

**Taller Regional**  
**Prevención y Mitigación de Desastres Naturales**  
**INETER/CEPRENAC/JICA**  
**Managua-Nicaragua**  
**9-13 de Octubre del 2000**

**APORTES DE FUNVISIS EN EL “PROYECTO AVILA”: CONTRIBUCIÓN A LA  
ZONIFICACIÓN DE LAS AMENAZAS NATURALES  
EN EL ESTADO VARGAS, VENEZUELA**

José Antonio Rodríguez; Franck Audemard; Jorge González;  
Alcibíades Molina; Herbert Rendón; Gloria Romero; Antonio Sánchez;  
Michael Schmitz; Mónica Sobiesiak & Franco Urbani\*

Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas, FUNVISIS  
Apartado de Correos 76.888, Caracas 1070-A, Venezuela  
Fax: (58-2) 257.9977; : <http://funvisis.org.ve>  
E-mail: [funvisis@internet.ve](mailto:funvisis@internet.ve)

\* Universidad Central de Venezuela, Escuela de Geología, Minas y Geofísica, Apartado Postal  
47.334, Caracas, 1040-A; Fax: (58-2) 272.0724; E-mail: [urbani@cantv.net](mailto:urbani@cantv.net)

## **1. INTRODUCCIÓN**

Los aludes torrenciales de diciembre de 1999 que afectaron seriamente al estado Vargas ubicado en la región centro-norte costera de Venezuela y al Área Metropolitana de Caracas en su parte más occidental, evidenciaron la alta vulnerabilidad que dichas entidades presentan frente a fenómenos extraordinarios de alta pluviosidad (Rodríguez *et al.*, 2000) mostrando a su vez, la necesidad de realizar con fines de ordenamiento territorial, estudios multidisciplinarios con el objetivo básico de entender los antecedentes del fenómeno, su origen, evolución y consecuencias previas a la reconstrucción de las zonas devastadas.

Esta vulnerabilidad, que integra fisiográficamente a la Cordillera de la Costa y la Serranía del Interior responde a características topográficas y climáticas, conjugadas por alta precipitación anual, actividad sísmica recurrente, laderas de alta pendiente, unidades litológicas expuestas a la alteración y fragilidad del material edáfico existente, que ha producido procesos morfodinámicos intensos, reconocidos en tiempo histórico y en la actualidad a manera de aludes torrenciales y ocasionalmente de naturaleza sísmica (Audemard & Singer, 2000), y cuyas evidencias para los siglos XVIII, XIX y XX, se resumen en forma sintética en tabla adjunta (Tabla 1).

Reconocimientos aéreos realizados por FUNVISIS, determinaron en primera aproximación que los fenómenos de inestabilidad de laderas ocurridos en el mes de diciembre de 1999 son de igual característica en ambas vertientes más no en cuanto a su distribución, decreciendo en la ladera sur, norte de Caracas, de oeste a este, (Audemard, *et al.*, 2000) en función de sus características litológicas, pisos bioclimáticos presentes y exposición a la lluvia.

## **2. ANTECEDENTES DEL PROYECTO AVILA**

Posterior a la fecha de ocurrencia del fenómeno hidrometeorológico, un grupo de instituciones bajo la coordinación del Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional, SAGECAN, se reunieron a objeto de planificar la ejecución de un trabajo que vinculara varios aspectos atinentes a la situación que afectó el estado Vargas y que a la vez sirviera de proyecto

piloto para la formación e integración de un grupo de profesionales venezolanos que estudiaran la variable amenaza en el contexto de los riesgos naturales a nivel nacional.

A tal efecto, participan en dicho proyecto, los organismos que a continuación se mencionan, así como asesores nacionales e internacionales:

- Instituto Geográfico de Venezuela, Simón Bolívar, (antes, Servicio Autónomo de Geografía y Cartografía Nacional -SAGECAN-), adscrito al Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables
- Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas -FUNVISIS-, instituto adscrito al Ministerio de Ciencia y Tecnología.
- Escuela de Geología. Minas y Geofísica, dependiente de la Universidad Central de Venezuela.
- Instituto de Mecánica de Fluidos -IMF-, dependiente de la Universidad Central de Venezuela, e
- Instituto Nacional de Geología y Minería -INGEOMIN-, dependiente del Ministerio de Energía y Minas.

