

**Universidad de Costa Rica  
Escuela Centroamericana de Geología  
Sección de Sismología, Vulcanología y Exploración Geofísica**

**Informe Técnico Final**

**Proyecto de Investigación GEOF 3.4.2.51:**

**Dinámica y deformación de fallas activas mediante técnicas geodésicas:  
implicaciones para la geodinámica externa y mitigación del riesgo sísmico**



**Coordinador:  
Dr. Mauricio Mora Fernández**

**Financiamiento:  
Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH)  
Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica**

**Ciudad Universitaria Rodrigo Facio  
Julio, 2008**

# 1. Antecedentes

## 1.1 Justificación

En los procesos de desarrollo socioeconómico de grandes regiones como es la región Brunca, se necesita incorporar el pensamiento de prevención, en aras de fortalecer y asegurar la vida útil a dicho desarrollo. Esto porque la región Brunca y en particular el cantón de Pérez Zeledón, ha sido azotada por un terremoto históricamente conocido e impactada indirectamente por huracanes y consecuentes inundaciones asociadas. Ambos procesos, el temblor y las fuertes lluvias, disparan también deslizamientos y provocan destrucción en los edificios, las viviendas, la producción agropecuaria y trastornan el sentido de pertenencia de las personas afectadas. Por lo tanto, Pérez Zeledón se desarrolla dentro de un espacio multiamenaza, entendido éste como aquel donde las amenazas naturales pueden actuar solas o bien encadenadas, una como consecuencia de otra, e incluso pueden actuar de manera convergente.

El uso histórico y actual de la tierra es en sí otro factor que aumenta la vulnerabilidad y por lo tanto el nivel de riesgo de la sociedad. Esto se refleja en la cultura de expandir el desarrollo agropecuario, habitacional e incluso de infraestructura estratégica, como lo es la línea de interconexión eléctrica, hacia los valles por donde discurren ríos y presentan laderas de las cuales muchas de ellas son inestables. Este desarrollo desordenado en la región que, junto con la ocurrencia de sismos y de otros procesos, ha generado la existencia de escenarios socioproductivos que se pueden calificar como peligrosos lo que aumenta la vulnerabilidad y en consecuencia el nivel de riesgo.

Muchas veces, ante la impotencia que siente la población ante situaciones de riesgo que han sido construidas por factores tales como: la falta de información sobre los procesos naturales, la falta de voluntad política por producir un desarrollo económico con justicia social, las migraciones, la pobreza generalizada, entre otros aspectos, se escuchan frases que como excusas ante la pérdida, achacan a la naturaleza la culpa de la destrucción: “...el río invadió la comunidad de...”, “...el deslizamiento sepultó tantas casas...”, “...el sismo destruyó edificios...”, “...el violento huracán mató...”.

Con dolor se recuerda las secuelas de los huracanes Kitty (1955), Gilbert y Joan (1988) y César (1994) en los cuales ocurrieron crecidas de los ríos y lluvia excesiva que produjeron numerosos deslizamientos (Peraldo y Mora, 1997). Asimismo, se puede recordar el sismo del 3 de julio de 1983, que tuvo una magnitud de 6,2 en la escala de Richter, y que produjo daños severos en los sectores norte de los valles de los ríos Buenavista y Chirripó de Pérez Zeledón, principalmente asociados con deslizamientos generados por la fuerte sacudida. Por lo tanto, mitigar o prevenir dichos impactos requiere tanto un conocimiento científico de los procesos naturales así como un cambio cultural que permita que las comunidades se adapten y por tanto se integren al espacio con el que conviven.

En este contexto, nuestro objeto de estudio es la dinámica de las fallas corticales y su efecto en la geodinámica externa en conjunto con el entorno social y en el marco de la mitigación del riesgo asociado a la actividad sísmica aplicado al área piloto de Buenavista de Pérez Zeledón. Muy particularmente, se estudia la fuente sísmica del terremoto del 3 de julio, enmarcado dentro

de un estudio geoestructural, geodésico, histórico y geográfico del área, así como el impacto social que dicho evento generó.

Este estudio se hace desde una perspectiva humana, donde se propicia el intercambio y la interrelación entre el científico y las comunidades. Esto permite que haya una comunicación efectiva entre ambos, pues de esta manera los resultados de la investigación puedan llegar por la vía del diálogo o a través de talleres participativos hasta las personas que lo requieren. Esto propicia la creación de una componente importante de la investigación, que consiste en compartir experiencias entre el científico y las comunidades, de esta manera se establece una relación más directa para generar una mejor comprensión de los procesos naturales y la manera de prevenir o mitigar sus consecuencias.

## 1.2 Ubicación del área de estudio

El área de investigación su ubica en Rivas, distrito # 4 del cantón de Pérez Zeledón. Este cantón se incluye en la región Brunca, provincia de San José, con un área de 307,85 km<sup>2</sup> y una población de 6576 habitantes (IGN, 2001) (Figura 1).

