

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMA**  
**FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**  
**DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA**

**EVALUACION DE LA AMENAZA, ESTIMACION DE  
LA VULNERABILIDAD Y DEL FACTOR COSTO DEL  
RIESGO DEL VOLCAN BARU**

**PATROCINADO POR LA UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMA CON APOYO DEL  
CENTRO PARA LA PREVENCION DE DESASTRES NATURALES EN AMERICA CENTRAL**

**MARZO, 1992**

**PANAMA, REPUBLICA DE PANAMA**

## AGRADECIMIENTO

Este trabajo es el resultado de una colaboración internacional y nacional. El aporte económico de la Agencia Sueca para el Desarrollo (ASDI), a través del Centro para la Prevención de Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), contribuyó al fortalecimiento de la Universidad Tecnológica de Panamá y facilitó la comunicación y el intercambio de informaciones y metodologías entre los profesionales de los países de América Central, aspectos estos, que facilitaron el logro de algunas etapas de este estudio. Por otra parte, el desarrollo del trabajo ha obligado a crear mecanismos de colaboración interinstitucionales e interdisciplinarios, a nivel nacional, que han sido de grandes beneficios para éste y los serán para futuros estudios.

Se agradece la cooperación de la Agencia Sueca para el Desarrollo y del Centro para la Prevención de Desastres Naturales en América Central por el apoyo brindado para la ejecución de este trabajo. De igual forma se agradece el constante apoyo recibido por parte del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia, la cooperación brindada por: el Instituto de Recursos Hidráulicos y Electrificación, el Instituto Nacional de Recursos Renovables de las provincias de Panamá y de Chiriquí, la Dirección de Programación y Desarrollo Institucional del Ministerio de Obras Públicas, la Dirección General de Recursos Minerales del Ministerio de Comercio e Industrias, la Dirección de Estadísticas y Censo de la Contraloría General de la República, el Sistema Nacional de Protección Civil y las otras organizaciones estatales o privadas que, de una u otra manera, han contribuido a la realización de este estudio.

En forma muy especial agradecemos el apoyo brindado por el Decanato de la Facultad de Ingeniería Civil, por la Rectoría y Vice Rectoría de Investigación Post-Grado y Extensión de la Universidad Tecnológica de Panamá.

## CONTENIDO

	Pag.
AGRADECIMIENTO.....	III
INDICE DE CUADROS.....	VII
INDICE DE FIGURAS.....	VIII
INTRODUCCION.....	1
<b>I PARTE</b>	
<b>GENERALIDADES DEL PROYECTO</b>	<b>3</b>
- Marco legal .....	5
- Justificación de las investigaciones que miran a la reducción de desastres volcánicos en el Istmo de Panamá .....	5
- Marco Conceptual .....	9
- Acciones para la prevención de desastres volcánicos en la República de Panamá .....	10
- Objetivos del proyecto .....	10
- Marco Metodológico .....	11
- Material cartográfico y producto de los sensores remotos utilizados .....	13
<b>II PARTE</b>	
<b>GENERALIDADES DEL AREA AMENAZADA POR EL VOLCAN BARU.</b>	<b>15</b>
- Ubicación .....	17
- Acceso .....	17
- Clima .....	17
- Morfología y Drenaje .....	21
- Marco geológico regional .....	21
- Hidrogeología del área amenazada por el volcán Barú .....	21
- Tectónica local del área amenazada por el volcán Barú .....	21
<b>III PARTE</b>	
<b>ESTUDIO GEOVULCANOLOGICA Y EVALUACION DE LA AMENAZA DEL VOLCAN BARU.</b>	<b>25</b>
- Objetivos .....	27
- Metodología.....	27
- Antecedentes.....	29
- Eventos geológicos sobresalientes que se dieron en el área de estudio, antes de las actividades del volcán Barú .....	29
- Localización y Morfología del volcán Barú .....	32
- Reconstrucción de la prehistoria e historia de la actividad del volcán Barú .....	32
- Características del magma y de la cámara magmática .....	34
- Tipos de actividad volcánicas .....	35

- Area de influencia de la actividad del volcán Barú .....	39
- Efectos Colaterales .....	40
<b>IV PARTE</b>	
<b>ESTIMACION DE LA VULNERABILIDAD MATERIAL</b>	61
- Objetivos .....	63
- Metodología .....	63
- Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra.....	64
- Estimación de la zona de vulnerabilidad material.....	66
<b>V PARTE</b>	
<b>ESTIMACION DEL FACTOR COSTO DEL RIESGO</b>	71
- Introducción.....	73
- Concepción metodologica.....	73
- Objetivos .....	73
- Metodología.....	74
- Generalidades.....	74
- Cuantificación de la vulnerabilidad .....	78
- Estimación del riesgo.....	81
<b>VI PARTE</b>	
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	93
- Conclusiones.....	95
- Recomendaciones.....	97
<b>ANEXOS</b>	99
- ANEXO 1 Personal e Instituciones que participaron en el estudio...	101
- ANEXO 2 Evaluación de la camara magmática del volcán Barú.....	103
- ANEXO 3 Resumen general sobre los análisis petrográficos, químicos y K/Ar.....	107
- ANEXO 4 Definición de funciones de la leyenda de Cobertura y Uso Actual de la Tierra.....	113
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	127

## INDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro N° 1 Población, Superficie y Densidad de Población en la Provincia de Chiriquí. Según Distrito y Corregimiento, entre la Probable Area de Mayor Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	83
Cuadro N° 2 Viviendas Particulares. Según Tipo, por Distrito, entre la Probable Area de Mayor Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	84
Cuadro N° 3 División de la Superficie. Según Cobertura y Uso de la Tierra, por Distrito, entre la Probable Area de Mayor Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	85
Cuadro N° 4 Cantidad Cosechada, Precio de las Ventas de Algunos Productos de Cultivos Permanentes. Según Distrito y Cultivo, en la Probable Area de Mayor Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	86
Cuadro N° 5 Cantidad Cosechada, Precio de las Ventas de Algunos Productos de Cultivos Temporales, según Distrito y Cultivo, en la Probable Area de Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	87
Cuadro N° 6 Existencia y Valor de Animales en la Provincia de Chiriquí. Según Distrito, entre el Area de Mayor Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	88
Cuadro N° 7 Volumen Total de Madera y su Costo, por Pie Tablar. Según Especies, entre la Probable Area de Mayor Influencia de Volcán Barú. Año 1991.....	89
Cuadro N° 8 Largo de la Red Vial y su Costo, por Tipo de Fondo. Según Distrito, entre la Probable Area de Influencia del Volcán Barú. Año 1990.....	90
Cuadro N° 9 Inventario de los puentes, por Tipo. Según Rutas. en la Probable Area de Influencia del Volcán Barú. Año 1991.....	91
Cuadro N° 10 Costo Estimado del Riesgo en la Probable Area de Mayor Influencia del Volcán Barú, por Distrito. Según Bien, en U.S.\$.. Año 1992.....	92

