

La Geología y Geomorfología de El Rodeo, Ciudad Colón

Ana Lucía Valerio Zamora

Departamento de Historia Natural
Museo Nacional de Costa Rica
avalerio@museocostarica.go.cr

Abstract. Four Miocene sedimentary formations are described in El Rodeo zone and its surroundings: Pacacua, Peña Negra, Turrucare and Coris, as well as four volcanic formations with ages ranging from Miocene to Pleistocene: La Cruz, Grifo Alto, Lavas Intracañón and Depósitos de Avalancha Ardiente. Analysis of aerial photographs identifies five geomorphic units: 1. flat topography that consists of ignimbrites, 2. hills of moderate slope in rocks of La Cruz formation, 3. forms of alluvial sedimentation, 4. hills of volcanic and sedimentary origin and 5. hills of strong slope in rocks of Peña Negra formation, this last formation covers most of the study area and is located mostly on the hills of Fila Diamante. Besides, it also has nearly seven geological faults divided into two main systems, one NW-SE and the other NE-SW, which are mostly located along river Jaris, river Quebrada Honda, creek Tanques and river Chavarría. There are landslides in various points of the formations Depósitos de Avalancha Ardiente and Peña Negra, possibly due to heavy rains and associated to loosely cohesive soils, steep topography and seismic activity, this suggests that is a region susceptible to landslides.

Resumen. En la zona de El Rodeo y sus alrededores se describen cuatro formaciones sedimentarias de edad Mioceno: Pacacua, Peña Negra, Turrúcares y Coris; cuatro formaciones volcánicas con edades que varían del Mioceno Superior al Pleistoceno: La Cruz, Grifo Alto, Lavas Intracañón y Depósitos de Avalancha Ardiente. Del análisis de las fotografías aéreas se determinan cinco unidades geomorfológicas: 1-Topografía plana formada por ignimbritas, 2-Lomas de pendiente moderada en rocas de la Formación La Cruz, 3-Formas de sedimentación aluvial, 4-Lomas de origen volcánico y sedimentario, y 5-Lomas de pendiente fuerte en rocas de la Formación Peña Negra; ésta última formación abarca la mayor parte de la zona de estudio y se localiza mayormente sobre las lomas que conforman la Fila Diamante.

Además, se reconocen cerca de siete fallas geológicas que se dividen en dos sistemas principales, uno de dirección NO-SE y otro de dirección NE-SO, que se ubican principalmente a lo largo de los ríos principales (río Jaris, río Quebrada Honda, Quebrada Tanques y río Chavarría). Existen deslizamientos del terreno en varios puntos de las formaciones Depósitos de Avalancha Ardiente y Peña Negra, debido posiblemente a lluvias fuertes y asociadas a suelos poco cohesivos, actividad sísmica y topografía abrupta; lo anterior sugiere que es una región susceptible a sufrir deslizamientos.

Key Words. Geology, Geomorphology, El Rodeo, Ciudad Colón, Costa Rica.

Introducción

El presente estudio geológico se realizó en un área de 84 Km² al OSO de la Ciudad de San José, en el cantón de Mora. El conocimiento geológico de la región es amplio; Castillo (1967) en un estudio sobre Geología Económica de las hojas Abra y Río Grande del Instituto Geográfico Nacional, menciona un afloramiento aislado de la Formación Coris cerca del pueblo de Jaris. Herrera (1977) realiza un levantamiento geológico general de un área de 21 Km², localizado en las partes sur y oeste de Ciudad Colón. Rivier (1979) realiza un estudio del área norte de los Cerros de Escazú y menciona que la Formación Térraba aparece al oeste de Ciudad Colón en la Quebrada Honda, cerca del río Virilla, señalando una datación de las lutitas arcillosas de la Quebrada Honda del Mioceno Medio. Flores *et al.* (1988) realizan un cartografiado geológico parcial de las hojas Abra y Río Grande. Barrantes (1991) realiza un estudio petrográfico, principalmente de rocas ígneas que afloran en la región central del país. Denyer & Arias (1991) establecen un ordenamiento estratigráfico de carácter regional de las hojas Abra, Río Grande, Candelaria y Carraigres a escala 1:50 000, además de interrelacionar la tectónica con el proceso sedimentario y la evolución del magmatismo desde el Terciario hasta el Cuaternario. Valerio (2001) define la geología y geomorfología de la Zona Protectora El Rodeo y alrededores, como parte de un proyecto del Museo Nacional de Costa Rica cuyo propósito fue documentar la diversidad biológica de la región.

