

## DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE SITIO A PARTIR DE ESPECTROS DE RUIDO COMO ESTUDIO PREVIO A LA INSTALACIÓN DE LA RED LOCAL CARACAS / VARGAS

Raquel Vásquez, FUNVISIS, Angel Díaz, ULA-FUNVISIS y Monika Sobiesiak, FUNVISIS.

### Resumen

Estudios de la sismicidad en la región Caracas/Vargas muestran que la mayoría de los sismos registrados se encuentran entre los rangos de magnitudes 2-3.5 e indica una ausencia de eventos de magnitudes inferiores que posiblemente no estén siendo detectados por la red sismológica existente y evidencian la necesidad de instalar una red local que pueda estudiar parámetros importantes como el riesgo sísmico. La red local Caracas/Vargas tendrá 10 estaciones distribuidas alrededor de las principales fallas de la región y la selección de los sitios se realiza a través del análisis de espectros de ruido basados en mediciones de 24 horas, ya que las mismas toman en cuenta todas las posibles fuentes de ruido que pueden afectar la estación durante un día; la finalidad de esta metodología será encontrar aquellos sitios cuyo índice de ruido sea lo más bajo posible en la zona de cobertura de la red y así garantizar una llegada limpia de las ondas sísmicas registradas. Actualmente se encuentra en progreso la generación de los espectros de ruido.

### Summary

A study of seismic activity in the Caracas/Vargas region shows the majority of events between magnitude 2 and 3.5. This indicates clearly an absence of smaller events. From this it can be deduced that probably many events have not been detected. This preliminary result of the study of seismic activity in this region clearly emphasizes the necessity of installing a local network to investigate statistical parameters and reliable seismic hazard assessment. The Caracas/Vargas local network will have approximately 10 stations distributed around the main faults of the region and the selection of the sites is made through the analysis of ambient noise spectra based on measurements of 24 hours. This method takes into account all the possible noise sources that can affect the station during a day. At the moment the generation of the noise spectra is in progress.

**Palabras claves:** Sismología, microsismicidad, red local, espectros de ruido.

### Introducción

Estudios en sismología han demostrado que mucha información valiosa puede ser extraída de los estudios de *microsismicidad* (terremotos con  $M \leq 3$ ), (Lay and Wallace, 1995) y de eventos de magnitudes intermedias (magnitudes entre 3 y 5), tal como la estructura geológica de una región determinada, efecto de sitio, campo de esfuerzos locales, cambios dinámicos del campo de esfuerzo y el riesgo sísmico (Lee and Stewart, 1981).

Un elemento crucial en la estimación de la amenaza sísmica, como primer paso para establecer el riesgo sísmico de una región determinada, es la disposición de un catálogo sísmico que se caracterice por contener información recabada de manera homogénea y que tenga un buen nivel de completitud y precisión. Un catálogo con estas características permite llevar a cabo estudios de alta resolución como Tomografía sísmica y del factor Q, que resultaría en un mejor modelo de corteza y estructura tectónica de la región, y la estimación del valor b a nivel zonal que permitiría saber algo acerca de los estados de esfuerzos acumulados actuales de los sistemas de fallas y zonas sísmicas de la región bajo investigación (Sobiesiak, 2000).

Estos catálogos se obtienen a través de monitoreos con sensores de corto período, banda ancha y acelerográficos en conjunto, para tomar en cuenta todo tipo de señales sísmicas que permitan obtener mapas de amenaza sísmica regional y local con un mínimo grado de incertidumbre y que puedan ser transformados posteriormente en normas de construcción sismorresistentes, así como conocer más sobre la estructura tectónica, procesos de ruptura de la fuente y monitoreo de las fallas entre otras.

La *microsismicidad* es crucial en los estudios de amenaza local, sin embargo, en ocasiones los análisis sísmicos en áreas locales muchas veces incluyen eventos con magnitudes negativas, por lo tanto, es importante emplear redes locales (que poseen distancias menores entre estaciones) en estas investigaciones

para garantizar el registro de la energía liberada por esos eventos de pequeña magnitud (Lay and Wallace, 1995).

