad de sus laderas) conforme se explicó su grado de interconexión e influencia en la figura No.5.

21.- BIBLIOGRAFÍA

- Adamo, S., Razafindrazay, L., y Sherbinin, A. (2012). *Áreas de alta vulnerabilidad ambiental en América Latina y el Caribe: Una perspectiva regional a escala subnacional*. En: Notas de Población. CEPAL. 177-207 pp.
- ADESSARU (2001). Asociación Para el Desarrollo Sostenible de San José Rural. *Plan Estratégico de Desarrollo Sostenible para la Cuenca del Río Tabarcia y Río Negro*. ICCA.
- Adger, N., Kelly, M, y Bentham, G. (2001). *Nuevos Indicadores de Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa*. Documento Presentado al Taller Internacional sobre Vulnerabilidad Global y Cambio Ambiental. Suecia.
- Alvarado, D., y Durán, F. (2006) *Avifauna de los Cerros de Escazú*. Costa Rica. Brenesia. 66:37-47
- Alvarado, G., y Bolaños, S. (2014) *Lista de aves del Rodeo, Cantón de Mora, San José, Costa Rica*. Museo Nacional de Costa Rica.
- Aranda, M. (2012) *Manual para el rastreo de mamíferos silvestres de México*. México. ISBN: 9786077607694
- Amaris, C. (2016) *El Pueblo Huetar y los indígenas sin pueblo: Diferencias y similitudes en cuanto a residencia y ocupación en el censo del 2011 de Costa Rica*. Reflexiones. 95 (1) 33-49
- Arroyo, M., Godínez, K., y Linkimer, L. (2017). *Complejidad del catálogo de la Red Sismológica Nacional de Costa Rica durante 1975-2014*. Boletín de Geología 39 (3): 87-98
- Banco Mundial (2019) *Índice de Gini*. (Base de datos) Recuperado de: <https://datos.bancomundial.org/indicador/SI.POV.GINI?view=map>
- Barahona O, D., Méndez, H, J., y Sjobohom C. L., (2013) *Análisis de la susceptibilidad a deslizamientos en el distrito de tres equis: Una base para la gestión del riesgo y ordenamiento territorial, Turrialba, Costa Rica*. Memoria de Seminario de graduación. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias. Costa Rica.
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I., Wisner, B. (1994) *At Risk: Natural Hazards Peoples Vulnerability and Disasters*, Londres. Routledge.
- Beck, U. (1986) *La Sociedad del Riesgo: Hacia una nueva modernidad*. Paidós. Barcelona, España. 393 pp. ISBN. 84-493-1892-0.

Borges, S. y Mora, J. (2013) *Determinación de la amenaza por deslizamientos en la infraestructura del sistema de acueductos administrados por el AyA, en los Cantones Puriscal y Mora*, Costa Rica. Memoria de práctica. Universidad de Costa Rica.

Borrini-Feyerabend, G., P. Bueno, T. Hay-Edie, B. Lang, A. Rastogi and T. Sandwith (2014). *A primer on governance for protected and conserved areas, Stream on Enhancing Diversity and Quality of Governance*, 2014 IUCN World Parks Congress. Gland, Switzerland: IUCN.

Cannon, T., Twigg, J., Rowel, J. (2003) *Social Vulnerability: Sustainable Livelihoods and Disasters*. Reporte de DFID Departamento de Conflictos y Asistencia Humanitaria y Oficina de bienestar y soporte. Recuperado de: http://www.benfieldhrc.org/disaster_studies/projects/soc_vuln_sust_live.pdf

Cardona, O.D. (2003) *La noción del Riesgo de Desastres: Marco conceptual para el manejo integrado del riesgo*. IADB/IDEA. Programa para indicadores del manejo del riesgo de desastres. Universidad Nacional de Colombia, Manizales.

Cardona, O.D., Hurtado, J.E., Duque, G. Moreno, A. Chardon, A.C., Velásquez, L.S., y Prieto, S.D. (2003) *La Noción del Riesgo desde la Perspectiva de los Desastres: Marco Conceptual para su Gestión Integral*. BID/IDEA Programa de Indicadores para la Gestión de Riesgos, Universidad Nacional de Colombia. Manizales.

Castro, L. I y Cano, R. (2013) Pobreza y vulnerabilidad: factores de riesgo en el proceso educativo. Contextos educativos 16:55-72.

CATIE, Centro agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2017). *El clima el cambio climático, la vulnerabilidad y acciones. Conceptos básicos*. Conservación Internacional.

Chassoul, A. M. (2015) *Condición ambiental de los Poblados en Cerrillos, Sabana Bonita y Peñas Blancas, Puntarenas*. Costa Rica. InterSedes. XVI (34-2015). 1-18 p

CEDI, Centro de Documentación, AyA. *Bibliotecas digitales*. (Base de datos) recuperado de: <https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/SitePages/DocumDigitales.aspx>. junio del 2018.

CGR (2010) Contraloría General de la República *Ranking municipal*. Recuperado de: <https://www.cgr.go.cr/03-documentos/publicaciones/informe-opinion-gob-loc.html>

CGR (2019). Contraloría General de la República *Ranking municipal*. Recuperado de: <https://www.cgr.go.cr/03-documentos/publicaciones/informe-opinion-gob-loc.html>

CNE, (S.F) Mapa de Amenazas y peligros para el Cantón de Mora. Recuperado de: https://www.cne.go.cr/reduccion_riesgo/mapas_amenazas/index.aspx

CNE. (2012) Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias *Histórico de Desastres en Costa Rica (Febrero de 1723-Setiembre 2012)*. San José de Costa Rica. ISBN. 978-9968-716-22-2

CNE. (2015) Comisión Nacional de Prevención de Riesgos y Atención de Emergencias *Política Nacional de Gestión del Riesgo 2016-2030*. ISBN: 978-9968-716-37-6.

CNE (2017) *Afectaciones por lluvias intensas asociadas a la depresión No.26 y Tormenta Tropical Nate*. Recuperado de: <https://reliefweb.int/report/costa-rica/afectaciones-por-lluvias-intensas-asociadas-la-depresi-n-tropical-no-26-y-tormenta>

CONABIO (2017) Comisión Nacional Para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad *Biodiversidad Mexicana*. Aprovechamiento sustentable. Recuperado de: <http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/cbmm/aprovechamiento.htmlb>

CONAGEBIO-SINAC (2015). Comisión Nacional para la Gestión de la Biodiversidad-Sistema Nacional de Áreas de Conservación. *Política Nacional del Biodiversidad (2015-2030)*. Costa Rica., San José, Costa Rica.

Constitución Política de Costa Rica (2014). *Modificación del Art. 50* Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/pronunciamiento/pro_ficha.aspx?param1=PRD¶m6=1&nDictamen=18078&strTipM=T

Cordero, C.D. (2008) *Esquemas de Pagos por Servicios Ambientales para la Conservación de Cuencas Hidrográficas en el Salvador*. Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) 17(1) 54-66.

