

CUARTO SEMINARIO NACIONAL DE GEOTECNIA
14-15 DE ABRIL 1988
SAN JOSE - COSTA RICA

EVALUACION PRELIMINAR DE LAS AMENAZAS GEOLOGICAS Y
PERIODOS DE RECURRENCIA EN EL VALLE DEL GUARCO, CARTAGO:
SU EVENTUAL INCIDENCIA EN EL DESLIZAMIENTO DE SAN BLAS.

Geól. Guillermo E. Alvarado t. 1,2
Geól. Ileana M. Boschini L. 1

RESUMEN.

Con base en el patrón de actividad (periodicidad) de ciertos fenómenos naturales de tipo volcánico (erupciones y temblores asociados), tectónico (terremotos y enjambres de temblores) y atmosférico (precipitación pluvial anormal o de cierta importancia), se analizó su eventual ocurrencia más o menos simultánea, del presente al año 2000, y su posible incidencia sobre el deslizamiento de San Blas y el Valle del Guarco en general.

Para la región sur y este del Valle Central, se calculó un periodo medio de recurrencia de temblores de magnitud intermedia ($5 < M \leq 6.5$) de $T = 42.3 \pm 24.2$ años.

La actividad volcánica, aunque poco regular, indica que en los últimos 160 años, los lapsos de inactividad del volcán Irazú han sido del orden de unos pocos meses hasta casi 30 años, sin embargo, sólo sobresalen dos fases de actividad fuerte en este tiempo: 1917-1918 y 1983-1984. El riesgo más inmediato consiste en caída de piroclastos gruesos cerca del cráter principal, lluvias de cenizas sobre el Valle Central y flujos de barro y rocas (lahares) en los cauces que nacen en el volcán.

De acuerdo con la evidencia mundial de deslizamientos disparados por sismos, el deslizamiento de San Blas se podría ver influenciado por sismos locales de magnitudes mayores de 4.5 con características de sacudida fuerte y de larga duración, donde las intensidades predominantes sean de VII (MM).

Sección Sismología e Ingeniería Sísmica, Depto. de Geología,
Instituto Costarricense de Electricidad, Apdo. 10032-1000,
San José, Costa Rica. Red Sismológica Nacional (RSN:ICE-
UCR).

Centro de Investigaciones Geofísicas y Escuela de Historia y
Geografía, Universidad de Costa Rica.

INTRODUCCION.

El arco magmático de Costa Rica, formado por las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Central, y la cordillera de Talamanca, se caracteriza por tener laderas de alta pendiente y suelos inestables que, debido a las malas prácticas en el uso de la tierra, como la deforestación y el sobrepastoreo entre otras, es muy susceptible a generar deslizamientos, que en algunas oportunidades se ven favorecidos por niveles arcillosos derivados de la alteración de los materiales volcánicos subcientos.

En el Valle Central, la región oriental, ha sido escenario, desde tiempos inmemorables, de la brusca liberación de la energía endógena del planeta, bajo la forma de terremotos y erupciones volcánicas; además otros fenómenos naturales de geodinámica externa, tales como avalanchas de barro y rocas, así como crecidas de los ríos.

Desde la colonización del Valle del Guarco y la fundación de la ciudad de Cartago en 1563, la región adquirió un considerable desarrollo agropecuario, dadas sus tierras llanas y fértiles bañadas por múltiples ríos. El establecimiento de la antigua capital colonial de Costa Rica (hasta 1822) y la posterior construcción del ferrocarril al Atlántico entre 1871 y 1890, así como la entrada de la era tecnológica, abrió las puertas hacia la extensión y urbanización de la región. Hoy día existen importantes complejos industriales (Kativo, Ricalit, la Fábrica de Cemento, Vicesa), energéticos (presa y embalse de Cahí, Recope con su oleoducto), turísticos (Parque Nacional Volcán Irazó, Reserva Protectora de Prusia, Paradero Lacustre Charrara, etc.) y de educación superior (Instituto Tecnológico de Costa Rica), así como importantes vías de comunicación.

