

ACTIVIDAD SISMICA EN EL DEPARTAMENTO DE SANTANDER

JOSE ALEJANDRO GOMEZ PADILLA*

Geólogo. Universidad Nacional
Bogotá, Colombia

RESUMEN

Los continuos movimientos sísmicos, de la región de Bucaramanga y de los Santanderes hacen que todo el macizo sea sísmicamente activo en una área aproximada a 18.000 kms². Para la región aledaña a Bucaramanga se han reconocido dos focos; el uno localizado entre Umpalá y Cepitá y el otro entre San Vicente y Barrancabermeja, uniendo estos sitios con el punto culminante de la Sierra Nevada del Cocuy, da aproximadamente una línea recta, lo que podría interpretarse como un límite de placa. El trabajo presenta los riesgos sísmicos para la región de los Santanderes con base en terremotos históricamente importantes en Colombia y Venezuela.

INTRODUCCION

Haciendo un análisis global de la región nos permite aceptar que gran parte de la sismicidad de Colombia está relacionada con los movimientos relativos de placas, en la que interactúan las del Caribe-Nazca y Sur América. Se cree que la parte más externa de la Tierra posee una considerable rigidez y resistencia, que se extiende varios kilómetros por debajo de las cortezas Continental y Oceánica con profundidades de 50-100, incluso 400 kilómetros, siendo

* Departamento de Petróleos, Universidad Industrial de Santander.

este último dato particularmente incierto.

El procedimiento seguido en el presente trabajo consistió en analizar instrumental y diariamente los registros de la estación, aclarando que tan sólo ha estado en funcionamiento un sismógrafo de componente vertical (Z) de corto período tipo Benioff de 100 Kg de peso. Los resultados colectados fueron complementados principalmente con los suministrados por la estación de Bogotá.

La principal estación sismológica de Santander localizada en Llano Grande (Municipio de Girón), mejor conocida como estación de Bucaramanga (BCR), sostenida por la Universidad Industrial de Santander (UIS) y a cargo del autor de este trabajo.

Otras estaciones ubicadas en los municipios santandereanos de San Andrés y El Centro, fueron atendidas directamente por el padre Jesús Emilio Ramírez, Director del Instituto Geofísico de los Andes colombianos.

Deseo agradecer específicamente a COLCIENCIAS (Fondo Colombiano de Investigaciones Científicas y Proyectos Especiales Francisco José de Caldas) por la ayuda financiera recibida durante el año 1978, a la División de Investigaciones (hoy Dirección) de la Universidad Industrial de Santander, al Dr. Juan Francisco Pedraza del Departamento de consultas Industriales, al Director y Subdirector del Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Padre Jesús Emilio Ramírez y Rafael Goberna respectivamente por sus generosos aportes en la preparación de este escrito, así como a los colaboradores del Instituto, Juan Duarte, William Arias L., Timoleón Palencia A. Mi reconocimiento muy especial al señor Alvaro Pinzón del Instituto de la Reforma Agraria (INCORA) por la forma como durante varios años (1972-1980) colaboró en el mantenimiento de las estaciones de Santander.

RESEÑA HISTORICA

Al comienzo de los años «60» se reconoció el «Enjambre Sísmico de Bucaramanga» como una de las zonas más sísmicamente activas del mundo. Una apreciable cantidad de estos sismos tienen una magnitud entre 3 y 5. Esto ha motivado con debida justificación el montaje de una estación sismológica en el Departamento de Santander.

A solicitud del Instituto Geofísico de Los Andes la UIS acondicionó un local en las residencias universitarias para el montaje de una estación sismológica.

Sin embargo, este lugar no era el más indicado por diversos motivos, como son su configuración geológica y las continuas vibraciones, que producen los vehículos y personas que merodean el lugar.

En agosto 25 de 1972, se oficializa un contrato a diez (10) años entre la UIS y el Instituto Geofísico de Los Andes Colombianos, con el objeto de montar una estación sismológica en Bucaramanga cuyo sostenimiento y mantenimiento estaría a cargo de la UIS destinando para ellos parte de su personal. La Universidad podrá hacer una interpretación preliminar de los sismogramas obtenidos diariamente y con los informes obtenidos de la estación de Bogotá y de la red nacional se podrá dar un informe completo de los eventos de mayor importancia.

Con el fin de obtener datos mucho más confiables se localizó un sitio más apropiado en la granja del ICA (Instituto colombiano Agropecuario) en el sitio denominado Llano Grande (Municipio de Girón), con el propósito de mantener una estación sismológica permanente; para tal efecto la UIS construyó una caseta en dicho lugar, cuyas coordenadas aproximadamente son: 7° 01' 10" N y 73° 10' 35" W altura sobre el nivel del mar 750 mts. siendo su principal gestor el Doctor Marino Arce H.

A principios de 1975 el Instituto Geofísico con la colaboración de la UIS estableció en el Departamento de Santander dos nuevas estaciones sismológicas temporales; una en San Andrés y la otra en El Centro para cooperar en el estudio de la sismología regional, que se proyectaba hacer en los años siguientes. Así ellas participaron en las investigaciones que se realizaron durante los proyectos SISAN 1975-1976), Nariño II (1976). Estudio sobre la estructura de Los Andes Occidentales de Colombia: Zonas de baja velocidad y obducción» (1976); Proyecto Multinacional de Colombia y Venezuela sobre los Andes del Norte» (año segundo, 1975-1976). Nariño III (1978) y «Continuación del Estudio de la Zona Sísmica de Bucaramanga, Colombia» (1979).

