

INTRODUCCION

Dada la imposibilidad de evitar la exposición completa al riesgo, las diversas sociedades estan involucradas de una u otra manera, operando dentro de específicos niveles de tolerancia a eventos naturales y de origen antropogénico. Estos niveles pueden ser exitosamente definidos a través de legislaciones apropiadas o por prácticas consuetudinarias, que reflejen en regulaciones tales como salud pública y códigos de construcción, su eficacia ante los impactos máximos de un evento. Asimismo el grado de seguridad que socialmente se alcance es el resultado de pasadas experiencias y necesidades, que parten del instante mismo en que un grupo humano percibe las consecuencias de un evento.

No obstante, el énfasis puesto en la conservación de la vida y la propiedad tiene sus límites. La ocurrencia de eventos extremos, capaces de vencer la capacidad de la sociedad, introducen dramáticos cambios en múltiples aspectos. Dichas amenazas son conocidas como peligros y su impacto en la sociedad como desastres. Mientras los primeros no puedan ser eliminados, los límites de tolerancia de cada sociedad y sus efectos pueden ser mejorados y de aquí reducir el potencial de desastre (Foster, Harold. 1979).

La humanidad enfrenta un ancho y expansivo espectro de peligros capaces de causar muerte y destrucción. Para la mayoría de la población mundial viviendo en áreas del mundo en desarrollo, los peligros que amenazan su vecindad son todavía los antiguos que comunmente afligen a la agricultura y a los asentamientos. Estos son de origen principalmente natural, ej. las pérdidas por peligros geofísicos, tales como ciclones, terremotos, inundaciones y sequías, causan cada año en países en desarrollo, un promedio de 250.000 muertes y 15 billones en daños; siendo esto el equivalente de 2-3% del producto nacional bruto de esos países, (Foster, Harold. 1979), asimismo cerca del 95% de los desastres y mortalidad ocurren entre 2/3 de la población mundial que ocupan territorios de países en desarrollo. (Burton, Ian. 1978)

A pesar del incremento en conocimientos y sofisticación tecnológica, las pérdidas por eventos naturales y antropogénicos continúan elevándose al menos tan rápido como el incremento en salud global y población, Foster (Foster, Harold. 1979) cree que esta paradoja no es inevitable y que pérdidas pueden ser contenidas. Esta tarea no es simple y requiere de la más rigurosa y extendida aplicación de técnicas para prevención de desastres y mitigación.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La información sobre los peligros naturales a que ésta expuesto el país y su pasada repercusión histórica, se halla dispersa o tratada en forma inapropiada (Arroyo, Luis Nelson. 1985). Como lógica consecuencia de ello, es patente la carencia de planes o esquemas globales para enfrentar tareas de pre y post desastre, pues son inexistentes aquellos documentos cartográficos y glosarios especializados básicos que nos permitan ubicar en el territorio nacional, los sitios que por características físico-naturales calificadas, hayan sido más proclives a sufrir estos embates.

Paralelo a ello, es explicable la inexperiencia de comunidades en el cómo resolver situaciones de emergencia, pues en general, no solo persiste entre ellas una visión distorsionada y optimista en la que la percepción popular del riesgo hace pensar que la frecuencia de un evento catastrófico será menor de lo que realmente es, sino que se carece de políticas de aplicación rigurosa que ordenen y planifiquen el uso y la ocupación del espacio en áreas peligrosas.

Gran número de asentamientos y otro tipo de actividades diversas prosiguen un crecimiento físico, sin que autoridades e instituciones evalúen con detenimiento el peso de esa expansión y su incidencia en la propia seguridad de los pobladores. Pobre localización de viviendas, no restricciones en el uso del suelo, controles no generalizados para diseño y construcción de infraestructura vial, entre otros; irremediablemente conducen a no solo una declinación en la calidad de vida de los habitantes, sino que incrementan los saldos negativos de un desastre.

Las tareas de evaluación de riesgos y los posteriores diseños de planes de evacuación y emergencia en sectores potencialmente peligrosos, deben descansar por principio, en un inventario retrospectivo del tipo, naturaleza y efectos de los diferentes peligros presentes en una región.

Conociendo el contexto natural en el pasado y en el presente, mediante la identificación de fenómenos causantes de pérdidas económicas y sociales, será posible diseñar para el futuro, un amplio rango de estrategias tendientes a paliar los efectos adversos que ellos originan. La mayoría de los peligros naturales no pueden removerse; el hombre debe convivir con ellos efectuando ajustes. La postergación de medidas al respecto, retardará también los procedimientos de emergencia usuales, ante la ausencia de planificación de preimpacto y preparación (Foster, Harold. 1979).

OBJETIVOS GENERALES

- a) Recopilación de información histórica sobre el impacto de sismos, inundaciones, sequías y deslizamientos que han afectado el país.
- b) Realizar un análisis de los factores que hacen posible su activamiento.
- c) Ubicar a través de mapas los sitios de incidencia histórica de estos fenómenos.
- d) Iniciar y mantener actualizado un banco de datos que detalle las características de sus impactos en el país.

NOMENCLATURA

Las denominaciones empleadas en esta investigación relacionadas con peligro natural, vulnerabilidad y riesgo, siguen las definiciones utilizadas por la Oficina sobre Desastres de las Naciones Unidas.

Peligro Natural: Significa la probabilidad de ocurrencia, en un período de tiempo y en un área dada, de un fenómeno natural potencialmente dañino.

Vulnerabilidad: Significa el grado de pérdida esperado, como resultado de la ocurrencia de un fenómeno natural de una magnitud dada y expresado en una escala de 0 (no daño) a 1 (daño total).

Riesgo: Significa el número esperado de vidas perdidas, personas heridas, daños a la propiedad e interrupción de la actividad económica debido a un fenómeno natural particular.

METODOLOGIA

La presente recopilación histórica de sucesos derivados por fenómenos naturales representa la información comprensiva más extensa que se dispone en Costa Rica sobre lugares, fechas de ocurrencia, tipo y efectos que su activamiento ha conllevado. Este inventario constituye el primer paso en la elaboración de planes de seguridad viables, los cuales deben descansar en la identificación y evaluación de los peligros existentes en el país. Una vez que los peligros hayan sido identificados será posible establecer los montos de las pérdidas de las que son responsables y sin las que, sería imposible diseñar medidas de seguridad significativas para ser incluidas dentro de planes comprensivos más vastos (Foster, D. Harold. 1979).

El análisis en sí de los peligros no provee mucha utilidad, si éste no se inscribe dentro de un plan general de manejo y prevención de ese riesgo. La continua expansión de servicios y población requieren un entendimiento colectivo sobre la conveniencia de futuros emplazamientos y decisiones sobre usos diversos del suelo. Por ello el primer paso en la producción de un plan de seguridad viable es la identificación y evaluación de los peligros que existen en una región (Foster, D. Harold. 1979). Aunque la gama de estos se amplía en países industrializados sobre todo por el uso y mal uso de tecnologías (Foster, D. Harold. 1979) que ocupan con impactos económicos comparables o mayores el lugar de los eventos naturales en otras latitudes; la carencia de adecuados planes de manejo de riesgo en estos últimos impactan fuertemente estas áreas.