Todos ellos con responsabilidades y funciones bien específicas para dicho proyecto y tareas a realizar como insumos para la generación de un único producto, el *Mapa de Amenazas para el Estado Vargas*.

### 3. **FUNVISIS EN EL MARCO DEL “PROYECTO AVILA”**

La responsabilidad de la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas ha recaído en cuatro campos bien específicos:

- a) Geología del macizo del Ávila
- b) Análisis de la amenaza sísmica para el estado Vargas
- c) Instalación de una red sismológica local
- d) Preparación de investigaciones geofísicas

#### 3a. **Geología del macizo del Avila**

Estos estudios comprenden varias fases identificadas así:

- ***Recopilación y actualización de la cartografía geológica existente:*** Dicho trabajo comprende una minuciosa investigación de estudios previos del estado Vargas y de la vertiente sur del Ávila, al norte de la ciudad de Caracas, con especial énfasis en la cartografía realizada para los Trabajos Especiales de Grado -TEG- en geología de la Universidad Central de Venezuela a escala 1:10.000, 1:12.500 ó 1:25.000 -1974 a 1999, inclusive-. (Barboza *et al.*, 2000).
- ***Actualización de la nomenclatura geológica de la parte central de la Cordillera de la Costa:*** En función de los trabajos de geología de campo y discusiones sobre la denominación de las unidades ígneo-metamórficas existente en la región antes mencionada, se ha propuesto una actualización de los nombres geológicos empleados para las unidades litológicas del estado Vargas y regiones vecinas, adaptando criterios recogidos en NACSN (1983) y Salvador (1994) y referidos en Urbani, (2000). Una buena representación de los mismos es mostrada en la figura 1.
- ***Reconocimiento geológico de zonas no estudiada en la vertiente norte, estado Vargas:*** Uno de los hechos más resaltantes, el cual era necesario solventar en función de los insumos a generar como sustancial aporte al mapa de amenazas para el estado Vargas, era

la cartografía-geológica detallada y muy completa de algunas secciones del área afectada no cubiertos previamente (Fig. 2) por diferentes motivos. De esta manera y aprovechando los afloramientos expuestos con motivo del deslave de la vertiente norte del Ávila, se realizan en la actualidad trabajos de geología de la región en cuestión. La zona de trabajo va desde la línea de costa hasta la Fila Maestra de la Cordillera, y en dirección Oeste-Este, se ubica entre Quebrada Seca en el cono aluvial de Caraballeda hasta Osma, en dos etapas.

El resultado de este trabajo es generar a escala 1:25.000, la cartografía geológica actualizada para el estado Vargas y la vertiente norte del macizo montañoso del Ávila cubriendo un total de 23 hojas cartográficas con nomenclatura actualizada y data muy confiable que integrará una de las “capas” temáticas llevadas a un Sistema de Información Geográfica, para la elaboración del Mapa de Amenaza del Proyecto Ávila.

### **3b. Amenaza sísmica para el estado Vargas**

Otra de las labores ejecutadas por FUNVISIS ha sido el análisis de amenaza sísmica para la entidad en términos de la aceleración máxima esperada en roca, con probabilidad de excedencia de 10% para 50 años de vida útil de las instalaciones, todo ello basado en cinco leyes de atenuación, dos nacionales y tres desarrolladas para el estado de California (FUNVISIS, 1993; INTEVEP, 1990; Abrahamson-Silva, 1995; Boore-Joyner-Fumal, 1993 y Sadigh, 1994 referidas en González *et al.*, 2000) en función de calibrar la información y atendiendo al sentido de movimiento que presentan las fallas sismogénicas contempladas en él. (Jorge González, *com. pers.*, 2000)

Los resultados obtenidos muestran las aceleraciones esperadas en roca en veintiséis (26) localidades del Estado Vargas y zonas vecinas sin tomar en cuenta los efectos de sitio (Fig. 3), para lo que una campaña de investigación geofísica-geotécnica se está preparando.

Se ha incorporado al cálculo de la amenaza sísmica la actividad cubierta desde el período histórico hasta reciente fecha, además de las tasas de desplazamiento de 216 fallas activas basados en el Mapa Neotectónico de Venezuela (Beltrán, 1993) y modificaciones en función de falla-fuente y tasas de velocidades de desplazamiento asignadas a las mismas.