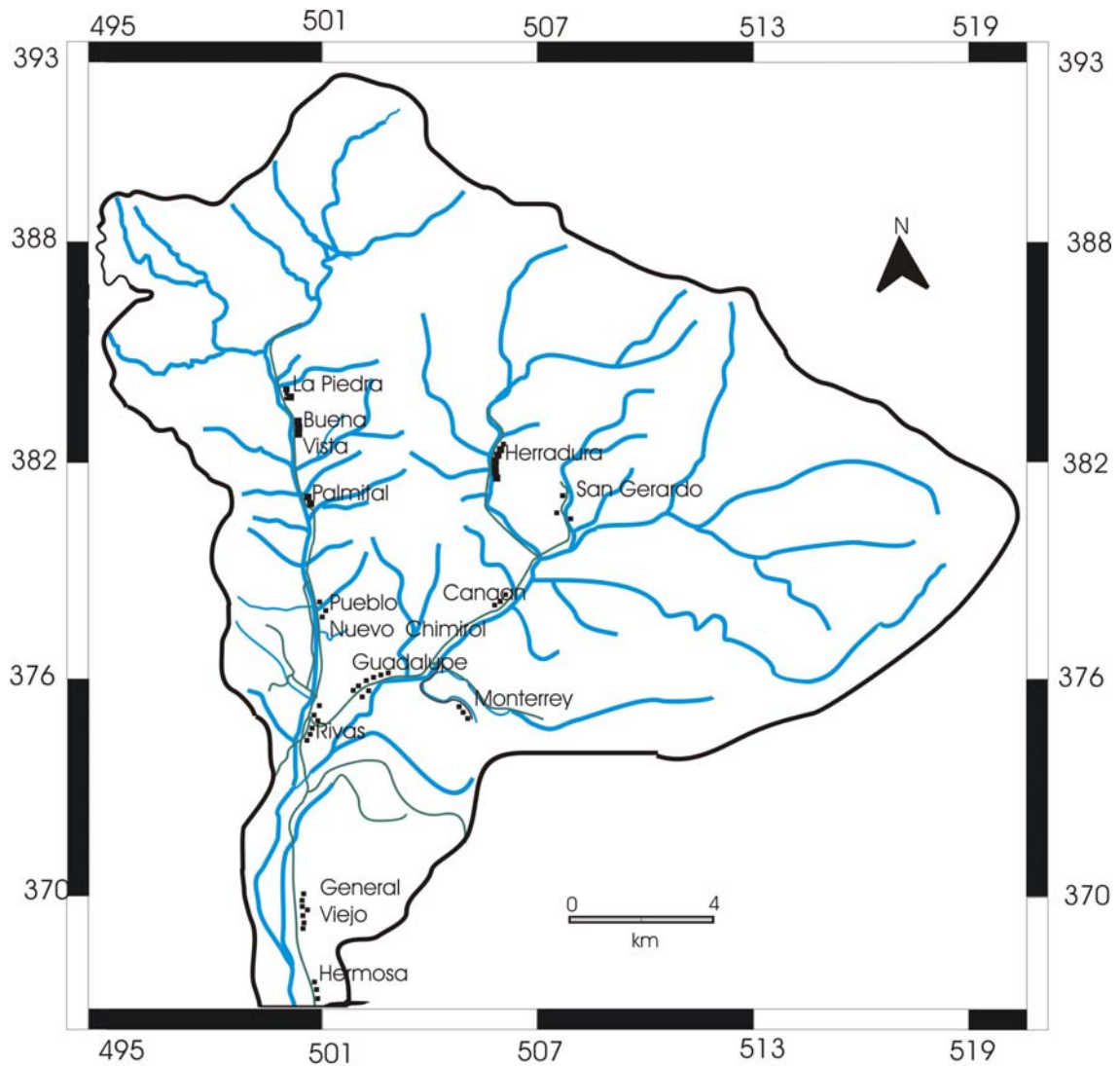
La comunidad de Rivas, centro del área de estudio, está ubicada 15 km al norte de San Isidro, cabecera del cantón, en las coordenadas 09°25'21"Lat N / 83°39'36" Long. W, a una altitud de 870 m.s.n.m. En esta área de estudio de ubican caseríos como Pueblo Nuevo, Palmital, Buenavista, La Piedra, Tirrá, San Martín, San Juan, Guadalupe, Chimirol, Canaán, San José, Herradura y San Gerardo.

El área es de características rurales con una población importante, lo que hace que los estudios relacionados con amenazas naturales se conviertan en insumos de gran interés para ser usados en el ordenamiento territorial en un área con una serie de comunidades en crecimiento. La tabla 1 muestra la población estimada en el censo de 2001.

