

**CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA, AMENAZAS NATURALES Y
RESTRICCIONES DE USO DE LA TIERRA EN ESPARZA, COSTA RICA: UN
ENFOQUE DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL PARA EL PLAN REGULADOR
DEL CANTÓN**

Luis Nelson Arroyo González

Profesor, Escuela de Ciencias Geográficas, Facultad de Ciencias de la Tierra y el Mar,
Universidad Nacional de Costa Rica. larroyo@una.ac.cr

Resumen: Este artículo constituye parte del diagnóstico físico-ambiental que se redactó como uno de los componentes del Plan Regulador de Esparza. Mediante el acopio de informes técnicos, mapas temáticos, fotos aéreas y trabajo de campo, se caracteriza, geológica y geomorfológicamente el sector. En este último apartado se identifican veintiséis geoformas que son objeto de un cuidadoso análisis para identificar no solo los tipos de amenazas naturales que hacen vulnerable cada uno de esos territorios, sino que se formulan restricciones de uso y propuestas de uso apropiado.

Palabras claves: Amenazas naturales, vulnerabilidad, planes reguladores, ordenamiento territorial.

Abstract: This article is a part of a physic environmental diagnosis that was composed as a section of Esparza Urban Planning. In order to characterize geological and geomorphological aspects, it was necessary to use technical reports, thematic maps, aerial photographs and fieldwork. As a part of a geomorphologic research we identify twenty six landforms. Each one of them has not only a technical name but also a kind of natural hazard. At the same time we analyze their vulnerability and propose use restrictions and made recommendations about their suitability.

Keywords: Natural hazard, urban planning, vulnerability, geomorphology

1. Introducción

La descripción y el análisis de las formas del relieve constituyen el andamiaje primario sobre el que se construyen las políticas posteriores del ordenamiento del territorio. Por ello el acopio de datos mediante la consulta y el estudio –entre otros- de

mapas, fotografías aéreas, mapas temáticos y pormenorizado trabajo de campo; permiten aportar documentos esenciales para la fundamentación de lineamientos que permiten zonificar territorios. Cada porción territorial se estudia con base en el tipo de amenaza o amenazas naturales que presenta. Ello hace posible determinar no solo la ubicación espacial de los sectores más riesgosos sino que aporta herramientas novedosas para la adjudicación de las diferentes categorías de uso. Contribuye también a efectuar distribuciones más precisas sobre cómo y dónde situar los desarrollos futuros de infraestructura diversa, lo cual permitirá una convivencia más armónica entre las diferentes actividades que tendrán su asiento en el futuro. Entre otros aspectos, se logra con ello tomar decisiones más acordes con las capacidades reales de las tierras, con lo que se utilizan con mayor efectividad los recursos naturales que poseen. Aporta a su vez directrices de ordenamiento con respecto al potencial de recursos finitos como las aguas subterráneas, planteando estrategias de uso y conservación de las áreas que conforman sus sectores de recarga.

2. Procedimiento Metodológico

El levantamiento geomorfológico del área, incluye el mapa temático específico (Figura 1) y sus comentarios, se realizó de acuerdo con los siguientes procedimientos:

Fase 1. Materiales: Análisis fotointerpretativo de fotografías aéreas a escala 1:40.000, Proyecto TERRA año 1989. Apoyo cartográfico en las hojas topográficas Miramar y Barranca, escala 1:50.000. Apoyo referencial en mapas de pendientes diseñados con base en el efecto para el área.

Fase 2. Preparación de trabajo de campo: Examen general de la cobertura fotográfica aérea, y trazado de los primeros límites en el delineamiento de las principales unidades geomorfológicas. Construcción de las líneas de vuelo fotográficas para planear estereogramas en áreas efectivas y con poca distorsión. Examen de las hojas topográficas y el mapa geológico para conocer más acerca de la relación entre las formas del terreno, la litología y procesos asociados. Transferencia de la información recopilada a copias transparentes usando técnicas de paso manuales y comprobación simultánea de documentos.

Fase 3. Trabajo de campo: Varias salidas al campo con énfasis en visitas a sitios de comprobación claves, previamente ubicados en las fotos aéreas.

Fase 4. Preparación del mapa final y reporte: Reinterpretación de detalles en algunas fotografías y desarrollo de la leyenda final, reconsiderando unidades, nomenclatura, límites y descripción. Diseño del borrador principal del mapa, agregando simbología y presentación cartográfica.

3. Ubicación y localización del área de estudio

Esparza, cantón No. 2 de Puntarenas, se ubica -siguiendo la ruta de la carretera Interamericana- a 90 kilómetros al oeste de la ciudad de San José y a 17 kilómetros de la cabecera del cantón central de Puntarenas, Costa Rica. Se encuentra definido por las siguientes coordenadas geográficas aproximadas en sus puntos extremos: al norte 10°07'40" Latitud norte y 84°41'15" Longitud oeste. Al sur 9°51'50" Latitud norte y 84°42'10" Longitud oeste. Al este 10°00'10" Latitud norte y 84°33'28" Longitud oeste. Al oeste 10°57'45" Latitud norte y 84°44'08" Longitud oeste. Posee una extensión de 221,81 kilómetros cuadrados, y limita al norte con el distrito 1ero del cantón de Montes de Oro y con Zapotal distrito 12 del cantón de San Ramón. Al sur con los cantones de San Mateo, Orotina y Garabito y al suroeste con el Océano Pacífico. Al oeste con los cantones de Puntarenas y Montes de Oro, y al este con los cantones de San Ramón y San Mateo.

4. Características geológicas y geomorfológicas del área de estudio

4.1. Geología

Las formas del relieve que determinan la configuración fisiográfica de Esparza se asocian en esencia a eventos ligados a la actividad volcánica así como a procesos deposicionales típicos de la dinámica de sedimentación aluvial.

En el litoral se encuentra un modelado antiguo que atestigua las modificaciones y los cambios ambientales ocurridos durante el Cuaternario. Estas paleoformas litorales,

son fundamentalmente el producto de la acción de las olas, las mareas y de las corrientes litorales, en condiciones de mayor o menor altitud del nivel marino en relación con el nivel actual. Es por esto, que la gran variedad morfológica litoral que hoy se observa es la consecuencia de las fluctuaciones del nivel marino, sobre todo de las ocurridas en los últimos uno o dos millones de años y particularmente, entre 20.000 y 5000 años a.C. En efecto los niveles marinos se han visto modificados a lo largo del Cuaternario de dos maneras: por el aumento y disminución del volumen total de agua de los océanos y por cambios de nivel producidos por movimientos tectónicos, tanto de hundimientos como de levantamientos. (Guell D., et al. 2000)

