

## **COMPARACIÓN DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA COLOMBIANA ANTES Y DESPUÉS DE LA INSTALACIÓN DE LA RED SISMOLÓGICA NACIONAL**

**Josef FARBIARTZ F.\* y Beatriz E. ESTRADA R†.**

### **RESUMEN**

La actividad sísmica registrada por la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) desde el inicio de sus operaciones a mediados de 1993, ha mostrado ciertas variaciones con respecto a la sismicidad conocida antes de su instalación.

En este trabajo se comparó la información deducida de los datos del catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995) desde 1566 hasta 1993, con la información coleccionada de los sismos registrados por la RSNC desde junio de 1993 hasta octubre de 1999.

El análisis muestra una importante actividad superficial, registrada por la RSNC, asociada principalmente con fallas geológicas activas, que no se presenta en el catálogo sísmico Colombiano del INGEOMINAS. Además, se presentan diferencias en cuanto a la localización de las principales zonas sismogénicas colombianas.

### **ABSTRACT**

The seismic activity registered by the Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) from the beginning of its operation in the middle of 1993, have shown some variations related with the known seismicity before its installation.

In this paper deductions based on data from the colombian seismic catalog (INGEOMINAS, 1995) from 1566 to 1993, is compared with those based on earthquakes registered by the RSNC from June 1993 to October 1999.

The analysis shows an important superficial activity, registered by the RSNC, mostly associated with active geological faults, which do not appear in the colombian catalog. Furthermore, there are differences related with the location of the principal colombian seismic sources.

### **MARCO GEODINÁMICO COLOMBIANO**

Colombia, por su localización en la esquina noroccidental de Sur América, es un país de alta actividad sísmica, generada por un complejo marco geodinámico de convergencia de placas, que se ha interpretado como el resultado de la interacción de tres grandes placas tectónicas: la placa Nazca, la placa Caribe y la placa Sur América, y la presencia de una a tres microplacas.

---

\* Director, Centro de Procesamiento de Información Sismológica (CPIS). Facultad de Minas, Universidad Nacional, Sede Medellín. Email: cpis@perseus.unalmed.edu.co

† Operadora, Centro de Procesamiento de Información Sismológica (CPIS). Facultad de Minas, Universidad Nacional, Sede Medellín. Email: cpis@perseus.unalmed.edu.co

Pennington (1981), propone el Bloque Andino, constituido por los Andes Septentrionales, como una pequeña placa separada del resto de Sur América por la zona de falla frontal de la Cordillera Oriental. El Bloque Andino se localiza entre las placas Nazca y Sur América como se esquematiza en la figura 1 y posee un movimiento hacia el NNE con relación al resto de Sur América.

Adameck y Frohlich (1988), proponen la presencia de la microplaca Panamá localizada como se muestra en la figura 1 y la presencia de la microplaca Coiba al sur de la microplaca Panamá, en la región delimitada entre la Zona de Fractura de Panamá al oeste y la zona de subducción al este, y al norte y al sur limitada por límites transcurrentes.

Kellogg (1989) propone la presencia de dos bloques o microplacas: la microplaca Panamá y el Bloque Andino Norte.

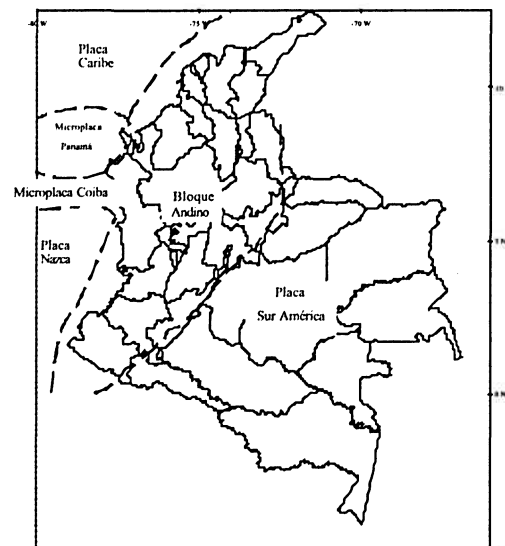
Aunque no se ha llegado aún a determinar los límites definitivos entre algunas de las placas y microplacas presentes en Colombia, en general, se acepta que en la esquina noroccidental de Sur América, la placa Nazca (ubicada en el océano Pacífico) está subduciendo al continente Suramericano en dirección al este, la placa Caribe (ubicada en el océano Atlántico) subduce a Suramérica en dirección sureste y la placa Sur América (localizada al este del continente Suramericano) se considera casi estática, aunque algunos autores sugieren un desplazamiento hacia el oeste (Pennington, 1981, Page, 1986, Hincapié, 1994, Freymuller et. al., entre otros).

La microplaca Panamá posee un movimiento hacia el este – sureste, que produce un choque con la parte norte de los Andes (Hincapié, 1994, Kellog, 1989).

Este choque puede producir un cabalgamiento de la microplaca Panamá sobre Colombia (Hincapié, 1994).

De acuerdo con las mediciones a partir de sistemas globales de posicionamiento (GPS) realizadas por Kellogg et al (1990, 1994 y 1995), se concluye que la placa Nazca subduce bajo Sur América a una tasa de aproximadamente 51 mm/año, la placa Caribe lo hace a una tasa de 8mm/año hacia el sureste, la microplaca Panamá esta en una colisión continua con el Bloque Andino y este se desplaza hacia el noreste a razón de 6mm/año.

Este complejo marco geodinámico es la causa de la actividad sísmica generada en el país.