La presencia de varias fallas activas, un volcán temporalmente dormido, de varios deslizamientos en movimiento y latentes cerca de la ciudad de Cartago y apoyándonos en los registros históricos, indican que en lo futuro tendremos muy probablemente la ocurrencia de fenómenos naturales adversos (terremotos, erupciones volcánicas). Adicionalmente, podría presentarse una casual ocurrencia de dos o más fenómenos contemporáneos, los cuales no solo acrecentarían los daños, sino que también podrían actuar como disparadores de otros. Por ejemplo, se conocen algunos casos en el mundo en los cuales los terremotos preceden o son posteriores a una erupción volcánica, desconociéndose bien por el momento su relación precisa (Carr, 1977; Araña y Ortiz, 1984), como es el caso de la actividad del volcán Poás en 1910 y los terremotos de Toro Amarillo en 1911 y 1912, o la fuerte actividad eruptiva de este mismo volcán entre 1952 y 1955 y el terremoto de Río Segundo (Bajos del Toro) en 1955. A su vez, se han dado casos en los cuales las tragedias se complican cuando, paralelo a una erupción volcánica, hay fenómenos atmosféricos (lluvias, tormentas) que se suman, como fue el caso de la precipitación de cenizas del Irazó que en conjunto generaron

lahares que destruyeron Taras de Cartago la noche del 3 de diciembre de 1963 (ICE, 1965) o las lluvias paralelas al deshielo del casquete glacial durante la erupción del volcán Nevado del Ruiz (Colombia) en la noche del 13 de noviembre de 1985 (Alvarado y Paniagua, 1987). Por otro lado, los terremotos tectónicos o los temblores volcánicos podrían desestabilizar terrenos o masas de tierra (incluyendo deslizamiento activos), a lo cual se podría sumar el efecto lubricante del agua proveniente de una precipitación anormal.

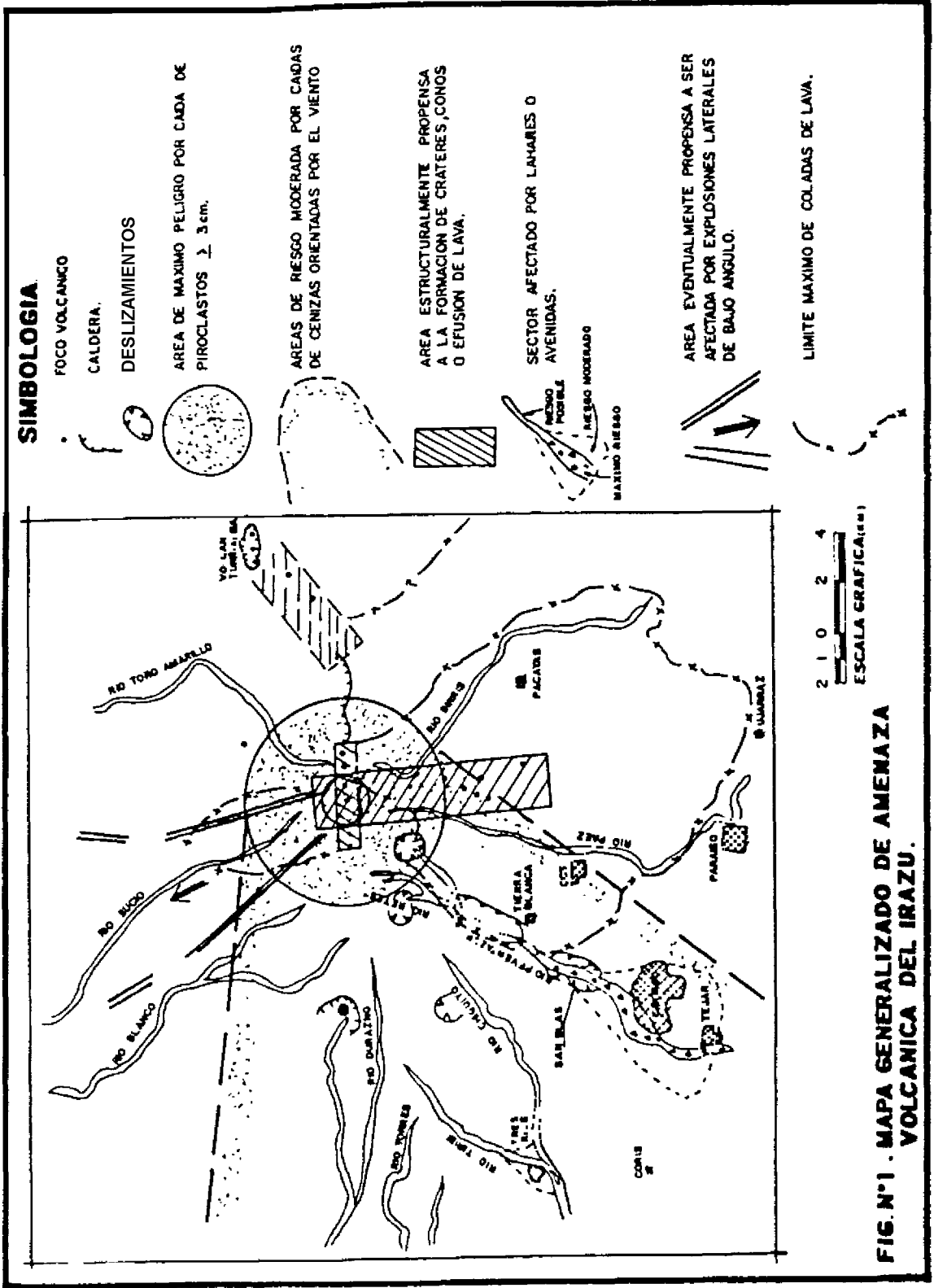
En virtud de lo anterior, se amerita el estudio de algunos fenómenos naturales adversos, que deberán ser considerados a la hora de realizar la zonificación preliminar del peligro, su probable lapso de ocurrencia y eventual coincidencia. Los resultados se exponen en el presente trabajo y se sintetizan en figuras, las cuales pueden servir de base para la planificación actual y futura del Valle del Guarco, planes de alerta y comparación con el desarrollo de los fenómenos naturales, una vez que estos se presenten.