La actividad volcánica tiene fuerte presencia en el origen de los relieves de tipo montañoso que se desarrollan al norte, oeste y este del cantón (Mapa 1). Pertenecen al grupo Aguacate, los que bajo la denominación de Montes del Aguacate, como prolongación de la Sierra Minera de Tilarán, se extienden desde las inmediaciones de esta última localidad hasta el río Barranca. Esta formación geológica comprende tres cuartas partes de la litología del área total de la cuenca del río Barranca. En este sector de la cuenca del río Barranca se presenta una litología conformada en su mayor parte por rocas volcánicas, principalmente lavas andesíticas con intercalaciones de basaltos y brechas, cuyas dataciones van del Mioceno Superior hasta el Holoceno. Este material sobreyace la Formación sedimentaria Punta Carballo, la cual está compuesta por areniscas y conglomerados del Mioceno Inferior. (Ramírez G., et al.1991)

El material ígneo está conformado por piroclastos recientes aún no consolidados (cenizas y lapilli) hasta lavas muy alteradas del Terciario. El material que predomina es lavas andesíticas en depositación horizontal, en forma de grandes plataformas estructurales, sobre las que se desarrolla un relieve de configuración plano-convexo, muy peculiar en la sección media de la cuenca.

En esta parte de Esparza y sobreyaciendo al grupo Aguacate, este basamento geológico posee hacia el norte el miembro denominado Lavina (lahares) de Esparza, compuesta por bloques de lava y cuarzo semiredondeados en tierra roja amarillenta, del Plioceno Superior, mientras que hacia el sur y en la vecindad del río Barranca, aparecen materiales bajo la denominación de Andesitas de Miramar. (Madrigal, 1970)

4.2. Geomorfología

De acuerdo con la secuencia estratigráfica, estas unidades de origen volcánico son las más antiguas y pertenecen, según Madrigal (1980), a los lomeríos de fuerte pendiente de la cordillera de Tilarán así como a los cerros y valles del Aguacate. Estas se ubican hacia el norte y noroeste del cantón y se caracterizan por ser áreas de relieve quebrado, con apreciables contrastes altitudinales entre las tierras de planicie aluvial como las formadas por el río Barranca, con cotas que rondan los 270 metros y las secciones más altas a 1360 metros sobre el nivel del mar.

En la primera de ellas (Lomeríos de fuerte pendiente de la cordillera de Tilarán), los fondos de los valles por lo general son angostos, apenas unos pocos metros más anchos que el cauce, las cimas de las lomas y cerros también suelen ser más angostas pero redondeadas. Las zonas más elevadas presentan el mismo tipo de relieve, pero sus formas están más redondeadas por la presencia de un mayor espesor de cenizas y coladas de lava en posición horizontal. Esto es evidente en Monteverde, Jabonal y Piedades de San Ramón. (Madrigal, 1980.)

La mayor parte de las rocas pertenecen a la Formación Aguacate, pero las tierras de formas más redondeadas son muy probables que pertenezcan a la Formación Monteverde. (Madrigal, 1980)

La segunda de estas unidades (Cerros y valles del Aguacate), se caracteriza también por presentar laderas de fuerte pendiente y en algunos sitios escarpadas, las divisorias suelen ser angostas, en ocasiones el espacio interfluvial es ancho entre ríos principales, pero con relieves muy ondulados. Por la presencia de muchas colinas de forma cónica se presume la existencia de viejos conos volcánicos como los cerros Mondongo y Conchal. Aunque la unidad es de origen volcánico, la erosión ha tomado parte en la modelación de algunas de sus formas. (Madrigal, 1980)

En un estadio posterior de formación aparece la unidad terraza de Esparza y Orotina. Constituye una superficie plana ondulada, de amplias divisorias, con un proceso de rejuvenecimiento en donde de un estadio de llanura, sobrevino la depositación de otras formaciones para posteriormente actuar el proceso erosivo que la

transformaría en su forma actual. (Madrigal, 1980). La subunidad restos de superficies planas originadas por corrientes de lodo, ocupa la parte alta de terrenos que en su superficie son planos, con un suave declive de menos de 1 grado y con altura promedio de 200 metros. Los ríos que la cortan originan laderas suavemente convexas que se convierten en verticales al encontrar materiales más resistentes. Su origen se debe al aporte, que en el pasado causaron los ríos y quebradas del área, en donde la gran meteorización de la Sierra Minera de Tilarán vertió grandes corrientes de lodo que provocaron la formación de abanicos aluviales, que posteriormente y en correspondencia con el ascenso del área, fueron cortados por los mismos ríos. (Madrigal, 1980)

La planicie aluvial del río Jesús María se localiza en la cuenca baja de dicho río y se corresponde con una unidad plana, con una superficie que presenta un micro relieve producto de cauces abandonados y rellenos aluviales, la pendiente generalmente es inferior a los 3 grados, siendo las áreas cercanas a las colinas donde se presenta la mayor pendiente, como resultado de la acumulación de coluvio.

La unidad de marismas se encuentra en las proximidades del estero de Mata de Limón. La unidad abanico aluvial del río Barranca se ubica en las proximidades del curso inferior de dicho río. Su vértice está aproximadamente un kilómetro aguas arriba del puente sobre el citado río en la carretera Interamericana. Su origen se debió al aporte de material del río Barranca y sus afluentes.

5. Unidades geomorfológicas: características, uso de la tierra, amenazas y restricciones de uso

5.1 Unidades de origen volcánico

5.1.1. Montañas volcánicas denudacionales (V14B)

Características: Son terrenos de relieve en general irregular, de fuerte pendiente, fuertemente disectados, de espacios interfluviales cortos y de divisorias afiladas. Las cimas de los cerros son ligeramente aguzadas y los valles fluviales simétricos y en forma de uve. Cicatrices de deslizamientos en flancos de valles fluviales como el de la

quebrada Honda, la quebrada Tablón y el río Guatuso. El patrón de drenaje es dendrítico afectado por angularidad (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: Áreas extensivas con pastos, árboles dispersos y vegetación riparia con efecto de corredor. Subsisten manchas de bosque a lo largo del río Guatuso y las quebradas Tablón y Guatuso. Es un área de muy baja densidad de población, por lo que no se advierten efectos antrópicos fuertes por crecimiento urbano o apertura de vías de comunicación. Los impactos más notables radican en la **extensividad histórica** de la actividad ganadera, el consiguiente proceso de deforestación y la apariencia amarillenta que dan los terrenos laderosos, sometidos a procesos de erosión laminar. Sin embargo, en la actualidad no se nota la presencia de hatos numerosos o instalaciones afines, que denoten una actividad pujante y activa para el área.

Restricciones de uso y potencial: Por ser territorios casi deshabitados y con limitaciones físicas por grado de pendiente, su uso podría dedicarse a labores de conservación y reforestación con especies nativas, así como a la protección de cuencas para suministro de agua. En pequeños sectores interiores no restringidos por la pendiente, podrían desarrollarse actividades de explotación ganadera en pequeña escala, así como siembra de frutales y actividades recreativas.