**FIGURA 1.** Esquema de la distribución de placas tectónicas en

## **REGISTRO DE LA ACTIVIDAD SÍSMICA EN COLOMBIA**

La información sísmica se divide en histórica e instrumental. En el país, la primera hace referencia a los eventos sísmicos reportados desde la época de la conquista, por medio de crónicas en las que registraban los movimientos fuertes que se generaban en el territorio colombiano y las poblaciones que afectaban. En los registros históricos no se tiene ninguna medida instrumental del evento y la información disponible depende, en gran parte, de la forma como el observador percibía el evento, involucrando mucha incertidumbre en la localización y magnitud asignadas.

La información instrumental hace referencia a los sismos que son registrados por medio de aparatos especializados para su medición, de los cuales puede extraerse información referente a la localización del evento, magnitud y profundidad, entre otros. La medida instrumental de los sismos data de finales del siglo pasado. En Colombia el primer aparato utilizado para éste fin se instaló en 1923. En 1943 se creó el Instituto Geofísico de los Andes, constituyéndose como la primera red sismológica Colombiana. A partir de entonces se han creado otras redes locales como la de los observatorios vulcanológicos de Manizales, Pasto y Popayán, el Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano (OSSO) en 1987 y más recientemente, la Red Sismológica Nacional de Colombia (RSNC) a mediados de 1993.

Con el tiempo se han formado varios catálogos sísmicos que contemplan tanto información sísmica histórica e instrumental, registrada en Colombia y en observatorios sismológicos internacionales.

Una de las recopilaciones más completas fue realizada por INGEOMINAS en 1995 en la que actualizó el catálogo de sismos de Colombia.

### **Catálogo INGEOMINAS (1995)**

El INGEOMINAS actualizó el catálogo sísmico para Colombia hasta 1995, discriminando réplicas y eventos premonitorios con el fin de preparar los datos para el cálculo de las tasas de recurrencia de las magnitudes (INGEOMINAS, 1995).

En la preparación del catálogo de sismos de Colombia (INGEOMINAS, 1995) se tomaron como referencias principales el Catálogo de Terremotos para América del Sur en la parte colombiana, para el periodo 1566 a 1981; la Actualización de la Información Sísmica de Colombia, periodo 1980 a 1987; el catálogo del Observatorio Sismológico del Suroccidente Colombiano, OSSO, de la Universidad del Valle, Cali – Colombia, para el periodo 1987 a 1990; el catálogo de la Red Sismológica Nacional de Ingeominas de 1993 a 1995; el catálogo del ISC de 04 a 1993; el catálogo del NEIC de 1566 a 1995; y los estudios recientes de sismicidad histórica de Colombia.

Para el presente trabajo se consideraron los registros desde 1566, año del primer registro sísmico en Colombia, hasta 1993, año en que comenzó la operación de la RSNC.

## Red Sismológica Nacional De Colombia (RSNC)

La RSNC comenzó sus operaciones en el mes de abril de 1993 con 14 estaciones sismológicas remotas distribuidas a lo largo del Bloque Andino y una estación maestra ubicada en Santafé de Bogotá. Actualmente la red posee 17 estaciones remotas (figura 2 y tabla 1) y tiene presupuestado completar 24 estaciones distribuidas en los lugares que se consideran más susceptibles a la acción de terremotos. De estas estaciones la más cercana a Medellín se encuentra en el corregimiento de Santa Helena (Antioquia).

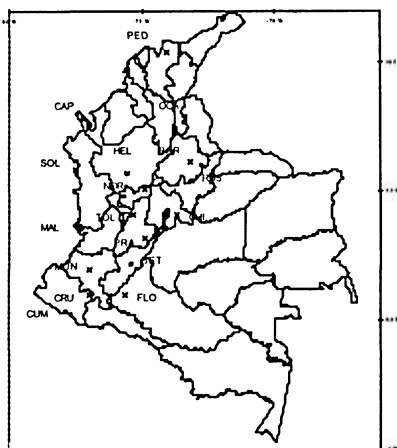


FIGURA 2. Estaciones sismológicas de la RSNC.

TABLA 1. Estaciones de la Red Sismológica Nacional de Colombia y su ubicación.

Código	Nombre	Departamento	Latitud (grados N)	Longitud (grados W)	Altura (m.s.n.m.)
PED	San Pedro de la Sierra	Magdalena	10.91	74.05	1600
CAP	Capurganá	Chocó	8.30	77.20	50
OCA	Ocaña	N. Santander	8.20	73.40	1200
BAR	Barichara	Santander	6.64	73.18	1860
HEL	Santa Helena	Antioquia	6.23	75.55	2790
SOL	Bahía Solano	Chocó	6.37	77.46	50
RUS	La Rusia	Boyacá	5.93	73.08	3360
NOR	Norcasia	Caldas	5.60	74.89	510
CHI	Chingaza	Cundinamarca	4.63	73.73	3100
TOL	Nev. Tolima	Tolima	4.59	75.34	2520
MAL	Bahía Málaga	Valle	4.10	77.35	50
PARA	Prado	Tolima	3.70	74.90	410
BET	Betania	Huila	2.68	75.44	540
MUN	Munchique	Cauca	2.47	76.96	3010
CRU	La Cruz	Nariño	1.50	76.95	2740
FLO	Florencia	Caqueta	1.51	75.63	360
CUM	Cumbal	Nariño	0.86	77.84	3420

Las estaciones remotas se comunican con la estación maestra vía satélite; cuando se genera un sismo la información llega a Bogotá inmediatamente.