Corell R, Cramer W, Schellnhuber HJ (2001) *Methods and models of vulnerability research, analysis and assessment*. En: Symposium en Potsdam sustainability days.

Cortés, M. (2016) *Manejo de Cuencas Hidrográficas compartidas en Centroamérica. Controversias Internacionales y Efectos Jurídicos*. Universidad de Costa Rica. Facultad de Derecho. San José, 2016

COSEVI (2017) *Anuario estadístico de accidentes de tránsito con víctimas en Costa Rica*. Vol. 2. ISSN. 2215-5236

Cruz, V., Gallego, E., y González de Paula, L. (2008). *Guía de uso EIA09*. Universidad Complutense de Madrid. España.

Decreto ejecutivo 41136, (2018). *Política Nacional de Desarrollo Urbano 2018-2030 y Plan de Acción 2018-2022*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=86666&nValor3=112563&strTipM=TC

Denyer, P., y Arias, O. (1991) *Estratigrafía de la Región Central de Costa Rica*. *Revista Geológica de América Central*. 12:1 59. Universidad de Costa Rica.

DesInventar, (2019) *Sistema de Inventario de Efecto de los Desastres*, recuperado de: <http://www.desinventar.org/>

DGM (2017). Dirección de Geología y Minas Lineamientos y Estándares del mapa geológico de Costa Rica a escala 1:50 000.

Di Stéfano, G. J., y Morales, C.O. (1993) *Inventario florístico en varias áreas boscosas en Tabarcia de Mora y Palmichal de Acosta, Costa Rica*. *Rev. Biól. Trop.* 41 (3):423-431.

DOF. (2006) *Diario Oficial de la Federación. Ley Nacional de Emergencias y Prevención del Riesgo*. Asamblea Legislativa. Costa Rica.

ESPON. (2003) European Spatial Planning Observation Network *Glosario de Términos*. Recuperado de. <http://www.gsf.fi/projects/espon/glossary.htm>

Figueroa, S. (2013) *Estudio del peligro por flujos de detritos y corrientes hiperconcentrados mediante simulación numérica en FLO-2D, caso de estudio: Anganguero, Mich.* Tesis. Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo.

Foster, S y Hirata, R. (1987) *Contaminación de Aguas Subterráneas*, documento del CEPIS, con la OMS y la OPS, Lima.

García, E., Aristizábal, E., Marín, R., Guzmán, J. (2019) *Implementación del modelo TRIGRS con análisis de confiabilidad para la evaluación de la amenaza a movimientos en masa superficiales detonados por lluvia*. ResearchGate: Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/330764491>

Garrigues, R. y Dean R. (2017) *Aves de Costa Rica*. Guía de Campo. 2da ed. Zona tropical.

Geertsema, M., Highland, L., y Vagueouis, I. (2009) *Environmental Impact of Landslides* en: Sassa, K. y Canuti, P. (Eds), *Landslides- Disaster Risk Reduction*. Springer, Berlin.

Geocad (s.f) Estudios Ambientales S.A. *Desarrollo de escenarios por inestabilidad a laderas para la implementación de restricciones, en el uso de la tierra en las áreas de influencia de los deslizamiento de Tapezco y Chitaria, Santa Ana, San José*.

Gómez, J.J. (2001) *Vulnerabilidad y Medio Ambiente*. División de Medio Ambiente y Asentamientos Humanos. CEPAL. Naciones Unidas. Santiago de Chile.

González, M. (2014) *Aplicación de metodologías para la delimitación de zonas de protección de nacientes: Casos Rosario y San Miguel, Naranjo de Alajuela*. Tesis. Universidad de Costa Rica.

Granados, A., y León, A. (2013) *Análisis de la Fragmentación y Conectividad del Bosque en la parte alta de la subcuenca del río Tapezco con el fin de proteger el recurso hídrico de Zarcero, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, Facultad de Ciencias Sociales, Escuela de Geografía.

Griswold, J. e Iverson, R. (2014) *Mobility Statics and Automated Hazard Mapping for Debris Flows and Rock Avalanches*. U.S.G.S. Virginia. U.S.

Gutierrez, JM., León, G., Lomonte, B., Rucavado, A., Chaves, F. (1998) *Neutralization of local tissue damage induced by Bothrops asper (terciopelo) snake venom*. *Toxicon*. 36: (11) 1529-38

Hernández, E. y Retana, D. (2016) *El Enfoque Territorial Participativo como Herramienta para la Gestión de Cuencas Urbanas, el caso de la microcuenca del río Burío-Quebrada Seca. Heredia-Alajuela, Costa Rica*. Tesis de Licenciatura. Escuela de Geografía. Facultad de Ciencias Sociales. Universidad de Costa Rica.

Heron, S., Morgan, J., Eakin, M., y Skirving, W. (2005). *Hurricanes and their Effects on Coral Reefs. Status of Caribbean Coral Reefs after Bleaching and Hurricanes*.

Holdridge L., Grenke W., Hatheway W., Liang T., Tosi J., (1971) *Forest environments in tropical life zones, a pilot study*. Pergamon Press, Oxford.

Hutchinson, G. (1957) *Concluding Remarks*. Cold Spring Harbor Symp. Quant. Biol. 22.415-427

IMN. Instituto Meteorológico Nacional (2019) *(base de datos)* recuperado de: <https://www.imn.ac.cr/inicio> septiembre 2018.

INBIO. (2017) Instituto Nacional de Biodiversidad. *Biodiversidad de Costa Rica*. Recuperado de: http://www.inbio.ac.cr/es/biod/bio_biodiver.htm. 19 de mayo de 2017.

INDER. (2014) Instituto de Desarrollo Rural de Costa Rica. *Informe de Caracterización Básica*. Territorio Turrubares-Puriscal-Mora-Santa Ana.

INEC (2019) *Censos 2011*. (Base de datos). Recuperado de: <http://sistemas.inec.cr:8080/bincri/RpWebEngine.exe/Portal?BASE=2011&lang=esp>

INTA. (2016) Instituto de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. *Suelos de Costa Rica Orden Spodosol*. San José de Costa Rica.

IPCC, (2001) Intergovernmental Panel for Climate Change Climate. Reporte: *Una contribución de los grupos I, ii y II la tercera valoración del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático*.

IPBES. (2019) Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. *Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem services*. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondizio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat, Bonn, Germany.

ITCR. (2014). Instituto tecnológico de Costa Rica. Atlas de datos geoespaciales de Costa Rica.

Jiménez, C. J., y Jiménez, G.I. (2008). *El nuevo Procedimiento para la Evaluación de Impacto Ambiental en Costa Rica*. Trabajo final de investigación aplicada sometida a la consideración de la Comisión del Programa de Estudios de Posgrado en Derecho, para optar al grado de Magister en Derecho Ambiental. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica.