**Tabla 1: Datos de población, área y comunidades del área de estudio.**

| Distrito | Área (km <sup>2</sup> ) | Habitantes | Poblaciones  |
|----------|-------------------------|------------|--|
| Rivas    | 307,85                  | 6 576      | Alaska, Altamira, Ángeles, Boquete, Buenavista, Canaán, Chimirol, Chispa, Chuma, División, Guadalupe, Herradura, Monterrey, Palmital, Piedra Alta, Playa Quesada, Playas, Pueblo Nuevo, Río Blanco, San Gerardo, San José, San Juan Norte, Siberia, Tirrá. |

**Fuente:** Instituto Geográfico Nacional, 2001



Simbología

-  Ríos
-  Límite de cuenca
-  Caminos
-  Casas



**Figura. 1: Mapa de ubicación área de estudio.**

La principal ruta de acceso hacia el área de estudio, parte de la ciudad de San Isidro, es de dos vías y asfaltada hasta Rivas centro. A partir de esta población, la ruta se divide en dos: una de ellas tiene rumbo norte, es de grava y comunica Rivas con las poblaciones ubicadas a lo largo del valle del río Buenavista: Pueblo Nuevo, San Martín, San Juan, Buenavista y La Piedra, la otra ruta, es de grava, tiene un rumbo al NE y comunica Rivas con las poblaciones de Guadalupe, Chimirol, San José, Canaán, Herradura y San Gerardo. De Rivas parte otra ruta al Sur, en grava, que comunica a esta población con las localidades de Miraflores, Hermosa y General Viejo.

### **1.3 Antecedentes del proyecto**

Desde el punto de vista geológico y geofísico, en Costa Rica se han dado avances importantes en el conocimiento de los procesos generadores de sismos, entre ellos la subducción y las fallas corticales. Se han realizado numerosos estudios de diversa índole que, de ser tomados en cuenta, permitirían un desarrollo más armonioso con el entorno. Específicamente, la Escuela Centroamericana de Geología (ECG) de la Universidad de Costa Rica (UCR), la cual forma con el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) la Red Sismológica Nacional (RSN: ICE-UCR) ha venido desarrollando estudios sismológicos y de fallamiento que han contribuido en muchos casos al desarrollo de una infraestructura adecuada, por ejemplo, el caso de los proyectos hidroeléctricos.

La combinación de este y de otros proyectos que maneja la ECG contribuyen día con día al desarrollo del conocimiento geológico de Costa Rica, el cual debe ser accesible a la sociedad con el propósito de hacer realidad los pilares en que se sustenta el quehacer de la Universidad de Costa Rica: la docencia, la investigación y la acción social.

La ECG desde 1996 se ha abocado a realizar estudios sobre deslizamientos y geología en el cantón de Pérez Zeledón, de manera interactiva con la Comisión Cantonal de Emergencia, coordinando actividades de capacitación como la que se llevó a cabo en el año 2000 en San Isidro. El interés ha sido dirigido específicamente a los valles de los ríos Buenavista y Chirripó, que han sido los más afectados por el recordado sismo del 3 de julio de 1983. Estas investigaciones han dado como resultado propuestas concretas para otros estudios específicos e interdisciplinarios, en conjunto con el ICE en el marco de la RSN y la Escuela de Geografía de la misma universidad. Una de ellas es el actual proyecto titulado: *Dinámica y deformación de fallas activas mediante técnicas geodésicas: implicaciones para la geodinámica externa y mitigación del riesgo en el área piloto de la falla Buenavista, distrito de Rivas San Isidro de Pérez Zeledón* cuyo objetivo es el estudio del fallamiento del área, con métodos sismológicos y geodésicos, considerando las condiciones del entorno, por lo que se incorporan, además, las áreas donde existen deslizamientos y las que son propensas a estos procesos.

### **1.4 Antecedentes de la investigación**

El estudio particular de la deformación en fallas activas fue aplicado por primera vez por Protti (1996), quién midió el desplazamiento en un tramo de la falla La Garita utilizando barras de acero de 15 cm de alto ubicadas en ambos lados de la falla. Las medidas fueron realizadas de marzo a diciembre de 1990 y mediante un control cruzado de la distancia entre las barras observó desplazamientos del orden de milímetros.

Desde el punto de vista sismológico Leandro et al, (1983) y Boschini et al. (1988) estudiaron el sismo, sus consecuencias y la falla Buenavista como posible fuente del terremoto ocurrido el 3 de julio de 1983. Encontraron evidencias neotectónicas, geológicas y sismológicas. Hasta entonces, dicha fuente sísmica no era conocida. Peraldo et al. (2001) estudiaron y confeccionaron un mapa geológico del valle medio del río Chirripó y alrededores que incluye el valle del río Buenavista, modificado posteriormente por Peraldo (2004). Dicho trabajo se realizó con base en estudios internos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), fotos aéreas y geología de superficie.