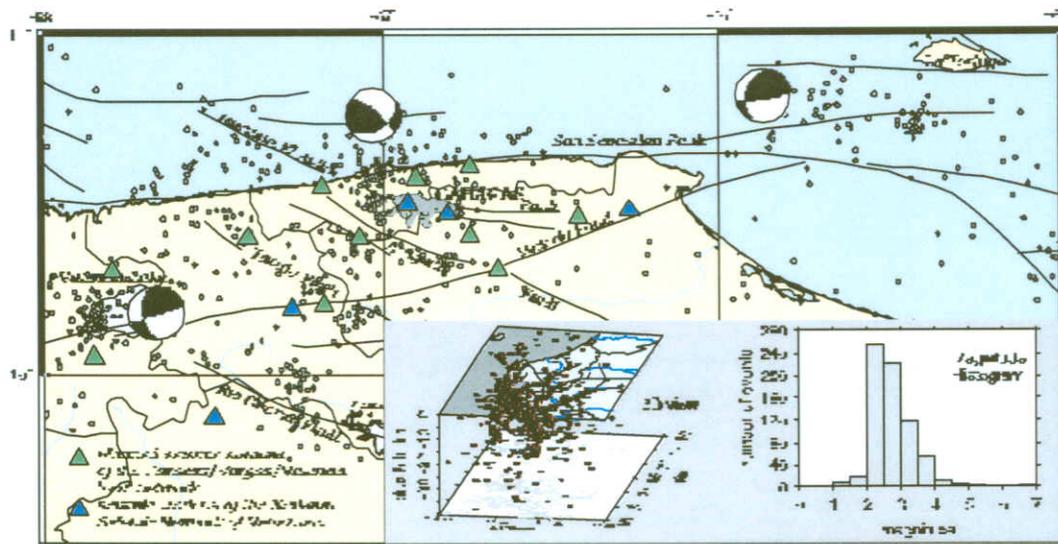
Los estudios de *microsismicidad* requieren en general un número suficiente de eventos sísmicos, alta densidad de estaciones, una configuración apropiada de la red y una alta precisión en la determinación de hipocentros (Sobiesiak, 2000).

### Sismicidad en la Zona Central de Venezuela

La ventana de trabajo se encuentra dentro de la región central de Venezuela, y se delimita entre los 9° y 11° de latitud y los -65° y -68° de longitud, comprendiendo al Distrito Capital, a los Estados Aragua, Miranda, Vargas y parte de los Estados Anzoátegui, Carabobo, Cojedes y Guárico.

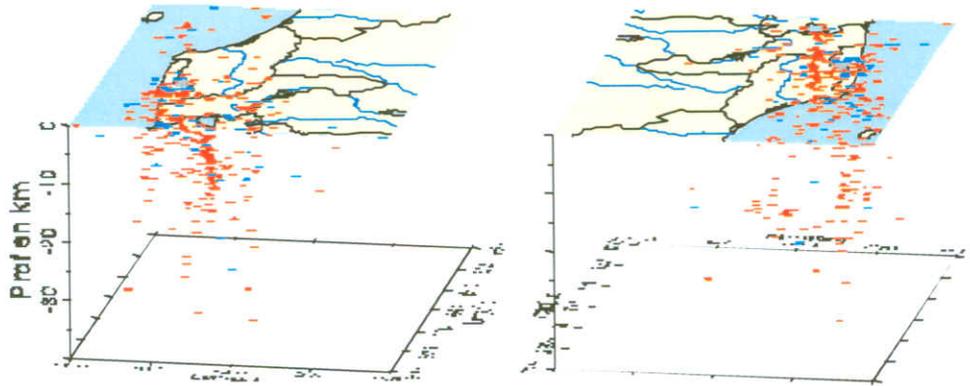
La actividad sísmica en la zona de estudio ha sido monitoreada por las estaciones de la Red Sismológica Venezolana de Apertura Continental (RESVAC). En la figura 1 es posible observar que en gran medida la sismicidad en la zona central se encuentra asociada a un sistema de fallas tectónicas principales del tipo rumbo-deslizante dextrales orientados aproximadamente en dirección este-oeste: San Sebastián, Tacagua - El Ávila y La Victoria, que representa el sistema de fallas activas predominantes. También es posible apreciar regiones en donde esta sismicidad se concentra formando cúmulos, como por ejemplo en los alrededores del lago de Valencia y en la zona de cruce de las fallas de San Sebastián y Tacagua-El Ávila al noroeste de Caracas, así como al sur de la isla de La Tortuga. Adicionalmente a este movimiento este-oeste, los mecanismos focales (ver Figura 1) muestran un movimiento de compresión en la dirección norte-sur que es el responsable del surgimiento de la cadena montañosa en la zona central.