EVOLUCION CRONOLOGICA DE LOS EVENTOS SISMICOS

Los principales datos sobre la sismicidad en Colombia han sido compilados por el Padre Jesús Emilio Ramírez (1969) en el libro «Historia de los terremotos en Colombia», en él se hace un recuento de los terremotos que han tenido lugar en el país desde los tiempos de la conquista (Siglo XVI) hasta el año de 1963.

De los 597 temblores reportados, ciento once (111) tienen epicentro en Santander, y su distribución aparece en la Tabla 1.

TABLA 1.- Sismos en el Departamento de Santander (1566-1963).

	No. DE SISMOS	INTENSIDAD MAXIMA TRIPLE ESCALA	PROFUNDIDAD KM		
			DE	-	A
Barrancabermeja	35	II	(127	a	200)
San Vicente	28	II	35	a	200)
Umpalá	4	I	(166	a	176)
Los Santos	3	I	(150)		
Betulia	3	I			
Piedecuesta	3	I			143
San Andrés	2	I			221
Aratoca	2	I			108
Zapatoca	2	I			
San Luis	2	I			
Socorro	2	I			
Curití	2	I			
Girón	2	I			
La Gómez	1	I			
San Gil	1	I			
Charalá	1	I			183
El Centro	1	II			150
San José	1	I			
Capitanejo	1	I			
Matanza	2	I			
Güepsa	1	II			150
El Playón	1	I			
Infantas	1	I			
TOTAL	111				

* Triple Escala significa que I corresponde aproximadamente a la Escala Internacional de Mercalli a los grados III, IV y V. II a los grados VI, VII y VIII.

En la tabla anteriormente expuesta puede observarse que las localidades de Barrancabermeja y San Vicente presentan la mayor condensación de los temblores y que más del 70% de estos sismos empiezan a contabilizarse desde el año de 1958. Considerándose que durante 1958-1963 un 50% de los epicentros de los pequeños temblores de Colombia son de esta zona y a distancias que varían entre los 255 y 275 km de Bogotá. RAMIREZ (1969) pág 194. Esto no significa necesariamente que el «Enjambre de Bucaramanga» haya estado activo a partir de esta fecha, ya que algunos sismos anteriores a esta época pueden ser atribuidos a esta zona.

TRYGGVASON y LAWSON (1969) basados en datos de la Oficina Geodésica Americana (USCGS) registra la siguiente actividad sísmica.

TABLA 2.- Sismos en el área de Bucaramanga 1963--1968.

AÑO	NUMERO DE SISMOS
1963	32
1964	38
1965	42
1966	41
1967	39
1968	32
TOTAL	224

En las publicaciones del «Instituto Geofísico Universidad Javeriana» (1976-1977) se observa que los temblores con epicentro en Santander durante los años 1967 y 1968 son en total doscientos treinta y tres (233), de estos setenta y uno (71) tuvieron una magnitud igual o mayor a 3,5 y menor que 5, siete (7) temblores con magnitud igual o mayor que 5. (Tabla 3).

PENNINGTON *et al* (1979) basados en estudios sobre la «determinación preliminar de epicentros» de U.S.A., reportó más de 180 eventos dentro del área comprendida entre los paralelos 6.5° N y 7.1° N y los meridianos 72.7° W y 73.3° W con magnitudes de 4.2 o mayores a profundidades de 140 - 175 Km. en el decenio 1964-73.

Al instalarse en el año «72» la estación permanente de Bucaramanga (BCR) en Llano Grande pudo captarse que durante el período de 1972-1977 se reportaron más de cinco mil (5.000) sismos de diferentes lugares del mundo y del país, muchos de ellos con epicentro en la región. A partir del año «78» hasta el 31 de marzo de 1980, fecha en que se da por finalizado el proyecto con COLCIENCIAS, se viene compilando por parte del autor de este trabajo los principales sismos y microsismos en la estación de Bucaramanga (BCR). Así durante el año de 1978 se registraron 1.725 sismos, dando un promedio de 4.7 sismos por día. De estos, 444 han tenido un origen en Santander y su distribución es como sigue:

Temblores (S - P) a menos de 110 km de BCR	56
Temblores (S - P) entre 115 km de BCR	305
Temblores (S - P) a 130 km de BCR	53
Temblores (S - P) entre 135 km - 160 km BCR	30
TOTAL	444

Durante el año de 1979 se reportaron 1.212 sismos (a pesar de que la estación no funcionó un (1) mes). Su distribución fue la siguiente:

Temblores (S - P) a menos de 115 km de BCR	28
Temblores (S - P) entre 120 km - 130 km de BCR	156
Temblores (S - P) a 160 km	29
TOTAL	213

Mientras que durante los meses de enero-febrero y marzo de 1980 de un total de 244 sismos la situación es como sigue:

Temblores (S - P) a menos de 110 km de BCR	10
Temblores (S - P) a 120 km de BCR	60
Temblores (S - P) entre 130 km - 160 km	15
TOTAL	85

CONSIDERACIONES SOBRE LA DISTRIBUCION DE LOS EPICENTROS

La región de Santander se caracteriza por un gran desarrollo microsísmico, que en ocasiones alcanza características alarmantes por su magnitud.

El cálculo de (S - P) para determinar el epicentro parece estar indicando más bien la profundidad del foco. Esta interpretación se debe al hecho de estar los hipocentros muy cerca de la estación receptora; y esta diferencia de tiempo (S - P) sea esencialmente para delimitar profundidad: Su característica principal, fuera de sentirse con mayor intensidad en la región, es la de presentar una marcada diferencia de quince (15'') segundos entre las ondas (S-P) indicando una profundidad del foco de 120 km. Estos sismos representan algo más del 70% de los temblores originados en la región, entre 1978 y 1980 (marzo 31). Mientras que escasamente un 10% corresponden a sismos con diferencias promedios (S-P) de diecinueve (19'') segundos, dando por consiguiente una profundidad de \pm 160 km y clasificándose en cuanto a su profundidad como intermedios.

Los datos colectados permiten distinguir dos nidos principales dentro del «Enjambre de Bucaramanga», uno localizado entre Barrancabermeja y San Vicente y el otro entre Cepitá y Umpalá (Figura 1).

Existen otras regiones como son San Andrés y Guaca caracterizadas por

MAPA DE LINEAMIENTOS GEOLOGICOS ESTRUCTURALES

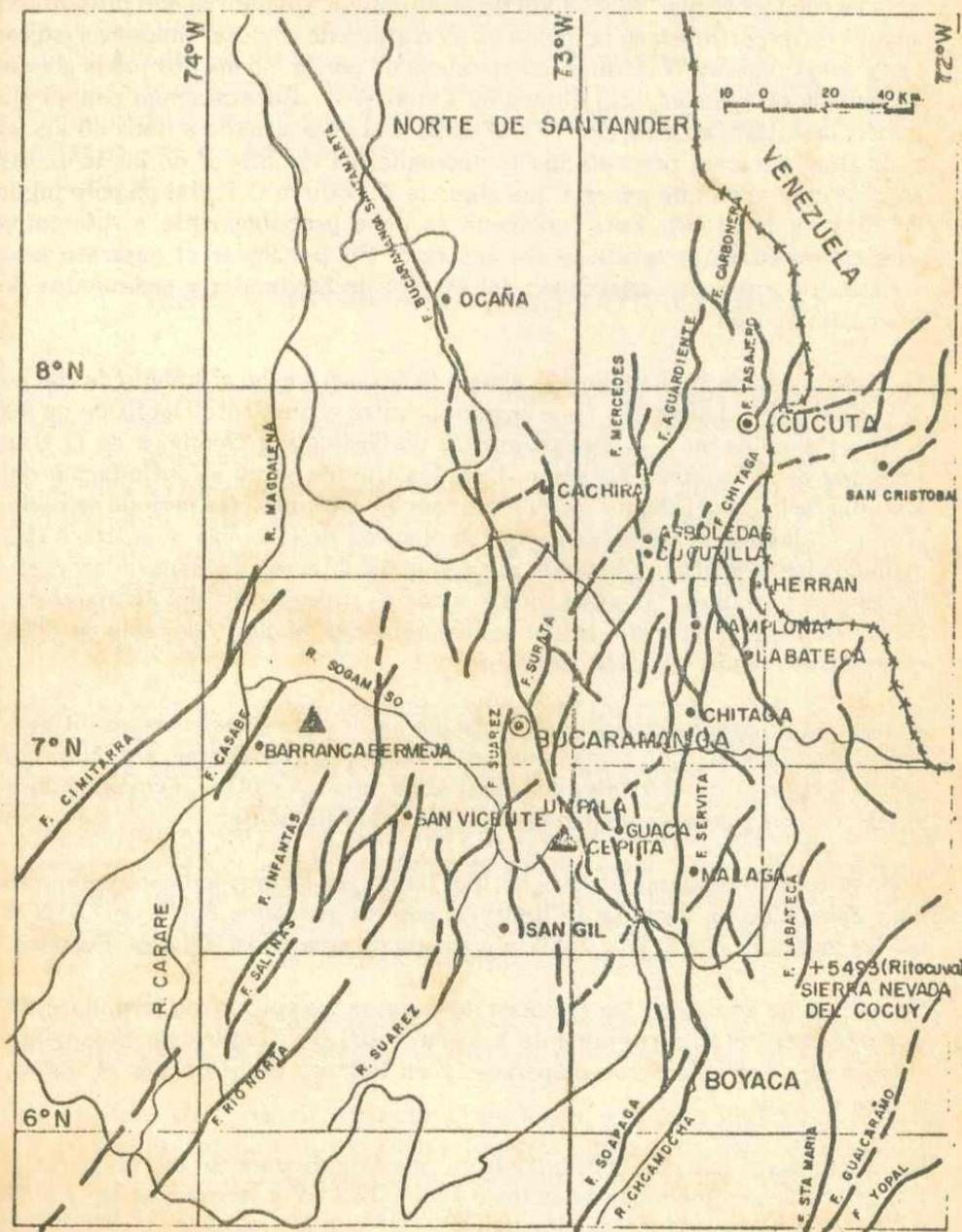


FIGURA 1.- El mapa muestra las principales fallas. Los focos sísmicos están representados por un triángulo (▲) uniendo estos focos con el punto culminante de la Sierra Nevada del Cocuy daría aproximadamente una línea recta.

extraños ruidos sísmicos. Fuera del Departamento de Santander son las regiones de Pamplona, Cúcuta, Arboledas y la zona cercana a la Sierra Nevada de Chita, Güican o Cocuy, que presentan ocasionalmente cierta magnitud. Algunos sismos originados en la Sierra Nevada del Cocuy parecen ser superficiales con focos entre 20 y 33 km de profundidad. Cuando se han presentado sismos de importancia en la región se ha tratado de elaborar mapas de isosistas y éstas parecen confirmar la existencia de por lo menos dos nidos sismotectónicos principales, uno a unos 60 km al W de Bucaramanga con su eje mayor orientado en dirección WNW-ESE y el otro situado a unos 40 km al S de Bucaramanga presentando la anomalía del eje mayor de las isosistas en dirección al rumbo general que sigue la Cordillera Oriental en este lugar (N-20°W a N-30°W). Este fenómeno se debe probablemente a diferentes situaciones litoestratigráficas del sustrato. En particular al sustrato está constituido por rocas cristalinas del Macizo de Santander y sedimentos de diferentes épocas.