Tipos de amenazas: Telúricas y tectónicas: Sismos. Topológicas: deslizamientos, avalanchas e inundaciones. Meteorológicas: vientos fuertes. El valle fluvial del río Jabonal, que sirve de límite administrativo Este para el cantón, representa también el trazo de un plano de falla que se prolonga tentativamente desde las inmediaciones de la confluencia de los ríos Jabonal y Barranquilla, hacia el sureste, hasta el poblado de Peñas Blancas en el noroeste. Igual situación sucede con una falla que corre a lo largo de la quebrada Tablón y del río Guatuso, ubicada dentro de la misma unidad. Por catalogarse ambas como fallas probables (Madrigal R., 1970) en terrenos caracterizados por pendientes fuertes, su activamiento y probable área de afectación, podría originar deslizamientos; algunos con huellas visibles de desprendimientos en flancos de los valles fluviales de los ríos Guatuso y la quebrada Tablón, así como en las quebradas Honda, La Perra, Estrella y Limonal, localizadas estas últimas hacia el norte del cantón.

Como resultado, cúmulos de material transportado no pulido por acción fluvial se observan al paso del río Guatuso entre San Jerónimo y Mesetas Arriba, así como depósitos a mitad de ladera por avalanchas súbitas en la Quebrada Estrella. Ello quiere decir que se producen represamientos de material en secciones superiores de estas cuencas y de otras del sector. Estos eventos -entre otras causas-son achacables a caída de materiales ya sea por precipitaciones intensas o a factores asociados a sismicidad. En ciertas épocas del año, es notable la acción de vientos fuertes en el área del poblado de Cerrillos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: Con excepción del caso de Peñas Blancas que se comenta más adelante, el carácter localizado y puntual de los deslizamientos, avalanchas e inundaciones no muestra ni registra efectos gravosos en comunidades ubicadas en esta unidad, por cuanto, tanto Cerrillos como Sabana Bonita se ubican en sectores no vulnerables a estos tipos de amenaza. Sabana Bonita y Cerrillos padecen efectos derivados de vientos intensos en ciertos períodos del año, principalmente a finales de noviembre y principios de diciembre.

5.1.2. Colinas volcánicas denudacionales (V14A)

Características: Son áreas de relieves colinosos y de topografía moderada en cuanto a pendiente. El grado de disección es moderado y los valles fluviales de laderas rectas, tienen entalle profundo con valles en uve simétricos. Los espacios interfluviales son moderados, y las cimas de los cerros son redondeadas. Patrón de drenaje dendrítico. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos extensivos con árboles dispersos, espacios para recreación con casas de descanso y vegetación riparia con efecto de corredor. Similar condición que la anterior califica para esta unidad en cuanto a poblamiento y a desarrollo de actividades productivas significativas. Representa un espacio prácticamente desocupado y de hábitat disperso, sin esquemas de centros urbanos y de extensividad en pastos, con áreas arboladas y arbustivas.

Tipos de amenazas: sismos, reptación, deslizamientos, avalanchas e inundaciones. Al igual que la unidad anterior, con la que comparte vecindad y un origen geológico

común, este sector se ubica dentro del área de influencia de los sistemas de fallas nombrados atrás. Además una falla probable recorre parte del trazado del río Potrerillos, un afluente del río Barranca. Asimismo, esta unidad como la precedente están afectadas por la falla Barranca, con signos de actividad sísmica reciente cuando se examinan desniveles significativos en cortes de depósitos aluviales del río en mención (Montero W., 2001).

Efectos en asentamientos y obras diversas: La escasa densidad de población y el no-agrupamiento de pobladores en áreas urbanas densas, así como la ubicación de viviendas en sectores de relieve plano-ondulado, alejados de ríos, hace que las amenazas de inundaciones y avalanchas sean inexistentes. Daños por reptación y deslizamientos se observan en Guadalupe, un pequeño poblado que se ubica 4 kilómetros al sur de la Carretera Interamericana. En este lugar, la Escuela debió ser reconstruida, ya que tanto ésta edificación así como algunas viviendas experimentan periódicamente quebraduras en las paredes. Otras áreas vecinas son también afectadas por hundimientos y agrietamientos en tierras. (Entrevista con Jorge Arce, dirigente comunal, 2004)

La amenaza sísmica no debe ser aquí desestimada ya que esta unidad se ubica en las potenciales áreas de afectación comentadas atrás para los sistemas de fallamiento que recorren esta región.

5.1.3. Plataformas de lava disectadas (V10)

Características: Unidad de terrenos de relieve fuerte a moderado en las secciones que se encuentran con los ríos. Las laderas son rectas con discontinuidades a manera de escarpes ocasionadas por frentes y afloramientos de lavas. Las cimas tienen topografía relativamente plana por la presencia de lavas dispuestas en plataforma. Los valles fluviales son de profundo entalle y los cauces en algunos son de fondo plano. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: ganadería extensiva, vegetación riparia y reforestación con árboles de teca. Estas son tierras escasamente habitadas y con un predominio de la ganadería intensiva como uso predominante. Poseen un menor grado de pendiente que la unidad

anterior y son apreciables en algunos sectores los efectos típicos de la erosión, producto del paso del ganado en áreas quebradas.

Tipos de amenazas: Sismos, deslizamientos, avalanchas e inundaciones: Tanto en las inmediaciones de su delimitación como unidad para este estudio así como en su territorio, está afectada por tres fallas probables. Una de ellas corresponde a la anteriormente nombrada sobre el río Guatuso y la quebrada Tablón, mientras que los dos restantes, corren paralelas y con rumbo noreste-suroeste. No se advierten cicatrices de deslizamientos tan patentes como en la unidad anterior, aunque el grado de pendiente y la sismicidad de algunos sectores selectos, podría originar su activamiento en combinación con variables físicas calificadas. Las avalanchas e inundaciones se restringen a la quebrada Guatuso, ya que ésta y la quebrada Pinchante muestran pequeños conos de deyección a su salida al río Barranca.

Efectos en asentamientos y obras diversas: de nuevo, la escasa densidad de población y la no-existencia ni ubicación de poblados en áreas vulnerables, hace que localidades como Pretilles, Mesetas Arriba y Abajo, localizadas en secciones casi planas pertenecientes a divisorias de aguas amplias; no se incluya como áreas de riesgo por amenazas topológicas. En el caso de la sismicidad ante la presencia de fallas probables, sus efectos están circunscritos tanto a su activamiento como a la magnitud de los sismos que se pudieran generar.

5.1.4. Lahares (V11)

Características: Unidad de relieve plano y de amplia extensión, delimitada por rupturas de pendiente bruscas hacia laderas de forma cóncava, con secciones a media falda escalonadas a manera de terrazas y de acúmulos erosivos. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: Pastos, caña de azúcar, frutales, residencial y recreación: En función de las características topográficas, escénicas y de no limitaciones naturales severas para su uso; esta unidad presenta quizás las condiciones de habitabilidad más favorables que se han examinado para las unidades que se ubican inmediatamente al norte de la margen derecha del río Barranca. Son tierras planas, ideales para usos que se adapten a las

vocaciones edáficas y climáticas del sector, carentes por tanto de limitaciones severas para su uso.