En general, la sismicidad es superficial y se concentra en los primeros 40 Km. de profundidad (ver figura 2) y está caracterizada por una alta tasa de microsismicidad y eventos de magnitud intermedia, sin embargo, esta región se caracteriza por albergar varios de los sismos históricos que han azotado a Venezuela en toda su historia (1812, 1900 y 1967 entre otros) (Schubert, 1981).



**Figura 1:** Distribución Espacial de la Sismicidad en la Zona Central de Venezuela, de la red sismológica existente y ubicación preliminar planificada para la Red Local Caracas/Vargas

Con la red de estaciones sismológicas existentes ha sido posible observar estas características de la sismicidad de la zona central, así como obtener una distribución espacial con la profundidad (ver figura 2) en donde se aprecia una tendencia casi vertical de los hipocentros registrados hasta la fecha (Pérez 1997, Sobiesiak, 2000). Este resultado preliminar es importante pues da una idea acerca de cómo son las orientaciones de las fallas asociadas a esta actividad sísmica con la profundidad también.



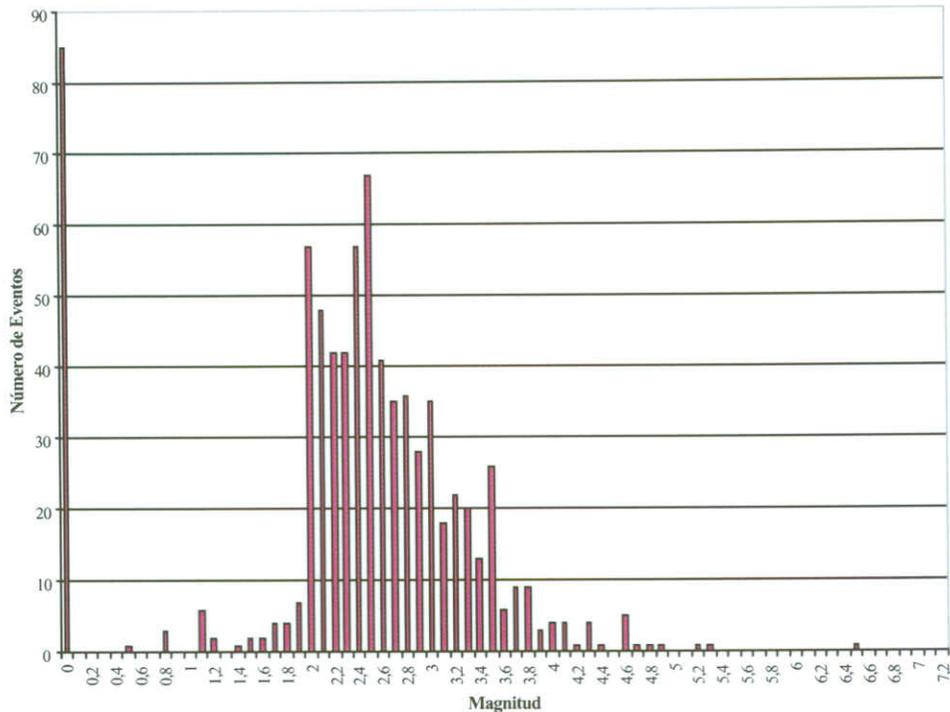
**Figura 2:** Distribución espacial de la sismicidad en la Zona Central de Venezuela  
Base: Funvisis, 1940 hasta Junio 2002

#### Red Local Caracas/Vargas

Un punto importante del proyecto de modernización de la Red Sismológica Nacional es la instalación de 7 redes locales que respaldarán a la red de estaciones banda ancha en las regiones de mayor concentración poblacional y económica de Venezuela. Cada una de ellas cumplirá tareas específicas asignadas de acuerdo a la región donde sean instaladas, entre ellas la región Caracas/Vargas.