El Rodeo constituye uno de los pocos fragmentos de bosque del Valle Central, pero la tendencia observada en los últimos años es el reemplazo de terrenos agrícolas y pequeños parches boscosos por proyectos urbanísticos; práctica muy generalizada en el Valle Central, ya que es donde se concentra gran parte de la actividad socioeconómica del país, lo que ha generado un desmedido crecimiento poblacional, acompañado de una mayor demanda de servicios. Lo anterior, asociado a una gestión territorial

inadecuada, ha provocado en algunos sitios una acelerada degradación ambiental. Lo conveniente es que el desarrollo urbanístico tome en cuenta las condiciones geológicas, geomorfológicas, hidrogeológicas, uso del suelo y de protección ambiental para obtener una visión global de las características de la región, lo que permitirá formular propuestas de ordenamiento, corrección y recuperación; medidas destinadas a la optimización del uso del suelo, logrando un desarrollo urbanístico dentro de un marco de desarrollo sostenible.

El objetivo de este trabajo es describir la geología y geomorfología de la zona de El Rodeo y sus alrededores. Información técnica de base para que, con el aporte de otras disciplinas, sirva de apoyo para la toma de decisiones para una adecuada administración y planificación ambiental de la zona.

Metodología

La metodología de trabajo involucró la recopilación de información bibliográfica, cartografiado de las unidades geológicas y geomorfológicas, análisis de secciones delgadas de roca y fotointerpretación, para lo cual se utilizó las fotos aéreas 1224-1225-1226-1227 y 1228 a escala 1:20 000 del Instituto Geográfico Nacional. Las muestras recolectadas se encuentran depositadas en la Colección de Rocas y Minerales de la Sección de Geología del Departamento de Historia Natural del Museo Nacional de Costa Rica, bajo los códigos CRM-1344 a CRM-1360.

Geomorfología

La Geomorfología es la rama de la Geología que se encarga del estudio de las formas del relieve terrestre, tratando de reconstruir los procesos y etapas que contribuyeron a su formación, determinando los materiales que la componen y su edad. Del estudio de las fotografías aéreas, se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas (Fig. 1):

Formas de Origen Volcánico

Áreas de topografía plana formada por ignimbritas

Lomas de pendiente moderada en rocas de la Formación La Cruz

Formas de Depositación

Formas de sedimentación aluvial

Lomas de origen volcánico sedimentario

Formas de Origen Sedimentario

Lomas de pendiente fuerte en rocas de la Formación Peña Negra

Topografía plana formada por ignimbritas

Se localiza principalmente hacia el norte de la zona de estudio y en una pequeña área al NNO del poblado de Piedras Negras, próxima a la confluencia del río Jaris y el río Virilla. El drenaje en los pocos lugares donde se presenta es del tipo Yazoo, característico para topografía plana, representado por un canal principal afluente de uno mayor, como por ejemplo el río Ciruelas que desemboca en el río Virilla, al que sigue paralelamente (Fig. 2). Los cañones de los principales ríos: Virilla, Quebrada Honda y parte del Jaris son profundos y de laderas verticales (Fig. 1).

En el río Quebrada Honda se observa una depresión del terreno, donde las quebradas Marañón y Tanques desembocan en el río Virilla. Lo que podría deberse a un deslizamiento observado en esa área, asociado con una falla a lo largo de la quebrada Tanques ya que se observa en las fotografías aéreas un alineamiento en este lugar (Figs. 1 y 2).