Tipos de amenazas: Sismos, deslizamientos: Los efectos por sismos se comentan aquí, ya que el sector se localiza circundado por relieves con presencia de fallas activas y probables. Aclarado este aspecto se señala que el área en sí, presenta grado de vulnerabilidad muy bajo por no ser atravesada por ríos ni distribuida sobre relieves que por su topografía, faciliten la presencia de deslizamientos. Se reporta una amenaza de este último tipo en la pared rocosa que se ubica a la derecha del acceso inmediato al puente sobre el río Barranca, en su sentido San Jerónimo-Esparza.

Efectos en asentamientos y obras diversas: La población de San Jerónimo se ubica a lo largo de la vía que lleva a Peñas Blancas. De los hábitats dispersos del sector, este es el más agrupado. Aquí los efectos por las amenazas señaladas atrás son mínimos, por que si a sismicidad se refiere, las viviendas son de una planta, de construcción sencilla, muchas de madera, no se agrupan ni se ubican al pie de laderas que pudieran desestabilizarse.

5.2. Unidades de origen fluvial

5.2.1. Terrazas fluviales (F6)

Características: Son pequeñas secciones planas, de poca altitud, ubicadas en dos niveles en la margen derecha del río Jabonal. No muestran grados de disección. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: Pastos. Representan extensiones de deposición sedimentaria, de corta extensión y cubiertas de pastos y vegetación arbustiva. Se agregan como prolongaciones de tierras constituyentes de los fondos de estos valles fluviales.

Tipos de amenazas: Inundaciones. Por ser producto de la dinámica depositaria del río, es un área proclive a ser afectada por crecidas extraordinarias del río Barranquilla.

Efectos en asentamientos y obras diversas: No existen en su cercanía viviendas ni actividades económicas susceptibles de sufrir daños por inundaciones.

5.2.2. Costado del valle (F12)

Características: Son laderas de forma cóncava, con pendiente moderada a fuerte. Representa los flancos de la unidad de lahares. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos, vegetación arbustiva y árboles dispersos. Estos son terrenos de configuración laderosa, irregulares en cuanto a su topografía y dedicados casi exclusivamente a pastos. En los sectores por donde se canaliza el agua de escorrentía, crecen los matorrales; advirtiéndose en algunas áreas procesos de degradación en suelos por agrietamientos, lavado y transporte de materiales ladera abajo.

Amenazas naturales: Sismos, deslizamientos. La ubicación de relieves en pendientes de cierto grado, predispone estas áreas a ser afectadas por sismos, pudiendo con ello originarse deslizamientos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: No se localizan aquí poblados ni actividades económicas significativas.

5.2.3. Planicie aluvial (F3A)

Características: Valle fluvial río Jesús María. Unidad de relleno aluvial alargada y flanqueada por relieves colinosos de poca altitud. De fondo plano y amplio, asimétrico, y de antigua ocupación marina; presenta micro relieves por influencia fluvial, terrazas y formas de cauces abandonados y activos de marcada sinuosidad. Terrenos de escasa pendiente y con presencia de áreas pantanosas localizadas y con predominio erosivo en su margen izquierda u este. Patrón de drenaje meándrico. (Figura 1, cuadro 1)

Uso de la tierra: cultivos de melón, pastos, árboles dispersos.

Amenazas naturales: Inundaciones, sismos, deslizamientos, licuefacción. En caso de crecidas extraordinarias, este río puede causar inundaciones luego de su confluencia con el Paires, que es el punto en donde se inicia el sector de planicie. Ello lo atestigua el área de depósito y el patrón meándrico. A su vez, el trazo de este río constituye un paso de falla sospechosa de ser activa (Montero W, 2001), por lo que en caso de sismos, se podrían generar deslizamientos en sectores aledaños con relieves de pendientes fuertes. Eventos sísmicos de cierta magnitud también originan licuefacción de arenas en áreas

de depósitos no consolidados, por lo que las tierras que el río ha conformado, estarían expuestas a modificación de su relieve a raíz de estas vibraciones.

Efectos en asentamientos y obras diversas: la planicie aluvial no es asiento de poblados, aunque en su vecindad se ubican viviendas dispersas. El poblado de Cambalache está ubicado en un área potencial de afectación por sismos, aunque no vulnerable a deslizamientos porque se localiza en una planicie. Eso sí podrían presentarse procesos de licuefacción por ocupar áreas de antiguos fondos marinos. El puente de la carretera Orotina-Caldera atraviesa el río en esta parte así como la vía del ferrocarril. La actividad melonera ocupa amplio espacio en la planicie aluvial del río, por lo que eventualmente estas áreas podrían sufrir diferentes efectos

5.2.4. Planicie aluvial (F3B)

Características: Valle fluvial de caja amplia y plana, asimétrico; abundante depósito aluvional con islas, barras de arena, cauces abandonados y corrientes trenzadas activas e inactivas, delimitado por laderas amplias y suaves con predominio de depósito en su margen derecha u oeste, y proceso de excave lateral en su margen izquierda. Patrón de drenaje anastomosado. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: vegetación arbustiva, gramíneas.

Amenazas naturales: Inundaciones, sismos, licuefacción, tsunamis. El cuantioso y extendido depósito aluvional que caracteriza esta parte del río Barranca, es muestra del dinamismo de estas corrientes en el transporte de materiales y en el modelaje del actual valle fluvial. Por ello, las áreas de influencia fluvial activa son sectores frágiles, por lo tanto, susceptibles a inundarse. A su vez, el curso del río Barranca en esta parte constituye el paso de la falla activa Barranca, (Montero W., 2001) por lo que actividad sísmica asociada produciría efectos por licuefacción. Asimismo, el sector de su desembocadura está propenso a los efectos de tsunamis, ya que la Península de Nicoya es una de las dos zonas tsunamigénicas que se han identificado en Costa Rica, por lo que la cercanía geográfica puede extender efectos que han sido observados en Costa Rica, tales como oscilaciones del océano, inundaciones costeras y sacudidas a embarcaciones (Fernández M. y Rojas W., 2000).

Efectos en asentamientos y obras diversas: Los efectos por inundaciones se registran en la localidad de Barranca, ubicada en la margen derecha del río. Situaciones similares afectarían a caseríos del área cercana a su desembocadura, tanto por crecidas del río como por efectos asociados a tsunamis.

5.2.5. Costado del valle (F13)

Características: Pendientes moderadas de laderas rectas, moderadamente disectadas. (Figura 1, cuadro1)

Uso de la tierra: bosques, vegetación arbustiva, y pastos con árboles.