ALGUNOS FENOMENOS NATURALES A CONSIDERAR EN EL VALLE DEL GUARCO.

DESLIZAMIENTO DE SAN BLAS.

El deslizamiento de San Blas es uno de los ejemplos más graves de movimiento de grandes cantidades de material, que suceden en Costa Rica actualmente, donde la influencia de la actividad antrópica ha ejercido un papel determinante en su generación y en la aceleración del efecto negativo que ha tenido

Este deslizamiento se ubica a 1.5 Km al norte de la ciudad de Cartago, en la terraza Banderilla, localizada en el margen izquierdo del río Reventado, entre las cotas 1600 y 1800 m.s.n.m., aproximadamente (Fig. 1). Comprende a una secuencia de materiales volcánicos depositados en un banco estructural, labrado en épocas pasadas por el río y que se encuentra sobreyaciendo a una colada de lava andesítica, sobre la cual se deslizan los materiales mencionados. La morfología y las dimensiones del deslizamiento de San Blas son poco corrientes. Su extensión superficial es de 67 hectáreas, de forma casi elipsoidal, cuyos ejes mayor y menor miden 1.7 y 0.5 Km, respectivamente. Su espesor medido es de 70 m y se ha calculado un volumen de masa deslizante del orden de los $45 \times 10^6 \text{ m}^3$. La velocidad de movimiento alcanza un promedio de 8.2 m/año, mientras que en la zona de la corona principal, situada al norte, la velocidad de retroceso es de unos 50 m/año (Mora et al., 1985; Estrada et al. 1986; Estrada, 1987).



La extracción de materiales para construcción en el frente del deslizamiento a manera de socavación en la base, así como la recarga del acuífero local, con el consiguiente aumento de la presión de poros, son las causas mayores de este movimiento, el cual de no controlarse, podría significar un gran peligro para la población e infraestructura del Valle del Guarco, cuyo crecimiento socio-económico es considerable y tiende a crecer día con día (Mora et al., 1985; Estrada et al., 1986).

ACTIVIDAD DE TEMBLORES DE MAGNITUD INTERMEDIA EN LA REGION DE CARTAGO.

La región de Cartago y áreas vecinas ha sido azotada por varios eventos telúricos de tipo intraplaca y magnitud intermedia ($5 < M \leq 6.5$), cuyos epicentros se ubican en los límites de los valles intermontanos o dentro de las serranías sedimentarias y volcánicas. En la tabla 1, compilada por Montero (1983, 1986) con base en González (1910), Miyamura (1982) y periódicos de la época, se describen brevemente algunas de las principales secuencias sísmicas con características de terremotos. De ellas se observa lo siguiente:

- a- Las series de temblores pueden presentarse aisladas (1821), o en parejas (1841 y 1842; 1952 y 1955) separadas por lapsos de 7 y 16 meses respectivamente, o triples (dos en 1910 y uno en 1912) distanciadas unos pocos días hasta menos de dos años.
- b- Con excepción del terremoto de Patillos (1955), los demás eventos se ubican en las faldas de las estribaciones de la cordillera de Talamanca (cerros de Coris-Tablazo-Escazú), en posible asocio con la falla Aguacaliente-Orosi (Montero y Miyamura, 1981; Montero, 1986).
- c- Se puede establecer un periodo de recurrencia para temblores de magnitud intermedia, $T = 42.3 \pm 24.2$ años, para la región oriental y sur del Valle Central.