Johanning, C. y Barahona, R. (2015). *Código de viento para Costa Rica*. Boletín estructural. Lanamme UCR. No. 5

Keller, E.A. y Blodgett R.H. (2007). *Riesgos naturales: Procesos de la tierra como riesgos, desastres y catástrofes*. Pearson Prentice Hall, España.

Kok, M., Vishal N., Wonink S., y Jager, J. (2006) *Human Vulnerability to environmental change: An approach for UNEP's Global Environment Outlook* en: Birkmann, J. (ed.), *Measuring Vulnerability to Natural Hazards: Toward Disaster Resilient Societies*. UNU-EHS. Tokio-New York-Paris.

Lavell, A. (1994). *Al norte del río grande*. La red. 20 pp.

Lavell, A. (2000) *Desastres y desarrollo: hacia un entendimiento de las formas de construcción social sobre un desastre. El caso del huracán Mitch en Centroamérica*, en Nora Garita y Jorge Nowalski (eds.), *Del desastre al desarrollo humano sostenible en Centroamérica*, Banco Interamericano de Desarrollo-Centro Internacional para el Desarrollo Humano Sostenible, San José de Costa Rica, pp. 7-45

Lavell, A. (2003) *La Gestión Local del Riesgo. Nociones y Precisiones en Torno al Concepto y la Práctica*. Programa Regional Para La Gestión del Riesgo en América Central. CEPREDENAC-PNUD.

Leenders, T. (2001). *A guide to amphibians and reptiles of Costa Rica*. Nueva York: Zona Tropical.

Ley 31176 (2003) *Reglamento de Canon ambiental por vertidos*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=50792&nValor3=69949&strTipM=TC

Ley 40043 (2016) *Regulación del Programa Nacional de Corredores Biológicos*. recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=83424&nValor3=107128&strTipM=TC

Ley 6172 (1977) *Ley Indígena*. Sistema Costarricense de Información Jurídica. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=38110&nValor3=66993&strTipM=

Ley 7317 (2012). *Ley de Conservación de vida silvestre*. La asamblea legislativa de Costa Rica. Recuperado de: <https://www.conagebio.go.cr/Conagebio/public/documentos/legislacion/Leyes/Ley%20de%20Conservaci%C3%B3n%20de%20la%20Vida%20Silvestre,%20N%C2%B0%207317.pdf>

Ley 7554 (1995) *Ley Orgánica del Ambiente*. Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=27738&nValor3=116998¶m2=1&strTipM=TC&lResultado=2&strSim=simp

Ley 7788 (1998) *Ley de Biodiversidad*. Sistema Costarricense de información jurídica. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param2=NRTC&nValor1=1&nValor2=39796&strTipM=TC

Ley 8839 (2010) *Ley para la Gestión Integral de Residuos Sólidos*. Asamblea Legislativa de Costa Rica. Recuperado de: https://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?nValor1=1&nValor2=68300

Ley 38863 (2010) *Reglamento para el trámite de permisos y control de aprovechamiento maderable, en terrenos de uso agropecuario, sin boque y situaciones especiales en Costa Rica, y oficialización del Sistema de Información para el Control del Aprovechamiento Forestal (SICAF)*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=79210&nValor3=100086&strTipM=TC

Makarieva A., y Gorshkov, V. (2007) *Biotic pump of atmospheric moisture as driver of the hydrological cycle on land*. Hydrol. Earth Syst. 1013:1033

Mascrey, A. (1998) *El Riesgo*. En A. Mascrey (Edit), *navegando entre brumas: La aplicación de los Sistemas de Información Geográfica al Análisis de Riesgos en América Latina*. Bogotá. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina.

Mata, J. A. (2008) *Fenómenos Naturales Destructivos: Orígenes y Consecuencias*. UCR. Costa Rica.

MINAE-CONAGEBIO-SINAC (2016) *Estrategia Nacional de Biodiversidad 2016-2025. Costa Rica*. FMAM-PNUD, Fundación de Parques Nacionales-Asociación Costa Rica por Siempre, San José, Costa Rica.

MINAE-S. (2002) *Reglamento ara la Regulación del Sistema de Almacenamiento y Comercialización de hidrocarburos*. en: La Gaceta. (2002) 43. Poder ejecutivo de Costa Rica.

MIVAH. (2013) Ministerio de Vivienda y Asentamientos Humanos. *Política Nacional de Ordenamiento Territorial. 2012-2040*. Costa Rica.

Montero, W. y Rojas, W. (2014) *Las fallas purires y picagres y su relación con la secuencia sísmica de Puriscal de 1990*. Revista Geológica de América Central. 50:39-69.

MOPT (2019) *Dirección de Proyectos. Estadísticas de muertos en sitios provisionales de tránsito 2018-agosto 2019*.

Mora, A., (2013) *Propuesta de zonificación ambiental para las microcuencas de los ríos Blanco y Cuipilapa, Bagaces, Costa Rica*. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ciencias Sociales. Escuela de Geografía.

Mora, C., Tittensor D.P., Adl S., Simpson A., Worm, B. (2011) *How Many Species Are There on Earth and in the Ocean?*. PLOS Biology 9(8): Recuperado de: <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001127>

Mora, M., y Peraldo, G. (2011) *Análisis macrosísmico del terremoto de buena vista de Pérez Zeledón, 3 de Julio de 1983. (M=6.1) Costa Rica*.

Mora, R., Mora, S., y Wilhem-Ghunter, V. (1992) *Macrozonificación de la amenaza de deslizamientos y resultados obtenidos en el área del Valle Central de Costa Rica.- Escala 1:286 000*, CEPREDENAC, San José.

Mora, R., y Pirulli, M. (2017) *Deslizamiento las Torres, Volcán Irazú, Costa Rica: Definición de su volumen y su dirección preferencial de movimiento*. Revista Geológica de América Central. 56:51-67.

Mora, R. (s.f) *Deslizamiento de Bajo Gamboa, Costa Rica: La posibilidad de una estabilización rentable*. Recuperado de: <https://www.eird.org/deslizamientos/pdf/spa/doc15361/doc15361.htm>

Mora, S. (1985). *Las laderas inestables de Costa Rica*. Revista Geológica de América Central. 3:129-161. San José de Costa Rica.

Mora, S. (1990) *El deslizamiento de Puriscal. Estudio geológico y geotécnico*. ResearchGate. Recuperado de: <https://www.researchgate.net/publication/275971745> El

Mora, R. (2004) *Evaluación de la susceptibilidad al deslizamiento del Cantón de San José, Provincia de San José, Costa Rica*. Proyecto FUNDEVI. 0960.

ONU. (1995) *The Copenhagen Declaration and Programme of Action* (Nueva York: Organización de las Naciones Unidas).

ONU. (2015) *Marco de Acción Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030* en: Spicker, P., Álvarez, S. y Gordon, D. (1993). *Definiciones de pobreza, doce grupos de significados*.