La correcta localización de los eventos requiere que se incorpore al programa información relacionada con las características propias del lugar donde se pueden generar los sismos. Los programas de localización necesitan información sobre la distribución de las estaciones en el territorio, valor promedio de profundidades locales, número máximo de iteraciones que el usuario desea que realice el programa de localización etc., además de un modelo de la corteza terrestre en el que se especifiquen las velocidades de las ondas sísmicas a diferentes profundidades. El modelo de corteza que se utiliza está concebido como una serie de capas paralelas de diferentes espesores y en las cuales las velocidades de las ondas sísmicas varían de una capa a otra. La RSNC adoptó para Colombia, el siguiente modelo (Tabla 2):

**TABLA 2.** Modelo de corteza utilizado para la localización de los sismos en la RSNC. (RSNC, 1993)

PROFUNDIDAD DE LA CAPA (km)	VELOCIDAD DE LAS ONDAS P (km/s)	VELOCIDAD DE LAS ONDAS S (km/s)
0-2	4	2.2
2-5	5.5	3.1
5-25	6.4	3.6
25-35	7.1	4.1
>35	8.1	4.6

Para los modelos de corteza la RSNC utiliza una relación entre las velocidades de las ondas internas  $V_p / V_s$  de 1.74 (RSNC, 1993).

El modelo involucra considerables errores en la localización ya que, mientras no exista mayor información, hay que asumir que Colombia está constituida por una serie de capas paralelas y homogéneas a lo largo de toda su profundidad y que el espesor de la corteza continental es constante en todo el país, lo cual difiere mucho de la realidad. Sin embargo, a pesar de estas imprecisiones, la información Sismológica procesada por la Red ha aportado gran conocimiento en el campo de la sismología en Colombia.

La RSNC también provee resultados acerca de la magnitud Richter o magnitud local ( $M_L$ ) del evento. El cálculo de la magnitud se hace con base en la máxima amplitud del sismograma y en el periodo correspondiente.

Los sismos seleccionados para este estudio corresponden a los eventos con mayor coincidencia entre los tiempos de llegadas de las ondas P y S observados en los registros, y los tiempos calculados con el modelo de corteza. Se seleccionaron los sismos que tuvieran diferencias de tiempo menores que  $1 \text{ s}^\ddagger$ .

<sup>‡</sup> Esta diferencia se calcula con base en la raíz cuadrada de los promedios de las llegadas calculadas para todas las estaciones que registren el evento; este parámetro se conoce como RMS (Root Mean Square).



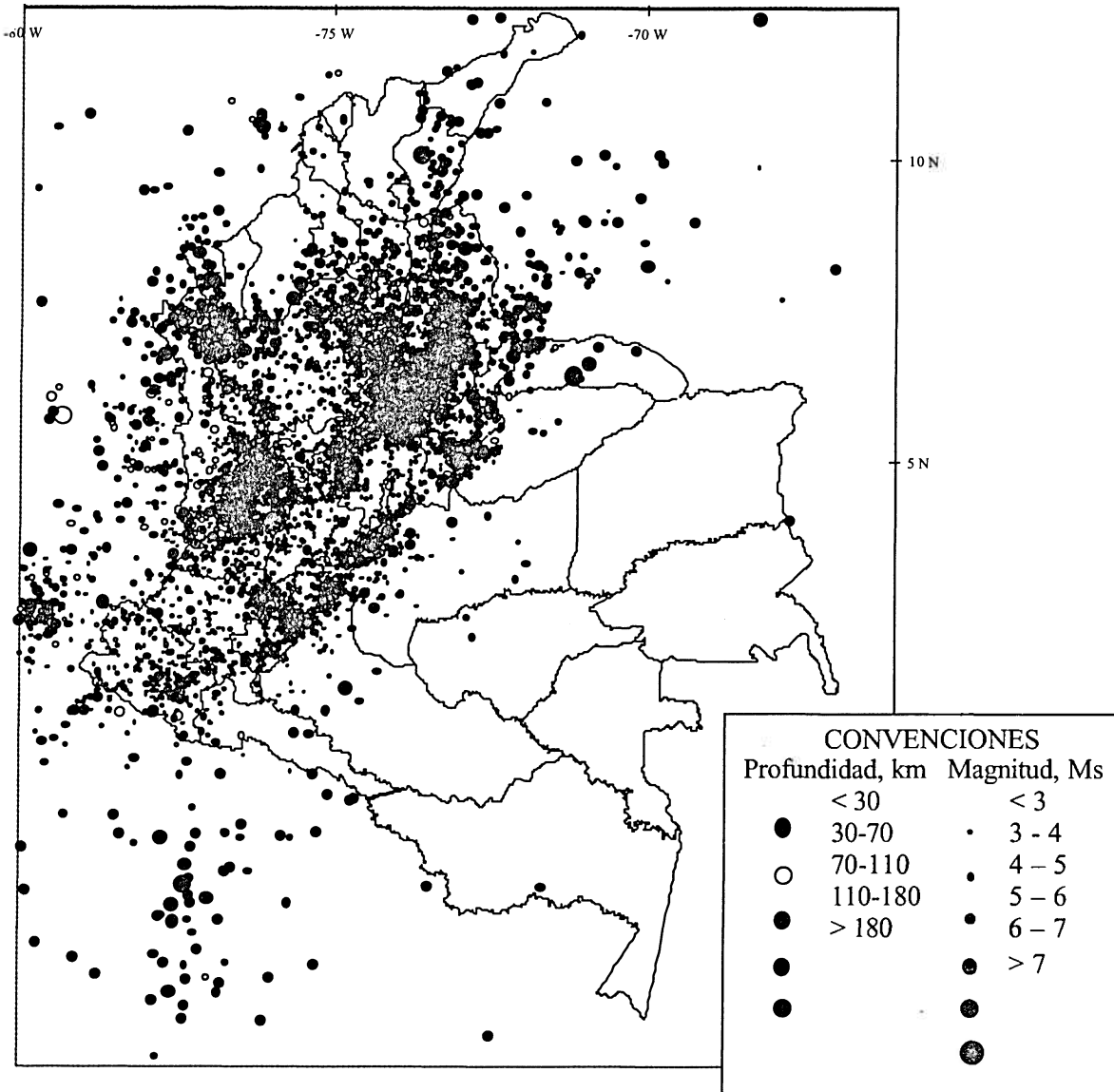


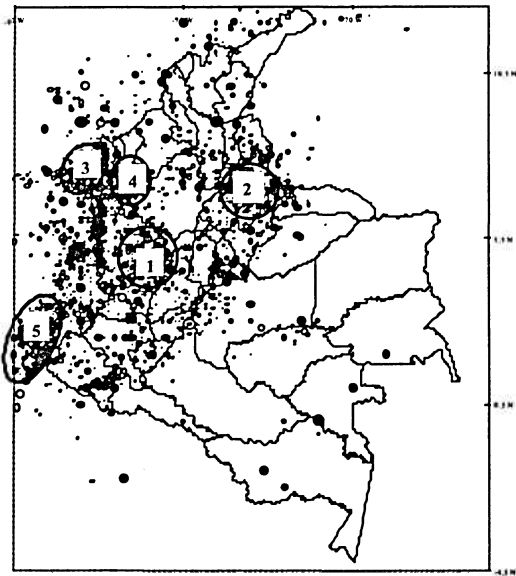
FIGURA 4. Actividad sísmica registrada por la RSN

En general, en los dos mapas se observa que la actividad sísmica se concentra en el Bloque Andino y en la Costa Pacífica, en contraste con la escasa sismicidad de los Llanos orientales.

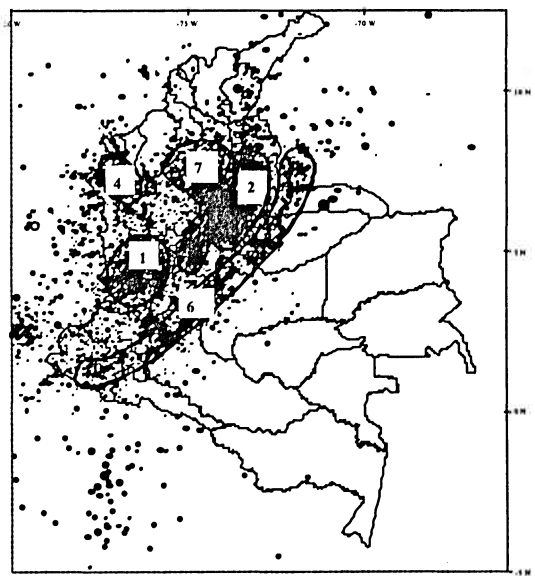
La concentración de actividad en el Bloque Andino, se debe a que este actúa como cuña ubicada entre las placas Nazca, Caribe, Sur América y la microplaca Panamá, en la cual se disipa la energía acumulada por los movimientos relativos entre las placas.

En el mapa que muestra la actividad sísmica registrada por la RSNC se observa una marcada actividad superficial, que puede asociarse en su mayoría con fallas geológicas activas, que no se presenta en el catálogo sísmico colombiano. Esto se debe, en parte a que muchos de estos eventos poseen magnitudes muy pequeñas que sólo pudieron ser registrados con la instalación de la RSNC. Se debe tener en cuenta además que en el catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995) se discriminaron réplicas y eventos premonitorios muchos de los cuales poseen magnitudes pequeñas.

En las figuras 5 y 6 se representan esquemáticamente algunas de las zonas sismogénicas más importantes de Colombia, determinadas a partir de la localización de los eventos del catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995) y la RSNC.



**FIGURA 5.** Esquema de algunas zonas sismogénicas registradas en el catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995)



**FIGURA 6.** Esquema de algunas zonas sismogénicas registradas por la RSNC



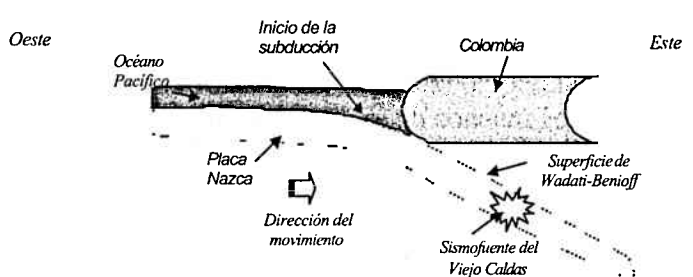
## Zona de Benioff del Viejo Caldas

En los mapas de las figuras 5 y 6, la zona sismogénica denominada del Viejo Caldas está representada con el número 1.

La actividad sísmica de esta zona sismogénica está relacionada con la porción de placa que se encuentra bajo Colombia, llamada superficie de Wadati-Benioff como se esquematiza en la figura 7.