Montero (1983, 1986) estableció que el periodo medio de recurrencia de temblores de magnitud intermedia para todo el Valle Central es de 29.5 ± 9.9 años. Sin embargo, queda claramente establecido en su estudio, que la tercera secuencia sísmica la constituye un único evento, el del 30 de diciembre de 1888, cuyo epicentro estuvo ubicado cerca de Fraijanes. Por otro lado, las series sísmicas se inician con temblores que se ubican en el límite sur del Valle Central y luego las fuentes migran hacia el límite norte; los periodos de actividad sísmica duran de 3 a 6 años. De lo anterior se desprende que no todas las series sísmicas repercuten en la región de Cartago, para lo cual consideramos más apropiado utilizar, en la evaluación del peligro, el resultado obtenido en el punto c.

TABLA 1: SERIES DE TEMBLORES DEL VALLE CENTRAL

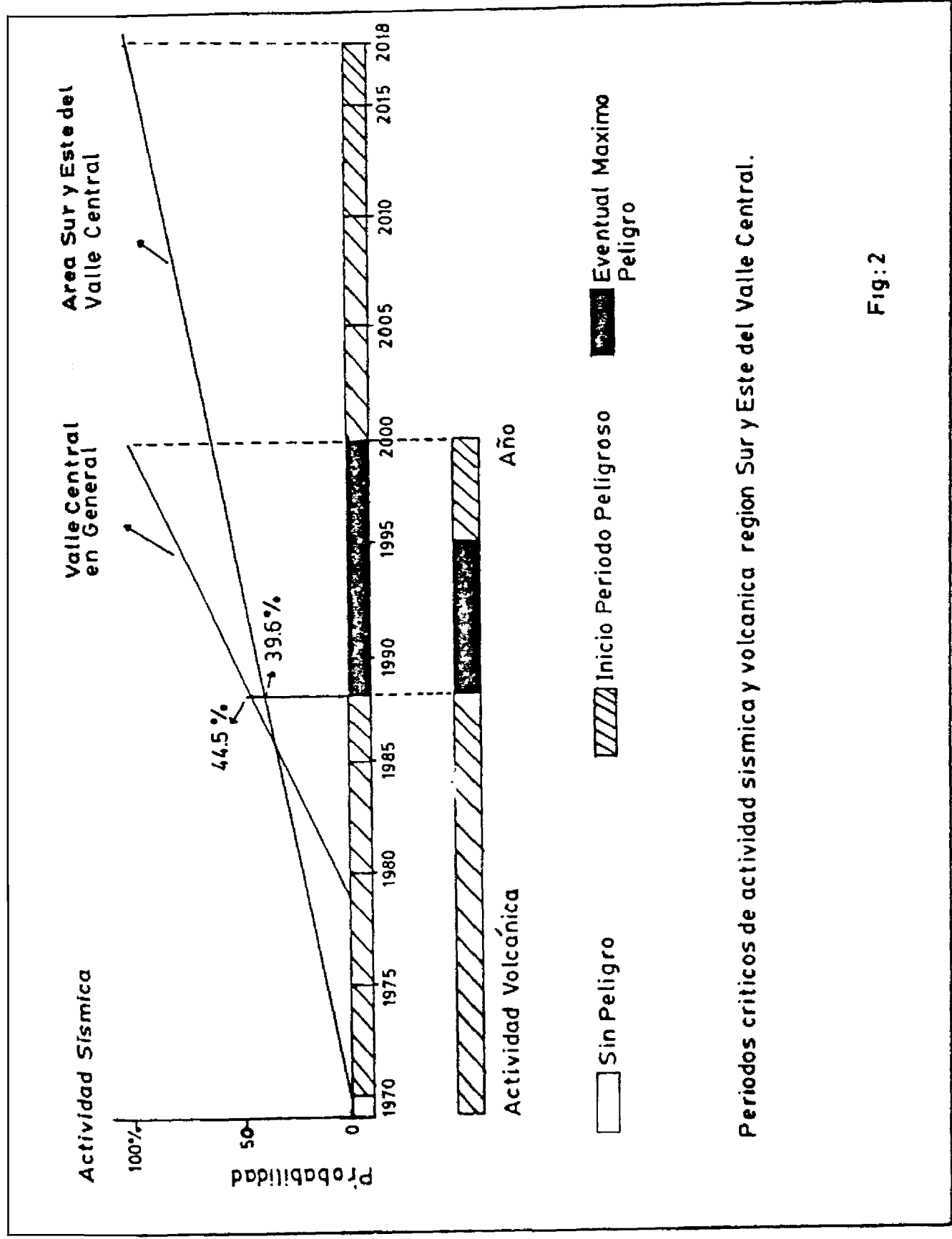
 1821
 1841, 1842, (1851)
 (1888)
 2 en 1910, 1912, (1911, 1912)
 1951, 1952, (1955)