Paniagua A, y Moyano, E. (1998) *Medio Ambiente, Desarrollo Sostenible y Escalas de Sustentabilidad*. Reis. Revista Española de Investigaciones Sociológicas. No. 83.

PNUD-FOMUNDE. (2009). Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo- Proyecto de Fortalecimiento Municipal y Descentralización Plan de Desarrollo Humano Local- Cantón de Mora *Proyecto de fortalecimiento de las capacidades municipales para la planificación del desarrollo humano local en Costa Rica*. Cantón de Mora. San José, Costa Rica.

PDRT. (2015) *Plan de Desarrollo Rural Territorial. Puriscal-Turrubares-Mora-Santa Ana*. Consejo Territorial de Desarrollo Rural. Consejo Territorial de Desarrollo Rural.

Peraldo, G., y Rojas, E., (2000). *Catálogo de deslizamientos históricos de Costa Rica, periodo 1772-1960*. Revista Informe Semestral del Instituto Geográfico Nacional.

Peraldo, G. y Solís, L. (2000) *Informe sobre el deslizamiento y avalancha del cerro del silencio, Cantón Central, Puntarenas*. UCR Escuela de Geología.

PNUD. (s.f) Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. *Cooperación regional para reducir la vulnerabilidad ambiental y promover el desarrollo sostenible en Centroamérica*. Recuperado de: <https://www.cne.go.cr/CEDO-CRID/pdf/spa/doc1195/doc1195.htm>

PEN. (2015) *Programa Estado de la Nación Armonía con la Naturaleza*: recuperado de: <http://estadonacion.or.cr/22/> 5 de abril de 2018.

PEN. (2018) *Programa Estado de la Nación Armonía con la Naturaleza*: recuperado de: <http://estadonacion.or.cr/22/> 6 de abril de 2018.

Pizarro, R. (2001) *La vulnerabilidad social y sus desafíos: una mirada desde América Latina*. Estudios Estadísticos y Prospectivos. CEPAL, Santiago de Chile.

PRUGAM, (2015) *Planificación Regional y Urbana de la Gran Área Metropolitana (GAM) del Valle Central de Costa Rica*. Recuperado de: http://www.senara.or.cr/acerca_del_senara/direcciones/direccion_de_investigacion_y_gestion_hidrica/mapas_de_vulnerabilidad/Mapa%20de%20vulnerabilidad%20canton%20de%20Mora.jpg

Rodríguez-Herrera, B., Ramírez-Fernández, J., Villalobos-Chávez, D., y Sánchez, R. (2014). *Actualización de la lista de especies de mamíferos vivientes de Costa Rica*. Mastozoología Neo tropical, Escuela de Biología. Universidad de Costa Rica. ISSN: 0327-9383

Romero, R. R. (2012) *Diagnóstico de Vulnerabilidad económica y capacidades de las familias que habitan en el cerro el Jordán frente a la amenaza de deslizamientos para la*

identificación de emprendimientos sociales. Tesis. Universidad Casa Grande. Guayaquil, Ecuador.

Sánchez-Gonzales, D. y Carmen Egea-Jiménez. (2011) *Enfoque de vulnerabilidad social para investigar las desventajas socio ambientales. Su aplicación en el estudio de os adultos mayores*. Scielo

Schilling, P.S. (1998) *LAHARZ: GIS programs for automated mapping of lahar-inundation hazard zones*. Open filed report, 98-638

Schmidt, D., (2006) *Proyecto de investigación: Redefinición de la escala de intensidad Mercalli Modificada para Costa Rica, No. 731-A5-093*. Universidad de Costa Rica. Facultad de Ingeniería. Laboratorio de Ingeniería Sísmica.

Segura, G., Badilla, E., Obando, L. (2011) *Susceptibilidad al deslizamiento en el corredor Siquirres-Turrialba*. Revista Geológica de América Central. 45: 101-121. ISSN: 0256-7024

SEMARNAT, (2013) Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, *Cuadernos de divulgación ambiental*. Cuencas Hidrográficas: fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Distrito Federal, México.

Shannon, C., Weaver, W., (1949) *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. Urbana, IL, EEUU. 144pp.

SINAC (2015) *Plan General de Manejo zona Protectora Cerros de Escazú 2015-2025*. Recuperado de <http://www.sinac.go.cr/ES/planmanejo/Plan%20Manejo%20ACC/Zona%20Protectora%20Cerros%20de%20Escas%C3%BA%202015-2025.pdf>

SINAC (2018) Sistema Nacional de Áreas de Conservación. *Oficialización del Corredor Biológico Interurbano Garcimuñoz*. Recuperado de: http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=89162&nValor3=116926&strTipM=TC

SITADA. (2019) Sistema Integrado de Trámite de Denuncias Ambientales (*Base de datos*) recuperado de: <http://www.sitada.go.cr/denunciaspublico/>. Junio del 2019

Soto Morera, M. (2002). *Efecto trombocitopénico inducido por el veneno de Bothrops asper*. Universidad de Costa Rica. Trabajo final de graduación para optar por el grado de licenciatura en Microbiología y Química Clínica.

Suárez, A. M., Peraldo, G., Badilla, E., Obando, L.G. (2009) *Zonificación geomorfológica para la evaluación de la susceptibilidad a deslizamientos en la cuenca del río, Puriscal, Costa Rica*. Rev. Geol. Amé. Central, 41:55-69

Suárez, P. (2002) *Urbanización, cambio climático y riesgo de inundación. Direccionando la naturaleza fractal y la vulnerabilidad diferencial*. Procedimientos de la segunda reunión anual Integrando el manejo del Riesgo de Desastres, Ginebra: UNDRO/MND.

Tarbut, E., y Lutgens, F. (2005) *Ciencias de la Tierra*. Ed. Pearson. Madrid, España.

Torres-Torres, J., Mena-Mosquera, V., Álvarez-Dávila, E. (2016) *Composición y diversidad florística de tres bosques húmedos tropicales de edades diferentes, en el jardín botánico del Pacífico municipio de Bahía Solano, Chocó, Colombia*. Rev. Biodiver Neotro. ISSN 2027-8918.

UICN. (2019) Unión Internacional Para la Conservación de la Naturaleza. *The IUCN Red List of Threatened Species*. Recuperado de: <http://www.iucnredlist.org>. 21 de marzo de 2019

UNDP-BCPR (2004) En: Birkmann, J. (ed) (2006). *Measuring vulnerability to natural hazards*. UNU-EHS.

UNISDR. (2015). Oficina de las Naciones Unidad Para la Reducción del Riesgo a Desastres. *Marco Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015-2030*. Sendai, Japón.

UTGV Unidad Técnica de Gestión Vial Municipal de Mora (2017) *Plan de Conservación Desarrollo y Seguridad Vial Cantonal, 2017-2021*,

Van Zuidam, R., (1986): *Aerial Photo- interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping*.- 442 págs. Ed. Smits Publishers, The Hague

VILLA, F. y McLeod, H. (2002) *Environmental Management* .29: 335. <https://doi.org/10.1007/s00267-001-0030-2>.