Estudios de completitud del catálogo sísmico en la zona central de Venezuela revelan una insuficiencia de registros microsísmicos (Granado, 2000). En el Histograma 1 es posible observar una ausencia de eventos sísmicos de magnitud inferior a 2 que posiblemente no están siendo detectados por la red sismológica existente. Los microsismos son fundamentales para realizar importantes estudios sismológicos en la región, como las posibles interacciones entre la actividad sísmica y deslizamientos inducidos. Este hecho motivó el mejoramiento de la cobertura de dicha área, densificando el arreglo de las estaciones en la zona con la puesta en marcha del proyecto piloto Red Local Caracas/Vargas.

La meta de este proyecto será obtener la distribución espacial y temporal de la sismicidad registrada en la región central de Venezuela (Caracas/Vargas) con los datos adquiridos por la red local y la red nacional, tomando en cuenta los registros ya existentes y el monitoreo de la sismicidad de fondo, microsismicidad y sismicidad intermedia con la finalidad de estudiar la estructura sismo-tectónica de la región, así como obtener una alta precisión en el cálculo epicentral que pueda asociar la sismicidad registrada a las fallas activas de la zona, lo cual hasta el momento es difícil por la cercanía existente entre las diversas fallas geológicas y la red poco densa (un ejemplo de esto lo presenta la sismicidad al sur de la isla de La Tortuga pues hasta la fecha el cálculo hipocentral de los mismos no es lo suficiente preciso como para establecer con certeza cuál es la falla que los origina en cada caso: San Sebastián o La Tortuga). Otro aspecto importante del proyecto es que la red local podrá estudiar con más precisión la sismicidad cercana a la ciudad capital de Caracas generado por la zona de intersección de las fallas de Tacagua – El Ávila y San Sebastián.



**Histograma 1:** Magnitudes Vs Número de Eventos en la Zona Central de Venezuela.  
Base: Funvisis, 1940 hasta 15-06-2002

En la figura 2 es posible observar los sitios probables donde se colocarán las estaciones sismológicas de la Red Local Caracas/Vargas, así como la red existente hasta la fecha. El proyecto se encuentra en progreso y aún se están estableciendo los sitios más adecuados para instalar las estaciones (aquellos cuyos índices de ruido sean los más bajos posibles en el rango de la microsismicidad). En la Tabla 1 se puede observar los lugares visitados hasta el momento, y sus coordenadas geográficas.

### Metodología

El proceso de selección de los sitios más adecuados para la instalación de la Red Local Caracas/Vargas se basa en el estudio de parámetros importantes como geología, topografía, condiciones climatológicas, accesibilidad a los sitios, posibilidad de transmisión de los datos y las fuentes de ruido sísmico de los lugares de interés previamente seleccionados. Un punto importante de este trabajo consiste en el estudio de los niveles de ruido en la determinación de la calidad de estos lugares a través del análisis de espectros para determinar el comportamiento del ruido y seleccionar aquellos que presenten una buena relación *Señal/Ruido*.

Los espectros se realizaron a partir de mediciones hechas con sismómetros Guralp de corto período con tres componentes (modelo CMG-40T-1), similares a los que se utilizarán en la Red Local Caracas/Vargas. El modo de registro fue continuo y la tasa de registro fue igual a 100 muestras por segundo.

El proceso consistió inicialmente en hacer pruebas de sólo 30 minutos, que posteriormente fueron extendidas a 24 horas para poder tomar en cuenta todos las fuentes de ruido que pueden afectar la estación durante un día completo y su posterior cambio de formato ORION (Nanometrics, Inc) a formato ASCII.

Desde el punto de vista matemático, los datos iniciales ya transformados se ajustan a una función arbitraria  $f(t)$  a la cual se le pueda aplicar una transformada de Fourier de la forma: