

# SISMICIDAD REGISTRADA POR LA RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA DURANTE EL TIEMPO DE OPERACIÓN: JUNIO DE 1993 HASTA AGOSTO DE 2002

Enrique Franco, Franklin Rengifo, Dario Llanos, Jorge Pérez, Natalia Bedoya, María Luisa Bermúdez, Samuel Martínez, Juan Duarte, Robert Rengifo y Aníbal Ojeda

INGEOMINAS, Subdirección de Amenazas Geoambientales.  
E-mail: [lefranco@ingecoin.gov.co](mailto:lefranco@ingecoin.gov.co)

## RESUMEN

El presente trabajo describe la ocurrencia de sismicidad en el territorio colombiano, para el periodo de operación de la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC). Se ha encontrado que el 33% de la sismicidad corresponde a eventos superficiales (menor a 30 Km.), el 7% de profundidad intermedia (entre 30 y 70 Km.) y 60% de la sismicidad corresponde a eventos profundos (mayores a 70 Km.); la mayor parte de la sismicidad presenta patrones que se pueden asociar claramente a la tectónica de placas del noroccidente de los Andes, destacándose zonas de mayor actividad. La principal actividad sísmica profunda, se localiza al noroccidente de la Cordillera Oriental y abarca los departamentos de los Santanderes y Boyacá. Otra sismicidad profunda corresponde al proceso de subducción de la Placa de Nazca con la Suramericana, a lo largo de la costa Pacífica cuyos epicentros se encuentran en la zona del Viejo Caldas y norte del Valle. La sismicidad superficial está estrechamente relacionada con los principales sistemas de fallas del territorio nacional y la deformación actual de la corteza. El mayor número de sismos tienen magnitudes entre 2.0 y 4.0, siendo 1.5 el umbral mínimo de detección y 6.7, el evento local de mayor magnitud registrado en la RSNC. El b-value para los eventos locales tiene un promedio de 0.84.

Palabras Claves: Sismicidad en Colombia, sistemas de fallas en Colombia, Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC).

## 1. Introducción.

El territorio colombiano está situado en una zona de convergencia de tres placas tectónicas mayores: la Suramericana, la de Nazca y la del Caribe; actualmente se acercan entre sí, dando origen a deformaciones en la corteza continental, a actividad volcánica y a una intensa actividad sísmica en el país. La Red Sismológica Nacional de Colombia -RSNC- se creó a raíz de los desastres asociados al terremoto de Popayán (1983), la erupción del Volcán Nevado del Ruiz (1985), el sismo de Murindó (1992) y el de Arauca (1993); por lo anterior el Gobierno Nacional se dio a la tarea de brindar a la comunidad información precisa y oportuna, diseñando y operando una red sismológica de cubrimiento nacional. La RSNC, desde sus inicios en junio de 1993 hasta el presente, ha localizado más de 27.000 eventos, con un promedio de 9 eventos diarios en el territorio nacional, dentro de los que se destacan los sismos de Páez, Cauca (6 de junio de 1994, ML=6.4, superficial); Tauramena, Casanare (19 de enero de 1995, ML=6.5, superficial); Calima, Valle (8 de febrero de 1995, ML=6.6, 100 Km.); San Andrés Islas (11 de febrero de 1995, ML=5.3, superficial); Córdoba, Quindío (25 de enero de 1999, ML=6.2, superficial) y Juradó, Choco (8 de noviembre de 2000, ML=6.3, superficial), los cuales han afectado de manera notable a la población. En este trabajo se hace una descripción cuantitativa y cualitativa de los sismos registrados por la RSNC durante su periodo de funcionamiento.

## **2. Distribución de la RSNC.**

La RSNC cuenta con 19 estaciones remotas distribuidas en el territorio colombiano, una estación de Banda Ancha de tres componentes, ubicada en El Rosal (Cundinamarca), la cual pertenece al Sistema Internacional de Monitoreo Sismológico del Tratado de Prohibición Completa de Armas Nucleares (CTBTO) y un centro de adquisición de datos localizada en Bogotá (Tabla 1 y Figura 1). La RSNC está constituido por dos partes principales: Las estaciones remotas, donde se registran y transmiten los datos sismológicos y la estación maestra, en donde se recibe y procesan los mismos. Las estaciones remotas se componen de un Sistema de Detección de movimiento del suelo, el cual cuenta con sismómetros de componente vertical y frecuencia natural de 1 Hz. A su vez, se cuenta con un Sistema de Comunicaciones, el cual transmite la información desde las estaciones remotas hacia la estación maestra a través de un sistema de satélite. En la estación maestra se tiene un Sistema de Adquisición de Datos, el cual recibe las señales en tiempo real en dos computadores dispuestos en paralelo, conectados a una señal de tiempo satelital con almacenamiento de datos en disco duro y CD-ROM.