El tipo de roca que da origen a esta unidad son ignimbritas, las cuales pertenecen a la Formación Depósitos de Avalancha Ardiente. Por las propiedades mineralógicas de las rocas presentes en esta formación, los deslizamientos son comunes en la región; ya que las rocas al meteorizarse se convierten en rocas arcillosas lo que provoca que sean muy inestables, sobre todo en presencia de agua. Kussmaul (1988) propone que las ignimbritas provienen de fisuras con dirección NE-SO hasta E-O, paralelas al río Virilla y le asigna una edad Pleistoceno Inferior.

Lomas de pendiente moderada en rocas de la Formación La Cruz

Esta unidad se localiza al SO del río Jaris, en el Alto Vaina, la divisoria de aguas tiene una dirección NO-SE (paralela al río), con pendientes de 20° y cimas puntiagudas (Figs. 1 y 2). Los afluentes que desembocan en el río Jaris presentan un patrón de drenaje sub-paralelo, lo que puede indicar la presencia de fracturas paralelas, las laderas son largas y de pendiente suave. Al otro lado de la divisoria, las pendientes son más cortas y pronunciadas, el patrón es sub-dendrítico y con tendencia al paralelismo, lo que indica un aumento en la pendiente en ese sitio y la presencia de fracturas.

En esta geoforma se observa un alineamiento fotogeológico con dirección N-S, que podría corresponder con una falla (Fig. 1). Las rocas son principalmente coladas basálticas, pertenecientes a la Formación La Cruz. Denyer & Arias (1991) estiman que los derrames lávicos salieron a partir de fracturas con orientación E-O y proponen una edad para esta formación de Mioceno Superior Terminal.

Formas de sedimentación aluvial

Se localizan al pie de la Fila Diamante, del lado NE y en el camino que une los poblados de Piedras Negras y Palma, del lado NO a lo largo del río Jaris (Fig. 1). Está constituida principalmente por rocas sedimentarias de la Formación Peña Negra y rocas volcánicas de la Formación La Cruz y en menor grado por rocas de la Formación Depósitos de Avalancha Ardiente. Su origen se debe en gran parte a la gravedad y en menor grado a la erosión laminar del suelo, por efecto de las aguas de escorrentía superficial.

Lomas de origen volcánico y sedimentario

Se ubica al NO de la zona de estudio (Fig. 1) y fue previamente descrita por Salazar & Madrigal (1994). Son lomas de baja altura con dirección NE-SO, con pendientes de 15° en laderas cortas y cimas redondeadas. El patrón de drenaje es sub-dendrítico, en las fotografías aéreas se observa una falla a lo largo de la quebrada La Pita. Esta geoforma se origina a partir de rocas volcánicas muy meteorizadas de la Formación La Cruz y en rocas clásticas de las formaciones Turrúcares y Peña Negra. Las rocas sedimentarias fueron cubiertas por lavas; posteriormente el área fue levantada a su posición actual y sometida a erosión (Salazar & Madrigal 1994).

Lomas de pendiente fuerte en rocas de la Formación Peña Negra

Se ubica entre los ríos Jaris y Quebrada Honda, corresponde a las lomas que forman la Fila Diamante (Fig. 1). La divisoria de aguas tiene una dirección NO-SE, con una altitud máxima de 1 100 metros y pendientes que varían entre 20° y 30°. El patrón de drenaje es sub-dendrítico, con laderas largas y de pendiente fuerte, con divisorias redondeadas. Se caracteriza también por la presencia de varios cauces estacionales de agua y permanentes que se originan sobre las laderas de la Fila Diamante y que desembocan en los principales ríos que delimitan la zona, como el Jaris, Quebrada Honda y Virilla (Fig. 2).

Al norte de esta geoforma ocurre una anomalía en el patrón de drenaje, que cambia de sub-dendrítico a sub-paralelo, debido a que la pendiente de la ladera coincide con la dirección de buzamiento. Además, la forma del terreno cambia; presentando divisorias muy afiladas, diferentes al patrón general descrito anteriormente, debido a intrusiones y cambios mineralógicos, texturales y químicos de las rocas. Las intrusiones y la alteración en las rocas, se deben a eventos de gran actividad magmática, relacionados con el emplazamiento del Intrusivo de Escazú.