Amenazas naturales: Sismos, deslizamientos. Además del proceso de profundización efectuado por la corriente en el valle del río, este costado constituye también el escarpe de la falla Barranca. Ello evidentemente representa una restricción seria para obras de infraestructura diversa; agregándosele como un efecto secundario de la sismicidad la posible activación de deslizamientos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: en esta unidad solo se presentan viviendas muy dispersas.

5.2.6. Terraza fluvial elevada (F6A)

Características: Sección de cimas planas y amplias, bajo grado de disección y baja densidad de drenaje, separados por valles fluviales interiores amplios y simétricos, con flancos o vertientes de suave pendiente y escasa altitud entre el fondo de los valles y las cimas de las planicies, espacios interfluviales amplios. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: residencial, recreación, frutales y pastos con árboles. Esta unidad se encuentra dividida en tres partes, la sección central que es la de mayor extensión es el asiento de la ciudad de Esparza.

Amenazas naturales: (sismos, tormentas eléctricas). Por la proximidad de la traza de falla Barranca; y de la posible falla activa sospechosa del Río Jesús María, esta

localidad presenta riesgo por esta clase de eventos. En correspondencia con el período lluvioso, son frecuentes los episodios ocasionados por actividad eléctrica.

Efectos en asentamientos y obras diversas: ciudad de Esparza.

5.2.6. Terraza fluvial elevada disectada (F6B)

Característica: Relieves de escasa altitud, medianamente disectados, de pendientes moderadas y baja densidad de drenaje, valles fluviales cortos y de escaso entalle, divisorias y espacios interfluviales amplios, cimas redondeadas y amplias con laderas de cierta concavidad hacia los ríos. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos con árboles, árboles dispersos y vegetación arbustiva.

Amenazas naturales: Sismos, deslizamientos. Esta unidad constituye una prolongación geográfica de la unidad comentada atrás, destacándose como diferencia el que posea relieves un poco más pronunciados y un mayor grado de disección. Además forma parte del sector inmediatamente adyacente al valle del río Barranca estableciendo una transición entre éste y la parte oeste de la ciudad. Es un sector afectado por riesgo sísmico y deslizamientos si se toma en cuenta su cercanía a la traza de falla activa Barranca.

Efectos en asentamientos y obras diversas: es un sector relativamente despoblado en cuanto a concentración de población si se le compara con la ciudad de Esparza; sin embargo las vías de comunicación representan ejes de poblamiento importante tal y como se aprecia en los caminos que llevan a Mojón y Mojoncito. En esta área se desarrolla también un proyecto urbanístico mediante la modalidad de venta de propiedades para casas de recreo.

5.2.7. Lechos fluviales (F6A)

Característica: Grupo de pequeños valles fluviales interiores, amplios, simétricos, excavados en materiales de la terraza fluvial elevada, acompañados de planicies aluviales de corta extensión. Son terrenos con declives y laderas suaves. Los ríos

transcurren por cauces no entallados, con valles fluviales no profundos y corrientes de lento transcurrir en áreas de escasa pendiente. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos, pastos con árboles, vegetación riparia con efecto de corredor, bosques y áreas con frutales.

Amenazas naturales: inundaciones. En función de lo plano de esta unidad, el riesgo de inundación se señala únicamente para aquellas áreas inmediatamente vecinas al curso del río.

5.2.8. Lecho fluvial (F1B)

Característica: Unidad que corresponde a secciones de los valles fluviales de los ríos Paires y Jesús María. Son cauces profundamente entallados en materiales de depósito fluvial, simétricos y controlados por la estructura. Partes de los cauces tienen fondos planos, flanqueados por vertientes en forma de uve, laderas rectas, con unidades semiplanas en las cimas de los relieves que atraviesan. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: bosques naturales y vegetación riparia con efecto de corredor, pastos con árboles. **Amenazas naturales:** Deslizamientos. Si bien lo denso de la vegetación no permite observar cicatrices de deslizamientos, la profundidad de los valles y la sismicidad potencial de la falla del río Jesús María, permite inferir riesgo de desprendimiento de materiales en los flancos de estos valles fluviales.

Efectos en asentamientos y obras diversas: no existen asentamientos en estas áreas.

5.2.9. Colinas y laderas denudacionales (F5)

Características: Área de terrenos planos-ondulados, moderadamente disectados, de cursos fluviales de corta longitud y de escasa densidad. Los valles fluviales son gradualmente más entallados, simétricos, con laderas pronunciadas conforme se aproximan a lechos de confluencia profunda como el del río Jesús María y a la costa. Las secciones onduladas superiores muestran espacios interfluviales cortos, irregulares y redondeados a modo de pequeñas depresiones interiores. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos, pastos con árboles, árboles agrupados, frutales y recreación.

Amenazas naturales: Sismos. Por la vecindad de la falla del río Jesús María.

Efectos en asentamientos y obras diversas: poblado de Juanilama.

5.3. Unidades de origen denudacional

5.3.1. Colinas y laderas denudacionales (D1)

Características: En materiales volcánicos y sedimentarios: Es una sección moderadamente ondulada, con áreas planas amplias, inclinadas y elevadas. Los espacios interfluviales son amplios, con baja densidad de drenaje y divisorias largas y aguzadas. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos, pastos con árboles, frutales, recreación y vegetación riparia con efecto de corredor.

Amenazas naturales: de acuerdo con Madrigal (1970) esta unidad está delimitada por dos fallas, por lo que su eventual activamiento acarrearía efectos por sismos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: el poblado de Artieda

5.3.2. Colinas denudacionales en materiales sedimentarios (D2)

Características: Algunas de las cimas están conformadas por los cerros Caras (165 m), Limones (131 m), Cebollín (225 m), Pavitas (99 m), Fila Carballo y Barbudal (224 m). Son terrenos de baja altitud, con predominio de laderas rectas inclinadas y cimas semiredondeadas, de fuerte a moderadamente disectados. Contienen secciones de laderas verticales, pertenecientes a alineamientos de acantilados vivos y muertos. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: bosques, vegetación arbustiva y pastos.

Amenazas naturales: (sismos, deslizamientos). Por estar ubicada entre las fallas de los ríos Barranca y Jesús María, este sector podría generar deslizamientos por sismos en sectores en donde predominen fuertes pendientes. Áreas de esta naturaleza lo conforman las paredes verticales de acantilados, al pie de las cuales se notan claramente depósitos de materiales caídos por desprendimientos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: en los poblados de Caldera, Mata de Limón y Salinas, existe poblamiento lineal paralelo a la vía del ferrocarril que también corre al pie de estos acantilados.

5.3.4. Remoción en masa (D4A)

Características: Terrenos con relieve ondulado a quebrado, rupturas de pendientes bruscas, afectados por hundimientos y desplazamiento de laderas, con relieve caótico al pie de pendientes y caída ocasional de escombros. Avalanchas súbitas y depósitos coluviales en pequeños conos de deyección. Grietas y rupturas con afloramientos de aguas subterráneas, así como depresiones interiores escalonadas y saturadas de aguas permanentes e intermitentes. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos, residencial, árboles agrupados y vegetación arbustiva.