Este inventario representa un primer documento sobre el que podrán basarse estudios para zonificación de riesgos diversos, así como tareas particulares de evaluación de riesgos en áreas específicas.

En la información que éste suministra se ha dado particular interés a:

- los antecedentes históricos de fenómenos naturales (vulcanismo, inundaciones, deslizamientos, sequías) no sólo con el propósito de agrupar referencias retrospectivas sobre susceptibilidad que presentan las diversas regiones del país, sino el de aportar datos válidos para cálculo de frecuencias;
- las pérdidas materiales y de vidas humanas con el fin de categorizar los sectores históricamente más afectados, y así establecer prioridades en los diseños de planes de seguridad y en la prevención preliminar para proteger esas áreas;
- el análisis de las características físicas que componen los diferentes paisajes afectados por peligros naturales, con el fin de aportar elementos que contribuyan a su comprensión y manejo.

FUENTES DE INFORMACION

Hemorográficas: La información obtenida a través de la Prensa corresponde al Diario de Costa Rica, La Nación, La República y La Prensa Libre. Las referencias posteriores corresponden principalmente a los tres últimos diarios hasta julio de 1988. También se consultó un documento inédito sobre lluvias extremas suministrado por el Instituto Meteorológico Nacional, elaborado en base a datos periódicos.

Catálogos de sismicidad: Se incluyen y analizan las informaciones más recientes emanadas del OVSICORI así como comentarios de algunos otros autores sobre la temática. En el aparte de Vulcanología se realiza una detallada síntesis de datos bibliográficos

provenientes de Boletines del OVSICORI y de otras publicaciones especializadas. Para cronologías eruptivas en detalle, se sugiere consultar informaciones emanadas de ese Observatorio.

Historiografía regional: Mediante el valioso trabajo de Cleto González V. sobre Temblores, terremotos e inundaciones entre 1608 y 1910, y la colección de documentos para la Historia de Costa Rica de León Fernández se completa el lapso cronológico, que permite sintetizar para esta investigación los detalles más relevantes sobre los diferentes peligros naturales que han afectado el país, prácticamente desde los albores de su historia.

Hojas topográficas: la colección de mapas escala 1:50.000 del Instituto Geográfico Nacional, fue de gran relevancia para el estudio, la ubicación de los fenómenos analizados.

Fotografías aéreas: Algunas de las áreas visitadas, así como otras en las que se dificultó su acceso, fueron reconocidas e interpretadas mediante este tipo de fuentes.

Consultas por Encuesta: En vista de la valiosa información que podía ser suministrada por los encargados de los gobiernos locales o Municipalidades, se confeccionó una encuesta que se envió a 31 de estos Concejos (véase apéndice I), seleccionados por ser de su incumbencia territorios tradicionalmente afectados por inundaciones, sequías, etc. Sólo las Municipalidades de Osa, Aguirre, Puntarenas y San Isidro del General remitieron el formulario debidamente contestado.

Visitas al campo: Se visitaron las localidades de Filadelfia y Santa Cruz en Guanacaste. Sarapiquí y Río Frío en Heredia. Guápiles, Siquirres, Limón, Valle de la Estrella y Bribri en Limón. El valle del General por la provincia de San José. Palmar Norte y Sur, el valle del río Coto, Quepos y Parrita en la provincia de Puntarenas. En estas comunidades se realizaron entrevistas con pobladores y se consultó personal de oficinas gubernamentales.

DATOS DE INTERES SOBRE INFORMACION DE MAPAS Y APENDICE

Dada la imposibilidad práctica de citar con detalle los aspectos más importantes involucrados por un fenómeno dentro del texto general del trabajo, se adjunta un Glosario, que a manera de Apéndice, por-
menoriza sobre localización, naturaleza y efectos del peligro natural.

Dicho agregado, mediante la información que se suministra en las dos primeras columnas (Provincia y N° de orden) hace posible la ubicación del sitio en el mapa del fenómeno respectivo, conociendo únicamente

la posición de las provincias de Costa Rica. Así, una inundación causada por el Río Reventado en Taras de Cartago se reseña Provincia: C; y N° de orden 1; similar situación en Limón, esta vez por el río la Estrella podría ser L 6.

Sólo la numeración se ubica en el lugar en donde se reporta el suceso y alcanzará tantos valores como problemas por peligros naturales tenga esa provincia. Un único número de orden se expresará una sola vez por provincia, no importando las veces y épocas en que el mismo peligro se haya hecho presente en ese mismo lugar; la frecuencia con que éste se reporta se transcribe en el Glosario, en donde se procura agrupar las diversas oportunidades en que aparece noticia sobre él; los detalles pertinentes sobre los diferentes eventos podrán consultarse en el Glosario. De igual manera, observando el mapa y situando la provincia y un número de orden cualquiera, puede obtenerse rápida información en el Apéndice sobre el sitio de interés correspondiente. Los eventos que componen el Glosario están referidos básicamente a inundaciones y deslizamientos. Estos por ~~ser~~ aspectos puntuales y territoriales muy específicos, se prestan para ser desglosados mediante ese esquema.

En el caso de las sequías, un fenómeno extensivo, de ubicación no certera en lo que concierne a delimitación, se adjunta el mapa que muestra los sectores más afectados, así como detalle escrito de las pérdidas que ocasiona. Para Vulcanismo y Sismicidad, se sintetizan datos de diversas fuentes y se agregan para el segundo aspecto, comentario de esquemas y gráficos emanados del Observatorio Vulcanológico y Sismológico de la UNA. Si se precisa mayor detalle, el lector puede remitirse a los Catálogos de Temblores y Boletines que esa instancia edita.

EVALUACIÓN DE PELIGROS NATURALES

Uno de los aspectos fundamentales en la evolución del peligro natural, es el valorar la repetitividad de un evento determinado mediante la consulta de registros históricos. Aunque las referencias aportadas por estos, -escritas u orales-, varían grandemente en cuanto a descripción y calidades del fenómeno descrito, su registro y el correspondiente examen de características físico-regionales, permiten al menos, afinar mediante convergencia de indicios, cuáles han sido sus efectos en el pasado. Si a ello se añade la existencia de parámetros cuantitativos, capaces de compilar mediciones por largos periodos de tiempo, se habrán satisfecho algunos de los imperativos que rigen la aplicación de técnicas estadísticas, capaces de calcular intervalos de recurrencia para algunos fenómenos.

En alusión a eventos de carácter hidrológico y ante la ausencia de registros en sectores afectados, válidas son también las referencias de sucesos extremos, los que en conjugación con el criterio de ubicación, mostrarían al menos dónde es más probable que éstos ocurran, aunque no cuando.

La incorporación de nuevas áreas para fines diversos, presupone para aquellas expuestas a fenómenos naturales violentos y repentinos, un análisis detallado de los impactos que tal explotación conlleve. En concordancia con ello, se deduce que para disminuir la probabilidad de desastre, las medidas deben enfilarse hacia la reducción del peligro natural en si, o a reducir la probabilidad de daños que puedan producirse como resultado de ese peligro.