## 1.5 Investigadores participantes

| Investigador(a)  | Actividades  |
|--|--|
| Geól. Mauricio Mora Fernández, Dr. (Principal). Escuela Centroamericana de Geología, UCR.                                    | Cartografiado geológico-estructural.<br>Análisis macrosísmico y sismológico.<br>Recopilación de información para análisis institucional y geográfico.<br>Realización de material educativo.<br>Fotogeología y geodinámica externa. |
| Geól. Giovanni Peraldo Huertas, M.Sc. Escuela Centroamericana de Geología, UCR   | Cartografiado geológico-estructural.<br>Análisis macrosísmico y sismológico.<br>Análisis institucional y geográfico.<br>Realización de material educativo.<br>Fotogeología y geodinámica externa.                                  |
| Geól. Elena Badilla Coto, M.Sc. Escuela Centroamericana de Geología, UCR   | Implementación del sistema de información geográfico.<br>Realización de material educativo.  |
| Ing. Carlos Cordero Calderón, Lic. Escuela de Ingeniería Topográfica, UCR e Instituto Costarricense de Electricidad, ICE.    | Implementación de la red de monitoreo geodésico, campañas de medición y análisis   |
| Dr. Javier Francisco Pacheco (Colaborador externo del Observatorio Sismológico y Vulcanológico de Costa Rica (OVSICORI-UNA). | Estudio de las fuentes sísmicas.   |

## 1.6 Objetivos

### 1.6.1 Objetivo general

Analizar la dinámica de una o varias fallas activas y su efecto en la geodinámica externa en conjunto con el entorno social y en el marco de la mitigación del riesgo sísmico.

### 1.6.2 Objetivos específicos

1. Establecer la extensión de la ruptura visible en superficie de la(s) falla(s) activa(s) que se pretende(n) estudiar con énfasis en la geología estructural de sus extremos.

2. Estudiar si los procesos de geodinámica externa que ocurren en los bloques de la falla que están condicionados por el campo de esfuerzos locales generados por el movimiento de ésta.
3. Evaluar la percepción de la población del impacto de la actividad continua en una falla y sus consecuencias.
4. Implementar métodos geodésicos adecuados para la vigilancia de fallas activas.
5. Comprobar la falla Buenavista y su entorno como área piloto para la aplicación de métodos geodésicos como instrumento de monitoreo y medición de desplazamientos.

## 2. Metodología

El enfoque metodológico del proyecto contempla el estudio de la amenaza a través de las componentes de Geología y Geodesia y del proceso social a través de la componente de Geografía, mediante los cuales se desemboca en un estudio parcial del riesgo. El proyecto contempla, por lo tanto, las siguientes fases:

- Trabajo de laboratorio: 1) *Investigación bibliográfica*: Recuperación de investigaciones anteriores que presenten información sucinta del área de estudio. 2) *Fotogeología*: Fotointerpretación de series fotográficas aéreas dirigida principalmente hacia los aspectos neotectónicos, estructurales y de geodinámica externa.
- Geología de campo: 1) *Cartografía*: Mediante los recorridos a lo largo de ríos y caminos con el fin de medir estructuras de tipo sedimentario y tectónico, además de reconocer la litología asociada. También para ubicar geoformas relacionadas con aspectos de geotectónica y de erosión. 2) *Descripción de estructuras*: Fallas e indicadores cinemáticos, fracturas, entre otros. 3) *Descripción litológica*: Es necesario un levantamiento geológico general de la región para conocer los tipos de roca para relacionarlo con su respuesta al fallamiento. 4) *Análisis morfológico de las laderas*: Descripción de la geodinámica externa mediante: formas erosivas existentes y el uso de la tierra.
- Estudio sismológico: 1) Estudio del evento principal y réplicas de la secuencia sísmica de julio de 1983. En este sentido, se trata de mejorar la localización de los sismos mediante un modelo de corteza actualizado y otras técnicas de localización. Estudio de la fuente sísmica mediante el reajuste del mecanismo focal y digitalización de los sismogramas de la red mundial. 2) Estudio macrosísmico: este contempla la realización de entrevistas en las comunidades, lo cual permite tener acceso no solamente a información sobre los daños del sismo, sino también, a la percepción existente sobre el proceso y las historias locales en torno al sismo de 1983; recopilación de información de daños a partir de la consulta de documentos en archivos como el existente en la municipalidad y como el Archivo Nacional, hemerotecas como la ubicada en la Biblioteca Nacional y de otras instituciones; ambos procedimientos permiten también el acceso a información histórica sobre eventos anteriores.

