CONTENIDOS FRECUENCIALES DE SISMOS COLOMBIANOS REGISTRADOS EN BOCO (BOGOTÁ) Y EN SDV (SANTO DOMINGO, VENEZUELA) (1994-1996)

*Magda Nathalia Arévalo Caro**

*Ingrid Tatiana Caycedo Amado**

*René van Hissenhoven, S. J.***

*Andrés José Alfaro Castillo****

Resumen: la estación BOCO, operada por el Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana, formó parte de los proyectos internacionales Seismic Research Observatory (SRO) de 1978 a 1987 y Global Seismograph Network (GSN) de 1994 a 1998. La estación SDV forma parte del GSN desde agosto de 1994. En este estudio se determinaron las frecuencias de esquina y las frecuencias máximas a registros de velocidad para cuatro fuentes sismogénicas: Sistema de Fallas de Guaicáramo (4,3<mb<4,9), Nido de Bucaramanga (4,0<mb<5,4), Sistema de Fallas de Romeral (3,9<mb<6,7) y Sistema de Fallas de Atrato (3,8<mb<6,4) en el intervalo de tiempo de 1994 a 1996. Adicionalmente se analizaron registros de aceleración del Nido de Bucaramanga. La frecuencia de esquina y la frecuencia máxima se determinaron a partir del análisis de las densidades espectrales de potencia.

Palabras clave: análisis de sismos, frecuencias de esquina, frecuencias máximas, registros de aceleración.

Abstract: BOCO station was operated by the Javeriana University's Geophysical Institute as a part of two international projects: the Seismic Research Observatory (SRO) (1978 to 1987) and the Global Seismograph Network (GSN) (1994 to 1998). SDV station is operated

* *Ingenieras civiles, investigadoras del Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana.*

** *Ingeniero civil, doctor en geología. Investigador del Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana. Correo electrónico: revanhi@hotmail.com*

*** *Ingeniero civil, Pontificia Universidad Javeriana, máster en ingeniería sísmica, Universidad Politécnica de Cataluña. Correo electrónico: aalfaro@maloka.org.*

on GSN since August 1994. The corner frecuency, f_c, and the maximum frecuency f_m, of velocity records, for four seismogenetics sources were estimated: Guiacáramo faults system (4,3<mb<4,9), Nest of Bucaramanga (4,0<mb<5,4), Romeral faults system (3,9<mb<6,7) and Atrato faults system (3,8<mb<6,4) in the time interval of 1994 to 1996. Additionaly, acceleration records of the nest of Bucaramanga were analized. The corner frequency and the maximum frequency were estimated based on the analysis of the power spectral densities.

Key words: Earthquake analysis, corner frecuency, maximum frecuency of velocity records, acceleration records.

1. Introducción

Los sismos tienen características que son función de la fuente sismogénica que los genera; esto se ve reflejado en su duración y su contenido frecuencial. La caracterización de sismos se realizó con registros digitales de las estaciones BOCO y SDV. La estación BOCO, operada por el Instituto Geofísico de la Pontificia Universidad Javeriana, formó parte de los proyectos internacionales Seismic Research Observatory (SRO) y Global Seismograph Network (GSN); estaba ubicada en el kilómetro 9 de la vía Bogotá-Choachí, en el sitio denominado "El Topón", en zonas aledañas al cerro Guadalupe. Las coordenadas de ubicación del sensor eran 4.5869N y 74.0432W. El sensor se encontraba instalado a una elevación de 3.071 m.s.n.m, dentro de una perforación en roca a 40 metros de profundidad.

La estación SDV hace parte del GSN; está ubicada en Santo Domingo, Venezuela; las coordenadas de ubicación del sensor son 8.879N y 70.633W y se encuentra instalado a una elevación de 1.518 m.s.n.m en una perforación en roca de 32 metros de profundidad.

La estación BOCO tuvo dos periodos de funcionamiento; el primero del 13 de marzo de 1978 al 11 de noviembre de 1987, en el cual formó parte del SRO; el segundo, del 6 de junio de 1994 al 27 de marzo de 1998, periodo en el cual formó parte de la GSN [Calpa y Alfaro, 2000] [IRIS, 2001]. La estación SDV forma parte del GSN desde el 19 de agosto de 1994.

Como parte del SRO, BOCO estaba compuesta por un sismómetro Teledyne-Geotech KS-36000, con tres canales de registro continuo de largo periodo: vertical, norte-sur y este-oeste (LHZ, LHN y LHE), que registraban continuamente una muestra por segundo y un canal de disparo de corto periodo vertical (SHZ) con una velocidad de muestreo de 20 mps. Cuando formó parte del GSN, estaba compuesta por un sismómetro Teledyne-Geotech KS-54000 y un acelerómetro Kinemétrics FBA-23, con 21 canales de registro (ELZ, ELN, ELE, HLZ, HLN, HLE, BHZ, BHN, BHE, LHZ, LHN, LHE, LLZ, LLN, LLE, VHZ, VHN, VHE, UHZ, UHN, UHE), de los cuales seis eran de disparo (ELZ, ELN, ELE, HLZ, HLN, HLE) con una velocidad de muestreo de 80 mps; el sistema se desmontó en mayo de 2000 [Calpa y Alfaro, 2000] [Alfaro-Arias et al., 2001).