En general, esta geoforma presenta reptación de laderas y deslizamientos como consecuencia de la fuerte meteorización e inestabilidad de los suelos. Los deslizamientos son movimientos de volúmenes de suelo, roca o ambos en laderas inestables; facilitados por la lluvia, los temblores y la gravedad; su génesis se encuentra en la meteorización y en la erosión de las rocas (Peraldo 2000). Los factores que determinan el potencial de determinado sitio de sufrir el efecto de un deslizamiento, son los sismos y las lluvias fuertes, el tipo de suelo o roca y su contenido de agua, la cantidad de minerales de arcilla, el relieve del terreno, la deforestación, el mal uso de la tierra como son las deficientes prácticas agrícolas y ganaderas, entre otros. En la Formación Peña Negra los deslizamientos se presentan en algunas laderas muy empinadas, lo que provoca la remoción de la cobertura boscosa y en sitios donde se han desarrollado prácticas agropecuarias inadecuadas, se observa además, reptación de laderas (Fig. 3).



Figura 3. Reptación del suelo en rocas de la Formación Peña Negra. La reptación consiste en un movimiento lento de unos pocos centímetros al año de la parte superior del terreno, en presencia de cierto grado de humedad y pendiente. Zona de El Rodeo, San José, Costa Rica. Fotos: Joaquín Sánchez González (A), julio 2009; Rafael Chacón Coto (B), junio 2010

La geoforma de Lomas de pendiente fuerte se origina en lutitas y areniscas silíceas de la Formación Peña Negra. La depositación de esta formación ocurrió en un período de poca actividad volcánica y tectónica, en una cuenca parcialmente cerrada, en la plataforma marina y con influencia local del continente cerca de la desembocadura de los ríos (Denyer & Arias 1991).

Figura 4. Mapa geológico de la zona de El Rodeo y alrededores, San José, Costa Rica (Modificado de Arias & Denyer 1990).

Geología Local

En el área se identifican cuatro formaciones sedimentarias de edad Mioceno: Pacacua, Peña Negra, Turrúcares y Coris, y cuatro formaciones volcánicas con edades que varían del Mioceno Superior al Pleistoceno: La Cruz, Grifo Alto, Lavas Intracañón y Depósitos de Avalancha Ardiente (Fig. 4).

Formación Pacacua

Descrita y denominada por Castillo (1969), es una sección tipo localizada en el flanco norte del Cerro Pacacua; la define como una secuencia compuesta por interestratificaciones de conglomerados brechosos y areniscas conglomeráticas, areniscas, limolitas y lutitas. Rivier (1979) indica una datación del Mioceno Medio temprano y propone que la formación constituye un equivalente lateral de las formaciones Turrúcares, San Miguel y Coris.

En la zona en estudio, esta formación se presenta en el río Quebrada Honda, cerca de la confluencia del río Quebrada Honda y quebrada Chavarría y a lo largo de la carretera que une a Ciudad Colón con Quitirrisí (Fig. 4). Está constituida por un conglomerado brechoso, tobáceo, de color morado a lila, con litoclastos de rocas volcánicas, con feldespatos y cuarzo, con gradación positiva a inversa en algunos sitios; asociado a una brecha tobácea de color verde oscuro a grisáceo, maciza, sin estratificación, con litoclastos subangulares de rocas volcánicas, sin clasificación; sobreyacido por una wacka o toba retrabajada de color rojizo con plagioclasas blancas, con pisolitos de 0,5 a 1,5 cm de diámetro. Los afloramientos corresponden a la Unidad Inferior, propuesta por Rivier (1979). El contacto superior es concordante con la Formación Peña Negra y el inferior no aflora en el área, por lo que no se estima el espesor para esta formación.

Formación Peña Negra

Anteriormente llamada Formación Terraba del Valle Central (Dengo 1961, Rivier 1979) o Unidad superior de la Formación Pacacua (Rivier 1979). Denyer & Arias (1991) la separan de la Formación Pacacua basados en diferencias litológicas y por considerar que constituye un ambiente sedimentario distinto, indican que la localidad tipo es Peña Negra en la margen derecha del río Jorco, le asignan un espesor de 1 200 metros y una forma tabular.