## INDICE DE FIGURAS

		Pág.
Fig. 1	Geotectonismo generalizado del Istmo de Panamá .....	6
Fig. 2	Los mayores centros volcánicos del Cuaternario en el Oeste de Panamá.....	6
Fig. 3	Volcanismo en el Istmo de Panamá y en la zona de estudio.....	7
Fig. 4	Estimación de la Densidad de Población, por distrito, año 1990...	8
Fig. 5	Acciones para Prevención de desastres volcánicos en la República de Panamá .....	12
Fig. 6	Mapa de ubicación del área de estudio: Volcán Barú.....	18
Fig. 7	Diagrama de distancias por carretera.....	19
Fig. 8	Precipitación y Temperatura .....	20
Fig. 8a	Reconstrucción esquemática de la transformación morfológica del volcán Barú, como resultado del Tectonismo.....	36
Fig. 9	Distribución de los sitios arqueológicos de la cultura Barriles.....	42
Fig. 10a, b, c y d	Perfiles con indicación de ubicación de muestras datadas con Carbono 14.....	43-44
Fig. 11	Distribución de las edades, según Carbono 14 en muestras del II ciclo del volcán Barú .....	45
Fig. 12	Diagrama del total de alcalino versus SiO <sub>2</sub> con la división en campo de clasificación de IGUS para la muestra del volcán Barú...	46
Fig. 13	Diagrama AFM de las muestras del Volcán Barú con separación entre magma toleítico y calcio alcalino de Irvine and Baragar, 1971 .....	47
Fig. 14	Diagrama del total de alcalí versus SiO <sub>2</sub> de las muestras del Barú, con separación entre alcalí y sub alcalí de Irvine and Baragar, 1971 .....	48
Fig. 15	Clasificación de las andesitas basadas en SiO <sub>2</sub> versus K <sub>2</sub> O en muestras del volcán Barú .....	49
Fig. 15a	Asociaciones de fenocristales versus concentración de SiO <sub>2</sub> en muestras del Barú .....	50
Fig. 16	Sección estratigráfica ubicada entre la comunidad de Aguacate y Potrerillos Abajo .....	51
Fig. 17	Sección estratigráfica ubicada al Norte del Volcán Barú .....	52
Fig. 18	Sección estratigráfica ubicada en la vertiente Este del cono del volcán Barú.....	53

Fig. 19	Sección estratigráfica ubicada a 1.3 Km. al Sur de Aguacate. Volcán Barú.....	54
Fig. 20	Sección estratigráfica ubicada en el Altón.....	55
Fig. 21	Sección estratigráfica ubicada en localidad Paso Ancho.....	56
Fig. 22	Esquema de la cámara magmática del Volcán Barú .....	57
Fig. 23	Esquema de una columna eruptiva.....	58
Fig. 23a	Esquema de una columna eruptiva que se sostiene.....	58
Fig. 23b	Esquema de una columna eruptiva que colapsa.....	59
Fig. 24	Gráfica de la relación entre agua y magma y la energía mecánica	59
Fig. 25	Mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra.....	67
Fig. 26	Mapa de zonas vulnerables del volcán Barú y sus alrededores.....	69
Fig. 27	Corregimientos y Distritos ubicados en el área estudiada.....	75
Fig. 28	Mapa de Densidades de Población de la Provincia de Chiriquí.....	76-77

# INTRODUCCION

Mucho se ha discutido, en el ámbito nacional, sobre la necesidad o no de realizar estudios tendientes a definir la amenaza, vulnerabilidad y riesgo de desastres volcánicos en la república de Panamá.

La evaluación del vulcanismo y del tectonismo del Istmo, así como la existencia del volcanismo Cuaternario en correspondencia a la ubicación de la mayor concentración de población de la República, fueron factores decisivos para justificar un programa de Prevención de Desastres Volcánicos en el Istmo de Panamá.

En este informe, se da a conocer la primera experiencia nacional de evaluación de amenaza volcánica. El estudio presenta, en base a la información existente, los datos técnicos necesarios para que el Sistema Nacional de Protección Civil elabore los correspondientes planes de emergencia y educación a la población.

Luego de presentar las características generales del proyecto, que incorporan, entre otros, las bases conceptuales y las metodologías, se describen las características generales del área incluyendo los principales eventos geovulcanológicos que se dieron en ella y se continúa presentando la evaluación geovulcanológica del volcán Barú. Esta última fue la que sirvió de base para la elaboración del mapa de amenaza que se adjunta a este documento.

El informe presenta la propuesta de una metodología para la estimación de la "vulnerabilidad material" del área amenazada y continúa con la estimación del factor costo del riesgo. El trabajo termina con las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

**I PARTE**  
**GENERALIDADES DEL PROYECTO**

## **MARCO LEGAL**

En el marco del "Decenio para la Reducción de los Desastres Naturales" decretado por las Naciones Unidas, mediante la resolución nº 44/236, los científicos de la región de América Central, preocupados por lograr la reducción de los desastres de origen volcánico, promovieron la aprobación, en el seno del Centro para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPRENAC), del proyecto de "Mapeo de Amenaza Volcánica y Preparación de Mapas de Riesgo."

La componente del Proyecto para la República de Panamá, fue aprobada por el Consejo de Investigación de la Universidad Tecnológica a solicitud de la Facultad de Ingeniería Civil, dentro del Programa "Prevención de Desastres", correspondiéndoles a la determinación de la amenaza la sigla PDN-01 y, a la determinación del riesgo la sigla PDN-06.

La evaluación correspondiente al volcán Barú ha sido ejecutada por un equipo interdisciplinario que trabaja en la Universidad Tecnológica de Panamá. Se ha recibido el apoyo puntual de otras instituciones del Estado y de la Empresa Privada (anexo 1).

## **JUSTIFICACION DE LAS INVESTIGACIONES PARA LA REDUCCION DE DESASTRES VOLCANICOS EN EL ISTMO DE PANAMA.**

El Istmo de Panamá se conoce como una zona de confluencia de placas tectónicas para cuyos mecanismos de interacción se han propuesto diferentes modelos, que no se discuten en este informe.

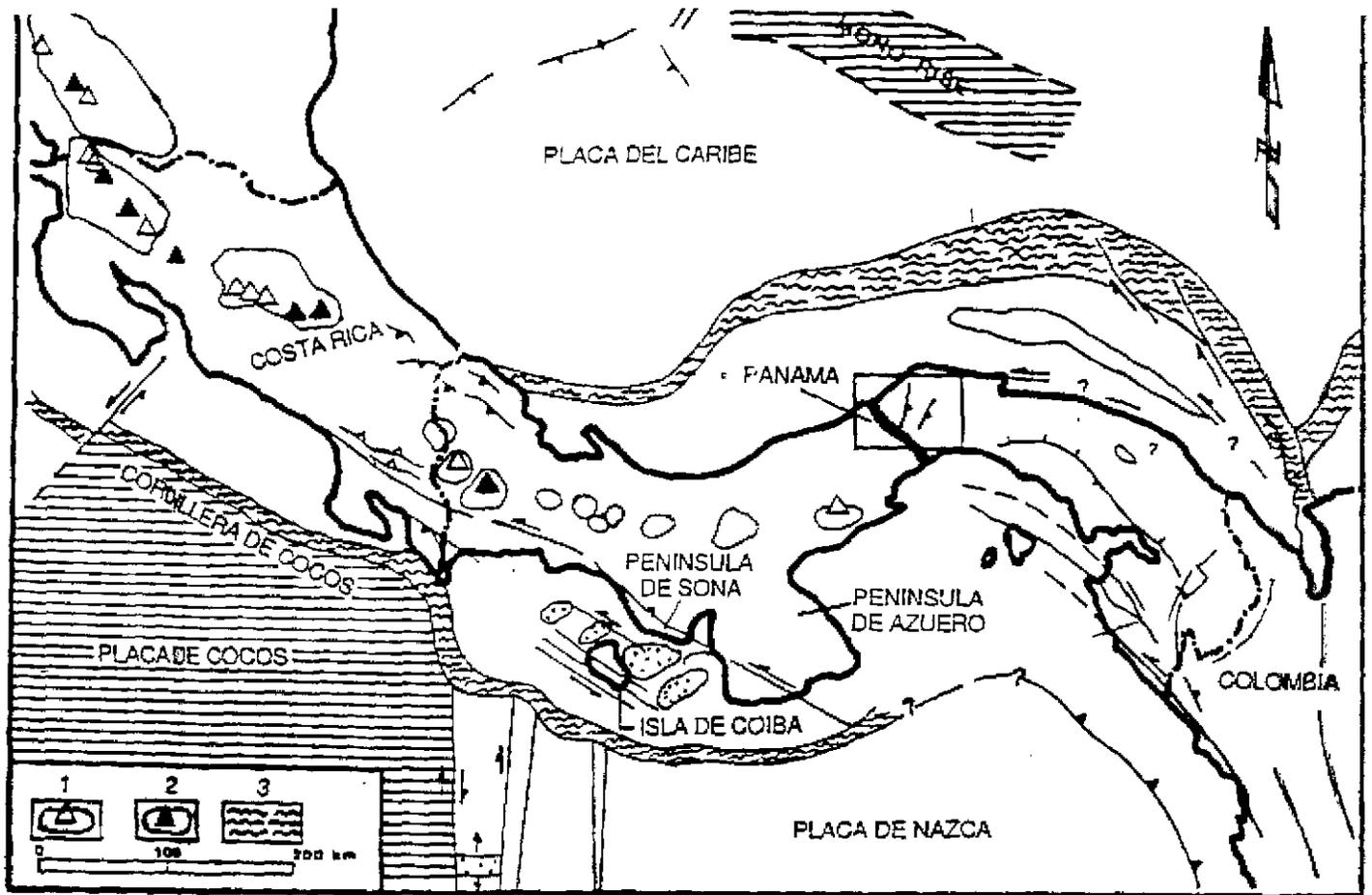
Por mucho tiempo se consideró a Panamá, como una zona que, desde el Terciario, gozaba de una desactivación de la subducción, a diferencia del resto del Istmo Centroamericano. Actualmente se ha comprobado que en Panamá existe la deformación Norte y la Fosa Centroamericana (Fosa Panamá), con evidencias de una subducción activa (Mann, Corrigan, 1990; Boer, Stewart, Bellom, 1991) (fig.1). Esta subducción, análogamente que para el resto de América Central, podría ser la causa de la activación del volcanismo Cuaternario en Panamá.