Posterior a la captura de los datos, se realiza el procesamiento y análisis de las señales sismológicas mediante el programa SEISAN, que permite en pocos minutos la localización y estimación de la magnitud de eventos ocurridos en el territorio nacional, para luego alimentar la base de datos, que se emplea para la producción de boletines periódicos y estudios de sismicidad en el país.

La RSNC inicia su operación en el mes de junio de 1993, en diciembre de este año hay 13 estaciones instaladas de 14 donadas por el gobierno de Canadá; el 22 de abril de 1994 se inaugura oficialmente la RSNC con 15 estaciones, de las cuales 14 se encontraban en funcionamiento, en 1995 se amplía la cobertura con 5 estaciones más, completándose las 20 estaciones con las que cuenta actualmente, su desempeño se observa en la figura 2. En promedio han funcionado anualmente 13 estaciones, siendo las más constantes en el tiempo, Chingaza, Barichara, Prado, Tolima y Cumbal; el año 2000 ha sido el más crítico, cuando solo operaron 10 estaciones como máximo. Adicionalmente, se ha contado con el apoyo continuo de los observatorios sismológicos, ubicados en Manizales, Armenia, Cali, Popayán y Pasto. Para periodos de crisis sísmica, la RSNC cuenta con la Red Portátil, la cual ha trabajado en diferentes sitios del país, tales como Popayán, Nevado del Ruiz, Volcán Cumbal, Norte de Caldas, Medellín, Tauramena, etc.; con los datos obtenidos se han afianzado los conocimientos para una zona específica y se ha hecho caracterizaciones tectónicas de la anomalías presentadas.

En diferentes eventos ocurridos, particularmente en los sismos del 19 de enero de 1995 en Tauramena, el 8 de febrero de 1995 que afectó notablemente la ciudad de Pereira y el del 25 de enero de 1999, causando daños en Armenia y un buen número de municipios del Eje Cafetero; la importancia de la RSNC se ha demostrado brindando una información oportuna a las entidades del Sistema Nacional de Atención y Prevención de Desastres.

## **3. Procesamiento básico.**

Para el procesamiento de los diferentes eventos se emplean como interfaz gráfica el SEISAN y el Hypocenter 3.2 como rutina para localizar; se implementó un modelo de velocidades para todo el territorio nacional (Tabla 2), con el cual se hizo la actualización de la base de datos y se localizan los eventos presentes. La RSNC durante su período de funcionamiento ha registrado más 47360 eventos, de los cuales 1495 son distantes, 711 son regionales y 45154 son locales, de

ESTAC	Nombre	Departamento	Latitud N (°)	Longitud W (°)	Altura (msnm)
ROS	El Rosal	Cundinamarca	4.856	-74.330	3020
CHI	Chingaza	Cundinamarca	4.633	-73.731	3100
BAR	Barichara	Santander	6.643	-73.176	1860
RUS	La Rusia	Boyacá	5.927	-73.076	3360
PRA	Prado	Tolima	3.695	-74.901	410
TOL	Tolima	Tolima	4.589	-75.340	2520
CUM	Cumbal	Nariño	0.860	-77.842	3420
FLO	Florencia	Caquetá	1.514	-75.633	360
HEL	Santa Helena	Antioquia	6.234	-75.548	2790
NOR*	Norcasia	Caldas	5.596	-74.893	510
BET	Betania	Huila	2.681	-75.441	540
CRU	Cruz	Nariño	1.499	-76.952	2740
MUN*	Munchique	Cauca	2.469	-76.957	3010
SOL	Solano	Chocó	6.370	-77.458	50
MAL	Málaga	Valle del C.	4.014	-77.335	50
OCA	Ocaña	N. Santander	8.239	-73.319	1264
GUA	Guaviare	Guaviare	2.545	-72.627	217
KEN	Cerro Kennedy	Magdalena	11.111	-74.048	2560
TUM	Tumaco	Nariño	1.836	-78.726	50
CAP*	Capurganá	Chocó	8.604	-77.358	100

\* Estaciones en reubicación.