- Estudio de la deformación: 1) *Topografía convencional*: a 10 sitios de torres de la línea de transmisión Río Macho-San Isidro. Se aplican métodos de triangulación, trilateración, hundimientos y verticalidad de estructuras). 2) *Con GPS*: a 27 sitios, incluyendo las 10 torres de la línea de transmisión (Receptores de alta precisión utilizados para realizar las mediciones geodésicas y receptores portátiles poco precisos para la ubicación). 3) *Nivelación diferencial*: en 10 sitios de torre para conocer las inclinaciones del terreno utilizando el sistema de inclinómetros secos. 4) *Control de verticalidad*: se aplica en las 10 torres escogidas por medio de topografía convencional y siguiendo los procedimientos establecidos por el ICE.
- Participación comunal: 1) *Percepción*: Con base en entrevistas y talleres participativos para la confección de mapas de percepción con el fin de conocer la percepción comunal e individual del paisaje y del riesgo. 2) *Talleres de devolución de información*: Dirigidos a activistas comunales, comités de emergencias, entre otros, con el fin de aportar conocimiento preciso sobre las características del medio físico y para hacer la devolución de los resultados del análisis de los mapas de percepción.
- Análisis institucional: con base en entrevistas a funcionarios de las diversas instituciones encargadas del desarrollo socioeconómico del área de estudio se procede a entender la ingerencia de esas instituciones en el desarrollo y organización del cantón.
- Análisis del espacio mediante la división en unidades paisajísticas denominadas geocoras, en función de la historia de ocupación (colonización) y del uso histórico de la tierra.
- Integración e interpretación de la información: 1) Análisis de la totalidad de la información. 2) Realización de informes y publicaciones especializadas y de divulgación científica.

Desde el punto de vista institucional, el proyecto involucra varias unidades académicas de la Universidad de Costa Rica tales como la Escuela Centroamericana de Geología (unidad base) y la Escuela de Ingeniería Topográfica. Asimismo recibe el apoyo del Área de Auscultación de Obras del Instituto Costarricense de Electricidad en todo lo que se refiere a la auscultación geodésica. El proyecto es financiado por el Instituto Panamericano de Geografía e Historia (IPGH), la Vicerrectoría de Investigación y el Programa Institucional de Investigación en Desastres; los dos últimos de la Universidad de Costa Rica.

La zona sur también es vista con interés por parte de instancias internacionales que buscan desarrollar proyectos de importancia que seguramente servirán para aumentar el acervo de conocimiento geológico y sísmológico de la Región Brunca, en donde la Red Sísmológica Nacional (RSN: ICE-UCR) colabora con el Instituto de investigación GEOMAR, de la Universidad Christian Albrechts de Kiel (Alemania) para estudiar la estructura geológica de Costa Rica a lo largo de una línea que va desde Dominical, pasando por territorio del cantón de Pérez Zeledón y el área de Orosi de Cartago hasta Limón. Para este proyecto se han instalado 19 sismómetros que se ubican a lo largo de esa línea, lo que permitirá obtener modelos geológicos y mejorar la localización de los sismos del área.

### **3. Resultados**

#### **3.1 Logros más relevantes**

Los logros más relevantes se pueden enumerar de la siguiente manera:

1. Se contribuyó desde el punto de vista tectónico y petrológico con la elaboración del Mapa Geológico de la Hoja San Isidro, 1:50.000.
2. El enfoque metodológico y el aprendizaje durante el trabajo de campo permitió dos aspectos fundamentales:
  - a. Establecer una convergencia de perspectivas: geológica, geográfica, histórica y social para reconstruir los acontecimientos de un terremoto de la historia reciente de Costa Rica y tratar de interpretar adecuadamente el discurso oral (microhistorias) y documental para establecer las intensidades sísmicas en las localidades del área de estudio.
  - b. Un acercamiento con las comunidades de manera que la información del proyecto fuese aprovechada por las personas que lo necesitan. Esto se complementó con la elaboración de documentos educativos (brochures) para el público en general.
3. Se analizaron los factores que tienden a aumentar la vulnerabilidad de las comunidades y de las instituciones del Estado en el área de estudio.
4. Se implementó una red de monitoreo geodésico en el valle del Río Buenavista.
5. Se generó una base de datos sismológica con datos de estaciones localizadas en el área de estudio para el estudio detallado de la sismicidad.

### **3.2 Publicaciones**

1. PERALDO, G., MORA, M., 2007: Aspectos geográficos relacionados con aumento de la vulnerabilidad ante sismos en los valles de los ríos Buenavista y Chirripó Pacífico, Costa Rica. **Revista Geográfica Número 142, Julio – Diciembre 2007. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.**
2. **En prensa: Geología y Geografía desde las microhistorias y la percepción.** En este artículo se aborda el estudio de la geología y de la geografía desde una perspectiva de participación ciudadana y de percepción que fortalece el acercamiento entre las personas científicas y los y las miembros de las comunidades asentadas dentro del área de estudio. Específicamente se aborda el caso de estudio del área de Rivas de Pérez Zeledón, dentro del cual existe un componente de participación que se detalla en el artículo. Capítulo del libro: **Concepciones y representaciones de la Naturaleza y de la Ciencia en América Latina (Costa Rica).** Centro de Investigaciones Geofísicas de la Universidad de Costa Rica. Este libro es producto del III Encuentro de Estudios Sociales de la Ciencia, la Técnica y el Medio Ambiente, particularmente del Coloquio Concepciones y Representaciones de la Naturaleza y de la Ciencia en América Latina.
3. ALVARADO, G., BARQUERO, R., TAYLOR, W., MORA, M., PERALDO, G., SALAZAR, G., AGUILAR, T., **sometido:** Geología de la Hoja San Isidro. En este