En Panamá no existen registros históricos de erupciones volcánicas, sin embargo, en el sector Oeste del Istmo, se han ubicado más de 26 volcanes que han tenido erupciones durante el Cuaternario (fig. 2). Se reconocen algunas erupciones tan recientes que permiten que se les ubiquen en época colonial como es el caso del volcán La Yeguada cuya última erupción es de hace aproximadamente 300 años. Este volcanismo reciente de Panamá, está relacionado a subducción con fusión de corteza, por lo que se desmiente nuevamente, la aseveración de una subducción finalizada en el Terciario.

En el volcanismo de Panamá se reconocen dos momentos importantes. El primer periodo, llamado Volcanismo Antiguo, correspondiente al Mioceno medio y superior, el cual presenta un quimismo asociado a fenómenos de subducción con fusión del manto.

A ese primer periodo del vulcanismo sigue, durante todo el Plioceno, un periodo de quietud volcánica asociada, probablemente, a cambios en el mecanismo de subducción.

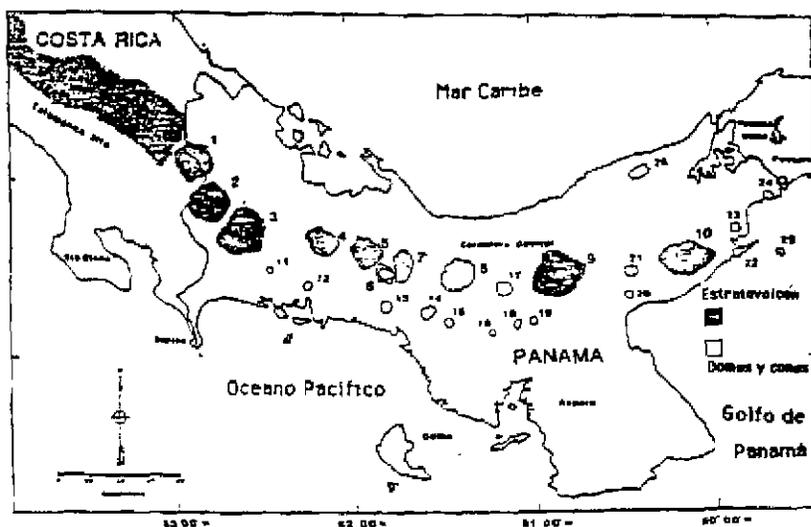
El segundo periodo, llamado Volcanismo Reciente, correspondiente al Cuaternario, presenta un quimismo asociado a fenómenos de subducción con fusión de la corteza (fig. 3)



**Fig.1 Geotectonismo generalizado del Istmo de Panamá.**

- 1- Volcanes estratovolcán históricamente activo;
- 2- Estratovolcán activo,
- 3- Prisma acrecional.

Fuente: Mann P., Corrigan J., Model for late neocene deformation in Panama, 1990.



- |                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1. Cerro Fábrega            | 14. Cerro Viejo                  |
| 2. Colorado o Tisingal      | 15. Cerro Guayabal               |
| 3. El Barú                  | 16. Cerro La Petra               |
| 4. Cerro Chorchá            | 17. Cerro Canaxá                 |
| 5. Cerro Fonseca            | 18. Cerro San Francisco          |
| 6. Cerro Colorado           | 19. Laguna del Pato              |
| 7. Cerro Santiago           | 20. Cerro Cana de Nata           |
| 8. Cerro Buenos Aires       | 21. Cerro Guacamaya              |
| 9. Complejo La Yeguada      | 22. Cerro Chame                  |
| 10. El Valle                | 23. Cerro Carraño                |
| 11. Algarrobos              | 24. Cerro Cabra                  |
| 12. Gran Galera del Chorchá | 25. Isla Bono Otoque             |
| 13. Cerro San Félix         | 26. Cerro San Miguel de la Borda |

**Fig.2 Los mayores centros volcánicos del Cuaternario en el Oeste de Panamá.**

Fuente: Defant J., Clark L., Stewart R., Drummound M., Boer J., Maury R., Bellon H., Jackson T., Restrepo J., Andesite and dacite genesis via contrasting processes: The geology and Geochemistry of El Valle Volcano, Panama, 1990.

FIG. #3 VULCANISMO EN EL ISTMO DE PANAMA Y EN LA ZONA DE ESTUDIO

EDAD	PERIODO	SERIE (EPOCA)	VULCANISMO EN EL ISTMO DE PANAMA	EN LA ZONA DE ESTUDIO		
0.01	CUATERNARIO	HOLOCENO (REC.)	VULCANISMO RECIENTE ASOCIADOS A FENOMENOS DE SUBDUCCION CON FUSION DE CORTEZA	VOLCAN BARU		
0.1		SUP				
0.2						
0.3						
0.4						
0.5						
0.6				PLEISTOCENO	VOLCAN COLORADO O TISINGAL	
0.7						
0.8						
0.9						
1.0						
1.2		INF.				
1.3						
1.4						
1.5						
1.6						
1.7						
1.8						
3	TERCIARIO	SUP.	PERIODO DE QUIETE VOLCANICA PROBABLEMENTE ASOCIADA A CAMBIO EN EL MECANISMO DE SUBDUCCION	INTRUSIONES DEL TERCIARIO		
4		PLIOCENO				
5		INF.				
10		MIOCENO	SUP.		VULCANISMO ANTIGUO ASOCIADO A FENOMENOS DE SUBDUCCION CON FUSION DEL MANTO	VULCANITAS DEL TERCIARIO
15			MED.			
20			INF.			
22.5		OLIGOCENO	SUP.			
25						
30						
35						
40						
45					EOCENO	
50	INF.					

ELABORADO POR E. BUSTRO

La justificación para realizar estudios de amenazas y vulnerabilidad a desastres volcánicos en el Istmo de Panamá, se encuentran al observar la ubicación de los volcanes Cuatemarios de Panamá, al considerar la distribución de la población, según el Censo de 1990 (fig 2) y al considerar el hecho de que no existe sustentación científica que permita asegurar que la subducción del Istmo finalizó y por lo tanto no se verificarán erupciones volcánicas en Panamá.