Periodo de recurrencia para el Valle Central en conjunto $T = 29.5 \pm 9.9$ años (Montero, 1988). Sin paréntesis, serie sísmica del extremo oriental y austral del Valle Central con $T = 42.3 \pm 24.2$ (en este trabajo). Entre paréntesis, serie sísmica del extremo occidental de la Cordillera Central con $T = 34.3 \pm 10.3$ (Alvarado et al., en prensa)

Asumiendo que en el periodo de tiempo entre el momento en que ocurrió el último evento del más reciente ciclo, hasta el año que representa el límite inferior del periodo de recurrencia, la probabilidad de que ocurra un sismo es cero y partiendo de un supuesto empírico de que la probabilidad para que ocurra un evento se incrementa linealmente con el tiempo, desde el límite inferior del periodo de recurrencia ($P=0$) hasta el límite superior del periodo ($P=100\%$) (Fig. 2), tendríamos que existe una cierta probabilidad de que ocurra un temblor en el Valle Central en general, entre los años de 1979 y 2000, mientras que para la región sur y este del Valle Central la probabilidad existe entre los años 1970 y 2019. Para el año 1988 la probabilidad para el primer caso es de 44.5% y para el segundo es de 39.6%.

Si consideramos un periodo de tiempo mayor (1756 a 1987) tenemos que se han generado por lo menos 9 temblores dañinos en la región de Cartago (en promedio uno cada 25 años).

Aparte de los terremotos, tenemos registros de dos emjambres de temblores fuertes. Uno ocurrió entre el 27 y 29 de diciembre de 1905, en el cual en Cartago algunas paredes se rajaron y en Corralillo parece que se cayeron algunas casas; en Tejar sufrió bastante la torre de la iglesia y otros edificios (González, 1910; Miyamura, 1980). Montero (1983) le asigna una intensidad máxima posible entre VI y VII. Los otros emjambres ocurrieron en junio y setiembre de 1982, este último fue originado en una falla de tipo inverso con rumbo N46E, ubicado en la falda sureste del volcán Irazó (Güendel, 1985) cuyo evento principal tuvo una



Periodos criticos de actividad sísmica y volcánica region Sur y Este del Valle Central.

Fig:2

magnitud de 4.0 y llegó a alcanzar una intensidad de VI en la zona epicentral (Merales y Montero, 1954).

La evidencia mundial (Keefer, 1984) sobre la influencia de los temblores en la generación o la aceleración de los deslizamientos, sugiere lo siguiente:

- a- Que existen umbrales de magnitud, por debajo de los cuales, los eventos sísmicos raramente causan deslizamientos.
- b- Que por encima de esos umbrales, hay límites en la distancia desde el epicentro a la ruptura de la falla, en los cuales un terremoto de una magnitud dada es propenso a causar deslizamientos.

Aún más, los umbrales de magnitud y los límites superiores de las relaciones distancia-magnitud varían según los diferentes tipos de deslizamientos. Estas observaciones, confirmadas por los datos sobre intensidades de sacudimiento mínimas, muestran que existen distintos umbrales de movimientos fuertes según los diferentes tipos de deslizamientos. Es así como, en los materiales poco coherentes, los deslizamientos son iniciados por la vibración más leve. En particular, aquellos deslizamientos someros, que ocurren en pendientes muy fuertes son, probablemente, susceptibles a las sacudidas de corta duración y alta frecuencia característicos de los terremotos pequeños. En materiales coherentes, generalmente ocurren deslizamientos profundos que son iniciados por movimientos más fuertes y probablemente de larga duración. Con algunas raras excepciones las avalanchas de roca y de suelo tienen los umbrales más altos de todos.

Además de la magnitud, otros factores que controlan el área afectada por los deslizamientos, son: las condiciones geológicas locales (alteración de los materiales, densidad alta de fracturas), condiciones topográficas de alta pendiente y fuerte desnivel, la profundidad focal del terremoto y las características de movimiento fuerte del evento en particular.

De todo lo anterior se concluye que el deslizamiento de San Blas podría ser influenciado por sismos locales de magnitudes mayores de 4.5, con características de sacudida fuerte y probablemente de larga duración con intensidades predominantes de VII MM, aunque podría bastar intensidades mínimas de V.

Todos los tipos de deslizamientos inducidos por terremotos pueden también ser disparados por causas no sísmicas y, si la caída del talud es inminente antes de un temblor, un deslizamiento podría ser iniciado hasta por la sacudida más débil.

ACTIVIDAD DEL VOLCAN IRAZU.

En este capítulo no vamos a entrar en detalles referentes a los riesgos volcánicos del Irazú, para lo cual se remite al lector a los trabajos de Paniagua y Soto (1986) y de Alvarado (1987), incluyéndose únicamente la Fig. 3, tomada de Alvarado (1987). Más bien analizaremos algunos aspectos volcánicos que pueden incidir sobre el deslizamiento de San Blas, basado parcialmente en algunas conclusiones de Alvarado (op. cit.):

- a- Desde 1700 hasta la fecha, se han registrado más de 20 manifestaciones eruptivas en mayor o menor grado (una cada 14 años como promedio), de los cuales por lo menos seis han expulsado ceniza en suficiente cantidad y altura como para precipitarse sobre San José (una erupción importante aproximadamente cada 50 años).
- b- Desde 1821 a la fecha (período en el cual contamos con registros más confiables) las varias erupciones se han sucedido distanciadas entre unos pocos meses hasta 30 años como máximo. El actual período de inactividad es de 22 años. Pese a ello, entre 1821 y 1987, únicamente sobresalen las fases eruptivas de 1917-1918 y 1963-1964 (una erupción importante aproximadamente cada 80 años). Sin embargo, debemos tener presente que la periodicidad volcánica es aleatoria, tal y como se ha observado en otros volcanes a nivel mundial.
- c- Los peligros volcánicos se agrupan en:
 - i- A corto plazo, que incluye los lahares, cuya área de mayor riesgo es la cuenca y cauce del río Reventado y los depósitos piroclásticos, cuyo radio de máximo y mediano peligro se restringe a 0.4 y 4 Km, respectivamente.
 - ii- A mediano y largo plazo, lo cual incluye las explosiones laterales dirigidas de bajo ángulo con generación de avalanchas ardientes, o bien la formación de nuevos cráteres y conos a partir de los cuales se pueden erupcionar piroclastos y coladas de lava.

Aparte de estas manifestaciones volcánicas exógenas, debemos tener en consideración de los temblores volcánico-tectónicos o volcánicos, pueden de inestabilizar terrenos previamente inestables. Se ha observado en otras regiones (p.ej. volcán Reventado, Ecuador) en donde enormes avalanchas sismovolcánicas de hasta 8 Km³ se han desencadenado posiblemente a raíz de un terremoto, teniéndose únicamente como condición, la existencia de un fuerte desnivel topográfico en el sector del aparato estructuralmente débil.

Uno de los efectos de las cenizas volcánicas y la precipitación pluvial en 1963-1964, fue la que generó los lahares en la

cuenca del río Reventado, los cuales a su vez erosionaban verticalmente su cauce, desestabilizando las vertientes del mismo, originando nuevos y pequeños deslizamientos, así como presas efímeras. En el completo informe del ICE (1965) no solo se analizan estos problemas, sino que también se pone en evidencia que el río Reventado ha generado por lo menos seis grandes crecidas de 1724 al presente (como promedio una cada 44 años) todas ellas asociadas a actividad volcánica. Se desconoce cuando será el próximo período de actividad del Irazú, pero probablemente se detecten varios indicios premonitores.

CONDICIONES DE PRECIPITACION PLUVIAL EN LA ZONA

La información disponible sobre precipitación en las cercanías del deslizamiento de San Blas, fue obtenida por el Departamento de Estudios Básicos del ICE en la estación Cartago, en la cual se tienen datos desde 1959, e este estudio se utilizó la información entre los años 1962 y 1964.

En la Fig. 4 se muestra la distribución de la precipitación promedio, máxima y mínima por mes durante el período de 1962 a 1964. De ella se concluye que los meses en que las condiciones de saturación de la masa deslizante es mayor es entre mayo y noviembre y por ende es el período en que el deslizamiento es más vulnerable a ser afectado por otros fenómenos naturales como los temblores o la actividad volcánica.

CONCLUSIONES.

El arco magmático de Costa Rica, formado por las cordilleras volcánicas de Guanacaste y Central, y la cordillera de Talamanca, se caracteriza por tener laderas de alta pendiente y suelos inestables que son muy susceptibles a generar deslizamientos.

La región oriental del Valle Central ha sido escenario de múltiples fenómenos naturales como terremotos, erupciones volcánicas, avalanchas de lodo y rocas y crecidas de los ríos. Todo este registro histórico de desastres naturales, indican que en un futuro tendremos, muy probablemente, la ocurrencia nuevamente de estos fenómenos. La casual ocurrencia de dos o más fenómenos naturales adversos en esta región, podría afectar al deslizamiento de San Blas como serían la sacudida originada por un temblor, el exceso de peso que significa la caída de ceniza sobre la extensión del deslizamiento o una precipitación mayor de lo normal.