Wainwright, M. (2007). *The Mammals of Costa Rica. A natural history and field guide. Zona tropical*. ISBN. 0801473756

Wilches Chaux, G. (1989). *Desastres, Ecologismo y Formación Profesional: Herramientas para la Crisis*. Servicio Nacional de Aprendizaje, Popayán.

Wilches-Chaux (1993) *La vulnerabilidad global*. Recuperado de: <https://www.gub.uy/sistema-nacional-emergencias/sites/sistema-nacional->

emergencias/files/documentos/publicaciones/La%2Bvulnerabilidad%2Bsocial%20WILCH
ES%2BCHAUX.pdf

Wisner, B., Blaikie, T., Cannon y Davis, I. (2004) *At Risk* en: Birkman, J. (ed) (2006).
Measuring vulnerability to natural hazards. UNU-EHS.

APÉNDICE I

ESTADÍSTICAS DE TABARCIA DE MORA

Para Tabarcia de Mora, el INEC (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos) ha generado una serie de estadísticas de gran utilidad para esta investigación; ya que forman parte de la contextualización del Distrito y son datos que reflejan cómo es la calidad de vida de los y las Tabarseñas, información tomada del último Censo llevado a cabo en Costa Rica en el 2011. El Instituto estima una población para el año 2025 de 5,319 habitantes utilizando datos históricos para generar proyecciones; no toma en cuenta fenómenos sociales como flujos migratorios por expansión de la GAM o por personas inmigrantes, etc. Sin embargo dan una aproximación de la realidad actual. Las tablas generadas fueron modificadas por el autor, y los datos fueron utilizados en algún momento en esta misma esta investigación.

TABLA 1. INDICADORES DEMOGRÁFICOS Y SOCIALES

Población total	Densidad de Población	Población urbana (%)	Relación hombres mujeres	Población de 65 años y más (%)	Población nacida en el extranjero (%)	Personas casadas o unidas (%)	Personas con discapacidad (%)	Población no asegurada (%)
4 703	97.2	6.1	95.4	8.3	3.1	50.9	12.5	9.7

Tabla 2 INDICADORES DEMOGRÁFICOS Y SOCIALES

Población femenina	Población masculina	Relación hombres-mujeres	Relación de dependencia infantil	Edad media de la población	Población urbana (%)	Hijos(as) por mujer	Mujeres en edad fértil (%)	Madres (%)	Madres solteras (%)	Adolescentes madres (%)
2 407	2 296	95.4	36.0	32	6.1	2.4	55.4	71.5	15.4	2.9

TABLA 3. POBLACIÓN DE 15 AÑOS Y MÁS POR CONDICIÓN DE ACTIVIDAD

Población de 15 +	Población en fuerza de trabajo					Población fuera de la fuerza de trabajo				
	Total	Ocupada	Desempleada (o)			Total	Pensionado(a) o jubilado(a)	Vive de rentas	Estudiante	Otra situación
			Total	Con experiencia	Sin experiencia					
3 561	2 605	1 642	963	61	902	956	191	8	426	331

TABLA 4. DISTRIBUCIÓN EDAD EN TABARCIA DE MORA

Edad decenal	Sexo		
	Hombre	Mujer	Total
De 0 a 9 años	356	362	718
de 10 a 19 años	435	470	905
de 20 a 29 años	396	409	805
de 30 a 39 años	331	342	673
de 40 a 49 años	287	337	624
de 50 a 59 años	220	229	449
de 60 a 69 años	125	127	252
de 70 a 79 años	94	83	177
de 80 a 89 años	42	39	81
de 90 y más	10	9	19
Total	2296	2407	4703

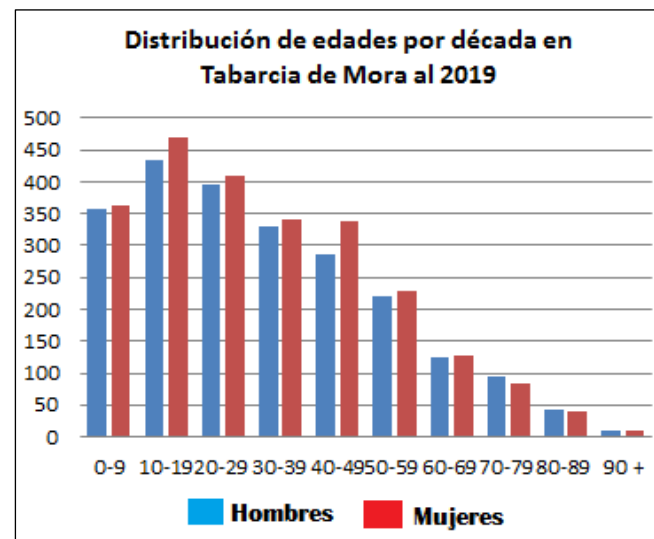


TABLA 5. CATEGORIAS DE VIVIENDAS

Total	Individuales	Individuales ocupadas	Individuales desocupadas	Ocupantes por vivienda (x)	Tugurios (%)	Con jefatura masculina (%)	Con jefatura femenina (%)	Personas por tugurio (%)
1 560	1 560	1 368	192	3.4	0.6	60.0	40.0	2.7

TABLA 6. PUEBLO INDÍGENA AL QUE PERTENECE

	Casos	%
Bribri	2	0.3
Cabécar	5	0.8
Chorotega	1	0.2
Huetar	527	85.3
Ngöbe o Guaymí	4	0.6
Teribe o Térraba	2	0.3
De otro país	2	0.3
Ningún pueblo	75	12.1
Total	618	100

TABLA 7. ESTADO Y HACINAMIENTO DE LA VIVIENDA

Viviendas con cielo raso (%)	Viviendas en mal estado (%)	Viviendas en regular estado (%)	Viviendas en buen estado (%)	Déficit habitacional
52.9	12.4	34.1	53.6	254

TABLA 8. TENENCIA DE LA VIVIENDA EN PORCENTAJE

Propias totalmente pagadas	Viviendas propias pagando a plazos	Viviendas alquiladas	Viviendas prestadas	Viviendas que están en precario	Viviendas con otro tipo de tenencia
75.4	5.5	8.0	6.5	0.2	4.4

TABLA 9. INDICADORES DE DISPONIBILIDAD DE SERVICIOS BÁSICOS DE LAS VIVIENDAS EN PORCENTAJE

Con agua de acueducto	Con agua por tubería dentro de la vivienda	Con servicio sanitario de alcantarillado o tanque séptico	Con servicio sanitario de salida directa a zanja, río o estero	Con servicio sanitario de pozo negro o letrina	Sin servicio sanitario (%)	Viviendas con electricidad	Cocinan con electricidad	Viviendas que cocinan con gas
93.2	97.4	94.7	0.1	4.4	0.8	98.3	45.2	31.6

TABLA 10. EL SERVICIO SANITARIO ¿ESTÁ CONECTADO A?