De las dos opciones la más aplicable es la segunda pues las eventuales probabilidades de daños se reducirán si desarrollos basados en uso de la tierra, permiten a través de la planificación alejarlos de las áreas expuestas a fenómenos naturales. En la primera alternativa lo más viable es realizar ajustes para convivir con algunos de ellos ya que en la mayoría de los casos no es posible removerles completamente.

El hecho mismo de no permitir desarrollos en sectores vecinos a áreas potenciales de riesgo, evita no solo la exposición de seres humanos y bienes al peligro, sino que aleja probabilidades de empeoramiento del problema por influencia antrópica (por ejemplo, deslizamientos). Estímase que através de controles rigurosos y continuos de aprovechamiento y uso apropiado de la tierra, es posible diseñar mecanismos que amortiguen los efectos por activamiento de fenómenos potencialmente dañinos (Naciones Unidas, 1979).

BIBLIOGRAFIA

1. Arroyo, González Luis Nelson. "Riesgos Naturales por Deslizamientos, el caso de Villa Colón, Puriscal", Escuela de Ciencias Geográficas, Universidad Nacional, Heredia, 1985, 63 p.
2. Burton, Ian; Kates, Robert; White, Gilberth "The Environments Hazard, New York, Oxford University Press, 1978,
3. Calvo, García - Tornel Francisco. "La Geografía de los Riesgos" GEO-CRITICA. Cátedra de Geografía Humana, Facultad de Geografía e Historia. Universidad de Barcelona.
4. Foster, D. Harold. "Disaster Planning" The preservation of Life and Property. Springer-Verleg. New York, Heidelberg, Berlin, 1979, 244 p.
5. Naciones Unidas "Prevención y Mitigación de Desastres". Compendio de conocimientos actuales, Vol 4, Aspectos Meteorológicos. N.Y. 1979,
6. Naciones Unidas "prevención y Mitigación de Desastres" Compendio de conocimientos actuales, Vol 3, Aspectos relativos al aprovechamiento de la Tierra, N.Y. 1977.
7. Singer, A.; Rojas C., Lugo, M. "Inventario Nacional de Riesgos Geológicos" Estado preliminar. Departamento de Ciencias de la Tierra, Caracas, Agosto, 1983.

SISMICIDAD:

En 1960 el científico Harry H. Hess expuso los fundamentos de la Teoría de la Expansión del Fondo Océanico. En esta se afirma que a través de las fracturas en las profundidades submarinas, brotan materiales calientes de la astenosfera que originan la formación de relieves volcánicos bajo el mar, los que a su vez generan efectos de empuje sobre los continentes, separándolos.

En Centroamérica las placas de Coco y Caribe protagonizan en particular esta dinámica global, con la característica de que ambas sustentan velocidades hacia el este diferentes, lo que origina que la primera se hunda bajo la segunda.

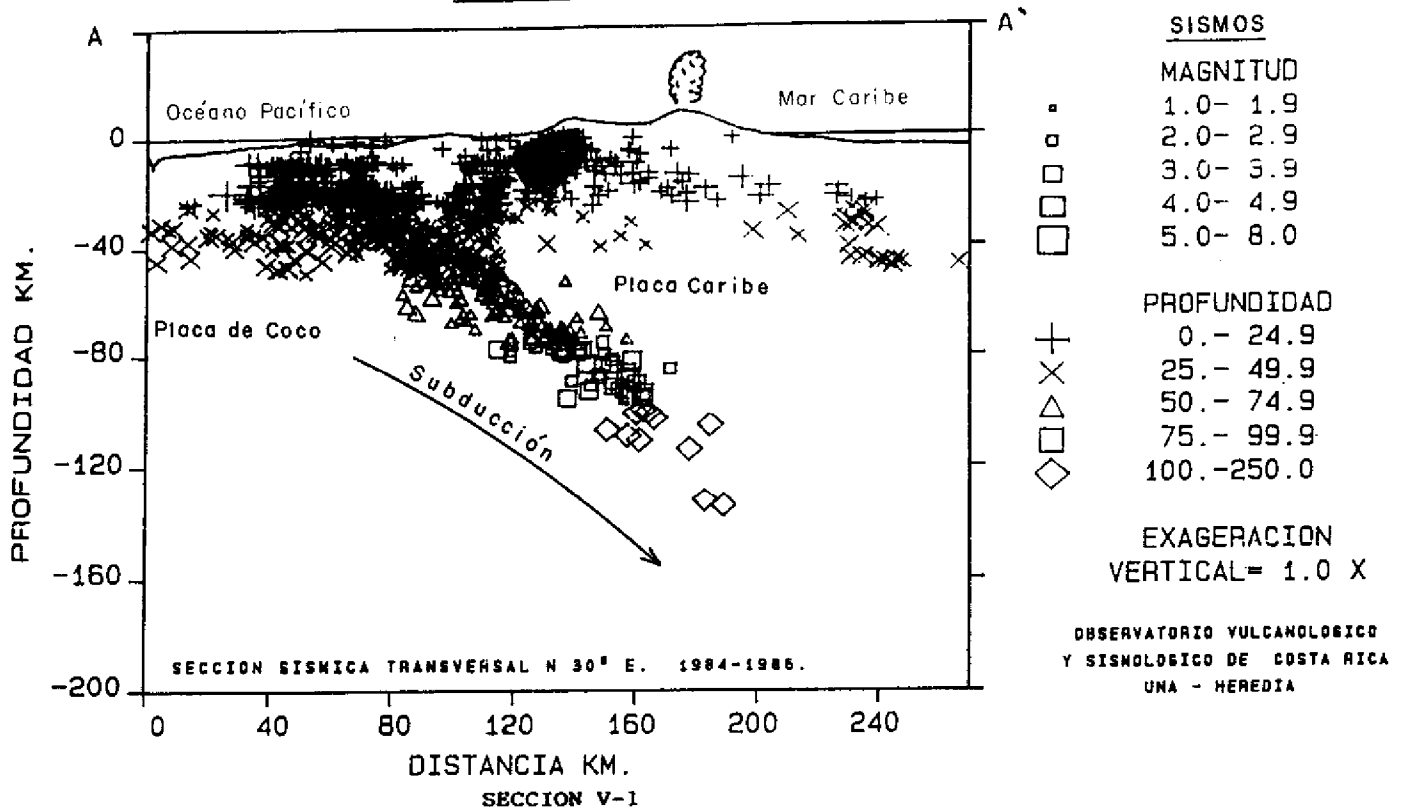
La frontera entre ambas, conocida como fosa mesoamericana y que marca el inicio de la zona de subducción, es originadora constante de movimientos sísmicos y actividad volcánica, cuyas manifestaciones principales se ubican en la fachada occidental o Pacífica del istmo (Figura N°1).