Es necesario advertir que el producto así obtenido como mapas de amenaza sísmica, es susceptible de sufrir cambios en la medida que se densifique el conocimiento sobre las fuentes sismogénicas nacionales, así como la de las áreas adyacentes a la zona en estudio, además de un mayor número de estaciones y registros acelerográficos, tarea en la cual FUNVISIS se encuentra trabajando de manera activa.

### **3c. Red sismológica local para el estado Vargas**

Uno de los aspectos considerados de importancia en función de la *data* a obtener para efectos de mitigación de riesgo, es la derivada de los estudios sobre la actividad sísmica local como mecanismo detonante de deslizamientos y otros fenómenos geológicos, constituyendo la misma una muy buena fuente de insumos adicionales en los estudios de amenaza sísmica.

Tal preocupación ha ocupado a este instituto y los primeros esfuerzos han sido realizados desde la ocurrencia de los aludes torrenciales de Vargas y la región occidental de Caracas con la instalación de estaciones locales de corto período, capaces de registrar sismos de baja intensidad, trabajos estos que se encuentran en proceso (Sobiesiak, 2000).

Al efecto han sido instalados sismómetros portátiles en Pariata, Castillo La Cumbre y Naiguatá, y planificada una en Oricao (vertiente norte del Macizo Ávila, estado Vargas) y en Macarao y Guarenas (vertiente sur del Macizo Ávila, Área Metropolitana de Caracas) (G.

Romero, *com. pers.*, 2000). Una gráfica de las estaciones sismológicas instaladas para el Proyecto se muestra en la figura 4.

### **3d. Investigaciones geofísicas en el estado Vargas**

Para la región litoral, FUNVISIS prepara una campaña de estudios integrados de tipo geofísico/geotécnico a objeto de conocer la geometría de los conos de deyección utilizando refracción sísmica, estudios de microtemores y mediciones gravimétricas. (Schmitz *et al.*, 2000)

Los trabajos de perforación geotécnica que serán empleados en esta fase de la investigación serán de mucha utilidad en el modelaje dinámico planificado, además de insumo para la determinación de valores de aceleración en suelo en los conos de deyección previamente escogidos.

Estos trabajos de investigación precisarán el espesor sedimentario del material de deslave de diciembre '99, en su parte más distal, donde existe un alto potencial de licuación y contribuirá con ello en la obtención de nueva *data* para la determinación de la amenaza sísmica que se incluirá como producto terminado a través de un mapa de iso-aceleraciones, determinante en la planificación de nuevas edificaciones, obras de vialidad y líneas vitales a construir en Vargas.

## **4. HECHOS FINALES**

Toda la información que en la actualidad maneja FUNVISIS, está permitiendo de manera rápida y eficaz, el suministro de reportes científico-técnicos que aplicados en el contexto de la llamada *Tragedia de Vargas*, permita una rápida inserción de su banco de datos geológicos, de amenaza sísmica y sismológica hacia la elaboración del Mapa de Amenazas de la entidad, así como también, el intercambio de experiencias con equipos de otras instituciones nacionales y de carácter multidisciplinario que trabajen en otras zonas del país con fines de reordenamiento territorial de la nación.

## **5. REFERENCIAS CITADAS**

- AUDEMARD, F. & RODRÍGUEZ, J. A. & STOCKHAUSEN, H. (2000) La vertiente Caracas del macizo del Ávila en el espejo del desastre de Vargas de diciembre 99. XVI Seminario Venezolano de Geotecnia. Calamidades Geotécnicas Urbanas con Visión al Siglo XXI, Caracas 7 al 9 de noviembre del 2000, Venezuela. 16 pp. (En prensa).
- AUDEMARD, F. & SINGER, A. (2000) El alud torrencial del 06 de septiembre de 1987 en la cuenca del Río Limón, al norte de maracay, Venezuela septentrional. En: *Desastres en América Latina*. Imbar, M. & Lugo, J. (eds.), 381-404, México.
- BARBOZA, L.; RODRÍGUEZ, S.; URBANI, F. & RODRÍGUEZ, J. A. (2000) Geología del estado Vargas: 2.- Recopilación de la cartografía geológica del estado Vargas y regiones vecinas. En: *Memorias Seminario Internacional Los Aludes Torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Instituto de Mecánica de Fluidos. Universidad Central de Venezuela. Jornadas de Investigación JIFI 2000. 27 de noviembre al 01 de diciembre de 2000, Caracas-Venezuela, (resumen).
- BELTRÁN, C. *comp.* (1993) Mapa Neotectónico de Venezuela a escala 1:2.000.000. FUNVISIS.
- CANO, V.; MELO, L.; URBANI, F.; CASTILLO, A.; SUÁREZ, J. C.; FOURNIER, H. & JOSÉ A. RODRÍGUEZ, J. A. (2000) Geología del estado Vargas. 3. Reconocimiento geológico de la región de Caraballeda - Camurí Grande. En: *Memorias Seminario*