Durante el año de 1979 (junio 11 - agosto 9) se llevó a cabo el trabajo de campo del «Proyecto Cooperativo Internacional» entre el Instituto Geofísico de los Andes Colombianos y el Departamento de Geología y Geofísica de la Universidad de Wisconsin, Madison, Estados Unidos sobre «Continuación del Estudio de la Zona Sísmica de Bucaramanga». Durante este período se registraron en las nueve (9) estaciones sísmológicas de Colombia y en trece (13) sismógrafos portátiles ubicados alrededor del Macizo de Santander y a distancias variables, las vibraciones sísmicas procedentes del «Enjambre». Basta decir que en la sola estación de Bucaramanga, el día 19 de junio de 1979, se registraron unos 100 eventos sísmicos.

Aunque el procesamiento y análisis de los datos obtenidos en estas últimas investigaciones, han de tomar bastante tiempo de terminarse, sin embargo se han podido precisar ya algunos resultados de estas y otras investigaciones anteriores, las cuales se pueden resumir del modo siguiente:

Todo el macizo es sísmicamente activo. La mayor sismicidad está comprendida dentro de un rectángulo limitado por los paralelos 6.5°N y 7.5°N y por las longitudes 72.5°W y 74°W abarcando un área de 18.000 km², Figura 1.

Fuera de esta zona y en las regiones inmediatas los epicentros terminan por la parte occidental abruptamente a lo largo del río Magdalena. Solamente existen algunos epicentros dispersos y en número reducido por el norte, el este y el sur.

La mayor densidad está concentrada en una faja de unos 30 km de ancho y 130 km de largo, que empieza en los 6.7°N y 72.7°W y termina en los 7.2°N y 73.9°W y tiene una inclinación de unos 23° con los paralelos en dirección ESE a WNW. En los extremos de esta zona se pueden distinguir dos centros

más densos: El uno está en la latitud 6.8°N y longitud 73°W , cerca de Umpalá, y el otro en latitud 7.1°N y longitud 73.7°W al W de Bucaramanga.

La mayoría de los temblores tienen una profundidad menor de 170 km y una magnitud de 3 a 5 grados. Los de profundidades mayores son muy pocos y solamente uno llega a los 328 km en el centro de la región. En cambio los de profundidades inferiores a 70 km son más numerosos, llegando a un 5.6%. La mayoría de estos se encuentra en la región media y occidental de la faja. Por su parte las magnitudes mayores de 5 constituyen un 40% y se encuentran en los dos centros más densos.

LINEAMIENTOS GEOLOGICOS ESTRUCTURALES

Al tratar de correlacionar esta zona sísmica con la geotectónica regional se puede observar que en términos generales coinciden las direcciones de la faja sísmica y la orientación del río Chicamocha o Sogamoso; esta dirección define una zona tectónicamente importante de la Cordillera Oriental de Colombia, ya que la dirección general SSW-NNE de esta cordillera tuerce de repente hacia NNW precisamente en la latitud 6.5 y longitud 72.2°W , en donde comienza la faja sísmica. Por otra parte en esta región se encuentra el punto más alto de la cordillera que alcanza los 5.493 metros de altura (Ritacuva) en la Sierra Nevada del Cocuy.

Además toda la faja sísmica está sumamente fracturada y fallada en todas direcciones. Las fallas más importantes, como las de Bucaramanga, Suárez, La Salina, Infantas, Servitá, etc. tienen dirección general S-N, pero otra serie de fallas menores cruzan la región central en varias direcciones especialmente NW-SE. Sin embargo, los epicentros de los temblores localizados dentro de la región no se han podido correlacionar con alguna de estas fallas en particular, sobre todo los sismos de focos más profundos. Estudios previos habían asignado el centro más denso de sismos un volumen de 10 km^3 en la latitud 6.8°N y 73.1°W y a una profundidad entre 155-160 km.

Por medio de sismógrafos portátiles colocados alrededor del macizo el promedio de microtemblores registrables de este centro se calcula en 300 por mes.

Al efectuar una análisis estructural de los rasgos más importantes de la geotectónica colombiana, representados en la figura 2, emergen de este análisis ciertas orientaciones que podrían individualizarse en grandes unidades de fajas sísmicas.