Las erupciones volcánicas catastróficas están entre los fenómenos naturales incontrolables, que causan los desastres más impresionantes y que, en algunas ocasiones, han provocado incalculables pérdidas de vidas humanas e ingentes daños económicos y ecológicos. La experiencia mundial demuestra que las erupciones volcánicas están precedidas por una serie de fenómenos premonitores. Es importante entender esas señales, con el tiempo necesario, para dar la alerta a las autoridades y para que, con adecuados planes de emergencia y capacitaciones, se pueda evitar la pérdida de vidas humanas. Esto se logra con un eficiente sistema de monitoreo cuando los estudios geovolcanológicos y la determinación de las amenazas así lo recomiendan.

Los desastres económicos causados por los volcanes se pueden evitar con una adecuada planificación del uso de la tierra.

## **MARCO CONCEPTUAL**

Las consultas realizadas sobre los conceptos de amenaza, vulnerabilidad y riesgo que han emitido instituciones e investigadores, permiten afirmar que existe una convergencia en la mayoría de los criterios conceptuales analizados. La inconsistencia que se observa en algunas ocasiones se debe al hecho de que algunos aplican los conceptos mencionados a fenómenos puntuales, como los deslizamientos; otros, a fenómenos globales como los volcanes y los terremotos. Es necesario considerar que en los fenómenos puntuales el nivel de detalle y precisión puede ser mayor, mientras que los fenómenos globales, están sujetos a variables no controlables y en muchos casos difíciles de medir, determinar o cuantificar.

No se ha encontrado una guía consistente en la metodología para el estudio de la zonificación y estimación de la vulnerabilidad y el riesgo; falta, en todas las publicaciones consultadas, una base sólida de análisis para efectuar una declaración cuantitativa del riesgo. Se observa una tendencia a identificar el riesgo con el costo, pero no se establece la metodología para llegar a él.

Para efectos de este trabajo, se acepta el consenso general sobre la amenaza y vulnerabilidad indicándose como:

### **Amenaza:**

El efecto potencial de una incontrolable erupción volcánica con repercusiones moderadas o devastadoras sobre las cuales existe poca o ninguna posibilidad de control. Este efecto se verifica en un área históricamente definible que se denominará área amenazada o área expuesta al desastre.

### **Vulnerabilidad:**

La vulnerabilidad se clasifica en:

- Vulnerabilidad humana, que se refiere a la capacidad que tiene la población a reaccionar ante la amenaza con una autodefensa y la capacidad de recuperarse socio-económicamente después del desastre.

Vulnerabilidad material, que indica la exposición en la cual se encuentran los asentamientos humanos; comunicaciones, otras infraestructuras y cobertura natural o cultural debido a la proximidad a la amenaza.

**Riesgo:**

Toda erupción volcánica se traduce en un riesgo. Para este estudio se acepta la definición de riesgo del Instituto Geotécnico Sueco que indica:

$$R = P \times \$$$

donde la probabilidad (P) se definirá a través de la evaluación geovulcanológica y los costos(\$) se estimarán en base a un estudio económico del área.

**ACCIONES PARA LA PREVENCIÓN DE DESASTRES VOLCÁNICOS EN LA REPÚBLICA DE PANAMA**

Para la República de Panamá, la evaluación de la amenaza, la estimación de la vulnerabilidad y la del riesgo de desastres volcánicos del volcán Barú, constituye la primera experiencia en trabajos de este tipo. Siendo este estudio complejo, en donde deben interactuar una gran gama de profesionales e instituciones, se consideró necesario proponer las acciones a seguir para lograr optimizar el esfuerzo y tener una visión clara de la interacción que debe existir entre la generación de informaciones técnicas, científicas y los usuarios de dicha información (Sistema Nacional de Protección Civil, Ministerio de Planificación y Política Económica y las autoridades de las comunidades afectadas).

Para ello, se propone, como primera acción para la evaluación de cualquier volcán, realizar un cuidadoso análisis de la información geovulcanológica, si esta existe, o realizar los estudios geológicos necesarios para definir si el volcán está extinto o no. En el caso de no tener la certeza de la extinción del volcán, se proponen dos líneas de acción que pueden realizarse contemporáneamente: la primera lleva a la realización de los estudios que permitan obtener la información necesaria para elaborar los mapas de amenaza de vulnerabilidad y del riesgo; la segunda recomienda realizar estudios geológicos más detallados e iniciar programas de vigilancia volcánica (fig. 5).

**OBJETIVO DEL PROYECTO**

La investigación sobre la "Evaluación de la Amenaza y la Estimación de la Vulnerabilidad y del Riesgos de Desastres en el Volcán Barú", tomó en cuenta, para establecer sus objetivos y metodologías, el principio de que la información obtenida debe servir de base para que las Autoridades Competentes (planificadores, Sistema Nacional de Protección Civil y autoridades de las comunidades afectadas) adopten las medidas más pertinentes para planificar el Uso de la Tierra de la forma más adecuada y elaborar y promover planes de emergencia, si fueran necesarios, con el fin de disminuir los efectos que la erupción del volcán provocaría.

Partiendo de este principio, se consideró que esta investigación debía tomar en cuenta el aspecto geovulcanológico, la evaluación del estado actual de la Cobertura y Uso de la Tierra y los principales aspectos socioeconómicos del área para, entonces, estimar la vulnerabilidad y el riesgo. De esta forma sería posible tener los elementos de juicio, que permitan determinar la magnitud, extensión y

las incidencias económicas y sociales del eventual desastre.

### **Objetivo General:**

Establecer, en primera aproximación, la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo de desastres volcánicos en el volcán Barú, con el fin de suministrar a las Autoridades Competentes, la base de información técnica-científica necesaria para disminuir los efectos del desastre volcánicos, si, dicho volcán, se reactivase.

### **Objetivos Específicos:**

- Evaluación geovulcanológica del volcán Barú
- Estimación de los efectos colaterales en una erupción del volcán Barú
- Elaboración del mapa de Amenaza del Volcán Barú
- Elaboración del mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra en el área estudiada
- Estimación de la vulnerabilidad del área amenazada
- Estimación del Riesgo del área amenazada
- Publicación y divulgación de los resultados obtenidos.

## **MARCO METODOLOGICO GENERAL**

### **Evaluación geovulcanológica del volcán Barú**

Se realizó una recopilación y evaluación de la información disponible sobre el volcán Barú y se amplió, dicha información, con teledetección, fotointerpretación y verificaciones de campo. Se estableció, como necesidad principal, la confección del mapa geovulcanológico.

Las interrogantes que se trataron de resolver fueron:

- ¿ Cuándo y cuántas erupciones hizo el volcán Barú?
- ¿ Actualmente el volcán Barú debe considerarse extinguido?
- ¿ Qué tipo de erupciones caracterizan a este volcán?
- ¿ Cuáles son los tipos de materiales que genera este volcán?
- ¿ Cuáles son las áreas afectadas en caso de una erupción?