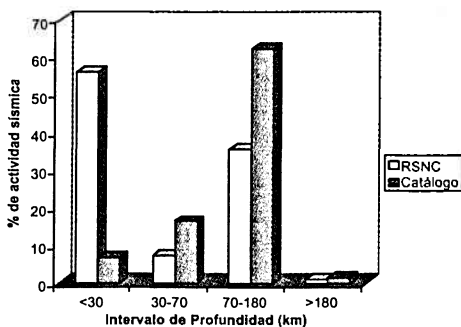
En los registros del catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995), la concentración de la sismicidad se presenta, principalmente, por debajo de los Departamentos de Quindío, Risaralda y norte del Valle del Cauca, por esta razón se le ha llamado sismofuente del Viejo Caldas. Según los datos del catálogo, antes de la instalación de la RSNC, el 79%

de la actividad sísmica en esta zona se concentró entre 30 y 180 km, con el 62% generándose entre 70 y 180 km. Además de la sismicidad asociada con la superficie de Wadati-Benioff, existe una actividad superficial asociada a fallas geológicas en la zona que corresponde sólo al 7% de la actividad sísmica en la región.



**FIGURA 7.** Esquema del proceso que da origen a la zona sismogénica del Viejo Caldas

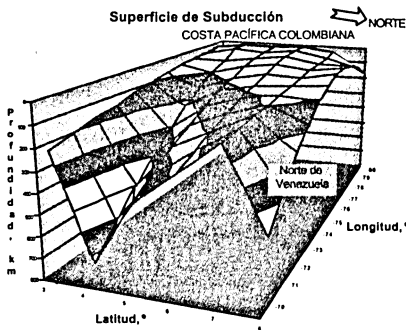
Según los datos de la RSNC, la actividad sísmica en esta zona se concentra por debajo de los Departamentos de Quindío, Risaralda, centro y norte del Valle del Cauca y Occidente del Chocó. Contrario a los registros del catálogo, la mayor parte de la actividad sísmica en la región, el 56%, corresponde a actividad sísmica superficial no asociada con la superficie de Wadati-Benioff de la placa Nazca sino con fallas geológicas. El 43% se genera entre 30 y 180 km, con el 36% generándose entre 70 y 180 km. En la figura 8 se presentan los resultados anteriores.



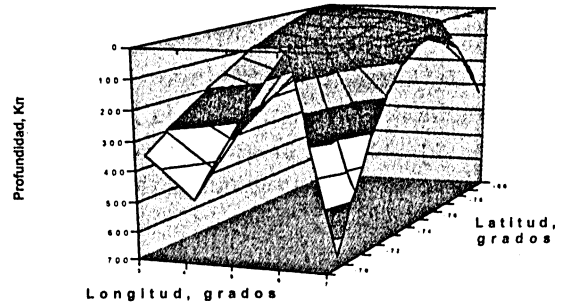
**FIGURA 8.** Comparación de los registros del Catálogo sísmico (INGEOMINAS, 1995) y de la RSNC

La importancia de la actividad sísmica superficial en esta región, evidenciada desde la instalación de la RSNC, quedó confirmada con el sismo del 25 de enero de 1999 conocido como el terremoto del Quindío, asociado a una de las fallas del sistema Romeral.

Algunos autores (Hincapié, 1994) han sugerido la existencia de un plegamiento de la superficie de Benioff de la placa Nazca a 4° de latitud norte. Los datos analizados en ambos catálogos, que se representan en las figuras 9 y 10, parecen confirmar esta tendencia.



**FIGURA 9.** Tendencia de la subducción de la placa Nazca según los datos del catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995)



**FIGURA 10.** Tendencia de la subducción de la placa Nazca según los datos de la RSNC

### Zona Sismogénica Nido de Bucaramanga

En los mapas de las figuras 5 y 6, la zona sismogénica denominada Nido de Bucaramanga está identificada con el número 2.

Existen varias teorías para explicar la marcada actividad sísmica en el Nido.

Las principales diferencias entre los datos de los dos catálogos analizados están relacionadas con el tamaño del Nido. Según los registros del catálogo sísmico nacional, la sismicidad se presenta por debajo del norte del Departamento de Santander. El 80% de los registrados tienen profundidades entre 110 y 180 km, de estos el 16% posee profundidades entre 150 y 160 km.

Según los datos de la RSNC, la sismicidad profunda en esta región no está restringida a la zona norte del Departamento de Santander, por el contrario se extiende en dirección noreste desde el norte de Cundinamarca, oeste de Boyacá, Santander y suroeste del Departamento de Norte de Santander como se aprecia en las figuras 4 y 6. Los registros de la RSNC muestran que el 99% de los eventos en esta región se han generado entre 110 y 180km, correspondiendo al 86.5% los eventos los generados entre 150 y 160 km.

Toboada, et al (1999), después de analizar los registros de la RSNC, sugieren que el Nido de Bucaramanga está localizado en una paleo placa Caribe y que la actividad allí producida corresponde a una zona de inflexión dentro de esta placa oceánica.

## Zona Sismogénica del Darién

En el mapa de la figura 5, la zona sismogénica del Darién está identificada con el número 3. Los datos sísmicos anteriores a la instalación de la RSNC, muestran una importante actividad sísmica cerca al límite entre Colombia y Panamá, que se interpretó como resultado del Choque de la microplaca Panamá con el Bloque Andino (Hincapié, 1994, Restrepo, 1995).

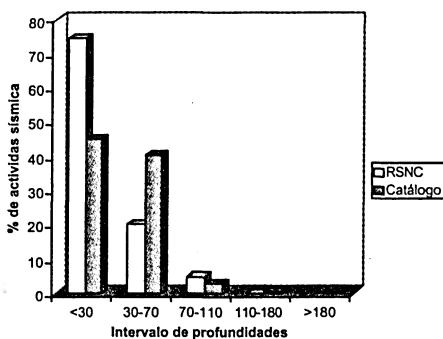
Los registros del catálogo sísmico Colombiano muestran claramente esta zona sismogénica, sin embargo, la RSNC no la registra. La actividad sísmica registrada por la RSNC se localiza al este de la región señalada y parece más relacionada con lo que se denomina zona sismogénica de Murindó.