- 1) Unidad Pie de Monte Llanero, cuyo límite es el borde oriental de

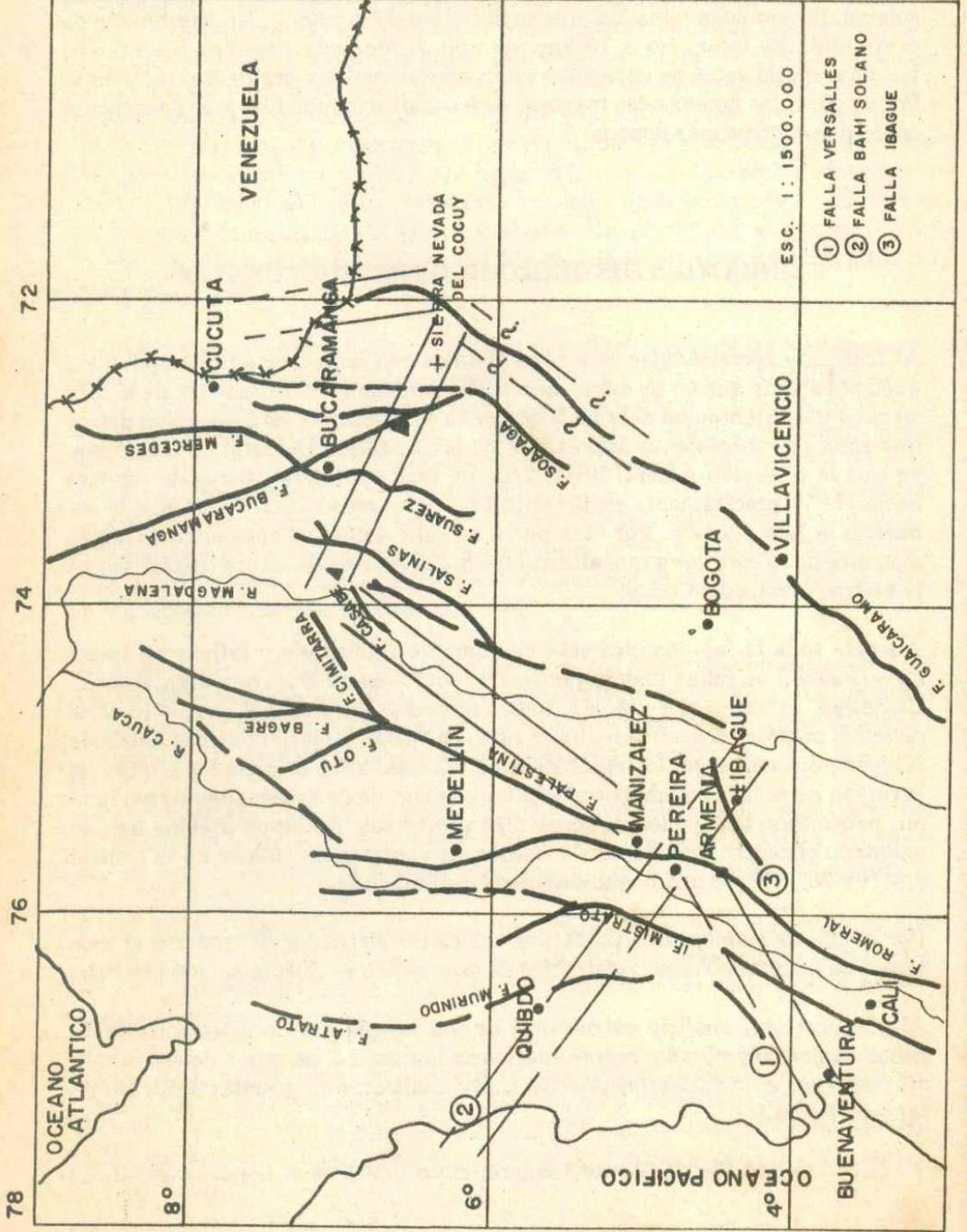


FIG.2 FAJAS SISMICAS Y LOS LINEAMIENTOS GEOLOGICOS PRINCIPALES.

la Cordillera Oriental de Colombia con los llanos del mismo nombre y definido por la Falla de Guaicaramo.

- 2) Lineamiento Sierra Nevasda del Cocuy-Umpalá-Barrancabermeja, con rumbo aproximado de N-67° W, constituyen la faja sísmica más importante del «Enjambre de Bucaramanga».
- 3) Faja del Medio Magdalena, enmarcada por las fallas del Cimitarra Palestina hasta llegar a las inmediaciones de la ciudad de Manizales. Un poco más hacia el este jugaría papel muy importante el grupo de fallas de Ibagué-Casabe y tal vez las fallas del Río Horta-Salinas.
- 4) Nudo de Armenia-Pereira

Se presenta en esta zona un grupo de fallas de difícil seguimiento por las continuas fracturas transversales que las desplazan generalmente en dirección NW-SE. Valga la pena mencionar las fallas de Mistrató-Versalles, Tamaná-Atrato (Murindó).

Este nudo podría relacionarse con la Falla de Bahía de Solano, tal como lo sugirió RESTREPO (1971), o bien tomar un rumbo SW hacia el puerto marítimo de Buenaventura.

De este análisis podría sugerirse la hipótesis de que tales rasgos estarían definiendo límites de placas (Figura 2).

INTERPRETACIONES POSIBLES

Como consecuencia de estos fenómenos es necesario admitir que es esta región actúan fuerzas tectónicas profundas, cuya existencia no se ha podido explicar satisfactoriamente, aunque algunos autores postulan:

- a) Un punto caliente y por ende cambios químicos y físicos (hot point). Habría fusión de rocas, pues a la profundidad de 155 km es casi el final de la fusión parcial de las rocas andesíticas, que en el fenómeno de subducción, termina a 160 km con temperaturas de 1200°C.

Una triple unión (triple junction or triple point), formada por la concurrencia de tres placas: Sur América, Caribe y Nazca.

- c) Deslizamientos a lo largo de una placa de subducción que vendría del oeste con buzamiento hacia el Este «si el punto de origen del

enjambre de sismos está dentro de la placa de subducción de la litosfera y los dos eventos de profundidad intermedia localizados por nuestro estudio están en el mismo horizonte dentro de la placa con rumbo N-S y con un buzamiento de 33° hacia el Este» PENNINGTON *et al* (1979).