trabajo se une la información de geología estructural recopilada durante el proyecto, con la base geológica preparada por otros investigadores con el propósito de generar un mapa geológico integral de la Hoja San Isidro. Este trabajo ha sido sometido a la **Revista Geológica de América Central** de la Escuela Centroamericana de Geología de la Universidad de Costa Rica.

- 4. En preparación: Análisis macrosísmico del terremoto de Buenavista de Pérez Zeledón, 3 de julio de 1983 (M = 6,1), Costa Rica.** En este trabajo se analiza la información sobre los daños y los efectos en el terreno que fueron generados por el Terremoto de Buenavista, con el propósito de establecer la distribución de las intensidades sísmicas en el área. La información técnica sobre este temblor es escasa y principalmente está contenida en dos informes técnicos y dos artículos científicos. Pese a la información existente, resalta la incertidumbre respecto a la fuente sismogeneradora pues se hallan fuertes contradicciones en la información científica escrita. Por lo tanto, es un temblor que es necesario reinterpretar a la luz de nueva información obtenida a partir de entrevistas a testigos presenciales e información geológica y sismológica actualizada. Este artículo se encuentra en proceso de redacción.

### **3.3 Divulgación**

#### **3.3.1 Materiales didácticos:**

Se han publicado dos desplegados que se adjuntan en la contraportada del informe:

1. Los sismos y los deslizamientos siempre han existido, sólo necesitamos adaptarnos (2005).
2. Las inundaciones y los desastres, aprendamos a convivir con la naturaleza (2006).

#### **3.3.2 Participación en foros científicos locales y extranjeros:**

- En el VIII Congreso Centroamericano de Historia que tuvo lugar en Antigua, Guatemala del 10 al 14 de julio de 2006. Fue aceptada la ponencia denominada “**Reconstrucción de intensidades sísmicas y percepción de la amenaza mediante el análisis histórico – geográfico: El terremoto de Buenavista del 3 de julio de 1983**” en la Mesa de Historia de la Ciencia, la Tecnología y el Medio Ambiente.
- I Encuentro Nacional de Psicología de la Liberación, organizado por la Escuela de Psicología de la Universidad de Costa Rica. 16 al 18 de Noviembre de 2006. Se presentó la ponencia titulada: Percepción del riesgo, acercamiento de la geología con problemas ambientales.

#### **3.3.3 Tesis:**

Se financió parcialmente la tesis de Maestría en Geografía titulada: *La novedad de lo constante: El proceso del desastre y su relación con la Gestión Territorial, caso de los distritos de Rivas y General, Pérez Zeledón, Costa Rica*. Tesis de Maestría en Geografía, Universidad de Costa Rica, tesis inédita elaborada por G. Peraldo.

## **4.4 Principales resultados científicos obtenidos**

### **4.4.1 Geología**

#### **A. Litología**

Desde el punto de vista geológico se han reconocido en la zona siete unidades litológicas principales que de más antigua a reciente son: 1. Areniscas y conglomerados, 2. Cuerpos lávicos, 3. Brechas volcano-sedimentarias, 4. Lutitas y areniscas, 5. Cuerpos intrusivos, 6. Conglomerados y areniscas aluviales y 7. Depósitos aluviales, coluviales y glaciáricos. No obstante, hasta el momento la relación estratigráfica entre varias de estas unidades no es clara, ya sea por problemas de cobertura vegetal, suelos, ausencia de afloramientos o por ser contactos por falla. Más detalle y sobretodo la realización de dataciones es fundamental para elucidar en forma definitiva dicha relación.

Asimismo la distinción entre algunas rocas intrusivas básicas y lavas (sector occidental) no siempre fue fácil en el campo, dado que existen muchos cuerpos intrusivos de grano medio así como cuerpos hipoabisales menores de grano grueso (porfiritas), que se confunden con verdaderas coladas de lavas porfiríticas. Para ello, secciones delgadas adicionales y un detalle de campo serán necesarios.

#### **B. Geología estructural**

Con base en el análisis de fotos aéreas y observaciones de campo se determinaron 3 sistemas principales de fallamiento (Leandro et al., 1983; Alvarado et al., 1998; Denyer et al., 2003):

- Sistema N-S: Se deduce por el trazado rectilíneo de los cauces de los ríos San Ramón, Quebradas, Buena Vista y parte del río Blanco.
- Sistema NE-SW: Controla el curso de los ríos y quebradas División y Páramo y la quebrada Blanca, entre otras.
- Sistema NW-SE: Al igual que el sistema anterior controla el curso de muchos ríos y quebradas como por ejemplo los ríos Chimirol, Blanco y quebradas Boquete, Aristides y Seca. La falla Aristides-Quebrada Seca fue comprobada en el campo con un cambio litológico a ambos lados de las quebradas y una zona de falla de 2 m en la carretera Interamericana.