- Internacional Los Aludes Torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Instituto de Mecánica de Fluidos. Universidad Central de Venezuela. Jornadas de Investigación JIFI 2000. 27 de noviembre al 01 de diciembre de 2000, Caracas-Venezuela. (resumen).
- GONZÁLEZ, J.; MOLINA, A. & CEDEÑO, F. (2000) Evaluación de la amenaza sísmica del estado Vargas. Primer informe. Departamento de Ingeniería Sísmica, FUNVISIS. Informe preparado para el Ministerio de Ciencia y Tecnología y la Autoridad Única de Vargas. Sin paginación (inédito).
- RODRÍGUEZ, J. A.; URBANI, F.; AUDEMARD, F. & STOCKHAUSEN, H. (2000) La geología del Macizo del Ávila y los deslizamientos ocurridos en diciembre 1999. *International Workshop Study on countermeasures for earthquake disaster in Caracas (1999-2001)*. FUNVISIS- Kanawaga University. August 24-25, Caracas-Venezuela. (resumen)
- SINGER, A.; ROJAS, C. & LUGO, M. (1983) Inventario Nacional de Riesgos Geológicos. Estado Preliminar. Serie Técnica 03-83, FUNVISIS, 126 p.
- SOBIEZIAK, M. (2000) Seismicity in the Central Coastal region of Venezuela and the Caracas/Vargas local network. *International Workshop Study on countermeasures for earthquake disaster in Caracas (1999-2001)*. FUNVISIS- Kanawaga University. August 24-25, Caracas-Venezuela. (abstract).
- URBANI, F. (2000) Consideraciones geológicas de la catástrofe del estado Vargas de diciembre 1999. *XVI Seminario Venezolano de Geotecnia*. Calamidades Geotécnicas Urbanas con Visión al Siglo XXI, Caracas 7 al 9 de noviembre del 2000, Venezuela. 16 pp. (En prensa).
- URBANI, F.; RODRÍGUEZ, J. A. & VIVAS, v. (2000) Geología del estado vargas: 1.- nomenclatura actualizada de las unidades ígneo -metamórficas de la parte central de la cordillera de la Costa. En: *Memorias Seminario Internacional Los Aludes Torrenciales de diciembre 1999 en Venezuela*. Instituto de Mecánica de Fluidos. Universidad Central de Venezuela. Jornadas de Investigación JIFI 2000. 27 de noviembre al 01 de diciembre de 2000, Caracas-Venezuela. (resumen).