Esta diferencia puede estar relacionada con una mejor localización de los eventos aportada por la RSNC que demeritaría la existencia de la zona sismogénica del Darién, o bien con un proceso de acumulación de energía en esta sismofuente que no ha generado sismos en los últimos años que pudieran ser registrados por la RSNC.

## Zona Sismogénica de Murindó

Identificada con el número 4 en las figuras 5 y 6, esta zona sismogénica se relaciona con la actividad de fallas geológicas, principalmente con la denominada falla de Murindó. La actividad sísmica en esta región obedece a un complejo régimen tectónico relacionado con la subducción de la placa Nazca, cerca al lugar donde algunos autores ubican su límite norte (7°N) y con el choque de la microplaca Panamá contra el Bloque Andino.

Los datos del catálogo sísmico colombiano muestran a esta sismofuente ubicada en el noroccidente antioqueño. Según estos registros el 45% de la actividad sísmica posee profundidades hasta 30 km y el 40% entre 30 y 70 km.

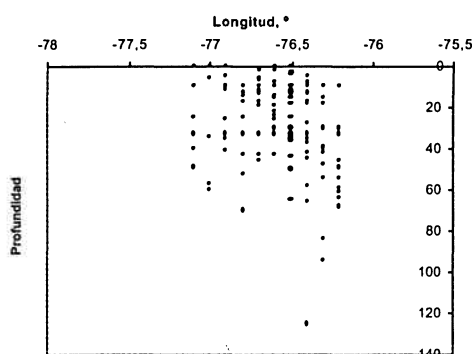


**FIGURA 11.** Comparación de los registros del Catálogo sísmico y de la RSNC en la zona sismogénica de Murindó

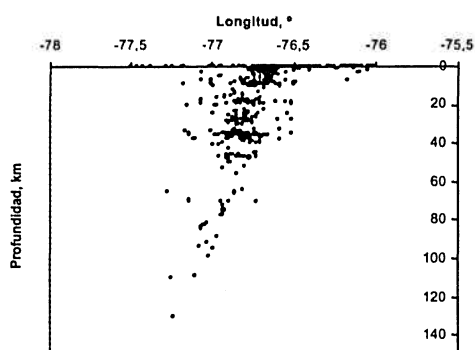
Los datos de la RSNC muestran esta zona desplazada levemente hacia el occidente con respecto a la localización obtenida a partir del catálogo sísmico, y con una tendencia NW, abarcando parte del noroccidente antioqueño y nororiente chocoano. El 74% de los sismos registrados por la RSNC poseen profundidades hasta 30 km y el 20% entre 30 y 70 km (figura 11).

En las figuras 12 y 13 se muestran perfiles obtenidos con base en los sismos localizados alrededor de 7°N, según el catálogo sísmico colombiano y la RSNC respectivamente. La localización el perfil se presenta en la figura 14. Los perfiles muestran marcada diferencias en la tendencia de la actividad sísmica.

En el perfil de la figura 12 se observa cierta tendencia a aumentar la profundidad de la actividad hacia el este, mientras que la tendencia de la actividad sísmica en la zona, según los registros de la RSNC aumenta la profundidad hacia el oeste.



**FIGURA 12.** Perfil a 7°N de la zona sísmogénica de Murindó con base en los datos del catálogo sísmico colombiano (INGEOMINAS, 1995)



**FIGURA 13.** Perfil a 7°N de la zona sísmogénica de Murindó con base en los datos de la RSNC

Si se piensa que cuando la placa Nazca subduce al continente gana profundidad, cabría esperar que los sismos generados por la subducción ganasen profundidad hacia el extremo este, y no el oeste. Sin embargo, esta zona sísmica está localizada en la región que algunos autores identifican como el límite norte del fenómeno de subducción de la placa Nazca. Quizá por esto las profundidades registradas por la RSNC no son consistentes con lo que se conoce del proceso de subducción hacia el sur del país.

### Zona Sísmogénica subducción sur

Esta zona identificada con el número 5 en la figura 5, esta asociada con la subducción de la placa Nazca al sur del país. El catálogo sísmico colombiano muestra una importante actividad en esta región. La mayor parte de los eventos contenidos en el catálogo en esta zona poseen profundidades menores de 70 km, no obstante, cerca del 20% de la sismicidad está registrada con profundidades mayores que 110 km.

La RSNC no ha registrado una actividad sísmica notoria en la zona. Aunque se ha reportado actividad sísmica, principalmente menor de 30 km y de baja magnitud, no alcanza a visualizarse, como una zona sísmogénica importante.

A lo largo de la historia, se ha considerado esta región como una de las más importantes, desde el punto de vista de la amenaza sísmica, sin embargo los registros de la RSNC en la zona no son tan importantes como en otras regiones del país.

Se realizaron los perfiles A-A' y B-B' localizados en la figura 14, con el fin de determinar la tendencia de la actividad sísmica con la profundidad según los datos del catálogo sísmico Colombiano y de la RSNC como se muestran en las figuras 15 y 16.