	Casos	%
Tanque séptico	1295	94.7
Tiene salida directa a acequia, zanja, río o estero	2	0.1
Es de hueco, de pozo negro o letrina	60	4.4
No tiene servicio sanitario	11	0.8
Total	1368	100

TABLA 11. PORCENTAJE DE HOGARES CON CARENCIAS

Con al menos una carencia	Con una carencia	Con dos o más carencias	Con carencia de albergue digno	Con carencia de vida saludable	Con carencia de acceso al conocimiento	Con carencia de acceso a otros bienes y servicios
29.8	23.8	6.0	12.4	7.0	6.9	10.4

TABLA 12. INDICADORES SOBRE SISTEMAS DE ELIMINACIÓN Y SEPARACIÓN DE RESIDUOS SÓLIDOS EN VIVIENDAS (%)

Por camión recolector	Botándola	Quemándola	otro mecanismo
74.1	8.4	15.9	1.5

TABLA 13. PROCEDENCIA DEL AGUA

	Casos	%
Acueducto rural o comunal (ASADAS o CAAR)	980	71.6
Acueducto municipal	10	0.7
Acueducto del A y A	278	20.3
Acueducto de empresa o cooperativa	7	0.5
Pozo	9	0.7
Río o quebrada	68	5
Otra fuente (Lluvia, camión cisterna, hidrante)	16	1.2
Total	1368	100

TABLA 14. COMBUSTIBLE UTILIZADO PARA COCINAR

	Casos	%
Electricidad	619	45.2
Gas	432	31.6
Leña o carbón	288	21.1
Otro	4	0.3
Ninguno (no cocina)	25	1.8
Total	1368	100

TABLA 15. NECESIDADES BÁSICAS INSATISFECHAS (NBI)

	Sexo		
	Hombre	Mujer	Total
No tiene NBI	1587	1698	3285
Si tiene NBI	709	706	1415
Total	2296	2404	4700

TABLA 16. PERSONAS CON DISCAPACIDADES

Visuales	Auditivas	Limitación para hablar	Cognitivas	Mentales	En brazos y piernas
340	79	34	61	32	65

TABLA 17. INCIDENCIA AUTOMOTRIZ AL 2011

Poseen automóvil	Poseen motocicleta
410	228

TABLA 18. TIENE FINCA AGROPECUARIA, CULTIVA O POSEE ANIMALES

	Casos
Tiene parcela o finca agropecuaria	83
Realizó cultivos en el último año (Terreno propio, prestado, alquilado)	58
Tiene ganado, cerdos, gallinas, otros (para venta o autoconsumo)	133
Ninguna de las anteriores	953
Ignorado	162
Total	1389

TABLA 19. COMPARACIÓN DEL INDICE DE GESTIÓN MUNICIPAL POR NOVENIO EN EL CANTON DE MORA

Índice de Gestión Municipal por novenio	Municipalidad de Mora								
	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Desarrollo y gestión institucional	59.55	68.35	85.47	91.47	96.16	89.3	92.84	89.58	90.93
Planificación, participación ciudadana y rendición de cuentas	55.43	32.06	73.12	85.02	76.5	77.48	73.44	74.71	73.58
Gestión de desarrollo ambiental	41.47	53.55	76.44	42.76	51.7	52	53.38	74.64	69.97
Gestión de servicios económicos	63.8	49.3	69.3	80.2	81.1	76.4	75.3	71.3	73.6
Gestión de servicios sociales	44	56.75	79.45	67.15	77.5	88	83	83.25	82.05

APÉNDICE II

Listado de especies de las clases de mamíferos, reptiles y aves registradas durante el curso de esta investigación. El Método de registro corresponde a: Ft= Fototrampeo; Ob-T: Observación directa por personas de Tabarcia; Rf=Registro fotográfico; Hu= Huellas con yeso; Sit= Registro por posesión en SITADA; OB-D= Observación directa.

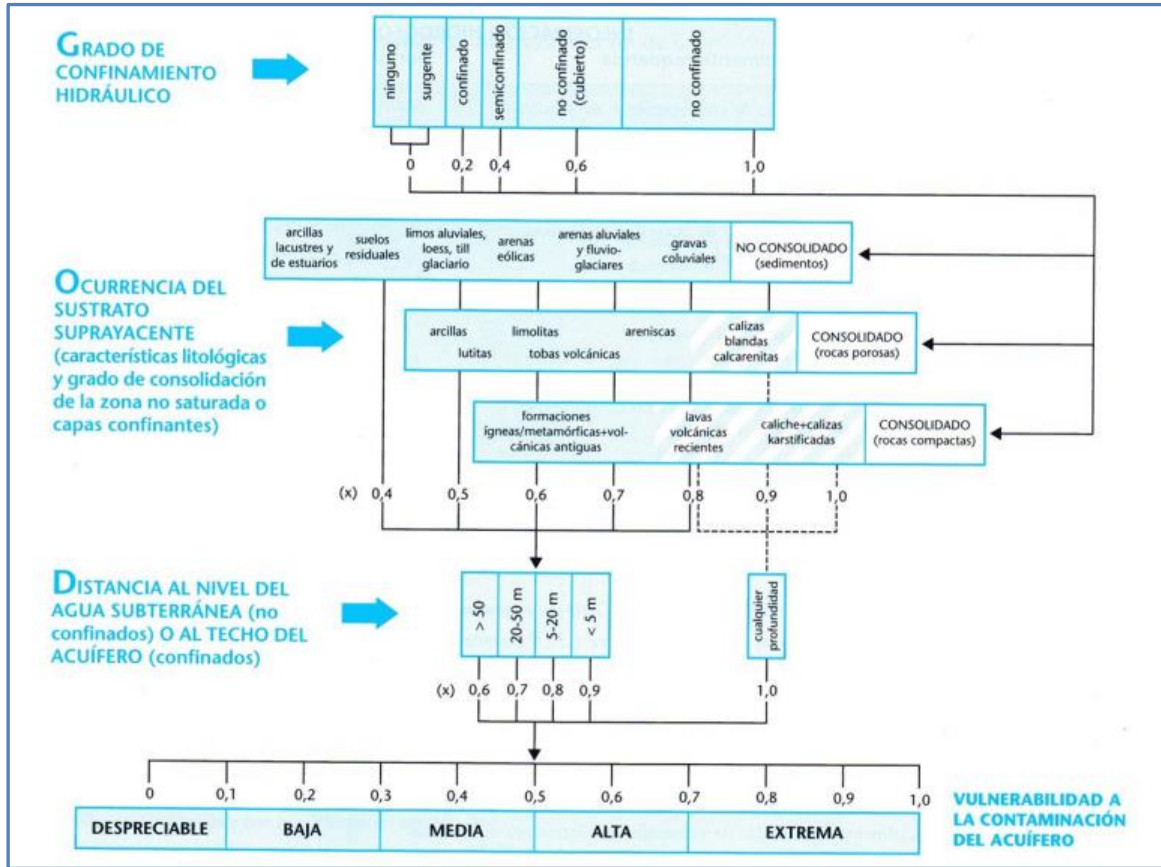
Estatus de Conservación: PM= Preocupación menor de UICN; SI= Sin información para Costa Rica de INBIO; ↑P= Poblaciones en aumento; ↓P=Disminuyendo sus poblaciones. (UICN); PR-A =Poblaciones Reducidas o Amenazadas (MINAE-092); LA= ligeramente Amenazada.