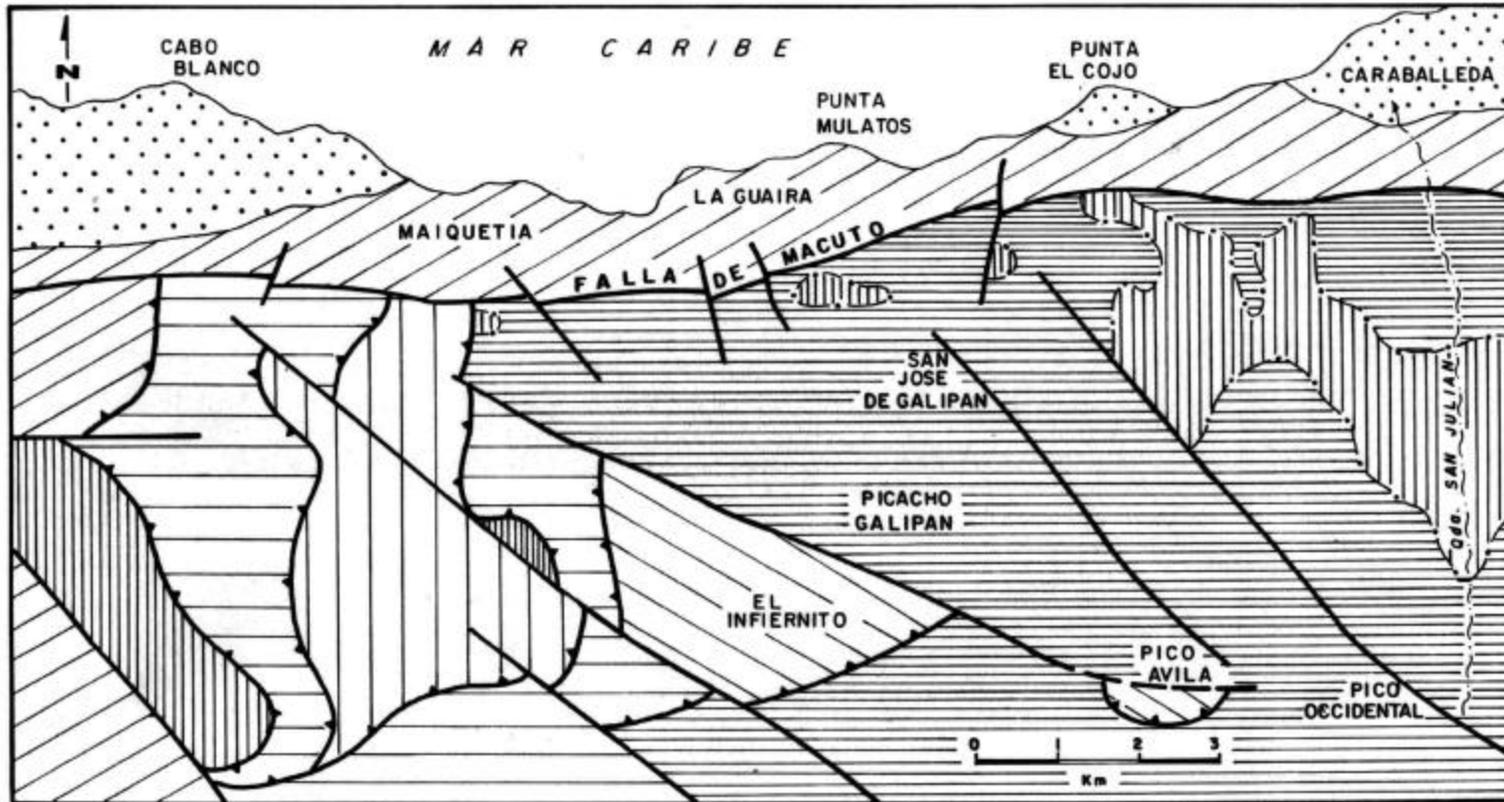
**TABLA 1**

<b>Aludes destructores registrados en el estado Vargas, Venezuela</b>					
<b>TORRENCIALES</b>					
<b>Fecha</b>	<b>Sitio</b>	<b>Localidad</b>	<b>Tipo de alud</b>	<b>Daños</b>	<b>Víctimas</b>
1740 ¿	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial		
1780¿	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial	Destrucción considerable	
1797	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial	En las fortificaciones	
1938	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial		
1938	--	Maiquetía	torrencial		Muchas ¿
1944	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial		
1948	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial		
1948	Pta. de Mulatos	La Guaira	torrencial	Considerables	Muchas ¿
1948	El Cojo	Macuto	torrencial	Considerables	
1951	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial	300 viviendas destruídas	7 muertos
1972	Qda. Osorio	La Guaira	torrencial		
1999	Edo. Vargas	Edo. Vargas	torrencial	Cuantiosos	~5.000-50.000*

\* Fuente: Diario El Universal, 16 de enero del 2000

<b>Sísmicos</b>					
1789	Qda. Osorio	La Guaira	sísmico	219 casas	200 muertos
1812	Qda. Osorio	La Guaira	sísmico	“Arrasó” el pueblo	Varias ¿
1900	Qda. Osorio	La Guaira	sísmico		
1900	Río Escondido	Macuto	sísmico	Balneario destruído	

Modificado y adaptado de **Inventario Nacional de Riesgos Geológicos** (1983)



**ROCAS SEDIMENTARIAS**

-  ROCAS SEDIMENTARIAS (CENOZOICO)
-  CONTACTO CONCORDANTE
-  CONTACTO DISCORDANTE
-  CONTACTO TECTONICO
-  FALLAS DE ANGULO ALTO

**SUPER-ASOCIACION METAMORFICA DE LA CORDILLERA DE LA COSTA**

ASOCIACION METAMORFICA LA COSTA MESOZOICO

-  ESQUISTO DE TACAGUA
-  MARMOL DE ANTIMANO
-  ANFIBOLITA DE NIRGUA
-  SERPENTINITAS

ASOCIACION METAMORFICA AVILA PALEOZOICO-PRECAMBRICO

-  COMPLEJO SAN JULIAN
-  AUGENGHEIS DE PEÑA DE MORA

MODIFICADO DE URBANI Y OSTOS (1989).