RIESGO SISMICO

La zona de Santander está sometida continuamente a movimientos telúricos. Algunos autores como PENNINGTON *et al* (1979) suponen que los terremotos que puedan ocurrir no sobrepasarán la magnitud seis (6) o máximo seis cinco (6.5), ya que por sus características de volumen del área epicentral de 4 a 5 km de diámetro, se hace improbable que ocurran temblores de mayores magnitudes, originados dentro del nido fuente, vecino a Bucaramanga.

En el «Mapa de Riesgos Sísmicos» elaborado por RAMIREZ y ESTRADA (1977) consideran que el riesgo sísmico mayor se concentra a través de la línea isosísmica de intensidad 7 3/4 que viene del Valle Medio Magdalena cerca de Puerto Boyacá y pasa por San Vicente, Lebrija, Bucaramanga, Cepitá, Aratoca, Berbeo y continúa por el W de Bogotá.

La intensidad asumida correspondería a una magnitud de seis (6) aproximadamente. Sin embargo al examinar el Mapa de Lineamientos Geológicos Estructurales de Santander (Figura 1) se puede inferir que rasgos tan espectaculares como son las fallas fundamentales de la región, como las de Bucaramanga, Salinas y Suárez entre otras, las fuerzas que las originaron debieron ser superiores a cualesquiera de las magnitudes e intensidades supuestas.

El grado de riesgo y peligro a que está sometida la región es potencial, ya que los continuos microsismos podrían desestabilizar cualquier falla originando consecencialmente un evento o eventos de gran magnitud o magnitudes.

Basta observar la Falla del Suárez en la carretera que de Bucaramanga conduce al aeropuerto de Palonegro donde los sedimentos de la Terraza de Bucaramanga se encuentran tectonizados, demostrando que desde el punto de vista geológico los movimientos ocurridos en la región son de períodos recientes.,

Al elaborar un estimativo del Índice Promedio de Riesgo Sísmico en la región santandereana, se han tenido en cuenta el historial sísmico y los antecedentes geológicos del área. Así, la historia sísmica agrupa los siguientes paráme-

tros: intensidad, frecuencia o periodicidad, efectos destructivos y localización con sus coordenadas en algunos casos, tal como puede apreciarse en las Tablas 3, 4 y 5.

En relación con los antecedentes geológicos se han reunido los siguientes factores: superficies geomorfológicas deformadas, terrazas basculadas, fallas principales o fundamentales y secundarias, algunas con movimientos relativamente recientes, topografía de montaña, pie de monte y valle.

Se presentan otros elementos de menor incidencia, que no han sido tenidos en cuenta en este estudio como son los afloramientos de rocas volcánicas en la región, cavernas, diques y fuentes termales.

Los antecedentes geológicos permiten definir regiones de similar comportamiento geológico cuya historia sísmica puede ser comparada y de esta forma darse un estimativo más confiable.

La intensidad de los terremotos puede pasar inadvertida porque ocurren en áreas poco pobladas, o porque los diseños de las edificaciones son antisísmicos.

En la preparación del Mapa de Riesgo Sísmico para la región santandereana, Figura 3, se han utilizado las unidades de Intensidad Mercalli y representa el peligro a que puede estar sometida determinada área en un período de 100 años.

Los círculos negros representan los sismos importantes registrados con su valor en intensidad; para hallar valores de magnitud se ha utilizado en algunos casos la relación de BATH.

$$M = \frac{2I}{3} + 1$$

Donde M es la magnitud e I es la intensidad. Según RAMIREZ (1969) la intensidad II (Tabla 4-5) en algunos casos puede llegar a ser «6» o menor que 9. Para estos casos se ha escogido de un valor de 7.0.

Las líneas representadas en el mapa unen puntos de igual intensidad sísmica en la superficie del terreno.

La información numérica romana señala los valores del estimativo de Índice Promedio de Riesgo Sísmico, así los valores VII - VIII - IX - X, tienen los significados siguientes:

VII - Pequeños derrumbes. Daño moderado en construcciones sin estructura alguna. A las personas les es difícil mantenerse en pie.

VIII- Grietas en tierra húmeda y lugares empinados, grave daño en

TABLA 3.- Sismos en el Departamento de Santander (1967-1968)

LOCALIDAD	No. DE SISMOS		MAGNITUD MAX.	PROFUNDIDAD Km DE - A
	1967	1968		
San Vicente	23	66	4.5	29 - 181
Barrancabermeja	9	18	4.6	158 - 160
Los Curos	12	13	4.6	56 - 173
Umpalá	5	8	6	32 - 176
Bucaramanga (45 Km al S.E)	9	1	5.4	128 - 191
Zapatoca	4	6	4.5	137 - 161
Guaca	4	2	5.2	155 - 196
Betulia	3	3		
Los Santos	3	2	4.4	160
Cimitarra	1	2		
Pto. Wilches	3			
San Andrés	2	1	4.5	151 - 164
Contratación	2	1	4.5	
Mugrosa	2			
El Centro	2			
Málaga		2		
Aratoca		2	5.7	
Capitanejo	1	1		
Aguas Claras	1	1		
La Cira	1			
La Belleza	1			
San Miguel		1		
Socorro		1		
Girón		1		
Piedecuesta	1		4.6	144
Curiti	1		4.3	150
El Tope	1		4.	146
Sta. Bárbara	1		3.9	113
Barichara	1			
Mogotes	1			
Pto. Aquileo	1			
Vélez		1		
TOTAL	95	130		
Otras localidades fuera del Departamento de Santander				
Arboledas	1	1	4.2	162
El Carmen		2		
Cubará		2	5.4	33
Convención	1			
Mutiscua		1		
TOTAL	2	6		

Gran total en todo el Macizo de Santander 233

TABLA 4.-Sismos mayores de la Región Santandereana

No. DE ORDEN	FECHA	LOCALIDAD	COORDENADAS (^o)	INTENS. (I)	MAGNIT. (M)	Log E (ergios)	PROFUND. Km	FREC. (periódic. advs)	COMENTARIOS	REFERENCIA
1	1644	Herrán	72.5W; 7.5N	9-9.5	7.3	22.6				1-2
2	1796	Pamplona	72.7W; 7.4N	8.5	6.6	21.7				1-2
3	1807	Tame	71.7W; 6.5N	II						1
4	1875	Cúcuta	72.5W; 7.9N	9-9.5	7.3	22.6			2.500 muertos	1-2
5	1950	Arboledas	72.8W; 7.6N	9-9.5	7.3	22.6			126 muertos	1-2
6	1950	Arboledas	72.8W; 7.6N	II						1
7	1957	Gülicán	72.0W; 7.0N	II						1
8	1958	Guopsa	73.5W; 6.0N	II			150			1
9	1960	El Centro	73.7W; 6.9N	II			150			1
10	1961	San Vicente	73.5W; 6.9N	II			177	Fracción		1
11	1961	Barrancabermeja	73.6W; 6.9N	II			200	Fracción		1
12	1961	Culebritas	73.3W; 8.8N	II			120			1
13	1967	Umpalá	73.0W; 6.8N	6.6	5.4	19.9	151			3
14	1967	Umpalá	73.0W; 6.8N	7.5	6.0	20.8	161	1/3	10 muertos, 100 heridos. Sentido en todo el territorio colombiano y parte de Venezuela.	3
15	1967	Cubará	72.1W; 7.0N	6.6	5.4	19.9	33			3
16	1967	Guaca	72.8W; 6.9N	6.3	5.2	19.6	196			3
17	1968	Umpalá	73.1W; 6.8N	6.0	5.0	19.3	162	1/2		3

18	1968	Umpalá	73.0W; 6.8N	6.0	5.0	19.3	161	1/6	3
19	1968	Aratoca	73.0W; 6.7N	7.1	5.7	20.35	168		3
20	1968	Los Cueros	72.9W; 6.9N	6.2	5.1	19.45	144		3
21	1980 (26 Nov.)	Cúcuta		7.5				105	
22	1981 (17 Oct.)	Frontera Colombo- Venezolana (cercano a Cúcuta)		8.5					7 muertos, algunos heridos y más de 1500 casas afectadas en Cúcuta.

(1) RAMIREZ, J.E. (1969).

(2) FIELDER, G. (1972)

(3) RAMIREZ, J.E. y GOBERNA, J.R. (1974-75-76-77)

NOTA: La intensidad «II» es a triple escala, significa que en algunos casos puede llegar a ser «6» o menor que 6», cuando la referencia es (1) RAMIREZ, J.E. (1969).

TABLA 5.- Sismos mayores de los Andes Venezolanos

No. DE ORDEN	FECHA	LOCALIDAD	COORDENADAS (°)	INTENS. (I)	MAGNIT. (M)	Log E Km	PROFUND. KM	FRECUEN. (Períodi- cidad años)	COMENTARIOS	REFERENCIA
1	1610	La Grita	71.9W; 8.3N	8.5	6.6	21.7			60 muertos	1-2
2	1912	Mérida		9-9.5	7.1	22.4			5.000 MUERTOS	1-2
3	1834	San Felipe		9-9.5	7.1	22.4			4.000 MUERTOS	2
4	1834	Sto. Domingo	70.9W; 8.8N	8	6.2	21.1				2
5	1849	Lobatera	72.2W; 7.9N	8.5-9	6.6	21.7			40-50 MUERTOS	1-2
6	1849		71.6W; 10.7N	9						2
7	1870	El Tocuyo		7.5-8	6.1	21.0			3 muertos	2
8	1886	Trujillo	70.4W; 9.3N	7.5	6	20.8	14?			2
9	1894	Sta. Cruz	71.9W; 8.7N	9	7	22.3	20		319 muertos	1-2
10	1898	Mérida		7	5.5	20.1		86		2
11	1919	La Grita		8	6.4	21.4		309		2
12	1931	Barinas		8	6.4	21.4				2
13	1932	La Grita	71.7W; 8.3N	II			40	13		1-2
14	1933	Lagunillas		8	6.3	21.2				2
15	1945	Tovar		7.7	6	20.8				2
16	1956		71.0W; 9.5N	6						1
17	1959	Acarigua		7	5.7	20.8			1 muerto	2

(1) RAMIREZ, J.E. (1969)

(2) FIELDER, G. (1972)

NOTA: La intensidad "II" es atípica escala. Significa que en algunos casos puede llegar a ser "6", menor que 9, cuando la referencia es (1) RAMIREZ, J.E. (1969).

construcciones sin estructura alguna, y daños moderados en construcciones no muy débiles. Conducción de vehículos afectada.

- IX - Grandes grietas en el suelo, fuentes nuevas. Grave daño en estructuras convencionales de hormión armado. Pánico general.
- X - Grandes derrumbes, desplazamiento horizontal de tierra plana. Daño moderado en construcciones antisísmicas.

La energía desarrollada durante un terremoto es enorme. Aplicando la fórmula de GUTENBERG-RICHTER

$$\text{Log } E = 11.8 + 1.5 M$$

Donde E es la energía en ergios y M la magnitud.