Amenazas naturales: (deslizamientos, avalanchas).

Efectos en asentamientos y obras diversas: la población de Peñas Blancas aparece como la comunidad directamente afectada por cuanto su emplazamiento se ubica sobre terrenos inestables. El camino de grava que da acceso a esta localidad sufre periódicamente interrupciones por la caída de materiales así como por lavados y deformaciones en su trazado.

5.3.5. Deslizamientos activos (D4B)

Características: esta área es una continuidad de la unidad anterior, con la particularidad de que pueden distinguirse tanto en el campo como en las fotos aéreas; un agrupamiento de rasgos que denotan procesos evidentes por inestabilidad de laderas. Los terrenos se muestran agrietados, con fuertes desniveles y depósitos frescos de materiales al pie de escarpes. En algunas franjas de terreno en forma escalonada se aprecian encharcamientos y crecimiento muy localizado de pastos en período seco. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastizales y matorrales dispersos.

Amenazas naturales: Deslizamientos, avalanchas.

Efectos en asentamientos y obras diversas: en viviendas cercanas a la quebrada Estrella y deterioro de la vía que lleva a Peñas Blancas.

5.3.6. Superficies planas elevadas, en materiales volcánicos (D5)

Característica: Relieves de no más de 160 metros de altitud, de cimas casi planas y amplias, no disectadas, delimitadas por laderas rectas inclinadas y de suave declive. Secciones verticales interiores y de frente al mar corresponden a formas de acantilados vivos y muertos. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: Bosques y pastos.

Amenazas naturales: Sismos. Por su vecindad a la Falla Jesús María y a la sismicidad que se le pueda asociar.

Efectos en asentamientos y obras diversas: no existen asentamientos localizados en esta unidad.

5.3.7. Laderas y pie de pendiente, en materiales volcánicos (D3)

Características: De suave a moderado declive, laderas rectas, disectadas.

Uso de la tierra: bosques.

Efectos en asentamientos y obras diversas: al pie de esta unidad se ubica el emplazamiento del Puerto de Caldera así como una parte de la carretera que lleva a esta instalación.

5.4. Formas de origen marino

5.4.1. Marisma costanera (M9A)

Características: Corresponde a depresiones planas interiores, pantanosas, circundadas o al pie de relieves colinosos de poca altitud, de forma y dimensión variada. Representan secciones de lechos marinos antiguos como vestigios de la transgresión Flandense. Las áreas que mantienen conexión al mar, mantienen una condición de bajos fondos e influencia marina permanente por fluctuación de mareas. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: manglares y arbustos.

Amenazas naturales: Sismos, licuefacción, tsunamis, caída de rocas. Aunque la mayoría del tiempo estas áreas mantienen un nivel de aguas permanente, la condición de depósitos arenosos no consolidados en su borde inmediato, hace que estas áreas sean especialmente vulnerables a sismos, ya que estos terrenos, en ocasión de temblores de cierta magnitud, tienden a comportarse como un líquido, por lo que estructuras ubicadas ahí, no importando el material en que estén construidas, simplemente se “vuelcan” o se colapsan. Asimismo, la condición de unidad costera cercana a la Península de Nicoya la expone también a efectos derivados de tsunamis, que como se comentó atrás, representa junto con Golfito las dos zonas tsunamigénicas de la costa pacífica costarricense. (Fernández, M. y Rojas, W., 2000).

Efectos en asentamientos y obras diversas: esta unidad se reparte en cuatro zonas. La primera de ellas, el estero Mero se ubica inmediatamente al sureste de la desembocadura del río Barranca. Además de la vía férrea, por sismos de cierta magnitud, resultaría afectado el puente sobre el río Barranca, que comunica el puerto de Caldera con las

ciudades de Puntarenas, San José y la provincia de Guanacaste. En su interior no hay asentamientos aunque en su vecindad se localiza el caserío de Cabezas, antiguo paradero del tren. Aquí por licuefacción y tsunamis serían afectadas las construcciones costeras edificadas precisamente en las extensas áreas sedimentarias de las playas de Boca de Barranca y de los terrenos planos continentales, que aunque estrictamente ubicados fuera y colindantes con la jurisdicción del cantón de Esparza, no podrían deslindarse efectos en su conjunto.

La segunda unidad por comentar es la del Estero de Mata de Limón. Se encuentra separada del mar mediante un cordón litoral que también sirve de paso a la carretera que va al puerto de Caldera. Por tradición, este lugar junto con la unidad Tivives, por comentar aún, es uno de los sitios de mayor densidad residencial para estas unidades, dado el atractivo turístico que le ha caracterizado.

El asiento original del poblado de Mata de Limón se establece inicialmente como parte de una estación ferrocarrilera y que con posterioridad, crece a expensas de rellenos, y de invasión al manglar. Así en su interior y mediante una comunicación por un puente peatonal, se desarrolla en las orillas de este estero, una infraestructura de servicios comerciales y de hospedaje entre otros. También sobre el cordón litoral se edifican construcciones y se trazan caminos de acceso que ocupan parte de las tierras que se emplearon como rellenos. La vía férrea que circunda la unidad, sirve a su vez como eje de poblamiento, por lo que la presión sobre las tierras del manglar se ve acrecentada mediante la ampliación de lotes y la edificación de las viviendas.

El efecto combinado de sismos, tsunamis y licuefacción es un conjunto de amenazas importante en esta área, ya que la conformación física de este territorio descansa sobre sedimentos no consolidados, por lo que movimientos sísmicos de cierta magnitud producirían daños variados en esta población. Reseñas de daños recientes sobre estos eventos se remontan al 25 de marzo de 1990, cuando el denominado sismo de Cóbano, con epicentro a la entrada del Golfo de Nicoya, causó la caída de varios hoteles en este lugar. Para los pobladores que habitan a lo largo de la vía férrea, el emplazamiento de sus viviendas al pie de acantilados, los expone también a caída de materiales.

El estero de Corralillo al noroeste de playa Tivives constituye otro sector con características físicas similares al anterior, con la diferencia sustancial de que es un área muy pequeña y despoblada, por lo que los eventos comentados tendrían aquí un impacto marginal.

La última de estas secciones corresponde al estero formado en la desembocadura del río Jesús María y que está separado del mar por el cordón litoral que forma la playa Tivives. Al igual que el estero de Mata de Limón, es un sector que ha experimentado un creciente poblamiento estacional, sobre todo en lo que se refiere a instalaciones para vacacionar. De hecho, los aproximadamente 2 kilómetros y medio del cordón que forma la playa, se constituyen también en el alineamiento más denso de viviendas para este lugar. A diferencia de Mata de Limón, esta disposición longitudinal de viviendas se ubica de frente al mar, mientras que en Mata de Limón el núcleo poblacional más numeroso, sin contar el poblado de Caldera, se localiza al interior, con el cordón litoral como barrera natural. Por tanto, las amenazas naturales que anteriormente se señalaron para Mata de Limón, exceptuando la caída de rocas, se hacen extensivas para esta área.