Fig. 1 Actualización del mapa geológico del Macizo del Ávila

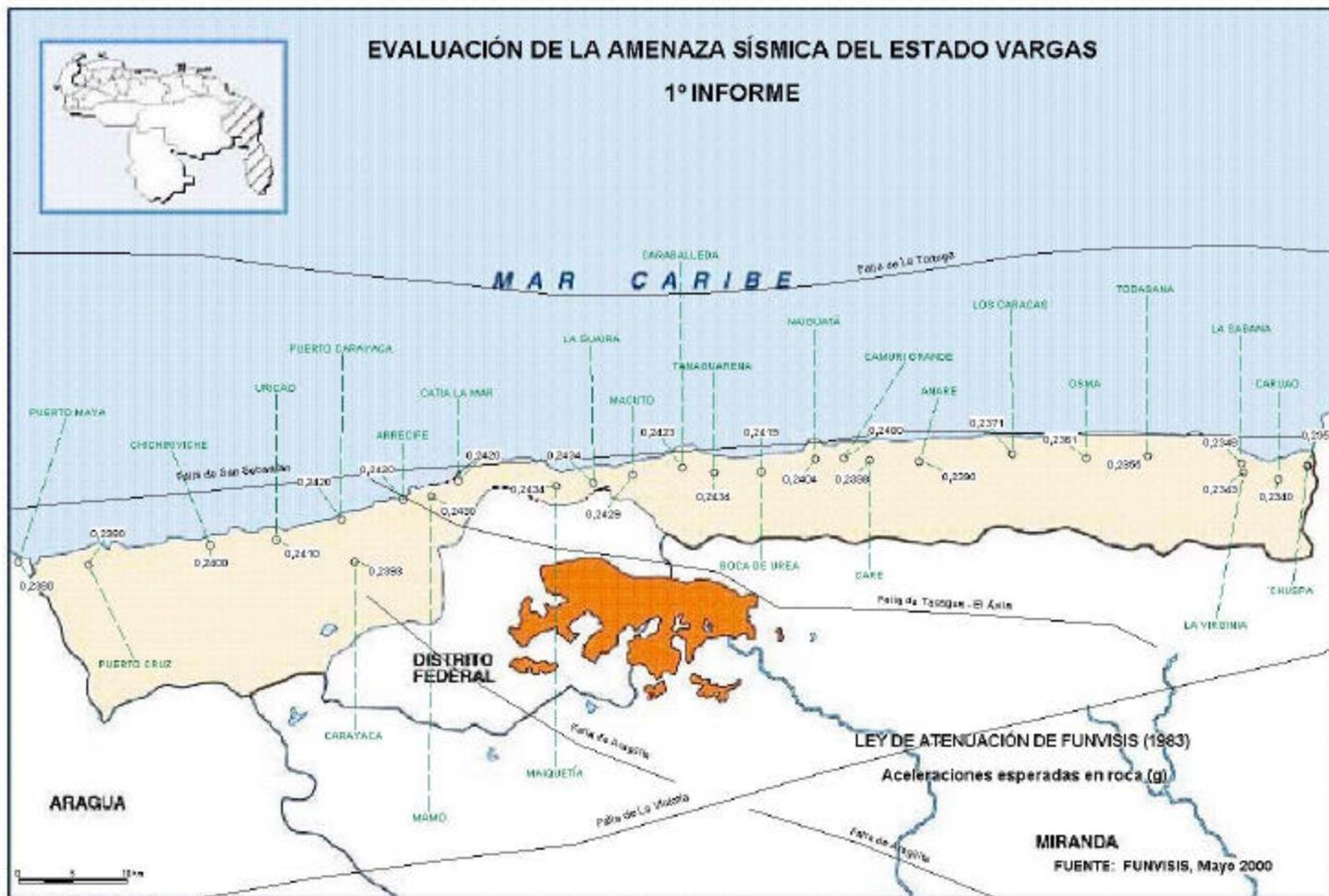
Fuente: Rodríguez *et al.*, (2000)