### **Evaluación de la Amenaza que representa el volcán Barú en caso de erupción**

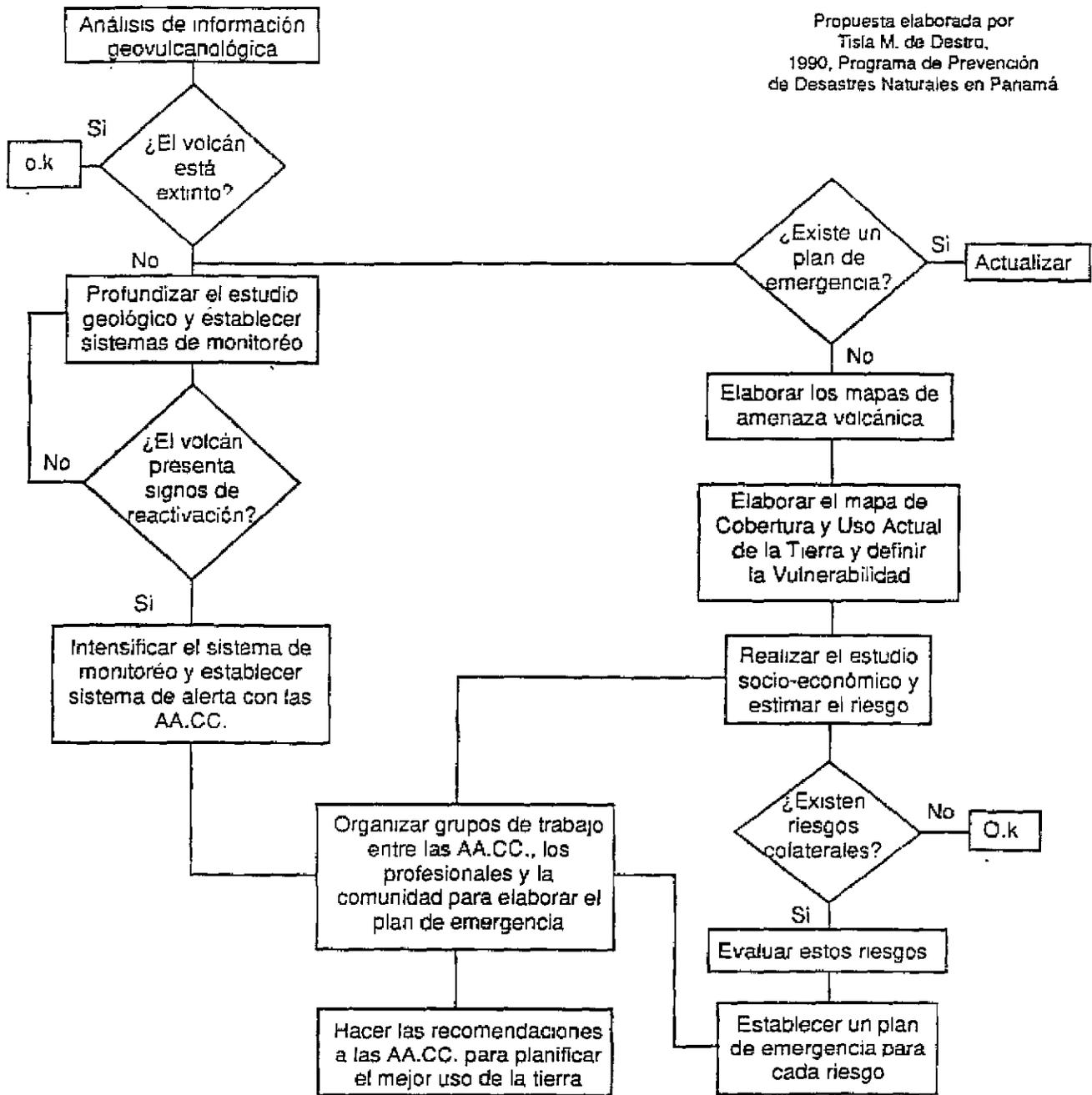
Se confeccionó el mapa de amenaza para lo cual se consideraron las áreas que históricamente han sido afectadas por las distintas manifestaciones del volcán.

### **Estimación de los efectos colaterales**

Para ello se hizo un estudio de los efectos históricos causados por el volcán y la situación actual del área para definir fenómenos colaterales que se puedan generar y ser causa a su vez, de otros tipos de desastres como son inundaciones, deslizamientos, etc.

# ACCIONES PARA PREVENCIÓN DE DESASTRES VOLCÁNICOS EN LA REPÚBLICA DE PANAMÁ

Propuesta elaborada por  
Tisla M. de Destro,  
1990, Programa de Prevención  
de Desastres Naturales en Panamá



(Figura nº 5)

## Elaboración del mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra

El mapa de Cobertura y Uso Actual de la Tierra se logró con el análisis digital de las imágenes LANDSAT-MSS complementadas con fotografías aéreas que posibilitaron la caracterización de la cobertura forestal, la acción antrópica y la distribución de los tipos de vegetación cartografiados en función de sus aspectos espaciales y espectrales. El producto de este trabajo se presenta como un mapa temático digital.

### Estimación de la Vulnerabilidad del área

Se realizó el estudio analítico integrando el mapa de Amenaza con el de Cobertura y Uso Actual de la Tierra, el de Población y Vivienda de 1990 y las hojas topográficas 1:50.000. Este estudio permitió la clasificación comparativa de zonas de vulnerabilidad en función de las amenazas.

### Estimación del factor Costo del Riesgo

En base a lo expuesto anteriormente, en el marco concéptual adoptado para este trabajo, se consideró que sólo se estaba en grado de presentar la estimación del factor costo del riesgo. Para ello se realizó la evaluación económica en base a los datos del Censo de Población, Vivienda, Agricultura y Ganadería de 1990, realizado por la Dirección General de Estadística y Censo de la Contraloría General de la República y los datos obtenidos por las Instituciones de servicio público como el Ministerio de Obras Públicas (MOP) y del Instituto Nacional de Recursos Naturales Renovables (INRENARE) y otros.

## MATERIAL CARTOGRAFICO Y PRODUCTO DE LOS SENSORES REMOTOS UTILIZADOS.

El área estudiada está comprendida en las siguientes hojas topográficas a escala 1:50,000 del Instituto Geográfico Nacional Tommy Guardia.

Hoja 3642 III PLAZA CAIZAN  
Hoja 3642 IV LA UNION  
Hoja 3642 I CERROPUNTA  
Hoja 3642 II EL HATO DE VOLCAN  
Hoja 3742 IV RIO CHANGUINO LA  
Hoja 3742 III BOQUETE  
Hoja 3641 I LA CONCEPCION  
Hoja 3741 IV GUALACA

### HOJA TOPOGRAFICA ESCALA 1:250000 #2 - DAVID

Las fotografías aéreas utilizadas son blanco y negro. Las líneas de vuelo y las fotos son:

ROLLO	LINEA DE VUELO	FOTOS	AÑO	ESCALA
z	24	309-326		1:20000
z	25	338-357		1:20000
z	26	372-390		1:20000
z	27	396-413		1:20000
z	28	421-430		1:20000
R-45	L-1	053-054-055	1979	1:20000

R-2	L-27	406-407-408	1966	1:20000
R-67	L-3	111-112-113	1986	1:30000
NUEVA CALIFORNIA				
L-3	AR 67		NOV. 86	E 1:30000
L-3	R 67		NOV. 86	E 1:30000
L-4 A	R 67		NOV. 86	E 1:30000
L-4	R 67		NOV. 86	E 1:30000
L-2	R 62		NOV. 86	E 1:30000
CERRO PUNTA				
L-5	R 67		NOV. 86	E 1:30000
L-2	RB (IGN)		NOV. 86	E 1:50000
L-1	HOJA CERRO PUNTA			
BOQUETE				
TOMAS 183-192 DEL AÑO 1991				

Las imágenes de satélite disponibles y que cubren parte del área de estudio son:

LANDSAT / MSS escala 1:250000 del 1 de Febrero de 1986  
 LANDSAT / MSS escala 1:50000 (ampliación de la anterior)  
 LANDSAT infrarrojo escala 1:50000

## **II PARTE**

### **GENERALIDADES DEL AREA AMENAZADA POR EL VOLCAN BARU**

## UBICACION

El área en estudio está ubicada en el extremo occidental de la República de Panamá, a 500 Km. de la Capital, próxima a la frontera con la República de Costa Rica. Es parte de la pendiente meridional de la Cordillera de Talamanca, vertiente del Pacífico (fig. 6).