5.4.2. Llano de marea antiguo (M9B)

Características: Corresponden a prolongaciones tierra adentro de los terrenos planos que conforman las marismas costaneras, con la excepción de que tales áreas, afectadas por el desnivel y relleno que producen los depósitos coluviales de pie de laderas, no son afectadas por el ciclo de mareas. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: pastos y árboles agrupados. Los sectores nombrados como llanos de marea antiguos representan fondos del lecho marino, originados a partir de la transgresión flandense que comenzó inmediatamente después de terminado el máximo glacial (Glaciación Wurm), aproximadamente unos 17000 años a.C. y que alcanzó su nivel más alto 6000 años a.C. Después de esta fecha el nivel promedio del mar ha descendido en unos 3 metros. (Guell, D. et. al., 2000). La ubicación de los lechos marinos antiguos se encuentra distribuida a lo largo de esta costa, ocupando además de las secciones más al interior de las marismas costaneras o esteros, las secciones bajas de las actuales desembocaduras de los ríos Barranca y Jesús María. De acuerdo con ello, de norte a sur, se localiza el llano de marea que aquí llamamos Pan de Azúcar, que

configura una depresión plana en donde las aguas del mar accedían a través del actual valle del río Barranca, así como el que se encuentra tierra adentro del estero Mero. Luego le siguen tres áreas localizadas al interior del estero de Mata de Limón, una al final del estero Corralillo y otra pequeña en el extremo noroeste de playa Tivives.

Amenazas naturales: para estas áreas no se identifica riesgo por peligros naturales, ya que no obstante su condición de confinamiento, se encuentran rodeadas por cerros de escasa altitud y únicamente en el caso de sección baja del río Esparta, podrían presentarse desbordes en caso de crecidas extraordinarias.

Efectos en asentamientos y obras diversas: estas son áreas por lo general poco pobladas, siendo la excepción el sector de Cambalache, en donde el asentamiento Villanueva se ubica en tierras que pertenecen a la zona protectora de Tivives. En esta parte se reportan problemas por inundaciones debido a la presencia de una alcantarilla que drena aguas de la carretera hacia la parte baja del poblado.

5.4.3. Acantilados vivos y muertos (M10-11)

Características: En general, cara de roca abrupta vertical y de superficie irregular; con socavón al pie por la acción presente y pasada de las olas. Deslizamientos y caída de rocas son comunes. (Figura 1, Cuadro 1)

Los acantilados vivos se extienden desde la roca Mesón hasta Roca Carballo, siendo interrumpida únicamente por la playa Pirata caracterizada por la ausencia de vegetación debido a la fuerte acción del oleaje incluso en marea baja, además estos acantilados son activos porque están en desarrollo y retroceden a partir de socavamientos y grietas, al mismo tiempo que se va modelando el estrán_rocoso. Estas son áreas de alta energía, donde los materiales desprendidos de los taludes desgastados y depositados en la base, presentan dimensiones de más de 50 centímetros. (Guell, D., et. al., 2000). Otro sector de acantilados vivos se extiende al pie del Alto de las Mesas, al norte de playa Corralillo en las inmediaciones del puerto de Caldera hasta Playa Icao al sur; interrumpidos por las playas Terciopelo e Icao. Se afirma que Punta Corralillo es uno de los sitios donde la erosión litoral asociada al oleaje se presenta de manera más intensa, pues el sitio está ubicado de cara al mar. El embate directo del tren de olas principalmente proviene del suroeste. Esta situación reafirma que la dirección del oleaje con respecto a la línea de

costa y la posición de los acantilados y promontorios rocosos hace que los sectores ubicados al sureste los que sufren con mayor intensidad la erosión. (Guell, D., et. al, 2000).

Uso de la tierra: vegetación herbácea. El área de acantilados muertos se extiende detrás de playa Caldera así como inmediatamente al norte de playa Tivives. Se originaron durante el proceso de transgresión flandense.

Amenazas naturales: en prácticamente todos los bordes de los acantilados y paredes expuestas, el desgaste y la generación de micro desprendimientos de materiales se manifiestan en forma activa. Desde los bordes de Roca Carballo, donde se ubica el proyecto recreativo privado “La Roca” hasta los antiguos acantilados de borde de playa Caldera y los ubicados más al sur; la formación de conos de derrubios y de coluvios es evidente. Se estima que el desprendimiento de materiales de estas áreas llega a aumentar la cantidad de sedimentos y materiales, que posteriormente son movilizados por agentes hidrológicos (corrientes de quebradas y corrientes litorales) en los niveles inferiores. Los materiales desprendidos y acumulados se distribuyen por las superficies de topografía plana y en la actualidad sirven como soporte de asentamiento para muchas de las construcciones del poblado de Caldera. La intensidad de las lluvias y lo fuerte de la pendiente donde se encuentran localizados estos micros desprendimientos, generan un margen de inseguridad y peligrosidad para toda la infraestructura que se localiza cercana a estos, por estar dispuestos sobre áreas inestables de la Roca Carballo. (Guell, D., et. al, 2000).

5.4.4. Playas y cordón litoral (M3)

Características: Terrenos inconsolidados, casi siempre planos, con pendiente suave hacia el mar y regularmente inundados en pleamar, algunas veces irregulares en su topografía. El cordón litoral corresponde a un depósito de tierra elongado, producto de las condiciones que durante la Transgresión Flandense, favorecieron su formación.

Uso de la tierra: construcciones de tipo vacacional y áreas de recreación, servicios diversos.

Amenazas naturales: Sismos, licuefacción, tsunamis, erosión litoral. Tal y como se señaló con detalle atrás, la condición de depósitos no consolidados hace que las playas en particular, sean muy vulnerables a eventos sísmicos y por consiguiente a procesos de licuado de arenas. Aquí debe agregarse que son unidades expuestas a tsunamis. Es importante a su vez señalar que para llevar a cabo la construcción del puerto de Caldera, se hizo necesario hacer un relleno al sur de la boca del humedal (estero de Mata de Limón) y se construyeron rompeolas y espigas, provocando una variación en la dinámica litoral y en la línea de costa, reduciendo la salida natural de unos 150 metros dejándola con una abertura de solo 52 metros en el área del puente. El sistema anterior de estero intermareal o laguna abierta, se convirtió en una laguna litoral semiocluída a régimen de marea. Esta oclusión parcial es la que ha favorecido el depósito de sedimentos. (Guell D., et al., 2000)

Efectos en asentamientos y obras diversas: Lógicamente, de presentarse eventos sísmicos de cierta magnitud, las áreas de construcción localizadas aquí sufrirían fuertes efectos.