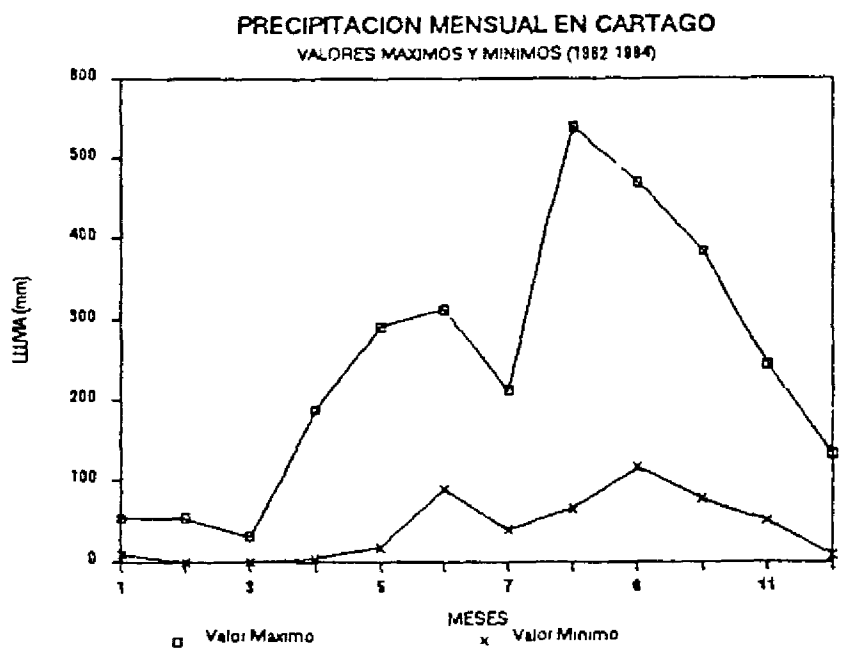
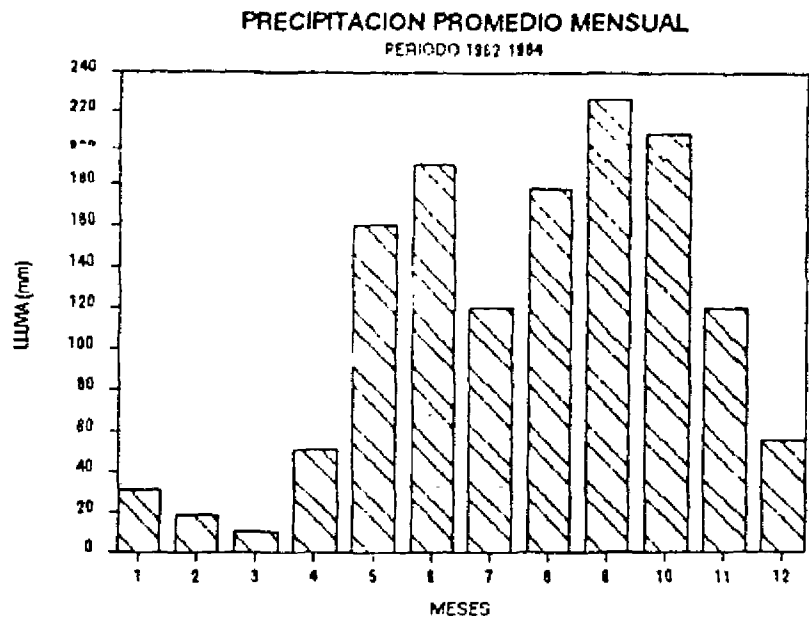


Fig. No. 3

Se ha establecido un periodo de recurrencia para temblores de magnitud intermedia, $T = 42.3 \pm 24.2$ años, para la región oriental y sur del Valle Central. Basándonos en un supuesto empírico de que la probabilidad para que ocurra un evento se incrementa linealmente con el tiempo, tendríamos que existe una cierta probabilidad de que ocurra un temblor en el Valle Central en general, entre los años de 1979 y 2000, mientras que para la región sur y este del Valle Central existe entre los años 1970 y 2019. Para el año 1988 la probabilidad para el primer caso es de 44.5% y para el segundo es de 39.6%.

Con base en la evidencia mundial, se concluye que el deslizamiento de San Blas podría ser influenciado por sismos locales de magnitudes mayores de 4.5, con características de sacudida fuerte y probablemente de larga duración con intensidades predominantes de VII MM, aunque podría bastar intensidades mínimas de V.