La Formación Peña Negra constituye la formación más ampliamente extendida del área estudiada y se presenta en la parte central, principalmente en la Fila Diamante, en los ríos Quebrada Honda y Jaris y en el camino de Piedras Negras a Palma (Fig. 4). Las lutitas constituyen la litología más abundante, están bien estratificadas, con espesores variables y coloraciones que varían desde el gris oscuro a negro en rocas sanas, hasta café amarillento en las meteorizadas, son calcáreas y ricas en sulfuros (pirita). En sección delgada están compuestas por una matriz arcillosa, con microcristales de cuarzo, plagioclasa, fragmentos de rocas volcánicas, fósiles (radiolarios, foraminíferos, fragmentos de erizo), pirita y magnetita.

Las areniscas son de color gris claro, muy compactas, poco calcáreas, con laminación paralela. En la quebrada Ingenio, es posible observar estas rocas con litoclastos de lutitas negras rodeados por pirita, paralelos a la laminación. Microscópicamente es de grano medio, mal seleccionada, inmadura, con clastos volcánicos irregulares y rectangulares, plagioclasas, fósiles (foraminíferos), eventualmente epidota y pirita. La presencia de pirita indica que la depositación ocurrió en una zona de baja concentración de oxígeno. Los buzamientos en la Formación Peña Negra son del orden de 10° a 35°, con rumbos principalmente NE-SO.

En un análisis micropaleontológico de una muestra del río Quebrada Honda, se obtuvo una edad de Mioceno Medio, con base en la presencia de la especie *Orbulina universa* (Orden Foraminiferida), un protozoario microfósil frecuente en depósitos sedimentarios (Hernández com. pers.1998).

Las rocas descritas se correlacionan con la Unidad Superior propuesta por Rivier (1979) y con la unidad media propuesta por Denyer & Arias (1991). El contacto superior es discordante con las formaciones Depósitos de Avalancha Ardiente y Grifo Alto. El contacto inferior es concordante con la Formación Pacacua. Su espesor máximo para el área de estudio es de 500 metros.

Formación Turrúcares

Castillo (1969) la describe como una sucesión de areniscas y conglomerados calcáreos fosilíferos; no obstante, Montero (1974) redefine la formación, incluyendo tobas e ignimbritas que habían sido atribuidas al Grupo Aguacate por Castillo (1969). Fischer (1981) la considera integrada por conglomerados, sedimentos volcanoclásticos y bioclásticos; los cuales reflejan cambios entre fases de sedimentación muy rápida y otras de no sedimentación, durante los cuales se implantó una rica fauna bentónica.

La localidad tipo es el flanco este de los Cerros Turrúcares (en la hoja Río Grande, aparece como Cerro Candelaria) y con un espesor máximo de 500 metros (Denyer & Arias 1991). Fischer (1985) le asigna una edad de Mioceno Inferior cuspidal al Mioceno Superior Alto.

La Formación Turrúcares se presenta en un área pequeña en la esquina NO de la zona de estudio, se observan afloramientos aislados de arenisca bioclástica a lo largo del camino que une el puente de Piedras Negras con la quebrada La Pita; a lo largo de la quebrada La Pita y en la quebrada Yegua (Fig. 4). La roca sana es de color gris y pardo amarillenta cuando está meteorizada. En general el afloramiento presenta una pobre estratificación, disminuyendo el contenido de fósiles hacia el techo y aumentando el contenido de clásticos. El espesor máximo para el área de estudio es de 250 metros.

Formación Coris

Castillo (1969) denomina Formación Coris a una secuencia de areniscas cuarzosas con capas delgadas de lutitas, e indica que la localidad tipo es el Alto Coris, al SO de los Cerros de La Carpintera; le confiere un espesor de 380 metros en ese sitio. Fischer & Franco (1979) le asignan una edad Mioceno Medio - Mioceno Superior.

La Formación Coris aflora en un área pequeña en la parte sur de la zona de estudio (Fig. 3), al NW del poblado de Jaris. Además, existe otro pequeño afloramiento cerca de la quebrada Curtiembre, el cual por la escala del mapa geológico no fue posible cartografiar. En general, las ortocuarcitas se presentan muy meteorizadas, suaves y deleznales; de color gris claro amarillento. Usualmente, presentan bandeamientos de óxidos de hierro.

Formaciones La Cruz y Grifo Alto (Grupo Aguacate)

Las formaciones La Cruz y Grifo Alto conforman el Grupo Aguacate en el Valle Central; la Formación La Cruz corresponde a un conjunto de lavas basálticas y tobas, con un espesor que alcanza hasta 1 500 metros, de edad Mioceno Superior Terminal; por su parte, la Formación Grifo Alto corresponde con un vulcanismo más explosivo que el anterior, con un espesor que supera los 1 000 metros y una edad Plioceno - Pleistoceno (Denyer & Arias 1991).

Estas formaciones afloran en la parte suroeste de la zona de estudio (Fig. 4). La Formación La Cruz macroscópicamente, son lavas basálticas de color negro, con textura porfirítica y fenocristales de plagioclasas hipidiomórficas y piroxenos, por lo general muy sanas. Petrográficamente son leucobasaltos, compuestos de fenocristales de plagioclasa, augita y clorita. Del poblado de Dantas al puente sobre el río Chile, aflora un basalto de textura fluidal, con pátina de manganeso. La Formación Grifo Alto aflora en la Fila Picagres y consiste de lavas andesíticas de color gris.

Formación Lavas Intracañón

Corresponde a flujos andesíticos que constituyen las primeras emisiones del vulcanismo asociado a la Cordillera Volcánica Central (Williams 1952). Kussmaul (1988) atribuye estas lavas a emisiones a lo largo de fisuras con dirección NE-SO hasta E-O, aproximadamente paralelas al río Virilla, el espesor es de 97 metros. Denyer & Arias (1991) le confieren una edad Pleistoceno Basal.

En la zona en estudio los afloramientos de esta unidad están restringidos al cauce del río Virilla y cerca de la confluencia del río Quebrada Honda con este último (Fig. 4).



Figura 5. Formación Lavas Intracañón que aflora principalmente a lo largo del río Virilla. Zona de El Rodeo, San José, Costa Rica. Foto: Rafael Chacón Coto, junio 2010.



Figura 6. Detalle de la figura superior. Se observan las lavas columnares comunes en la Formación Lavas Intracañón, estas columnas se producen debido a la contracción de la lava durante el enfriamiento. Zona de El Rodeo, San José, Costa Rica. Foto: Rafael Chacón Coto, junio 2010.

Las rocas son lavas andesítico-basálticas de color gris oscuro, con estructura columnar (Figs. 5 y 6).

Formación Depósitos de Avalancha Ardiente

Está constituida por depósitos de pómez de caída, flujos de ceniza, lapilli y bloques (Williams 1952), con un espesor de 45 m (Kussmaul 1988). Se estima que su depositación se inició después de un breve período (aproximadamente 0,3 millones de años) que permitió la formación de suelo en la Formación Lavas Intracañón, además de la depositación de delgados sedimentos fluviales (Denyer & Arias 1991). Aflora al norte de la zona de estudio, principalmente a lo largo del río Jaris, en el sitio donde se asienta el poblado de Piedras Negras, al norte del río Virilla y en la Hacienda El Rodeo (Fig. 4).

Corresponde básicamente a ignimbritas de color gris con fiames de pómez. En el puente sobre el río Quebrada Honda, se observa en la base de esta formación un aluvión con un espesor aproximado de 20 metros, está formado por clastos que varían entre 0,1 y 0,75 m de diámetro, de forma subredondeada, compuestos por lutitas negras con alteración esferoidal y rocas volcánicas, en una matriz arcillo-arenosa.

Geología Estructural

La geología estructural es el estudio de los movimientos y la deformación de la corteza y del manto superior del planeta. En la zona de El Rodeo y sus alrededores se presentan dos sistemas principales de fallas: uno de dirección NO-SE y otro de dirección NE-SO (Figs. 1 y 4); reconocibles tanto en el campo como por fotografías aéreas. Se le llama *falla* a un plano de fractura, a lo largo del cual hubo un movimiento relativo de un bloque con respecto a otro.

El rasgo estructural más sobresaliente de la región corresponde a la traza de la falla del río Jaris, al oeste de la zona de estudio, con una longitud de 40 Km y rumbo aproximado de N 60° O (Fig. 1). Se ha descrito abundancia de diaclasas, vetas, pliegues de arrastre, aureolas de metamorfismo de contacto y caolinización que son evidencias del movimiento de la falla (Herrera 1977).

Otra posible falla paralela a la anterior se localiza sobre el río Quebrada Honda, al este de la zona de estudio y que se extiende por 5 Km con un rumbo N 50° O (Fig. 4). En este sitio se observaron algunas intrusiones sedimentarias que afectan a la Formación Pacacua; estas intrusiones son irregulares, arcillosas, no presentan estructura fluidal paralela a las paredes, ni inclusiones y muestran un adelgazamiento hacia el techo. Las intrusiones sedimentarias se originan cuando material clástico en forma líquida es inyectado desde abajo en fracturas preexistentes, si hay suficiente presión. Las fracturas

podieron haber sido causadas por terremotos o por tensiones internas.

Las fallas de rumbo NE-SO corresponden a las fallas de la quebrada La Pita, río Ciruelas y los alineamientos fotogeológicos de la quebrada Tanques y río Chavarría (Fig. 1). Las fallas NO-SE son transcurrentes diestras; mientras que las NE-SO son transcurrentes siniestras (Arias & Denyer 1994). Las *fallas transcurrentes* o *de desplazamiento de rumbo* son aquellas en que los bloques se mueven lateralmente uno con respecto al otro, siendo el movimiento dominante horizontal.

Consideraciones finales

La zona de estudio se localiza dentro del área que se vio afectada por una gran actividad sísmica durante el año 1990, originada por una serie de fuentes en las cuales no se habían registrado eventos históricos. El 22 de diciembre de 1990 se produjo un fuerte temblor a las 11:27 a.m. con una magnitud local de 5,7 (Md) (Montero 1994) y a una profundidad de 6,5 Km. El epicentro se ubicó a 4 Km al N-NE de Santiago de Puriscal, específicamente en la localidad Piedras Negras que se ubica en la zona del presente estudio; con una intensidad regional máxima de VII (MM) (Rojas & Barquero 1991). El sismo provocó daños en la región de Puriscal, Alajuela, Heredia, San José y los cantones de Mora y Santa Ana (Montero 1994). Montero *et al.* (1991) atribuyen este sismo al alineamiento Virilla, que tiene una longitud de 5 Km y un rumbo aproximado ENE-OSO.

Por las condiciones presentes en la zona de El Rodeo de fuertes lluvias asociadas a suelos poco cohesivos, actividad sísmica y topografía abrupta; se concluye que es una región susceptible a sufrir deslizamientos. Por lo anterior, se recomienda la conservación de la cobertura boscosa que ayudaría a mitigar los procesos de erosión del suelo, al mismo tiempo que aumentaría la capacidad de absorción de los mismos. Por ser una región inestable, la construcción de obras civiles se debe restringir; sin embargo, es necesario realizar más estudios para tener una visión global de las características de la región, lo que permitirá formular medidas destinadas a la optimización del uso del suelo.

Literatura Citada

- Arias, O. & P. Denyer. 1990. Geología de la hoja Río Grande. Mapa escala 1: 50 000, IGN, San José.
- Arias, O. & P. Denyer. 1994. Geología estructural. En: P. Denyer & S. Kusmaul (compiladores). Atlas Geológico del Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. pp. 89-97.