5.4.5. Escarpe (D9)

Características: Corresponde a una pared rocosa vertical al oeste de la localidad de Peñas Blancas. Es una ruptura de pendiente fuerte que parece semejar una inmensa cicatriz de deslizamiento, y cuyo piso inferior coincidiría con los materiales en donde se asienta esta localidad. (Figura 1, Cuadro 1)

Uso de la tierra: vegetación arbustiva

Amenazas naturales: (caída de rocas, deslizamientos).

Efectos en asentamientos y obras diversas: Las vecindades de Peñas Blancas.

5.4.6. Superficie elevada ondulada no disectada (D6)

Características: Unidad de pequeña extensión, y en la que por su forma y pendiente representa un espacio similar a un peldaño, dentro de un territorio de relieves irregulares.

Uso de la tierra: pastos y vegetación arbustiva.

Amenazas naturales: Sismos.

Efectos en asentamientos y obras diversas: viviendas dispersas

6. Resultados

La unidad colinas volcánicas denudacionales (V14A) (Figura 1) ocupa la mayor extensión en el cantón. Esta sección en conjunto con su vecina, la unidad montaña volcánicas denudacionales (V14B) representan más del 64% de Esparza. Estas tierras se ubican al norte y noreste de la ciudad principal, comprendiendo el área en donde aparecen los terrenos de mayor pendiente, por cuanto agrupan las zonas en donde se concentran áreas montañosas quebradas. Ambos territorios a su vez, presentan la mayor incidencia potencial de amenazas naturales, ya que son vulnerables a sismos, deslizamientos avalanchas, inundaciones y vientos fuertes. La amenaza sismos (gráfico 1, cuadro 1) predomina en el cantón como el tipo de evento que se hace presente en 16 de las 26 unidades identificadas. Corresponden asimismo a un 84,89% de la extensión territorial de Esparza. La segunda amenaza natural son los deslizamientos ya que existe riesgo por ellos en 12 unidades., lo cual representa el 62,31% del cantón. Las inundaciones ocupan el tercer lugar en cuanto a ocurrencia de procesos naturales y aparecen reseñadas en 8 unidades, lo cual equivale a 33,56% del territorio. Los procesos con menor presencia en este cantón son la erosión litoral y la caída de rocas, ya que, respectivamente, tienen presencia en 1 y 3 unidades. Las subunidades geomorfológicas con mayor potencial sísmico son las colinas volcánicas denudacionales, (gráfico 2, cuadro 1) las cuales se ubican cercanas a fallas activas. Las playas o cordones litorales aparecen como las unidades con menor vulnerabilidad. Las colinas denudacionales representan en el cantón los sectores de mayor pendiente a la vez que muestran procesos de erosión importantes debido a prácticas de uso inapropiadas. Precisamente estas unidades tienen el mayor potencial de riesgo por

presencia de deslizamientos (gráfico 3, cuadro 1) así como también las colinas denudacionales. La amenaza inundación también tiene mayor presencia en las montañas volcánicas denudacionales así como en las planicies aluviales.

Las inundaciones aparecen en un tercer lugar, afectando los terrenos montañosos, las áreas de planicie aluvial y otros sectores planos de la costa. Los últimos dos sectores son coincidentes con las amenazas por licuefacción, ya que las áreas de sedimentos no consolidados como las planicies aluviales y los llanos de marea antiguos, originados bajo la influencia fluvial y marina, poseen por lo general un potencial de aguas subterráneas, con aportes estacionales provenientes por inundaciones.

Las unidades planas ubicadas de frente al mar tienen como amenaza principal los tsunamis, mientras que las tormentas eléctricas se anotan para la unidad que contiene la ciudad de Esparza, porque los pobladores de ahí se refirieron a ellas en particular. Debe consignarse también que el 80% de las unidades geomorfológicas, es decir 20 de las 25, pertenecen a clases de áreas con relieve pronunciado, mientras que las cinco restantes, con un territorio de 29,5 kilómetros cuadrados, se ubican en clases de áreas con relieves bajos.

El proceso que aparece más nombrado y que da origen a las formas actuales en el cantón es el fluvial, con 69,5 kilómetros cuadrados. Sin embargo, la génesis volcánica en cuanto a formaciones primarias es predominante porque posteriores eventos morfogenéticos modelaron esos territorios e imprimieron su apariencia actual. La erosión litoral y la reptación son las amenazas menos nombradas. Tal escasa mención no debe subestimarse ya que el área más inestable del cantón en cuanto a movimientos por remoción en masa, aunque ocupa en términos de territorio afectado una extensión de unos 5 kilómetros cuadrados; es el asiento de la localidad de Peñas Blancas. La erosión litoral aunque es un proceso casi imperceptible, sus efectos son considerables a corto y mediano plazo, ya que en el caso de la construcción del muelle de Caldera y en el cierre que se efectuó de la salida al mar del Estero de Mata de Limón, se originaron radicales transformaciones en las dimensiones y en los depósitos sedimentarios de la marisma costanera.

Bibliografía

Fernández M., Rojas W. (2000). *Amenaza sísmica por tsunamis*. En **Geología de Costa Rica**. Editorial Tecnológica de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Guell, D. Pineda Y E. Salas, D. (2000). *Procesos hidrogeomorfológicos de transporte y sedimentación en el sistema lagunar de Mata de Limón*. Tesis Lic. San José, Costa Rica. Universidad de Costa Rica.

Madrigal R. (1970). *Geología del mapa básico Barranca, Costa Rica*. Dirección de Geología, Minas y Petróleo, Escuela Centroamericana de Geología. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. Costa Rica.

Madrigal R. (1980). Manual descriptivo del mapa geomorfológico de Costa Rica. (escala 1:200.000), Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables (SEPSA), San José, Costa Rica. Imprenta Nacional.

Malavassi L.; Alfaro R.; Murillo W.; Herrera, G. (1986). *Evaluación del recurso biológico del manglar de Tivives*. Fundación de Parques Nacionales. San José, Costa Rica.

Ministerio De Recursos Naturales Energía y Minas (MIRENEM). (1980). Mapa geológico 1:200.000

Montero W. (2001). *Amenaza por ruptura asociada con fallamiento activo en el cantón de Esparza, provincia de Puntarenas*. Fundación para la Investigación, FUNDEVI, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Ramírez G.; Chaves, E. Zeledón, R. (1991). Diagnóstico de los recursos naturales de la cuenca del río Barranca. Tesis. Lic. Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

Serrano, C. (2000). Propuesta: Plan de control y protección zona protectora de Tivives, Esparza, Puntarenas, Costa Rica. Tesis Bach. Universidad Estatal a Distancia. Escuela de Ciencias Exactas y Naturales, Programa de Manejo de Recursos Naturales.