Tabla 1. Estaciones de la Red Sismológica Nacional de Colombia

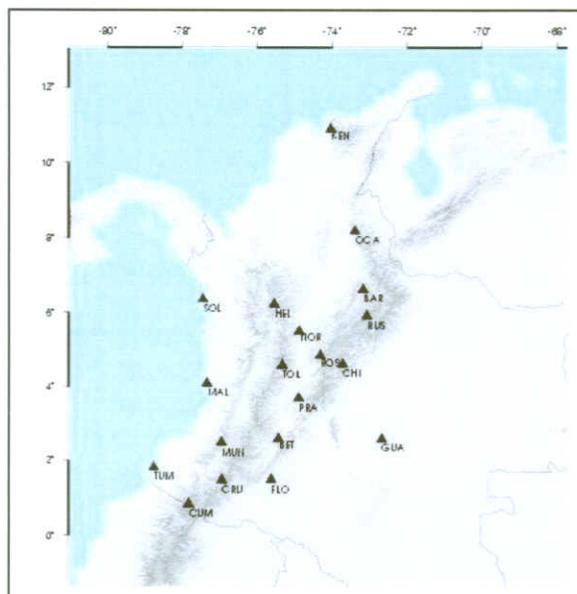
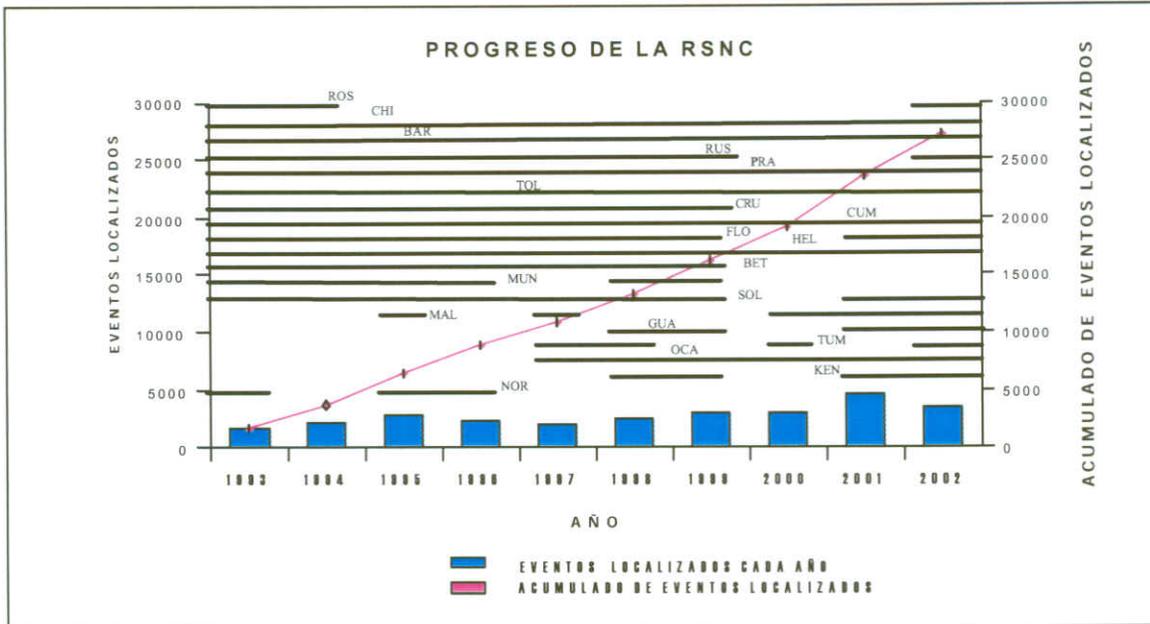


Figura 1. Desarrollo de la RSNC, junio de 1993- agosto de 2002



Capa	Profundidad (Km.)	Velocidad seleccionada (Km./seg)
1	4	4.8
2	25	6.6
3	32	7.0
4	40	8.0
5	100	8.1
Semi espacio		8.2

Tabla 2. Modelo de velocidades utilizado actualmente por la RSNC (Ojeda 2001)

estos últimos se han localizado 27126 eventos, donde los 18028 restantes han sido registrados en menos de 3 estaciones, no siendo posible su localización. Las magnitudes varían: entre  $ML = 1.5$ , como valor mínimo siendo este el umbral de la Red y,  $ML = 6.5$  como máxima reportada hasta la fecha, para el sismo ocurrido en Tauramena (Casanare), el día 19 de enero de 1995 a una profundidad de 17 kilómetros. La RSNC siempre ha reportado magnitudes locales  $ML$ , pero el cálculo de la misma cambió en febrero de 2001, debido a la implementación de SEISAN (Franco et al., 2002).