Un terremoto de grado XII en la escala Mercalli-Cancani sería de 1.99×10^{26} ergios, aplicando la fórmula anteriormente expuesta. La bomba atómica sobre Hiroshima representaría un temblor de magnitud 5.2 y daría una energía de 3.98×10^{19} ergios. Esto significa que un terremoto de grado XII en la escala referida tiene 500.000 veces más energía que la bomba atómica de Hiroshima. La máxima magnitud en el área de Bucaramanga hasta ahora registrada ha tenido un valor de 6, entonces:

$$\begin{aligned}\text{Log } E &= 11.8 + 1.5 M \\ &= 20.8 \\ E &= 6.31 \times 10^{20} \text{ ergios}\end{aligned}$$

CONCLUSIONES

1. Parece existir una relación directa entre los sismos de la región santandereana, especialmente los del área de Cúcuta con temblores que se suceden en el occidente de Venezuela.
2. Según PENNINGTON *et al* (1979) el riesgo sísmico máximo de la zona de Bucaramanga sería de 6.5 en magnitud que equivaldría en intensidad aproximadamente a 8.3. El riesgo propuesto es de 9.
3. El mayor riesgo sísmico se localiza en la frontera Colombo-Venezolana.
4. La estación de Llano Grande contribuyó en gran parte al conocimiento de la sismicidad en Santander y Colombia. Su retiro a partir de 1980 fue muy lamentado ya que privó a la región de una mayor información en las ramas de la Geología e Ingeniería.

ABSTRACT

The almost constant seismic movements in the areas of Bucaramanga and in general of the departments of Santander and Norte de Santander, point out to the fact that the whole Santander massif with a surface of about 18,000 sq. kilometers is a seismic active area. In the region neighboring Bucaramanga two foci have been located. One of them between the towns of Umpalá and Cepitá, the other one between San Vicente and Barrancabermeja. These two points and the summit of the Sierra Nevada del Cocuy lie on a nearly straight line, which could be interpreted as the boundary of a tectonic plate.

This paper calls attention on the seismic risks to the Santanderes region, based on the historically important earthquakes occurred in Colombia and Venezuela.

BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA, C.E. (1978). «El Graben Interandino Colombo-Ecuatoriano (Fosa tectónica del Cauca Patía y del Corredor Andino Ecuatoriano)» Boletín de Geología UIS. Vol. 11 No. 26, Bucaramanga.
- ARANGO, J. L. y otros (1976) «Mapa Geológico de Colombia» Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras, Bogotá.
- DEWEY, J.F. (1978) «Placas tectónicas; Deriva continental y tectónica de placas». Editorial Blume. Madrid.
- FIELDER, G. (1972). La liberación de energía sísmica en Venezuela, volúmenes sísmicos y mapa de isosistas. IV Congreso Geológico Venezolano.
- GOMEZ D. (1967) «Geología de los cuadrángulos G-13 Cúcuta», F-13 Tibú y H-11 Barrancabermeja. Servicio geológico Nal. e Inventario Minero Nal. Bogotá.
- HEIRTZLER, J.R. (1968) «La expansión del suelo oceánico; Deriva continental y tectónica de placas» Editorial Blume, Madrid.
- INSTITUTO PANAMERICANO DE GEOGRAFIA E HISTORIA (1977). «Temblores de tierra». Publicación No. 363. México.
- IRVING, E.M. (1971) «La evolución estructural de los Andes más septentrionales de Colombia» Boletín Geológico Vo. XIX No. 2; Instituto Nacional de Investigaciones Geológico Mineras. Bogotá.
- KASSEM, T. y otros 1974 «Mapas Geológicos del Departamento de Antioquia»: Instituto Nal. de Investigaciones Geológico Mineras. Bogotá.
- MEISSNER, R.O. (1977). «Dinámica del límite de placas activo en el SW de Colombia, de acuerdo a recientes mediciones geofísicas» Instituto Geofísico -Universidad Javeriana- Bogotá.
- PENNINGTON, W.D. y otros (1979) «Results of a reconnaissance microearthquake Survey of Bucaramanga-Colombia» University of Wisconsin, Madison.

- RAMIREZ, J.E. (1968) *Historia de los terremotos en Colombia*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia.
- RAMIREZ, J.E. (1969) «Historia de los terremotos en Colombia». Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá.
- RAMIREZ, J.E. (1973). «Hacia la predicción de los sismos». Publicación serie A. Sismología No. 44; Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Bogotá.
- RAMIREZ, J.E. y ESTRADA URIBE, G. (1977) «Mapa de Riesgo Sísmico de Colombia, Instituto Geofísico, Universidad Javeriana, Bogotá.
- RAMIREZ, J.E. y GOBERNA, J.R. (1974-75-76-77) «Boletines Sísmicos de las estaciones sísmológicas colombianas de Bogotá, Chinchiná, Fúquene y Galerazamba correspondientes a los años 1967-68». Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Bogotá.
- RAMIREZ, J.E. y GOBERNA, J.R. (1980). «Terremotos colombianos, noviembre 23 y diciembre 12 de 1979». Publicación serie A, sismología No. 45. Instituto Geofísico de los Andes Colombianos, Bogotá..
- RESTREPO, H. (1971) «Zona de falla de Puerto Mutis en Bahía Solano». Bogotá.
- TRYGGVASON, E. y LAWSON, J.E (1969) «El foco sísmico intermedio en las cercanías de Bucaramanga, Colombia. Primer Congreso Colombiano de Geología, Bogotá.
- WARD, D. y otros (1969-1970) «Mapas Geológicos de los cuadrángulos H-12 de Bucaramanga y H-13 de Pamplona». Ingeominas, Bogotá.
- WILSON, T. J. (1963). «Deriva Continental; Deriva Continental y Tectónica de Placas» Editorial Blumen, Madrid.