Los registros sismológicos de la región patentizan este impacto al señalar que la capital de Guatemala ha sido destruida en diez ocasiones mientras que El Salvador y Nicaragua en 15. (La Nación 1986). En Costa Rica, la ciudad de Cartago y antigua capital ha tenido papel protagónico por sucesos similares en 1638, 1618, 1780, 1822, 1841 y 1910; habiendo sido destruida totalmente en dos ocasiones. En el caso de San José y en períodos históricos, no se tienen noticias de sismos de gran magnitud, habiendo ocurrido el más cercano a ese núcleo en 1910 en el Cerro Tablazo, que rondó los 5.5 grados en escala Richter. Los dos últimos sucesos sísmicos que por su magnitud y efectos merecen ser destacados fueron los del 2 de abril de 1983 y el de Pérez Zeledón el 3 de julio de 1983 que causaron dos muertes y la destrucción parcial o total de 300 casas (La Nación, 1986).

MAGNITUD E INTENSIDAD

La severidad de un temblor puede ser expresada de varias maneras. La magnitud de un temblor, como ha sido expresado por la escala de magnitud de Richter, es la medida de la amplitud de las ondas sísmicas. La amplitud es medida en los registros del sismograma. La escala Modificada de Mercalli mide la intensidad de los efectos de un temblor en un lugar determinado (efectos en el hombre, obras y naturaleza (UNDRØ, NEWS) y es obtenida mediante las observaciones de los efectos del temblor en diferentes lugares, asignándosele un valor de escala que va de I a XII. Se estima que cerca de un millón de temblores que ocurren cada año, dos de ellos en promedio tienen suficiente magnitud (mayor que 7.75) como para causar daños catastróficos (Keller, E.A., 1976)

Figura 1



SECCION SISMICA TRANSVERSAL (A-A') N. 30° E.
COSTA RICA ABRIL 1984-DICIEMBRE 1986

Coment. LNAG

La figura N°1 muestra en forma clara cómo el fenómeno de subducción, ejemplificado en el empuje hacia el este que ejerce la Placa de Coco - contra la Caribe, hace que en la frontera entre ambas (Zona de Benuioff) se presente una coincidencia entre ésta y manifestaciones sísmicas constantes, con actividad volcánica, asociada a relieves montañosos que se recargan hacia el flanco pacífico continental. Los sismos que se grafican (+) se consideran de alto riesgo no tanto por su magnitud sino por su poca profundidad (0 a 24.9 kms).

SISMICIDAD Y FENOMENOS RELACIONADOS

Los grandes terremotos son uno de los más catastróficos y devastadores fenómenos de la naturaleza. Muchos de ellos están localizados en áreas tectónicamente activas, en donde las placas de la litosfera que sirven de asiento a continentes y cuencas oceánicas; están superimpuestas o interactúan. Los efectos primarios de los terremotos son violentos movimientos del suelo, acompañados de fracturamientos que pueden agrietar o colapsar grandes edificios, represas, túneles y otro tipo de estructuras rígidas. Los efectos secundarios incluyen eventos de corta duración como incendios, tsunamis, inundaciones y deslizamientos (Véase capítulo sobre este tema) mientras que a largo plazo pueden presentarse fenómenos de subsidencia regional con levantamientos de masas de tierra y cambios en los niveles de aguas subterráneas (Verstappen, Theodoor, 1983).

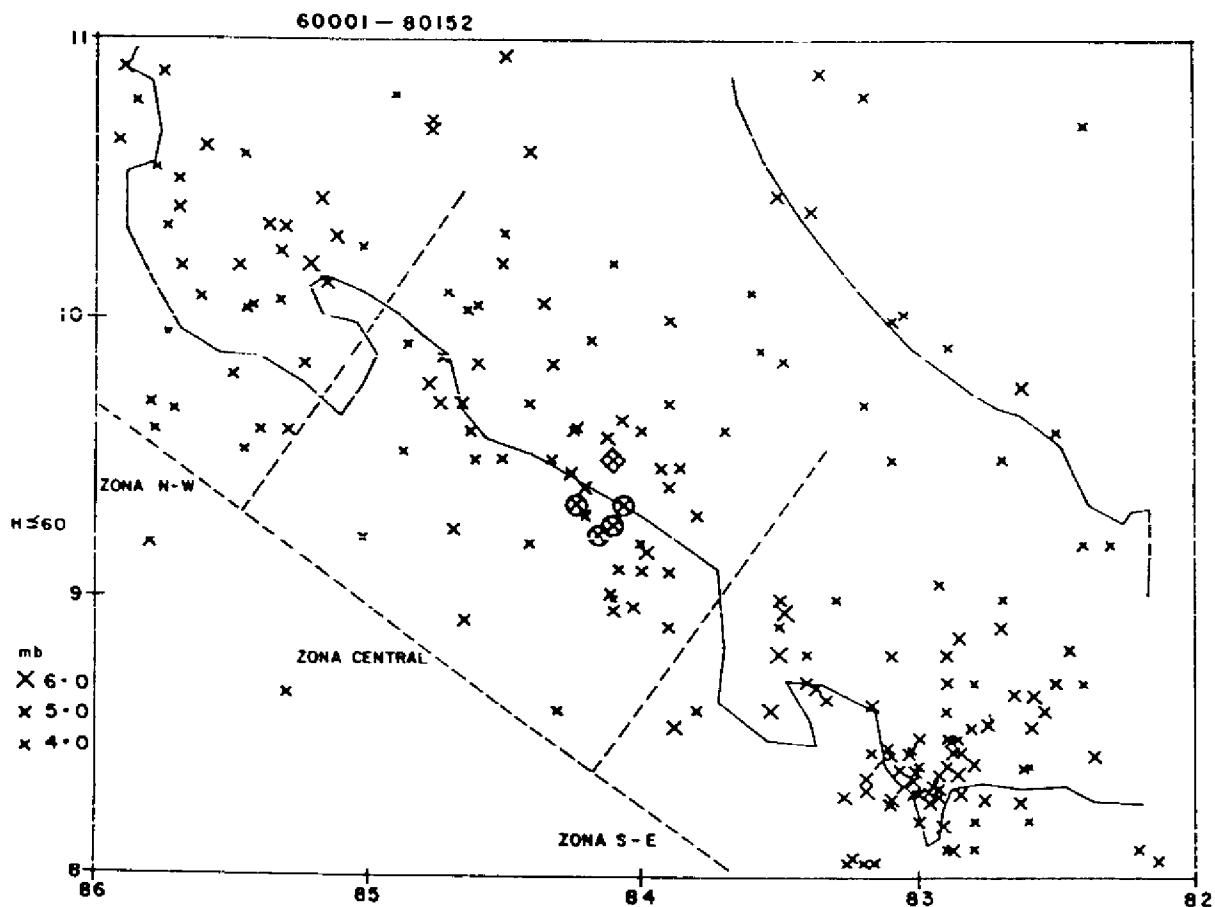
RIESGO SISMICO PARA COSTA RICA

Sobre la base de estudios realizados en 1981 se determinó que Costa Rica presenta un alto riesgo en cuanto a la ocurrencia de eventos sísmicos importantes. Dichas investigaciones se fundamentan en el bajo nivel de liberación de energía sísmica que el país ha experimentado desde los años 40 (Rojas D. González V., Saenz R. 1985).