Desde 1821 a la fecha, las varias erupciones del volcán Irazú, se han sucedido distanciadas entre sí por unos pocos meses hasta 30 años como máximo. El actual periodo de inactividad es de 22 años. Pese a ello, únicamente sobresalen las fases eruptivas de 1917-1918 y 1963-1964 (una erupción importante aproximadamente cada 80 años). A corto plazo, los peligros volcánicos más inminentes son los flujos laháricos, cuya Área de mayor riesgo es la cuenca y cauce del río Reventado y los depósitos piroclásticos, cuyo radio de máximo y mediano peligro se restringe a 0.4 y 4 Km, respectivamente. A mediano y largo plazo, se incluyen las explosiones laterales dirigidas de bajo ángulo con generación de avalanchas ardientes, o bien la formación de nuevos cráteres y conos a partir de los cuales se pueden erupcionar piroclastos y coladas de lava.

Los meses de mayor precipitación en Cartago van de mayo a noviembre y, por ende, es el periodo en que el deslizamiento de San Blas es más vulnerable a ser afectado por otros fenómenos naturales como los temblores o la actividad volcánica, pues alcanza los mayores niveles de saturación.

BIBLIOGRAFÍA.

- Alvarado, G.E., 1987. El volcán Irazú: síntesis geológica, actividad eruptiva y peligro volcánico preliminar.- Inf. Interno Depto. Geología, ICE. 46 págs.
- _____ y S.A. Paniagua, 1987. La catástrofe del volcán Nevado del Ruiz (1985), Colombia: Una perspectiva hacia la problemática volcánica de Costa Rica.- Rev. Tecnología en Marcha. 2 (1), Cartago, Costa Rica.
- _____ ; L.D. Morales; W. Montero; A. Climent; W. Rojas, en prensa. Aspectos sísmológicos y morfotectónicos en el extremo occidental de la Cordillera Volcánica Central de Costa Rica.- Rev. CIAF; Bogotá.
- Araña, V. y R. Ortiz, 1984. Volcanología.- xv + 510 págs.; Ed. Rueda, Madrid.
- Carr, M.J., 1977. Volcanic activity and great earthquakes at convergent plate margins.- Science, 197: 655-657.
- Estrada, A., 1987. Estudio geológico-geotécnico del deslizamiento de San Blas, Río Reventado, Cartago, Costa Rica.- Tesis de Licenciatura, Esc. Centroamericana de Geología, Univ. Costa Rica.
- Estrada, A.; J.E. Delgado y G. Lezama, 1986. Informe geológico-geotécnico del deslizamiento de San Blas, L.T. Río Macho-Colima.-213 págs. Inf. Interno ICE, Direcc. Planif. Eléctrica. Tomo I.
- González, C., 1910. Temblores, terremotos, inundaciones y erupciones volcánicas en Costa Rica. Tipografía de Avelino Alsina, San José, Costa Rica.
- ICE, 1965. Informe sobre el problema del río Reventado.- xiv + 312 págs. + 30 láminas. Inst. Cost. de Electricidad.
- Keefer, D.F., 1984. Landslides caused by earthquakes.- Geol. Soc Amer. Bull., 95:406-421, 7 figs., 7 tables.
- Miyamura, S., 1980. Sísmicidad en Costa Rica.- Editorial Univ. de Costa Rica.
- Montero, W., 1983. Aspectos sísmológicos y tectónicos del Valle Central de Costa Rica.- En: El sistema fluvial de Tárcoles Costa Rica. Inst. Geog. Nac. - CONICIT; San José.

1986. Periodos de recurrencia y tipos de secuencias sísmicas de los temblores interplaca e intraplaca en la región de Costa Rica.- Rev. Geól. Amér. Central, 5:35-72, San José.

y S. Miyamura, 1981. Distribución de intensidades y estimación de los parámetros focales de los terremotos de Cartago de 1910, Costa Rica, América Central. Informe Semestral Julio-Diciembre, Inst. Geog. Nac., 9-34.

Mora, S.; A. Estrada y J.E. Delgado, 1985. Análisis del deslizamiento de San Blas - Río Reventado, Cartago, Costa Rica.- 16 págs., Tercer Sem. Nac. Geotecnia. 24-25 nov. 1985, San José.

Morales, L.D. y W. Montero, 1984: Los temblores sentidos en Costa Rica durante 1973-1983 y su relación con la sismicidad del país. Rev. Geól. Amér. Central, 1:29-56. San José.

Paniagua, S.A. y G. Soto, 1986. Reconocimiento de los riesgos volcánicos potenciales de la Cordillera Central de Costa Rica, América Central.- Cienc. y Tecn. 10(2):49-72, San José.