$$ML = \{a \cdot \log(A)\} + \{b \cdot \log(D)\} + (c \cdot D) + d$$

La anterior es la fórmula original para calcular la magnitud local  $ML$ ; el valor de las constantes  $a$ ,  $b$ ,  $c$  y  $d$ , son tomadas de la relación  $ML$  utilizada en California (Hutton and Boore, 1987). Algunos eventos mayores con magnitud  $ML > 5$ , han sido comparados con agencias internacionales, siendo muy comparables los datos de localización con los obtenidos en la RSNC. El mayor número de sismos tienen magnitudes entre 2.0 y 4.0 (Figura 3), con epicentros que están distribuidos por todo el país (Figura 4), y un rango de profundidades que desde 0 hasta 25 kilómetros (Figura 5). El 33% de la sismicidad local registrada corresponde a la deformación de la corteza, con profundidad menor a 30 Km.; el 7% de la sismicidad se

localiza hipocentralmente entre los 30 y 70 Km.; y, la mayor parte de la sismicidad corresponde los eventos profundos registrados por la RSNC, con rangos entre 130 y 250 kilómetros, la cual cuenta con el 50% de la sismicidad proviene principalmente del conocido Nido Sísmico de Bucaramanga (Santanderes).

#### 4. Recurrencia de magnitudes.

Se hace el cálculo de recurrencia de magnitudes para los eventos registrados durante el tiempo de operación de la RSNC, para esto se usa la relación entre la frecuencia acumulada de sismos y la magnitud, conocida como RELACION GUTENBERG-RICHTER:

$$\text{LOG } N = a - b M,$$

Donde, N es el número acumulado de sismos con una magnitud M igual ó más grande que la magnitud M definida, y donde a y b son constantes que describen el decaimiento de la frecuencia de ocurrencia de eventos con el incremento de la magnitud y se hallan por regresión lineal por mínimos cuadrados. El parámetro b, es la pendiente de la recta del gráfico magnitudes vs. número de eventos acumulados, y define la relación entre el número de sismos pequeños y sismos grandes. Aunque no existe acuerdo sobre si el parámetro b aumenta o disminuye antes de evento fuerte, es claro que éste tiene comportamientos particulares para cada región y que actúa como premonitorio de terremotos mayores (Smith, 1981; Suyehiro, 1966 en Salcedo et Al, 2001).

Usando el catalogo de la RSNC, para el periodo comprendido entre junio de 1993 y julio de 2002, se obtuvo el parámetro b de 0.84, para todos los eventos registrados por la RSNC (Figura 7), el cual, es consistente con el promedio global igual a 2 / 3 (0.67). El parámetro b, también fue obtenido para los diferentes rangos de profundidad utilizados en la RSNC, así:

Para los eventos menores de 30 Km. de profundidad, se obtuvo un parámetro b = 0.86 (Figura 8); para los eventos entre 30 y 70 Km. de profundidad, se obtuvo un parámetro b = 0.66 (Figura 9); para los eventos mayores a 70 km de profundidad, se obtuvo un parámetro b = 0.86 (Figura 10).

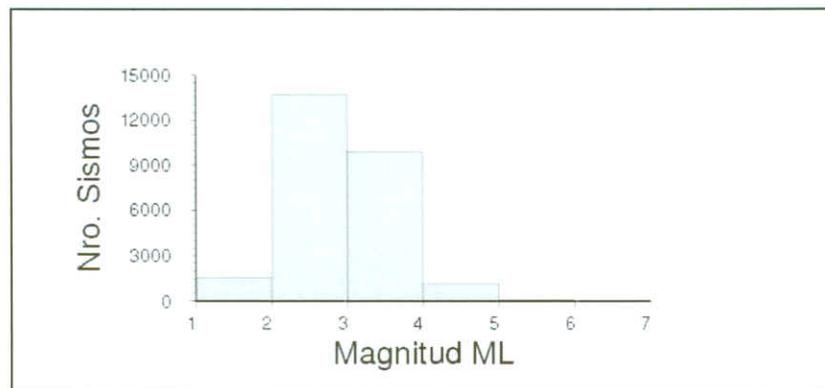


Figura 3. Magnitudes más representativas de la RSNC