Pertenece a la provincia de Chiriquí y abarca los distritos de Boquerón, David, Renacimiento, Boquete, Bugaba y Dolega. En ella, se ubican centros densamente poblados como son: Bambito, Boquete, Cerro Punta, Concepción, Dolega, Hato de Volcán, Nueva California, Potrerillos, entre otros.

Es un área de aproximadamente 1900 Km<sup>2</sup> comprendidos entre las coordenadas geográficas siguientes:

Latitud Norte      8° 30'      y      8° 55'  
Longitud Oeste    82° 21'48" y 82° 51' 12".

## ACCESO

El área en estudio cuenta con una buena red vial, con excepción de las partes de elevadas pendientes. Muchos caminos son transitables con vehículos solamente en el período seco, pero aún así, se puede afirmar que el área es de fácil acceso en cualquier período del año. A la parte oriental del volcán se accede desviándose de la Carretera Panamericana, a la altura de David, tomando la carretera de David hacia Dolega y Boquete (fig. 7). Desde Boquete existe una carretera, en su mayor parte no pavimentada, que con vehículo de doble tracción, permite llegar a los cráteres más recientes del volcán Barú.

A la parte septentrional y occidental del área, se accede continuando por la Panamericana hasta Concepción y desviando hacia el poblado de Hato de Volcán y Cerro Punta. Al extremo occidental se llega por dos caminos: el que va a Río Sereno y el que va a Caizán. Toda el área está atravesada por numerosos caminos secundarios.

## CLIMA

El clima del área en estudio se caracteriza por ser húmedo y muy húmedo con temperaturas que varían en promedio de 26° C a 30° C en las áreas de poca elevación y de 18° C a 21° C, en las cotas elevadas. Estas temperaturas son relativamente constantes, a través de todo el año, notándose variaciones entre el día y la noche.

Se reconoce la estación lluviosa que se extiende desde mayo hasta diciembre, durante la cual se registran precipitaciones que alcanzan hasta 5,000 mm. con vientos poderosos y constantes que soplan de SW; y la estación seca que se extiende desde el mes de enero hasta el mes de abril, que se caracteriza por poca precipitación y en la cual se reportan constantes y poderosos vientos que soplan del NE.

La cuenca alta del río Chiriquí Viejo ocupa el segundo lugar en cuanto a altas precipitaciones con valores de entre 4,000 y 5,000 mm. Ella resulta ser para la República, la cuenca más lluviosa de la vertiente del Pacífico (fig. 8).

UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO

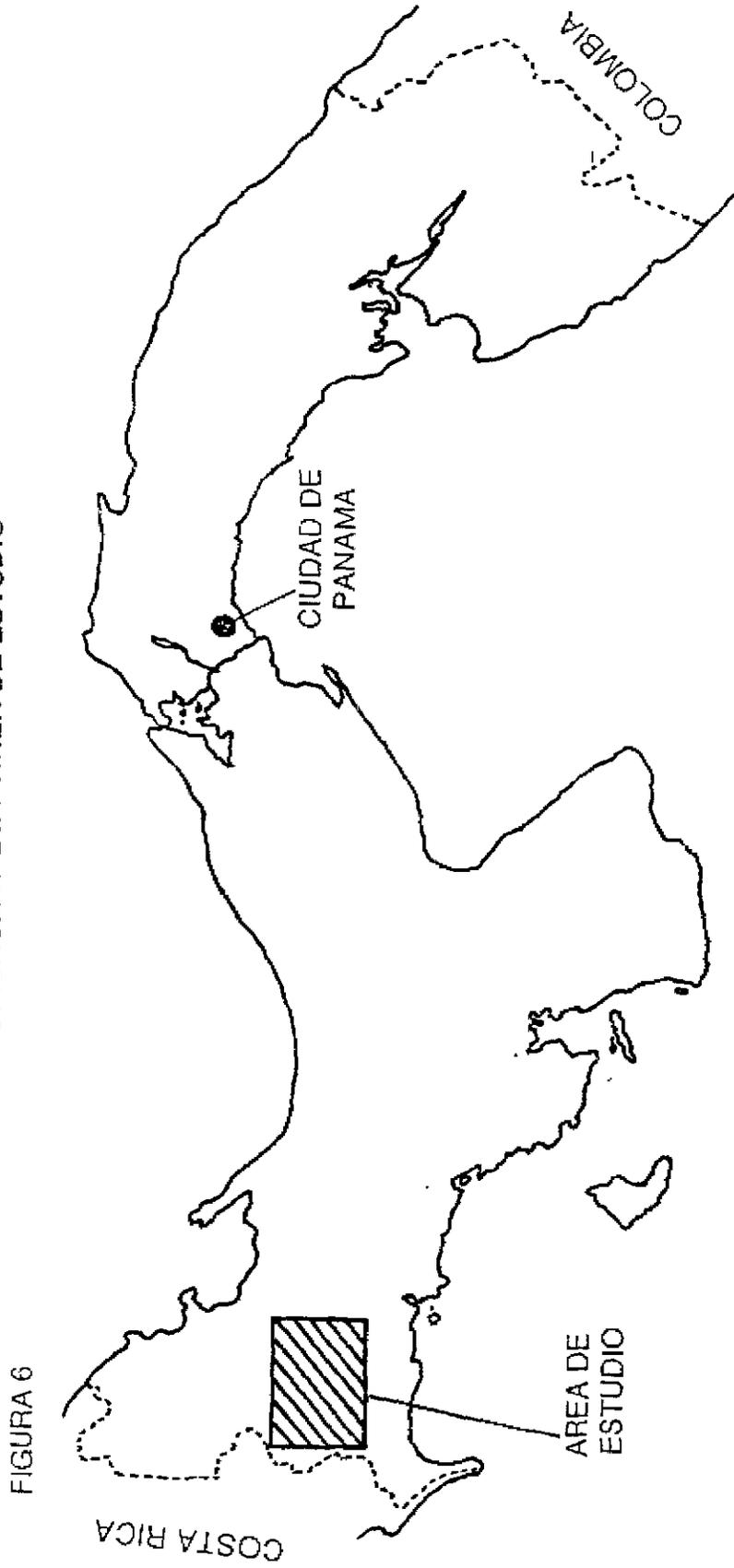
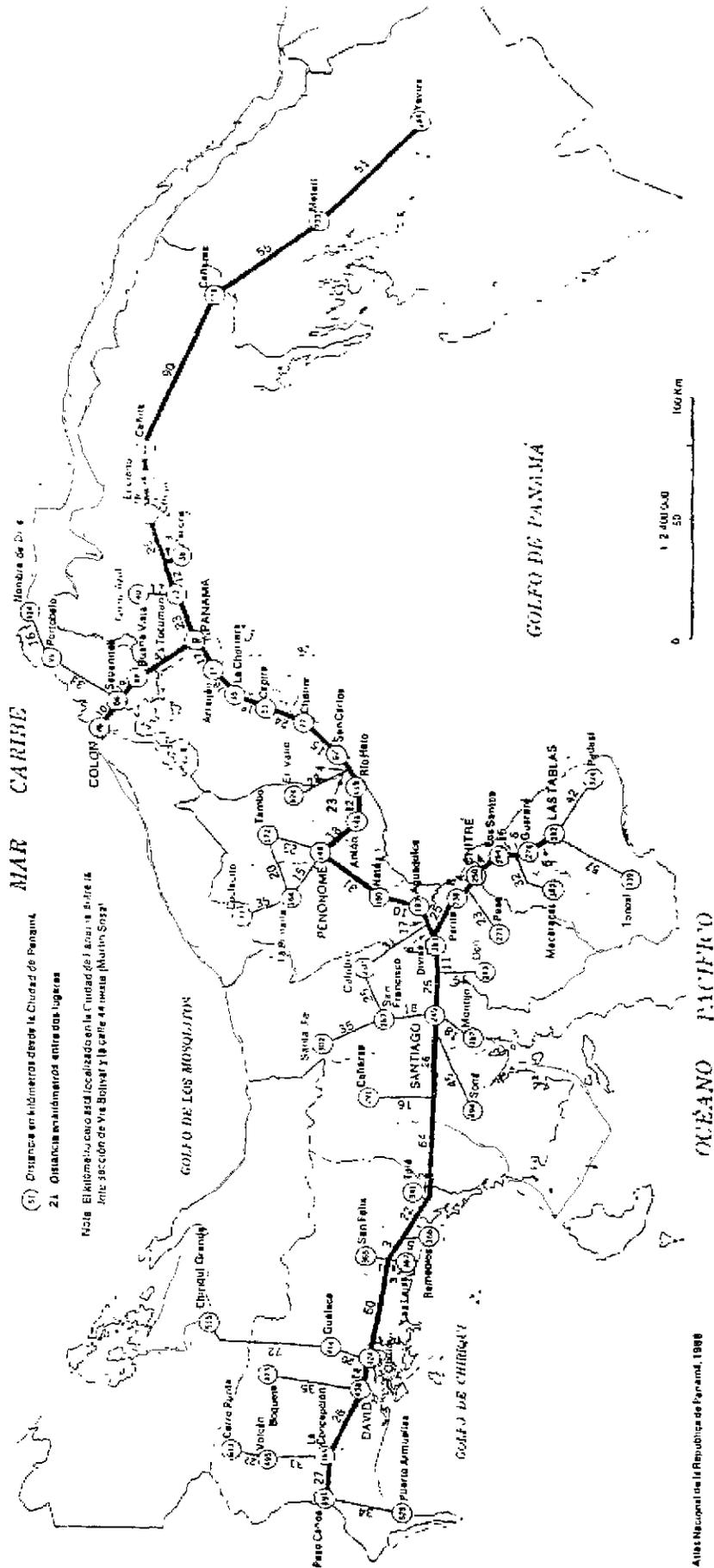