- Barrantes, M. 1991. Comentarios petrográficos de algunas rocas aflorantes en la región central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* 12: 75-82.
- Castillo, R. 1967. Aspectos de geología económica de las hojas Abra y Río Grande. Informe Técnico y Notas Geológicas Ministerio de Economía Industria y Comercio 6(8), 14 pp.
- Castillo, R. 1969. Geología de los mapas básicos Abra y partes de Río Grande, Costa Rica. Informe Ministerio de Economía Industria y Comercio. Pp. 40. Mapa 1:50 000.
- Dengo, G. 1961. Notas sobre la geología de la parte central del litoral pacífico de Costa Rica. Informe Semestral del Instituto Geográfico Nacional (julio- diciembre 1960): 43-63.
- Denyer, P. & O. Arias. 1991. Estratigrafía de la región central de Costa Rica. *Revista Geológica de América Central* 12: 1-59.
- Fischer, R. 1981. El desarrollo paleogeográfico del Mioceno de Costa Rica. En: *Anales II Congreso Latinoamericano de Paleontología*: 565 - 579. Porto Alegre.
- Fischer, R. 1985. La fauna de la Formación Turrúcares (Mioceno, Valle Central, Costa Rica). *Geológica et Palaeontológica* 19: 191-225.
- Fischer, R. & J. C. Franco. 1979. La Formación Coris (Mioceno, Valle Central, Costa Rica). Informe Semestral del Instituto Geográfico Nacional (julio-diciembre 1979): 15-71.
- Flores, H., E. Hernández & E. Vega. 1988. Cartografiado geológico de parte de las hojas Abra y Río Grande (Ciudad Colón y alrededores, Costa Rica). Informe Geología de Campo, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José. 50 pp.
- Herrera, J. 1977. Geología de la zona S y W de Ciudad Colón. Informe de Campaña Geológica, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José. 31 pp.
- Kussmaul, S. 1988. Comparación petrológica entre el piso volcánico del Valle Central y la Cordillera Central de Costa Rica. *Ciencia y Tecnología* 12(1-2): 109-116.
- Montero, W. 1974. Estratigrafía del Cenozoico del área de Turrúcares, provincia de Alajuela, Costa Rica. Informe de Campaña Geológica, Escuela Centroamericana de Geología, Universidad de Costa Rica. San Pedro, San José. 40 pp.
- Montero, W. 1994. Sismicidad y Neotectónica. En: P. Denyer & S. Kussmaul (compiladores). *Atlas Geológico del Gran Área Metropolitana*. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. pp. 147-160.
- Montero, W., I. Boschini & W. Rojas. 1991. Interpretación neotectónica. En: *Red Sismológica Nacional RSN: ICE-UCR. La Crisis Sísmica del Golfo de Nicoya y Eventos Sísmicos Relacionados Costa Rica, 1990*: 114-130.

- Peraldo, G. 2000. Amenaza de deslizamientos. En: P. Denyer & S. Kusssmaul (compiladores), Geología de Costa Rica. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. Pp. 273-286.
- Rivier, F. 1979. Geología del área norte de los Cerros de Escazú, Cordillera de Talamanca, Costa Rica. Informe Semestral del Instituto Geográfico Nacional (enero-junio1979): 99-132.
- Rojas, W. & R. Barquero. 1991. El temblor de Piedras Negras 22 de diciembre de 1990. En: Red Sismológica Nacional RSN: ICE-UCR. La Crisis Sísmica del Golfo de Nicoya y Eventos Sísmicos Relacionados Costa Rica, 1990: 95-104.
- Salazar, L. G. & R. Madrigal. 1994. Unidades geomorfológicas y su relación directa con la litología. En: P. Denyer & S. Kusssmaul (compiladores). Atlas Geológico del Gran Área Metropolitana. Editorial Tecnológica de Costa Rica, Cartago. Pp.111-129.
- Valerio, A. L. 2001. Aspectos geológicos de la Zona Protectora El Rodeo, Costa Rica. Brenesia 54: 61-76.
- Williams, H. 1952. Volcanic history of the Meseta Central occidental, Costa Rica. University of California Publication in Geological Sciences 29(4): 145-180.