- **Diaclasas:** En general las rocas aflorantes en la zona presentan gran cantidad de diaclasas originadas probablemente por el emplazamiento del plutón de Talamanca o por cambios térmicos. En las rocas intrusivas los patrones de diaclasamiento presentan dos direcciones predominantes de N20°W-N05°W y N05°W-N20°E con ángulos de inclinación entre 40° y 90°. Las fracturas presentan superficies lisas y son en general abiertas.

#### **4.4.2 Sismología**

La información macrosísmica del Terremoto de Buenavista revela que las intensidades más altas se ubican hacia el norte del área afectada y se observa una elongación Este – Oeste que coincide con los mayores deslizamientos ocurridos en Buenavista, San José, Herradura, Río Blanco y hacia el norte coincide con áreas de generación de grandes deslizamientos en División, Hortensia, El Jardín, Macho Mora, entre otros. Estas áreas se ubican donde el alineamiento de Buenavista desaparece y la morfología es diferente a la existente a lo largo de dicho alineamiento. Leandro et al. (1983) ubican los deslizamientos originados en terrenos artificiales, en suelos regolíticos, en suelos arcillosos y los desprendimientos de rocas, hacia el norte de Buenavista y en una dirección Este – Oeste. Si la ruptura hubiese sido superficial y a lo largo del río Buenavista, la molienda de roca permitiría la infiltración de agua y por tanto los reportes técnicos y de vecinos hubieran reportado, de manera cualitativa, una considerable disminución del caudal del río Buenavista. Esto último, es una hipótesis que todavía se debe investigar.

Las experiencias de percepción apoyan también el hecho de que la falla Buenavista no necesariamente es paralela al río del mismo nombre. Algunos pobladores dibujan la falla que habría originado el sismo del 1983 con una orientación perpendicular al río Buenavista. Esto lo hicieron con base en aspectos que les fueron referidos por geólogos que llegaron a Buenavista con motivo del sismo. La segunda experiencia se obtuvo a raíz de una conversación que se sostuvo con don Neptalí Vargas (entrevista realizada el 13 de julio de 2004). El entrevistado propone una traza para la falla que produjo el sismo de 1983 desde el lugar conocido como El Páramo hasta el cerro Paraguas o el cerro Chinga, en una dirección aproximada NNW – SSE coincidiendo con la traza dibujada por los vecinos de Buenavista en su mapa de percepción. Don Neftalí Vargas basó su afirmación en su experiencia minera y en estudios mineros realizados por geólogos de la empresa SANCOSA en la década de los años 1960 y que al parecer definieron una falla con el rumbo indicado arriba. Esto sirvió para que la persona entrevistada incluyera este dato en su percepción de su espacio.

#### **4.4.3 Geodesia**

Desde el punto de vista geodésico, se observan deformaciones que concuerdan principalmente con procesos de geodinámica externa ligados a la mala calidad del suelo, las fuertes pendientes y geología estructural del área. La detección de movimientos tectónicos requiere de campañas más frecuentes o incluso de registros continuos.

#### **4.4.4 Geografía**

En el valle de Buenavista de Pérez Zeledón se presentan diversos factores de riesgo, conformando así un área multiamenaza. El desarrollo socioeconómico no se realiza dentro de una

consideración total de esas características dinámicas del espacio, entonces se presenta una exposición de los elementos vulnerables fomentada, en parte, por la rigidez de las normativas de desarrollo, tal como el plan regulador que es obsoleto y por tanto debe ser mejorado. Al observar el proceso migratorio y el mercado ilegal de la tierra, se piensa que no existe una clara integración de las políticas sociales y las económicas, fomentando de esa manera un aumento de la brecha social, que permite que para un futuro impacto sísmico se presenten daños similares a los originados en 1983.

En los estudios del paisaje se define que las maneras de percibir un paisaje serán tan diversas como son las personas que observan e interpretan ese paisaje y que al aspecto espacial hay que unirle el aspecto sociológico de la persona que lo percibe (Harvey, 1985). Pero debe quedar claro que desde que ocurre la colonización humana, el paisaje se transforma debido a los procesos económicos imperantes en el momento de la colonización y en función de las actividades tradicionales de las personas que colonizan. Obsérvese que aquí se está incorporando la historia local, en otras palabras, “el modelado del espacio llega a tener profundos efectos sociales...” (Harvey, 1985) de nuevo queda implícita la historia, que es construida por los efectos sociales en función de la época. En este sentido siendo la geología el estudio de la tierra y de sus procesos que están “ocultos” a la visión legítima, es esencial entender cómo es esa visión de la geología y sus procesos.