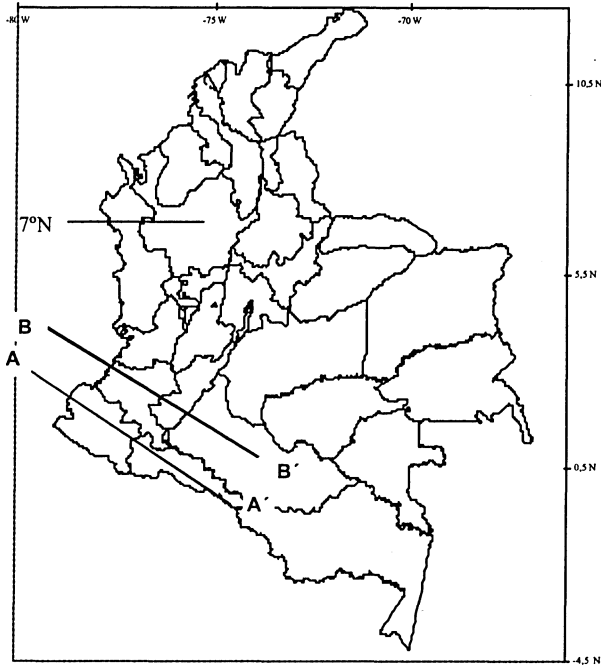


FIGURA 14. Localización de los perfiles.

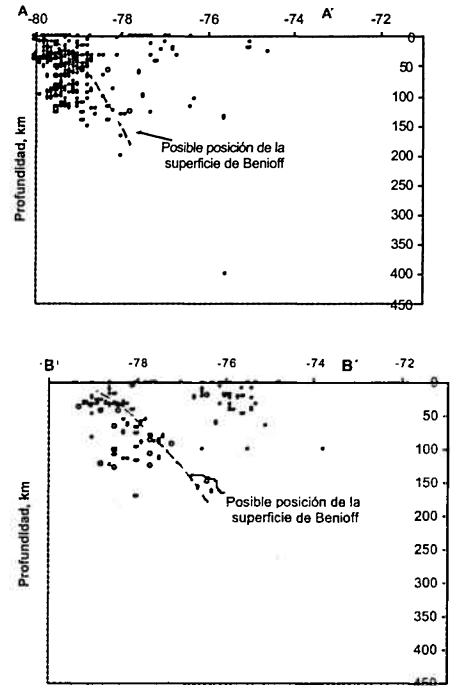


FIGURA 15. Perfiles A-A' y B-B' con la tendencia de la sismicidad al sur del país, según los datos del catálogo sísmico colombiano.

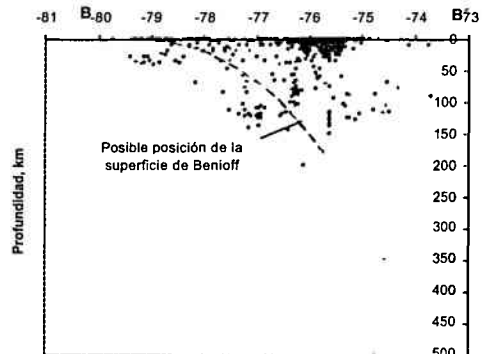
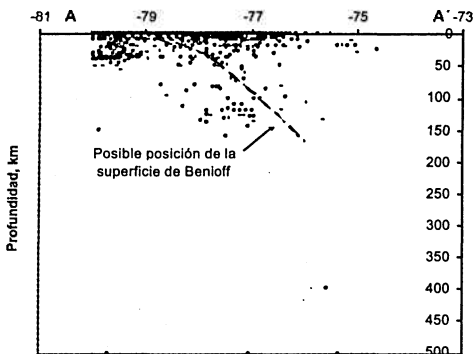


FIGURA 16. Perfiles A-A' y B-B' con la tendencia de la sismicidad al sur del país, según los datos de la RSNC.

Los datos del catálogo sísmico muestran una subducción de la placa Nazca más inclinada que la muestran los registros de la RSNC.

## **Zona Sismogénica del Piedemonte Llanero**

Los registros de la RSNC muestran una importante actividad sísmica superficial en el Piedemonte Llanero Colombiano (identificada con el número 6 en la figura 6), que no es tan evidente en el catálogo sísmico anterior a su instalación. Esta zona, asociada a las fallas activas del Piedemonte Llanero, donde se considera el límite entre la placa Sur América y el Bloque Andino, ha generado, desde la instalación de la RSNC sismos de magnitudes considerables como el del 19 de febrero de 1995 conocido como sismo de Tauramena, asociado con una de las fallas del sistema Guaicaramo.

Los datos de la RSNC en esta región muestran una actividad principalmente superficial a lo largo del límite entre la Cordillera Oriental y los Llanos. Existen dos silencios sísmicos importantes alrededor de 4.5 °N y 6.5°N que merecen especial atención porque pueden estar relacionados con un proceso de acumulación de energía que pueden ocasionar un sismo importante.

Anterior a la instalación de la RSNC, se tienen registros de actividad sísmica importante en la región, como el sismo del 9 de febrero de 1967 con magnitud Ms 7,1. Sin embargo, la actividad registrada en el catálogo sísmico colombiano no se presenta a lo largo del piedemonte, como lo registra la RSNC, sino en “nidos”.

## **Actividad Sísmica Superficial**

Una parte muy importante de la actividad sísmica superficial que ha registrado la RSNC y que no aparece consignada en el catálogo anterior a su instalación, además de la mencionada anteriormente, se concentra principalmente en el oriente antioqueño, en el Departamento de Santander y al occidente de Cundinamarca, y que se cataloga como la zona sismogénica 7 en la figura 6. Esta sismicidad puede asociarse con diferentes sistemas de fallas como el Sistema Palestina, y el sistema de falla Salinas.

Aunque la precisión en la localización de los eventos de la RSNC no es suficiente para asignar un sismo a una falla en particular, sí permite determinar la región donde se está generando la actividad. Los registros de la RSNC muestran que las fallas de esta región son activas.

## **CONCLUSIONES**

- La RSNC ha permitido determinar con mayor precisión la localización de la actividad sísmica en el país, especialmente con respecto a la profundidad.
- Las principales diferencias que presentan los registros de la RSNC y los registros del catálogo anterior a su instalación, están relacionadas con la localización de las principales zonas sismogénicas y con la evidencia de una marcada actividad superficial asociada a fallas activas que no se registraba anteriormente.

- Los registros de la RSNC han permitido determinar la localización más hacia el occidente de la denominada zona de Benioff del Viejo Caldas con respecto a su localización según los registros anteriores a la instalación de la RSNC. Además, se ha evidenciado una importante actividad sísmica superficial en la zona, relacionada con fallas activas.
- Los registros de la RSNC han mostrado significantes variaciones en la localización del denominado Nido de Bucaramanga. Según los datos de la RSNC en esta región la actividad sísmica se genera en una zona mucho más amplia de lo que se había considerado anteriormente, en la que la mayoría de los eventos se registran con profundidades entre 150 y 160 km.
- Los datos de la RSNC no han mostrado actividad importante en la zona conocida como del Darién y en la región de la subducción sur, zonas que tradicionalmente se han considerado muy importantes desde el punto de vista de la amenaza sísmica.
- La RSNC muestra variaciones considerables en las características de la zona sísmogénica de Murindó. Según los datos de la RSNC esta zona presenta una tendencia NW y está localizada al occidente de la localización tradicional.
- La información suministrada por la RSNC confirma la importancia de la actividad sísmica producida por varios sistemas de fallas en el país. Los registros de la RSNC permiten asociar esta actividad con las fallas del Piedemonte Llanero, el sistema Palestina, el sistema Salinas, y el sistema Romeral, entre otros. Con base en la información anterior a 1993, se había subestimado su actividad, dándole mayor importancia a los sismofuentes profundas e ignorando el riesgo de poblaciones cercanas a estos sistemas de fallas que pueden sufrir grandes daños debido a sismos de magnitud relativamente pequeña.
- Es necesario caracterizar con mayor detalle las sismofuentes superficiales para reevaluar la amenaza de poblaciones cercanas que pueden experimentar sismos de alta frecuencia que afectan a edificaciones bajas, entre las que se encuentran la mayor parte de las construcciones con mampostería del país.
- Aunque la operación de la RSNC ha sido muy corta, los datos obtenidos permiten conocer más detalladamente las características de la actividad sísmica en Colombia. Sin embargo, el relativo poco tiempo de registro y los errores existentes en la localización de los eventos, hacen necesario complementar esta información con los registros de observatorios internacionales.

## **BIBLIOGRAFIA**

ADAMECK S., FROHLICH C. Seismicity of the Caribbean-Nazca Boundary: Constraints on Microplate Tectonics of the Panama Region. *Journal of Geophysical Research*. Vol 93 N° B3, p. 2053-2075, 1988.

ESTRADA, B.E. Estudios de Caracterización de una Sismofuente en Función de su Importancia para la Ciudad de Medellín. Medellín, 1998. Tesis. Universidad Nacional de Colombia.

- FREYMULLER J., KELLOGG J., and VEGA V. Plate Motions in the North Andean Region. *Journal of Geophysical Research*. V 98, No 1312. p 21853-21863. December, 1993.
- GALVIS, J., DE LA ESPRIELLA, R. La Gran Falla del Borde Llanero. *Geol Colombiana* No 16, pp.105-110. Bogotá 1988.
- HINCAPIÉ, J.O., Un Modelo de Convergencia de Placas para el Noroccidente Suramericano con Base en Datos Sismológicos. Tesis Facultad de Minas, Universidad Nacional De Colombia. Medellín. 1994.
- INGEOMINAS. Actualización y análisis del catálogo de sismos de Colombia. INGEOMINAS, 1995.
- INGEOMINAS. Red Sismológica Nacional de Colombia. Catálogo sísmico 1993 – 1999.
- KELLOG J. N. Gravity Anomalies and Tectonic Evolution of North Western South America. 10th. Caribbean Geology Conference. Cartagena, 1989.
- KELLOG J. and DIXON T. Central and South America GPS Geodesy CASA Uno. *Geophysical Research Letters*. V 17, No 3. p 195-198. March, 1990.
- PAGE W. D., Geología Sísmica y Sismicidad de Noroeste de Colombia. Woodward-Clyde Consultants, ISA, Integral. Medellín, Colombia. 1986.
- PENNINGTON, W. D., La Subducción de la Cuenca Oriental de Panamá y la Sismotectónica del Noroeste de Sur América, Proyecto Nariño, Instituto Geofísico-Universidad Javeriana. Bogotá, 1981.
- RAMIREZ J.E. Historia de los Terremotos en Colombia. IGAC, Bogotá. Ed.-Andes. 1975.
- RESTREPO C, N. Marco Sismotectónico del Bloque Andino Empleando Sistemas de Información Geográfica. Trabajo de grado, Facultad de Minas, U. Nacional, Medellín, 1995.
- RSNC (RED SISMOLÓGICA NACIONAL DE COLOMBIA). Informe interno de relación de velocidades de onda. 1993.
- TAOBADA, A, ET AL Geodynamics of the Northern Andes: Subductions and Intra-Continental deformation (Colombia). IV International Symposium Andean Geodynamics. 1999.