FIGURA 6

Figura 7

DIAGRAMA DE DISTANCIA POR CARRETERA -

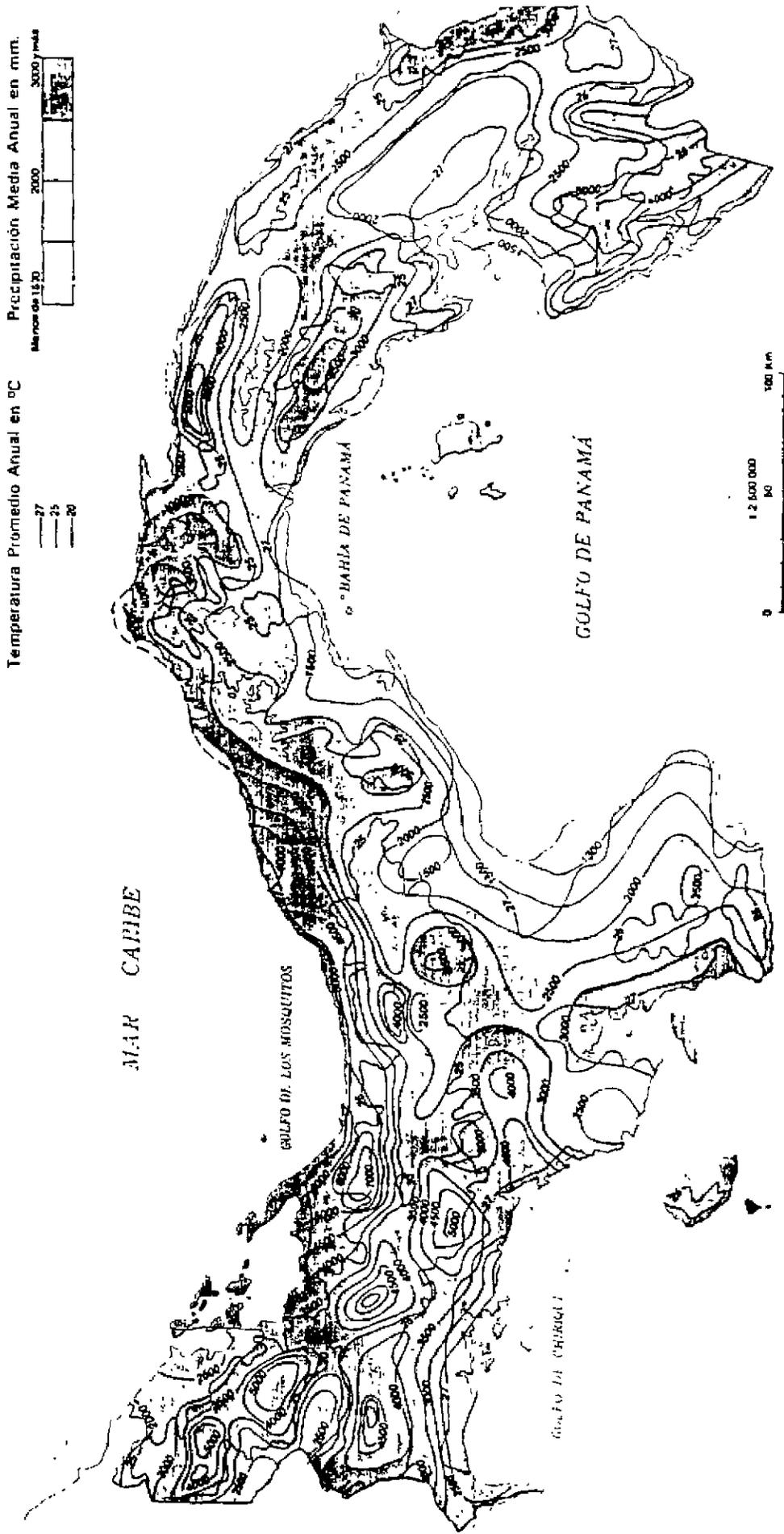


(91) Distancia en kilómetros desde la Ciudad de Panamá.  
 21. Distancia en kilómetros entre dos lugares.

Nota: El kilómetro está localizado en la Ciudad de Panamá y la intersección de la Calle 44 principal (Muelle Soja) y la Calle Bolívar.

Fuente: Atlas Nacional de la República de Panamá, 1988

Figura 8 PRECIPITACIÓN Y TEMPERATURA



Los Mares de la República de Panamá 1980

## **MORFOLOGIA Y DRENAJE**

La parte Norte del área en estudio incluye la vertiente meridional de la Cordillera de Talamanca. Esta tiene dirección NW-SE. Esta zona se caracteriza por tener una topografía elevada e irregular y frecuentemente se encuentran elevaciones de 1,000 a 3,000 m. Entre las mayores cimas se destacan el volcán Barú, cuya elevación es de 3,474 m., (la más alta de la República), el volcán Colorado con elevación de 2,986 m. (Cerro Totuma) y los Domos del Pando con elevación de 1,835 m.

Las montañas presentan, generalmente, pendientes escarpadas a causa del tectonismo. En estas escarpas se observan materiales del basamento Terciario y lavas correspondientes a flujos del volcanismo Cuaternario que caracteriza la región.

La parte central y meridional del área en estudio, se caracteriza por la pendiente suave debido a la deposición de los productos piroclásticos del volcanismo reciente. Estos materiales, aún no están totalmente cementados entre sí.

En el patrón del drenaje domina la influencia tectónica y la presencia del complejo volcánico. La red hidrográfica es de tipo radial y se caracteriza por la frecuencia de ríos torrenciales.

En la parte Norte de la zona en estudio, nacen dos de los ríos importantes de la región: el Chiriquí Viejo y el Caldera. La cuenca del río Chiriquí Viejo es una de las mayores cuencas del país. Esta presenta diferencias notables en su curso alto, medio y bajo, diferencias que dependen de la geomorfología, del tectonismo y de la influencia humana.

En toda la región son frecuentes los saltos de agua y los ríos con secciones transversales en forma de "V". La presencia de cañones o gargantas profundas, indica la velocidad con la que las corrientes buscan su perfil de equilibrio, proceso que está muy influenciado por el neotectonismo y la poca cohesión de los materiales que atraviesan.

El drenaje en la parte meridional del volcán, se caracteriza por correr hacia el Sur, mientras que al SE, se observa un drenaje que se abre en abanico. Estos ríos cortan los materiales volcánicos del Barú y la mayoría presentan valles angostos con perfiles transversales en forma de "V" con pendientes muy inclinadas en sus cursos altos. Ellos transportan grandes volúmenes de materiales entre los cuales se encuentran frecuentes cantos rodados de grandes tamaños que se depositan en la cuenca media y baja de los ríos.

El río Caldera, en su curso alto, corre en un "Horst" tectónico y luego, a la altura de Boquete, se ubica al margen de los afloramientos de las vulcanitas e intrusivos del basamento dejando, en el otro margen, una terraza aluvional que es donde se localiza el poblado de Boquete.

## **MARCO GEOLOGICO REGIONAL**

Panamá se encuentra emplazada en un área de gran confluencia de placas tectónicas cuyos movimientos relativos son aún motivo de estudio. Publicaciones recientes, indican que estos movimientos son activos en la época actual.

Las rocas más antiguas de Panamá son de edad Cretácica y corresponden al volcanismo submarino

ofiolíticos y a sedimentos calcáreos de origen pelágico.

Característico resulta el volcanismo del Terciario, específicamente del Mioceno que ocupa gran parte del territorio del Istmo. Este volcanismo fue de tipo continental, muy explosivo y originó la principal cadena montañosa del país.

En el Plioceno se inició una nueva época volcánica y se cerró el paso entre los dos océanos (Atlántico y Pacífico) a causa de procesos geológicos que están aún en acción.

Globalmente Panamá está caracterizada por tener principalmente las siguientes características geotectónicas (fig. 1):

1. Alineamiento NW - SE

La gran parte de las fallas mayores tienen este alineamiento. Entre ellas se destacan: los sistemas de fallas de Azuero, Soná y Coiba, la zona de fallas de San Félix, la de Sambú y la de Pirro y la de la Zona del Canal (detectada mediante anomalías gravimétricas).

2. La faja de deformación en el Norte de Panamá

3. La zona de deformación de la Fosa Centroamericana (conocida como Fosa de Panamá).

El estudio de estos motivos estructurales han provocado el desarrollo de dos tendencias que tratan de explicar la compleja geología del Istmo de Panamá a través de diferentes modelos.

Una tendencia propone que Panamá se está moviendo en dirección NW alejándose de la zona de convergencia activa del margen continental de Sur América hacia la cuenca de Colombia. El movimiento es el resultado de una compleja interacción que produce arrugamiento oroclinal de fallamiento de corrimiento lateral izquierdo y subducción (Mann, Corrigan; 1990).

En la otra tendencia se ha desarrollado un modelo de subducción activa debajo de la sección Occidental de Panamá. Este modelo reconoce dos principales períodos volcánicos: del Mioceno medio al Mioceno superior y el Cuaternario. A cada uno de estos períodos le corresponden diferentes tipos de procesos de subducción (Boer, Stewart, Belton, 1991).

Al tomar en consideración estas tendencias, se concluye que el área correspondiente al Istmo de Panamá es evidentemente un área con una pronunciada actividad tectónica y permite afirmar, con un racional margen de duda, que los procesos que originaron los más grandes volcanes Cuaternarios de Panamá, 26 entre los más importantes, todavía persisten (fig. 2).

Estas dos tendencias señaladas no dejan de ser más que eso: tendencias. Sin embargo, los resultados a los cuales se llega, por diferentes caminos (los sensores remotos y la sísmica, por una parte y la geoquímica y petrografía por otra parte), prueban la existencia de un volcanismo Cuaternario y Actual en todo el Istmo.

La presencia de productos volcánicos de tan sólo 300 años de edad implica un volcanismo existente en plena época colonial, ubicado en la parte central del Istmo de Panamá, área que ha sido considerada tradicionalmente fuera de la zona de subducción.

Debemos, además, indicar que por señalamientos verbales se sospecha la existencia de un volcanismo reciente en el sector Este del Istmo, lo que podría corresponder a subducción de la Placa del Caribe, bajo el bloque de Panamá (Adamec, 1988) (Fig. 1).

## **HIDROGEOLOGIA DEL AREA AMENAZADA POR EL VOLCAN BARU**

La evaluación de las características hidrogeológicas del área de estudio es necesaria debido a la frecuencia de las erupciones freatomagmáticas que caracterizan al volcán Barú.

El material del basamento es impermeable, pues a pesar de estar constituido por lavas, aglomerados y piroclastos que incluyen ignimbritas, al ser cortados por intrusiones, se han producido procesos hidrotermales, silicificación y arcilificación que los han convertido en material impermeable por autosellamiento y recristalización (Fig. 3). Estudios realizados sobre estos materiales indican que la permeabilidad es nula y que sólo localmente aumenta como consecuencia de fracturaciones recientes a causa de tectonismo de tipo distensivo.

Los materiales del volcanismo reciente presentan una situación compleja. Desde el punto de vista hidrogeológico se distinguen dos componentes esenciales:

1. Las lavas que tienen una baja permeabilidad primaria y que posteriormente, por fracturación, adquieren permeabilidad secundaria.
2. Los piroclastos incoherentes que al momento de su formación tienen una elevada permeabilidad, pero que posteriormente, a causa de las condiciones climáticas, sufren profundas alteraciones argilíticas hasta convertirse en material impermeable.

Actualmente, los horizontes piroclásticos superficiales del volcán Barú son permeables, mientras que los del volcán Colorado, que subyacen a los materiales del Barú, están parcialmente impermeabilizados por argilificación.

Faltando la cobertura impermeable y encontrándose el Barú en una región de grandes precipitaciones (fig. 8), se localizan importantes corrientes de agua fría a poca profundidad, causada por recarga meteórica.

En el área donde se ubica el cráter del volcán Barú (3474 m.), el basamento se encuentra a una profundidad de 1200 m.. Esto indica que el espesor del material, que podría ser un acuífero, es aproximadamente de 2200 m. (IRHE-BID-OLADE)

Además, en el edificio volcánico pueden encontrarse "acuíferos colgados" dispuestos en multicapas que aunque puede ser que no tengan continuidad lateral, constituyen depósitos de agua que pueden interactuar con el magma produciendo erupciones freatomagmáticas.

## **TECTONICA LOCAL DEL AREA AMENAZADA POR EL VOLCAN BARU**

La tectónica local, en el caso del volcán Barú, es importante por los cambios tanto morfológicos como por las propiedades hidrogeológicas del área.

A través de fotointerpretación y teledetección se han puesto en evidencia las fallas geológicas que afectan el área del volcán Barú. En orden de importancia son:

1. Fallas WNW - ESE y las NW - SE. Estas son fallas regionales y afectan en profundidad también el basamento.
2. Las fallas de dirección NNE - SSW y NE - SW.
3. Las fallas de dirección ENE - ESW hasta los de E - W que representan las direcciones tectónicas más recientes.

Los sistemas 1 y 2 parecen ser demasiado viejos por lo que están sellados por fenómenos hidrotermales.