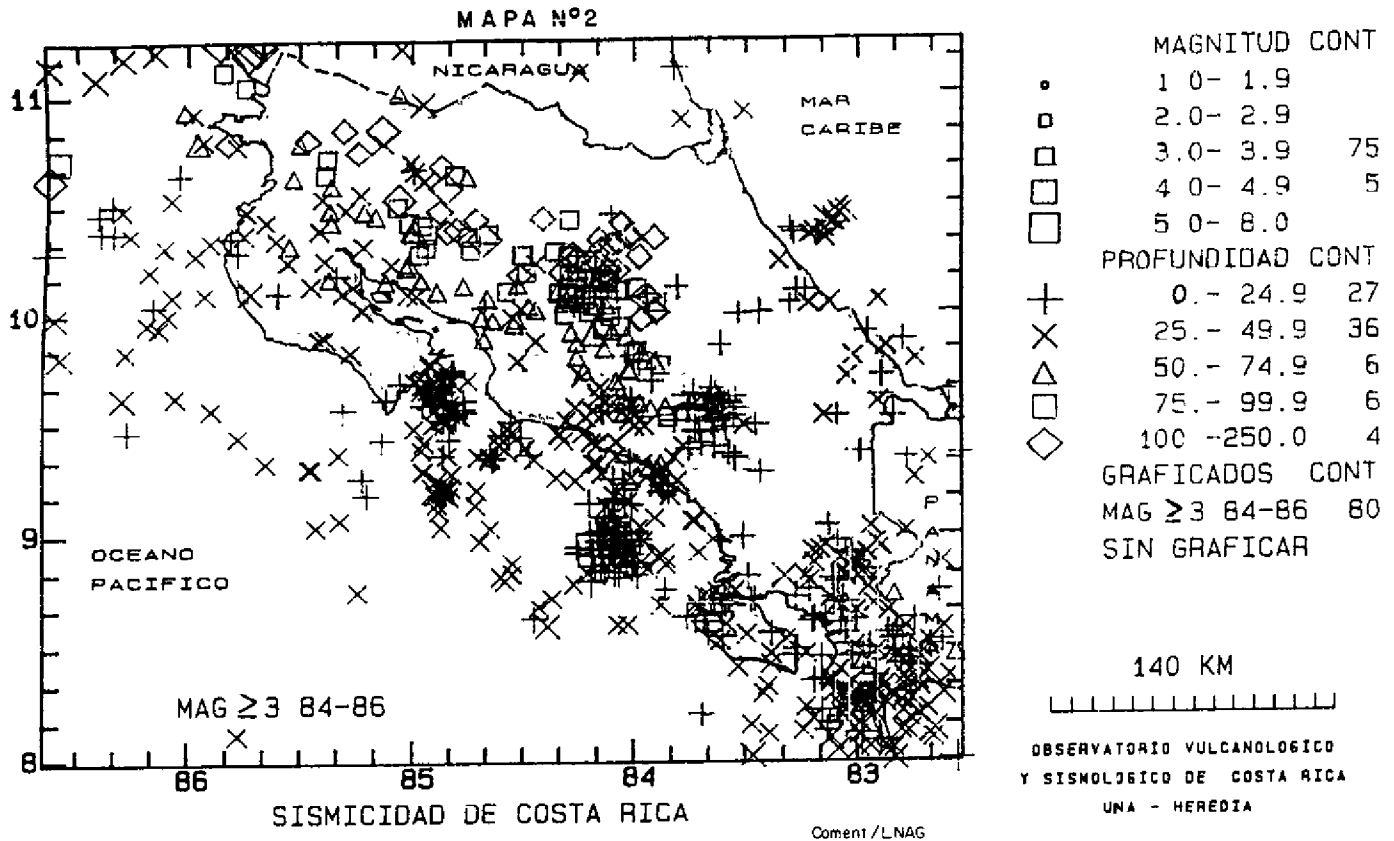
El método de Brecha Sísmica que se evalúa como un procedimiento factible de predecir la localización de eventos sísmicos; relaciona la sismicidad histórica en la región y establece que, períodos de quietud sísmica, precedidos de actividad, son precursores de un sismo de mediana magnitud ($M > 6$) que tendría como zona epicentral los 9.5 °03 de latitud norte y los 84.2 °03 de longitud oeste (Guendel, Federico. 1981) (3 o 4 kms. al oeste de Santiago de Puriscal).

En particular, eventos de magnitud 7.5 -considerados desastrosos si ocurriesen en zonas densamente pobladas y con hipocentros superficiales- han afectado históricamente el país, estimándose que dicho esquema es probable que sea repetitivo en el futuro (Guendel, Federico Mc. Nally C. 1985). A través del análisis de documentación histórica, ha sido posible establecer para Costa Rica tres categorías en cuanto a potencial sísmico, efectuando estimaciones de acuerdo a la fuente originadora del sismo y su correspondiente magnitud. Para tal efecto, se establecieron 3 zonas de ruptura transversales, que el fenómeno de subducción origina a lo largo de la costa Pacífica de Costa Rica, y que se denominan a) Zona Nor-Oeste b) Zona Central y c) Zona Sur-Este (mapa 1). Construyendo gráficos para cada una de las tres zonas y ploteando contra escala de tiempo, la magnitud con los eventos sísmicos superficiales ($H > 6.0$ desde 1965) se observa como las Zonas Nor-Oeste y Sur-Este liberaron grandes cantidades de

energía en 1978 y 1979, con sismos de magnitud 7 y 6.5 respectivamente. Mientras que para la Zona Central "a partir del mes de junio de 1978 y con la excepción del evento de octubre de 1979 de magnitud 4.7, no ha habido liberación de energía hasta el presente" (Güendel, Federico, 1981). Asimismo, Kelleher (1974), citado por el mismo autor, establece un periodo de brecha sísmica para la Zona Central de Costa Rica, ya que a diferencia de las otras dos zonas, en ésta no se registran eventos de gran magnitud desde 1924 (Güendel, Federico, 1981). De acuerdo con ello se asegura que la Región Central del país muestra un alto potencial de riesgo sísmico por eventos cuyo origen se sitúa dentro de las dos primeras categorías que agrupan eventos producidos por fallamiento superficial y para eventos de grandes magnitudes originados a lo largo de la zona de subducción (Güendel, Federico; McNally C. 1985).



Mapa N°1. Localización epicentral para eventos sísmicos ($H \leq 60$) mostrando las tres zonas sísmicas para Costa Rica. Datos tomados del NEIS. Los símbolos \circ muestran los eventos con magnitud $mb \geq 5.3$ y el símbolo \diamond muestra el evento con solución de mecanismo focal, después de Molnar y Sykes (1969). Tomado de Boletín de Vulcanología N°10.



ABRIL 1984-DICIEMBRE 1986
(M ≥ 3.0)

En el mapa N°2 que muestra los sismos de magnitud \geq a 3, se aprecia claramente cómo los eventos superficiales simbolizados (+x) (0 a 50 kms. de profundidad) exhiben una definida localización a lo largo del litoral pacífico costarricense como producto de la interacción entre placas. Los sismos que en número de 630 comprenden también aquellos originados en la sección continental por fallamiento local, superan en forma amplia a los eventos de más de 50kms. (167 sismos). Obsérvese la alta sismicidad en los alrededores de Punta Burica y Golfo Dulce, como efecto particular del desplazamiento entre las placas Coco y Nazca, conocida con el nombre de zona de fractura de Panamá (Morales Luis Diego, 1985). Concentraciones de epicentros se destacan también en la entrada del Golfo de Nicoya, hacia el sur de ahí, frente a Bahía Herradura y Quepos; así como el flanco NW de la Península de Osa en su sección hacia la Bahía de Coronado. La frecuencia de sismos es menor en los alrededores de la Península de Nicoya, norte y este del país; con eventos importantes frente a la Península de Santa Elena. Ello corroboraría el estudio de riesgo sísmico efectuado por Shah, Mortgat y Lubetkin (1976) (Castillo, Rolando, 1985) que en líneas de isoaceleración definidas sobre Costa Rica, "muestran correspondencia con las zonas de mayor frecuencia sísmica y denotan que las ondas sísmicas son mayores en el flanco sur y suroeste de las cordilleras de Talamanca y Costeña, en correspondencia con zonas cercanas a Punta Burica y Punta Herradura al lado de Bahía Coronado"...estas líneas sugieren además "áreas de menor riesgo sísmico en aquellas en donde la frecuencia y la isoaceleración son menores como sucede al norte y este del territorio nacional (Castillo, Rolando, 1985).

PREDICCIÓN Y PREVENCIÓN DE RIESGOS POR TERREMOTOS

Los intentos por predecir y aun prevenir terremotos -a pesar de los grandes avances efectuados en el campo sismológico- son todavía incipientes (NACIONES UNIDAS, 1977). Los enfoques tradicionales basados en las regularidades espaciales, distribución en el tiempo y períodos de retorno de eventos mayores son en sí mismos inadecuados para una predicción confiable. Complementados por enfoques geodésicos y geofísicos; algunos científicos estiman que podrán realizarse predicciones basados en patrones de frecuencia de los temblores, anomalías por levantamientos y subsidencia con monitoreo continuo de la inclinación del suelo, deformación de rocas, actividad microsísmica y magnética, concentración de radón y cambios en la resistividad eléctrica de los materiales (Keller, E. A. 1976). Otros especialistas plantean el controlar temblores manipulando la presión de fluidos a lo largo de fallas y de este modo, causar una serie de pequeños eventos preferibles a un evento catastrófico. Se ha sugerido asimismo, que explosiones nucleares en conjunción con el manejo de presión de fluidos, pueden ser usados para liberar lentamente la presión tectónica natural antes de un gran sismo. Para un futuro no muy lejano, es factible que estos métodos afinen procedimientos que permitan predecir la localización, duración y magnitud de temblores mayores, con la alta confiabilidad que presupondría una alarma temprana de esta índole y las consiguientes consecuencias de orden social, económico y psicológico (Verstappen, Theodoor. 1983).

Dado que los sistemas de aviso y prevención de terremotos no son entonces, en la actualidad alternativas confiables, se han desarrollado en regiones afectados por ellos, mejoras en la protección estructural de edificaciones, políticas de planeamiento de uso del suelo y técnicas de mitigación y ayuda por eventuales desastres.

Mediante la evaluación de los diversos efectos y daños causados por terremotos, se pueden inferir valiosas lecciones para desarrollos futuros. Con base a los estudios de ocurrencia histórica de sismos, es posible establecer procedimientos de mitigación, asumiendo la considerable similitud que guardan los patrones de daños acaecidos por sucesos anteriores. Por ejemplo, el porcentaje de daños en viviendas construidas con diferentes tipos de material (madera, bloques, concreto etc.) es comúnmente usado como parámetro y los mapas así elaborados muestran la distribución espacial de las diferentes respuestas de estructuras y materiales a los sismos. Estos mapas además de indicar la vulnerabilidad de varios tipos de infraestructura contribuyen a mejorar códigos y diseños para construcción, no solo en viviendas sino también en estructuras tales como carreteras, ferrocarriles, diques, etc.

También el perfeccionamiento de técnicas en sismología ha permitido a través de la zonificación y microzonificación sísmica -a nivel de región y de emplazamiento- el determinar a través de análisis estadísticos de frecuencias e intensidades de terremotos pasados, la

ubicación probable de los lugares más susceptibles a sufrirlos. Dado que las características de las ondas sísmicas afectan en forma diversa los materiales por los que se propagan, así también los efectos sobre la corteza terrestre son variados; por lo que fenómenos asociados como licuefacción del suelo, hundimientos, corrientes de fango, etc. requieren de información geológica de la zona. La combinación efectiva de ambos procedimientos constituyen un importante instrumento en la evaluación de probabilidades de riesgos por terremotos (Verstappen, Theodoor. 1983).

VULCANISMO

En asocio a la actividad sísmica, aparecen aquellos fenómenos conexos con la presencia de volcanes activos en el país, que a su vez son originadores de temblores por movimientos de magma que a gran temperatura y presión de vapor, se mueven a través de fisuras y grietas, sometiendo las rocas circunvecinas a deformaciones y fracturas. Estos temblores por lo general son pequeños y ocurren a poca profundidad y dentro del área volcánica (Morales, Luis Diego, 1985).

Aunque los últimos eventos sísmicos de importancia acaecidos en el país no son atribuibles a éstos sino a la liberación de energía por choque de placas, deformaciones internas de la Placa Caribe y fallas locales (La Nación, 1986), es indudable que en un país de tan reducida extensión territorial, la presencia de más de 200 focos volcánicos de emisión central (cráteres, conos, domos y relictos volcánicos) (Alvarado Guillermo, 1982), destacan la relevancia del vulcanismo como agente primario en la formación y modelado del relieve local.

Cerca de la mitad del territorio nacional debe su origen a actividad volcánica efusiva reciente, es decir, que su formación se enmarca dentro del intenso periodo de actividad de finales del Plioceno y que precedió el antiguo vulcanismo continental del Aguacate. Este último episodio volcánico (hace unos 2 millones de años) se manifestó a través de fisuras y conos que dieron origen al Valle Central y las Cordilleras Central y de Guanacaste (Castillo, Rolando, 1985).

CORDILLERA DE GUANACASTE

Con altitudes que van de los 1571 a 2020 metros sobre el nivel del mar, todos los macizos volcánicos principales -a excepción del Orosi- presentan actividad de tipo secundario (fumarolas, solfataras, mofetas, volcancitos de lodo); en tanto que los volcanes Rincón de la Vieja y Arenal han presentado actividad eruptiva y fumarólica en los últimos años (Alvarado, Guillermo, 1982).

Asimismo se señala que éstos son dos de los tres volcanes en el país que pasan por periodos de alta frecuencia eruptiva de carácter explosivo, estimándose que de acuerdo a dataciones realizadas, éstos erupcionan en ciclos de 4000 años. Los depósitos de tefra o piroclastos identificados en esas áreas permiten deducir que dichos volcanes se hallan en los límites de esos periodos, con posibilidad de tener actividad explosiva a "corto plazo" (Melson, G. William; Barquero, J. 1985).

Precisamente la extensa planicie que se extiende al pie de la falda oeste de la Cordillera de Guanacaste, se originó por eventos explosivos recientes (cuaternario) de tipo nube ardiente, que depositaron materiales a altas temperaturas, luego de ser acarreados y consolidados por el

vapor caliente de la onda expansiva. Estos cubrimientos superficiales de entre 9 y 30 kms de anchura, se distribuyeron a lo largo de una fractura que se extendía desde la base del volcán Tenorio hacia el noroeste hasta el volcán Orosi (aproximadamente 60 Kms). Materiales y depósitos similares más recientes con una superficie aproximada de 225 km² se ubican alrededor de la ciudad de Liberia, estimándose que dichos depósitos provienen en forma clara de una serie de fracturas en las faldas del Rincón de la Vieja (Dengo, Gabriel, 1962).

Prosiguiendo hacia el SE y a 30 kms. del volcán Tenorio, se localiza el volcán Arenal, que ha mantenido desde julio de 1968 un intenso periodo de actividad, luego de un lapso de reposo estimado de 700 a 400 años (Sáenz, Rodrigo, 1976-77).

Al volcán Arenal se le consideraba extinguido, razón por la que actividad sísmica intensa sentida 10 horas antes de la erupción, no fue de significativa relevancia como para prever los desastrosos efectos que se avecinaban (Sáenz, Rodrigo, 1976-77).

La primera fase explosiva de esta renovada actividad consistió en emisiones de cenizas y gases a altas temperaturas y velocidades provenientes de uno de los tres nuevos cráteres, que se localizaron en aquella oportunidad en el flanco SW del volcán. Expelidos a un promedio de 300 mts. por segundo (Malavassi, Eduardo, 1982). y con temperaturas entre 600 y 800°C (IGN, en junio 70,18) que totalmente desfoliaron el bosque en solo unos pocos minutos; estas explosiones en forma de nube ardiente descendieron a ras del suelo carbonizando no solo la materia vegetal presente sino causando la muerte de 87 personas (Sáenz, Rodrigo, 1976-77).

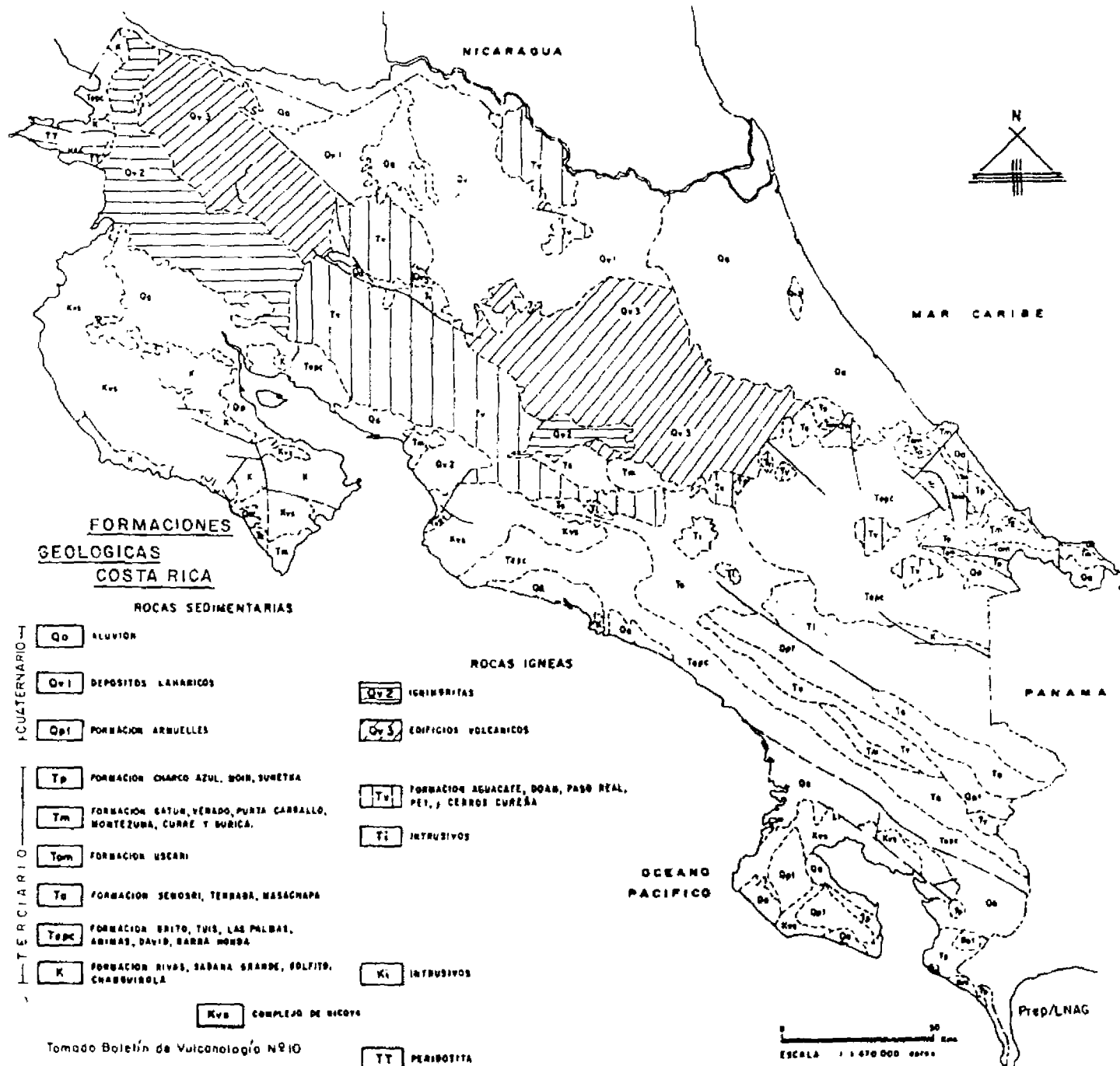
El área cubiera por los productos de la explosión alcanzó aproximadamente los 12 kms², mientras que materiales tales como bloques con cráteres de impacto de hasta 25 mts. de diámetro por 4 de profundidad y hasta 5 kms, del cráter, afectaron el área adyacente al volcán. Se señaló además que la zona comprendida entre Pueblo Nuevo y Tabacón fue la región más afectada por la lluvia de bombas volcánicas, cuyos cráteres de impacto eran tantos, que la vegetación desapareció por completo. Las efusiones lávicas que precedieron a estos eventos totalizan 51 coladas, a diciembre de 1984 (Barquero, Jorge, 1987 (oral), con temperatura en su frente de más de 800°C (Sáenz, Rodrigo, 1976-77)

CORDILLERA CENTRAL

Con una orientación NW-SE y delimitando por el norte la Depresión Intermontana Central, se extiende este macizo montañoso con una longitud aproximada de 76kms. formado por múltiples conos volcánicos, lahares y depósitos fluvio lacustres locales (Alvarado, Guillermo, 1982).

Los volcanes Poás, Irazú y Turrialba son los más mencionados dentro de esta área pues han presentado actividad eruptiva y fumarólica más o menos constante en los últimos 150 años (Alvarado, Guillermo, 1982). Sin embargo, en sus laderas se localizan conos parásitos de dimensiones considerables, los cuales se pueden considerar como edificios individuales,

(p.e. el volcán Cacho Negro al NE del volcán Barva. De este último y el volcán Viejo (NE del Poás) se tienen registros de actividad eruptiva sin comprobación satisfactoria. Los volcanes Cacho Negro y Platanar (SE de Ciudad Quesada) poseen actividad de aguas termales el Barva solfatárica y el Viejo, la mostraba hasta hace unos pocos años (Alvarado, Guillermo, 1982).



VOLCAN POAS

Fenómenos similares asociados han sido producidos por erupciones de tipo freático (agua en la explosión), originadas en el cráter principal del volcán Poás y que han distribuido materiales con espesores superiores a los 0.5m a 8 kms. de radio del punto de origen (Walker, P.L. George, 1982). Asimismo, materiales eruptados por manifestaciones de tipo estromboliano (cenizas, piroclastos, piezas de lava acompañadas de depósitos de pómez, se localizan en un radio de 12 kms del cráter, con espesores de 1m. Poasito, Cinchona y Laguna de Fraijanes -entre otras localizadas- estarían dentro de ese rango de acción.

VOLCAN IRAZU:

Se considera que el volcán Irazú ha tenido actividad volcánica similar, presumiéndose que podría reiniciarla en el futuro (Walker, P.L. George, 1982), máxime que se han detectado varios conos volcánicos al sur del macizo principal. Tanto el Poás como el Irazú, presentan peligro también por la presencia de corrientes de barro frías o lahares, cuyos materiales aparecen expuestos a lo largo de cortes de lechos fluviales. En diciembre de 1963, Taras de Cartago fue arrasado por corrientes de lodo provenientes del río Reventado y cuyas nacientes se localizan en la falda SW del volcán. Asimismo, capas de ceniza cubrieron diferentes partes del país, siendo las faldas del edificio volcánico y la parte occidental del Valle Central (San José, Heredia, Alajuela) las más afectadas. Patrones similares por caída de cenizas provenientes del Poás en el Valle Central, fueron reportadas en 1834 y 1884; en enero de 1910 éstas alcanzaron la ciudad de Cartago ubicada a 50 kms al sureste (Barquero, Jorge, 1982). Además lluvias de ceniza en 1953 fueron detectadas hasta distancias de 50 kms. de los flancos este, NE y NW del cráter.

VOLCAN TURRIALBA

Con respecto al volcán Turrialba se tiene noticias de erupciones comprendidas entre los años 1864-1866 así como la formación de un nuevo cráter en 1920 (OVSICORI, 1985). Este volcán junto con el Arenal y el Rincón de la Vieja -mencionados en líneas anteriores- pertenecen al tipo de volcanes explosivos con periodos intercalados de 4000 años de quietud y actividad, con posibilidad de reiniciar actividad explosiva a "corto plazo" (Melson G. William, 1985).

Aunque los flujos de lava constituyen un componente importante en la formación de los relieves del Poás, Barva, Irazú y Turrialba no se señala en fuentes históricas la presencia de este tipo de actividad en las vecindades de esos cráteres.

VALLE INTREMONTANO CENTRAL

Es esta una depresión que se desarrolla encajonada por el NE con la Cordillera Central (Cuaternario). Por el este, la cresta de poca altura de los cerros de la Carpintera y Ochomogo que forman la división continental de aguas y que la separan por el este de la sección oriental de menores proporciones. Al sur por los cerros de Candalaria, Escazú y Puriscal, compuestos de sedimentos marinos del Terciario, los que por el Oeste junto con los cerros del Aguacate cierran el valle por el occidente (Maroto, Alberto, 1966). Con una extensión aproximada de 3246 km², contiene más de la mitad de la población del país, asentada en la ciudad capital, cabeceras de provincias de Heredia, Alajuela, Cartago y lugares circunvecinos.

Su formación se halla asociada al volcanismo del Cuaternario, por la presencia de flujos de lava y depósitos de toba, que en el primer caso fueron erupcionados por fisuras en la base de los volcanes Barva y Poás y cuyo espesor varía entre 16 y 100 mts. (Williams, H. 1952).

Los depósitos ignimbríticos o tobáceos provenientes de nubes ardientes o avalanchas incandescentes precedieron el evento lávico y se consolidaron con espesores que varían entre 6 y 110 metros. Posteriormente estos materiales fueron cubiertos en forma discordante por nuevas coladas de lava, las que a su vez están cubiertas por flujos de barro, piroclastos, capas de ceniza y tobas (citado por Barquero, Jorge, 1982).

EVALUACION DEL RIESGO VOLCANICO:

Las premisas sobre las que debe basarse la evaluación de peligros volcánicos descansan sobre tres fuentes de información: a) registros históricos que reseñen pasada actividad volcánica, b) registro geológico que revele a través de secuencias estratigráficas, las características de erupciones y materiales y c) un conocimiento del comportamiento general de los volcanes (Walker, George P.L. 1982). Como complemento de estos antecedentes, se acostumbra realizar reconocimientos de volcanes potencialmente peligrosos, así como confeccionar registros de temperatura en fumarolas, microsismicidad, estado normal general, cambios topográficos, deformación de la corteza u otros signos que denoten un incremento de actividad volcánica próxima (Verstappen, Theodoor, 1983).

Dado que la actividad volcánica es en alto grado impredecible, sobre todo en lo que concierne a duración y magnitud de una erupción, es evidente que su estudio para ser efectivo, tiene que ser soportado por otros medios de valoración del riesgo volcánico potencial. Aún cuando una protección satisfactoria puede ser lograda solamente por un sistema temprano, de alarma basado en patrones usuales de erupción, eventos de carácter extraordinario son más difíciles de prever y pueden en cualquier momento causar un desastre imprevisto. Estos eventos no son frecuentes, sin embargo, al tomar todas las posibles

medidas de precaución, este pequeño factor de riesgo debe ser aceptado (Verstappen, Theodoor, 1983).

LAS ERUPCIONES VOLCANICAS Y OTRO TIPO DE RIESGOS

Se señala (Tomblin, J. 1987) que las erupciones volcánicas difieren de otros riesgos naturales en el sentido de que éstas son anteceditas por periodos que van de días a meses, en los que la actividad anormal puede representar el advenimiento de eventos mayores. Asimismo, en conocimiento de ello, es factible definir áreas pequeñas en las cuales puede esperarse gran devastación si esa erupción ocurriese. Ello coloca en difícil posición decisoria no solo a los especialistas que vigilan esa actividad, sino a las autoridades encargadas de organizar planes de evacuación, por cuanto la imposibilidad de predecir un evento mayor desde que la actividad anormal es detectada, puede llevar meses, en los que no es posible -económica y socialmente- mantener una evacuación. Experiencias recientes a nivel mundial, muestran que esta responsabilidad debe ser compartida, en el sentido de que una vez realizados todos los estudios pertinentes, las autoridades encargadas están en la obligación de planear un detalle cómo personas en zonas de alto riesgo, pueden ser evacuadas. Ello posibilita el que el gobierno aplique todas aquellas medidas de protección que representen el más amplio y aceptable compromiso entre un margen de seguridad aceptable y la mínima interrupción económica y social.