Especie	Nombre común	Método de Registro	Estatus de conservación
<i>Odocoileus virginianus</i>	Venado cola blanca	Ft	PM-SI
<i>Canis latrans</i>	Coyote	Ob-T	PM↑P-SI
<i>Eira barbara</i>	Tolomuco	Rf	PM↓P-SI
<i>Nasua narica</i>	Pizote	Ft	PM↓P-SI
<i>Procyon lotor</i>	Mapache	Hu	PM↑P-SI
<i>Dacypus novemcinctus</i>	Armadillo de nueve bandas	Hu	PM-SI
<i>Didelphis marsupialis</i>	Zorro pelón	Ft	PM-SI
<i>Choloepus hoffmanni</i>	Perezoso de dos dedos	Rf	PR-A
<i>Cebus capucinus</i>	Mono carablanca	Sit; Ob-T	PM↓P-SI
<i>Cuniculus paca</i>	Tepezcuintle	Hu	PR-A
<i>Dasyprocta punctata</i>	Aguti	Hu	PM-SI
<i>Sciurus variegatoides</i>	Ardilla de américa central	Rf	PM-SI
<i>Bothrops asper</i>	Terciopelo	Ob-T	PM-SI
<i>Basiliscus basiliscus</i>	Basilisco Jesucristo	Rf	PM-SI
<i>Boa constrictor</i>	Boa Bécquer	Ob-T	PR-A
<i>Aramides cajaneus</i>	Pone pone	Ft	PM-↓P
<i>Dendrocygna autumnalis</i>	Piche	OB-d	PM-↑P
<i>Tachybaptus dominicus</i>	Pato zambullidor enano	OB-d	PM
<i>Bubulcus ibis</i>	Garcita ganadera	OB-d	PM-↑P
<i>Falco sparverius</i>	Cernícalo americano	OB-d	PM
<i>Buteo brachyurus</i>	Gavilán colicorto	OB-d	PM-↑P
<i>Buteo jamaicensis</i>	Gavilán/aguililla cola roja	OB-d	PM-↑P
<i>Coragyps atratus</i>	Soncho	OB-d	PM
<i>Thraupis episcopus</i>	Viudita	OB-d	PM
<i>Ramphocelus costaricensis</i>	Pájaro sargento	OB-d	PR-A
<i>Campylorhynchus rufinucha</i>	Chico piojo	OB-d	PM
<i>Troglodytes aedon</i>	Soterrey cucarachero	OB-d	PM-↑P

<i>Icterus galbula</i>	Cacique veranero	OB-d	PM
<i>Psarocolius montezuma</i>	Oropéndola	OB-d	PM
<i>Momotus lessonii</i>	Pájaro bobo	Rf	PM
<i>Pteroglossus frantzii</i>	Cusingo	OB-d	PR-A
<i>Chiroxiphia linearis</i>	Toledo	OB-d	PM
<i>Psilorhinus morio</i>	Piapia	OB-d	PM-↑P
<i>Nyctidromus albicollis</i>	Cuyeó	OB-d	PM-↓P
<i>Turdus grayi</i>	Yiguirro	OB-d	PM-↑P
<i>Ortalis cinereiceps</i>	Pajuila/chachalaca	OB-d	PM-↓P
<i>Dendrortyx leucophrys</i>	Chirrascuasa	OB-d	PM-↓P
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Pecho amarillo/cristofue	OB-d	PM-↑P
<i>Piranga rubra</i>	Pan de achiote	OB-d	PM
<i>Euphonia hirundinacea</i>	Agüío	OB-d	PM
<i>Tityra semifasciata</i>	Puerquito	OB-d	PM
<i>Sporophila torqueola</i>	Monjito	OB-d	PM-↑P
<i>Pygochelidon cyanoleuca</i>	Golondrina	OB-d	PM-↑P
<i>Crotophaga sulcirostris</i>	Garrapatero pijuy	OB-d	PM-↓P
<i>Melanerpes hoffmannii</i>	Carpintero	Rf	PM-↑P
<i>Contopus cooperi</i>	Pibí boreal	OB-d	LA-↓P
<i>Brotogeris jugularis</i>	Zapoyolito	OB-d	PM
<i>Amazilia tzacatl</i>	Colibrí cola roja	OB-d	PM
<i>Zenaida asiatica</i>	Paloma aliblanca	OB-d	PM-↑P

APÉNDICE III

Diagrama utilizado para determinar los parámetros de vulnerabilidad hídrica según la metodología de G.O.D., Foster, (1987).



APENDICE IV

(Entrevista semi-estructurada)

Maestría Profesional en Gestión del Riesgo en Desastres y Atención de Emergencias
Proyecto de: Análisis de vulnerabilidad ambiental por deslizamiento en la microcuenca de Tabarcia
de Mora, Cantón de Mora. República de Costa Rica

COMPONENTE SOCIAL

La información que se documente en la presente encuesta es confidencial y solo será usada para fines de investigación

Fecha: _____ Nacionalidad/grupo étnico _____

Nombre del encuestador(a): _____

Nombre de la persona: _____ Edad: _____

Sexo/género: _____ Ocupación: _____

Recursos naturales

1.- ¿Marca con una equis (X) sí ha utilizado alguno de los siguientes recursos locales y coloca el nombre con el que lo conoce?

Animales Plantas/frutos Madera Agua Tierra/rocas Árboles Zonas para turismo como senderos, cuevas, etc.

2.- ¿Cuál es el objetivo de usar ese recurso y con qué frecuencia lo hace?

3.- ¿Qué tipo de beneficios ambientales o recreativos utiliza dentro de la zona y con qué frecuencia lo hace? e.g. ríos, bosque, avistamientos aves o fauna?

4.- ¿Qué tipo de especies de vida silvestre ha visto o sabe que existen en la zona?

Actividades económicas

5. A) **AGRICULTURA** ¿Qué especies cultiva y en qué zona? ¿Conoce el área/extensión? _____

¿Utiliza algún tipo de aditivo, fertilizante o agroquímico?
y/o siembra?

¿Utiliza alguna técnica de cultivo

5 B) **R. PECUARIOS** ¿Qué tipo de animales (raza) posee y en qué zona? Posee terrenos destinados especialmente para sus animales?