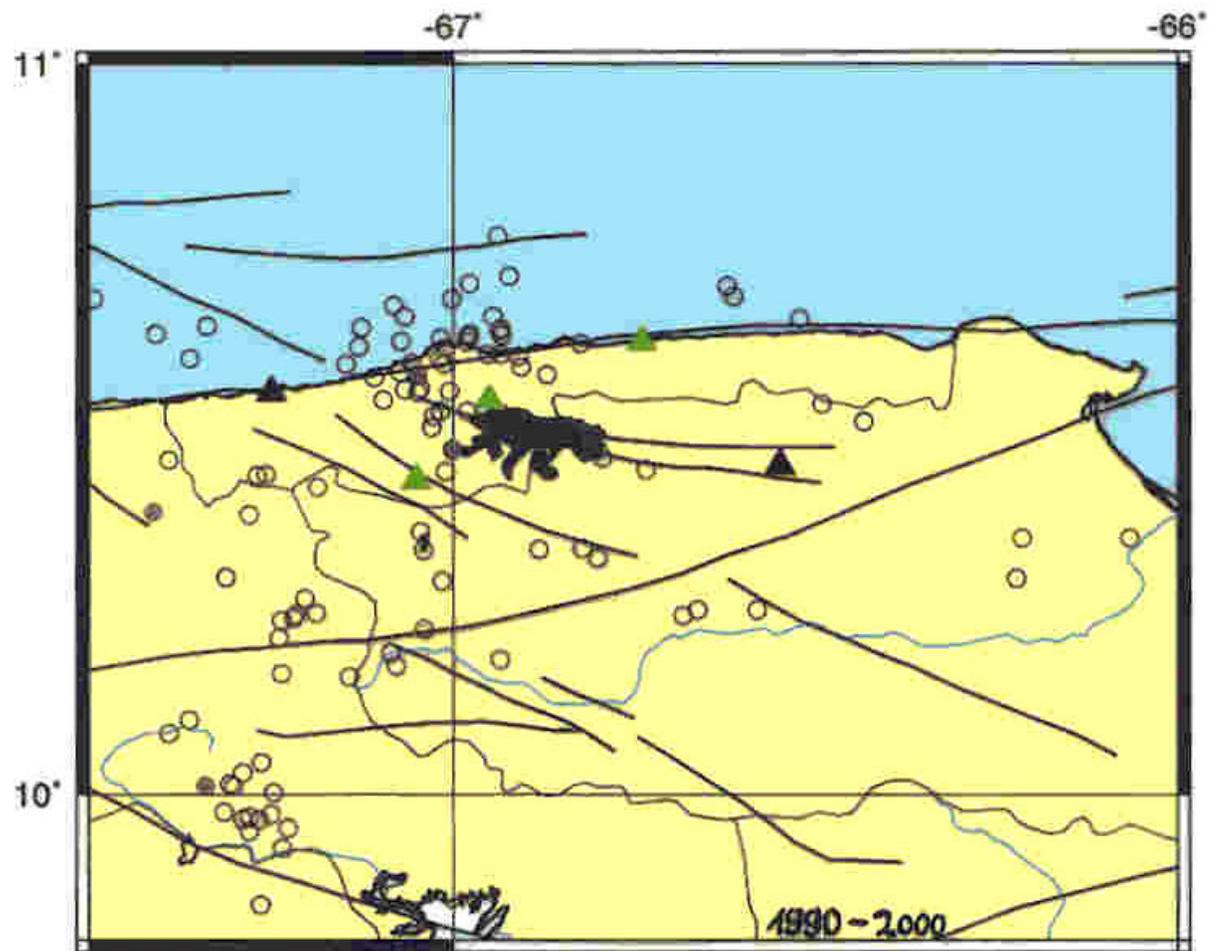
COMPILACION DE CARTOGRAFIA GEOLOGICA

- A RODRIGUEZ (2000)
  
- B
C
D BARBOZA (2000)
  
- C CANO - MELO (2000-2001)  
 CASTILLO - SUAREZ (2000-2001)

Fig. 2 Zonas de estudio para reconocimiento y actualización geológica  
 Fuente: Rodríguez *et al.*, (2000)



**Fig. 3** Evaluación de la amenaza sísmica para el estado Vargas  
Fuente: González *et al.* (2000)



**Fig. 4** Proyecto Ávila, red sismológica local y epicentros entre 1990-2000  
Modificado de Sobiesiak (2000)