En este sentido es fundamental comprender la visión de las personas que no han tenido acceso al conocimiento de la geología y sus procesos para poder adaptar las publicaciones divulgativas hacia la incorporación del conocimiento formal en la población para que de manera que la población no perciba los eventos naturales desde la óptica catastrofista y que permita realizar con ella en la población actividades tendientes a la prevención y a la disminución del riesgo. A su vez la geografía como ciencia integradora del territorio y sus procesos debe tomar en consideración las historias locales para que el análisis geográfico esté completo, pues la historia es el tiempo de la geografía y ésta es el componente pictórico de la primera. Esto debe afectar la construcción de planes de gestión territorial, por eso los procesos de ordenamiento territorial que deben ser sustentados sobre una base más integral de investigación. Asimismo debe existir una multidisciplinariedad que permita observar y plantear soluciones más acordes con las características socio-ambientales.

A partir de un caso de estudio como el del Valle de Buenavista de Pérez Zeledón se puso en evidencia cómo es posible integrar metodologías provenientes de las ciencias sociales para derivar información valiosa y utilizable por las ciencias naturales. Por otra parte, esta combinación de métodos y la convergencia de los resultados permiten poner en evidencia cómo esa parcelación entre ciencias sociales y naturales no es más que una barrera virtual, carente de sentido real y que no permite integrar, en ambos sentidos, al ser humano y la naturaleza.

## **5. Recomendaciones**

Es necesario revisar detalladamente desde el punto de vista geológico cada sitio de medición geodésica con el propósito de controlar la influencia de procesos de geodinámica externa en las mediciones.

Se necesita extender el proyecto hacia una componente de neotectónica para identificar por morfologías los alineamientos que correspondan con fallas activas.

Los resultados integrales de este proyecto permiten crear nuevas líneas de investigación que combine otros quehaceres tales como la Geotecnia, la Ingeniería Sísmica y la Geofísica de Prospección de manera que se puedan realizar estudios de microzonificación sísmica de la ciudad de Pérez Zeledón para contribuir con insumos a los futuros planes de ordenamiento territorial.

La revisión del plan regulador parcial del cantón (reducido al distrito primero y algunos sectores de otros distritos, siendo así desintegrados y sin ninguna lógica espacial) es de prioridad si se desea reducir el riesgo por sismos y deslizamientos en la región. Para esto, se debe considerar estudios ya elaborados para la región que tienen que ver con inestabilidad de laderas, geología y análisis geográfico. Este estudio será de gran valor como insumo para un análisis más profundo de ordenamiento territorial. La incorporación de la población en el proceso de construcción de un plan de ordenamiento territorial, es de vital importancia para que este se acerque e incorpore la realidad de las comunidades por regular.

## **6. Referencias**

**ALVARADO, G.E., BARQUERO, R. & TAYLOR, W. 1998:** Informe geológico del P.H. Chimirol para la etapa de Estudios Preliminares. -Inf. interno ICE. 51 pp.

**BOSCHINI, M.I., ALVARADO I., G.E. & ROJAS, W., 1988:** El terremoto de Buenavista de Pérez Zeledón (Julio 3, 1983): Evidencia de una fuente sismogénica intraplaca desconocida en Costa Rica. Rev. Geol. Amér. Central, 8: 111-121, 1988.

**DENYER, P. MONTERO, W. & ALVARADO, G.E., 2003:** Atlas tectónico de Costa Rica. -81 págs. Ed. Univ. Costa Rica, San José.

**HARVEY, D., 1985:** Urbanismo y desigualdad social. Siglo XXI, España, 340 págs.

**LEANDRO, G., LEÓN, C., AVILA, M, FERNANDEZ, A., ELIZONDO, J., MONTALTO, F, CHAVES, R., OBANDO, J., 1983:** Informe Geológico- Sismológico San Isidro, Pérez Zeledón y alrededores. Instituto Costarricense de Electricidad, Escuela de Geología, informe inédito.

**PERALDO, G., SALAZAR L.G., AGUILAR, T., 2001:** Mapa geológico del valle del río Chirripó Pacífico y alrededores. Informe inédito de investigación, Vicerrectoría de Investigación, UCR.

**PERALDO, G., & MORA, M., 1997:** Nueva alerta para ordenar el territorio. Reflexiones 58:23-44.

**PERALDO, G., 2004:** La novedad de lo constante: El proceso del desastre y su relación con la Gestión Territorial, caso de los distritos de Rivas y General, Pérez Zeledón, Costa Rica. Tesis de Maestría en Geografía, Universidad de Costa Rica, tesis inédita.

**PROTTI, R., 1996:** Monitoreo de desplazamientos a lo largo de la falla La Garita (Costa Rica) entre marzo y diciembre de 1990. *Rev. Geol. Amér. Central*, 19/20: 183-185, 1996.