No. cabezas_____5.1.- Los animales los usa para venta o consumo personal_____

6.- ¿Cuál es el producto o servicio que comercializa? (**Bienes y servicios**)

7.- ¿Hacia dónde comercializa sus productos o brinda sus servicios?

8.- ¿Qué dificultades considera enfrenta para realizar sus actividades económicas?

9.-Dentro de las actividades productivas que usted desarrolla, ha sido apoyada/o por parte de algún grupo particular o gubernamental?

1.- Sí recibí apoyo

2.-El apoyo fue regular

3.- No recibí apoyo

10.-Describa el tipo de apoyo recibido:

11.- ¿Conoce los apoyos que tiene el gobierno para usted?

12.- ¿Conoce una forma de organización comunal que permita gestionar un aprovechamiento local de recursos?

13.-Desde su punto de vista, cuales considera son los principales problemas económicos y sociales que presenta la comunidad de Tabarcia de Mora?

14.- ¿Usted o su familia ha escuchado o atravesado por algún incidente como desbordamiento del río, deslizamiento, sismo o algún fenómeno de cualquier origen?

15.- ¿En caso de algún evento como desbordamiento/deslizamiento, considera que usted, que se vería de alguna manera afectado (a)?

16.- ¿Estaría dispuesto (a) a participar en algún comité local de emergencias en donde se gestionen los riesgos de manera preventiva y en función de un plan de emergencia y respuesta local?

APENDICE V

Resultados cualitativos de la EIA llevado a cabo por el software EIA-09. Se muestra un ejemplo de las 11 variables analizadas.



Descripción del proyecto

Nombre: Tabarcia de Mora	Tipo: PERSONALIZADO
Descripción: Análisis cuantitativo de factores antrópicos sobre la microcuenca del río Tabarcia.	
Compañía: Universidad de Costa Rica	Autor: Arturo Carbajal-Valdés
Población: 5,000	Provincia: San José
País: Costa Rica	Fecha: 24 / 08 / 2019
	Vida útil: 12 meses

Alternativas de realización

Alternativa: Recursos hídricos

Valoración: -1.43

Efectos ambientales

Carcavación por pastoreo

Acción: Factores antrópicos

Factor: Aguas superficiales

Descripción: Formación de carcavas en sus laderas y colinas que aportan sedimentos hacia sus

Valoración cualitativa

Signo: -1	Persistencia: 2
Efecto: 2	Reversibilidad: 2
Acumulación: 3	Recuperabilidad: 4
Intensidad: 1	Periodicidad: 2
Extensión: 2	Ext. crítica: 0
Momento: 4	Mom. crítico: 0

Incidencia
-0.325

Valoración cuantitativa

Indicador de impacto: 1.0	
Valor máximo: 100.0	Función de transformación:
Valor mínimo: 0.0	Lineal creciente

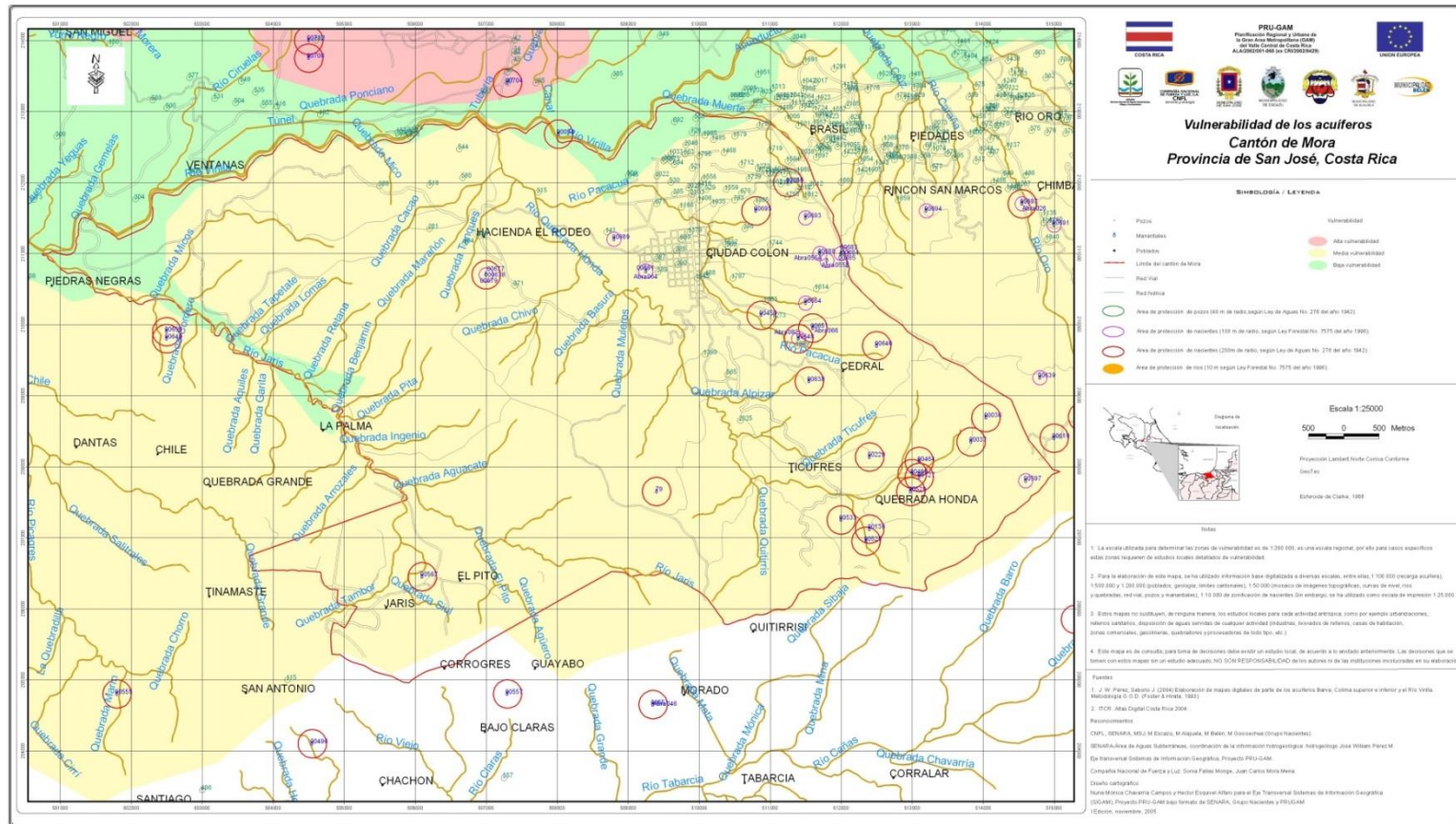
Magnitud
0.01

Valoración final

Índice: -0.13 S. enjuiciamiento: significativo Caracter: severo

APENDICE VI

Mapa oficial de vulnerabilidad hídrica para el Cantón de Mora



APENDICE VII

Mapa de Amenazas y Peligros Naturales del Cantón de Mora