El equipo de SDV operado por la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) está compuesto por un sismómetro Streckeisen STS-1, y un acelerómetro Kinemétrics FBA 23; cuenta con 17 canales de registro (BHE, BHN, BHZ, LHE, LHN, LHZ, UHE, UHN, VHE, VHN, VHZ, HLE, HLN, HLZ, LLE, LLN, LLZ) de los cuales seis tienen velocidad de muestreo de 1 mps, 3 de 20 mps y 3 de 80 mps [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

Debido a la escasez de registros de movimiento sísmico fuerte en Colombia es necesario realizar procesos de simulación. Para que éstos sean adecuados es importante caracterizar los sismos colombianos y así entender la forma como se presentan, en cuanto a modulación en el tiempo, duración, contenidos frecuenciales, entre otros parámetros.

Este trabajo presenta el análisis de sismos colombianos en los dominios de la frecuencia, estableciendo las principales características de los eventos registrados en las estaciones BOCO y SDV entre 1994 y 1996. Se determinó la frecuencia de esquina y la frecuencia máxima de los registros de velocidad para los sismos en cada estación, obteniendo valores de cuatro fuentes sismogénicas: Sistema de Fallas del Guaicáramo, Nido de Bucaramanga, Sistema de Fallas de Romeral y Sistema de Fallas de Atrato. Adicionalmente, se analizaron registros de aceleración del Nido de Bucaramanga.

2. Obtención de registros

Los registros digitales para BOCO están disponibles en medio magnético [ASL, 2000a, 2000b, 2000c, 2000d, 2000e, 2000f, 2000g, 2000h, 2000i, 2000j, 2000k], o en Internet en la dirección ftp://iris.washington.edu. Para el análisis de los registros sísmicos se utilizó el Display Interactive Manipulation and Analysis of Seismograms (DIMAS) [Dima, 1997] [Dima, 2001], que permite analizar los registros en los dominios del tiempo y de la frecuencia.

3. Fuentes sismogénicas analizadas

Las fuentes sismogénicas analizadas fueron el Sistema de Fallas de Guaicáramo, el Nido de Bucaramanga, el Sistema de Fallas de Romeral y el Sistema de Fallas de Atrato. El Nido de Bucaramanga se encuentra aproximadamente entre las coordenadas 72,5°-73,5° W y 6,3°-7,3°N y es el que presenta mayor actividad sísmica en la región de Santander. El Sistema de Fallas de Guaicáramo se extiende a lo largo del borde oriental de la Cordillera Oriental y se considera como el límite oriental del bloque Andino. El Sistema de Fallas de Romeral es una estructura que se extiende a lo largo del borde occidental de la Cordillera Central [Coral, 1987].

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

Se analizaron 25 sismos con registros de velocidad en el canal BHE (Broad Band, Hight Gain Seismometer, East-West), distribuidos de la siguiente manera: once del Nido de Bucaramanga, cuatro del Sistema de Fallas de Guaicáramo, cuatro del Sistema de Fallas de Romeral y seis del Sistema de Fallas de Atrato.

Adicionalmente se analizaron ocho registros de aceleración del Nido de Bucaramanga en los canales HLE (High Broad Band, Low Gain Seismometer, East-West), HLN (North-South) y HLZ (Vertical). Estos sismos fueron registrados en la estación SDV.

La Figura 1 muestra la ubicación de los eventos sísmicos analizados, las estaciones BOCO y SDV y las distancias epicentrales [Arévalo-Caro, 2002].

Las caracterizaciones de los eventos analizados se presentan así: en la Tabla 1 para el Sistema de Fallas de Guaicáramo, en la Tabla 2 para el Nido de Bucaramanga, en la Tabla 3 para el Sistema de Fallas de Romeral, y en la Tabla 4 para el sistema de Fallas del Atrato [Arévalo-Caro, 2002].

Las frecuencias de esquina y máxima se presentan en la Tabla 5 para el Sistema de Fallas de Guaicáramo, en la Tabla 6 para el Nido de Bucaramanga, en la Tabla 7 para el Sistema de Fallas de Romeral y en la Tabla 8 para el sistema de Fallas del Atrato; para cada uno de los sistemas de fallas se presentan los registros de velocidad y aceleración.

Tabla 1. Características de los sismos del Sistema de fallas de Guaicáramo

Catálogo	Año	Mes	Día	Tiempo de origen	Coordenadas		Profundidad (km)	Magnitud (mb)	Distancia (km)	
					Latitud	Longitud			BOCO	SDV
PDE	1995	1	19	173454,1	5	-73,08	33	4,9	116	509
PDE	1995	1	23	80059,74	5,04	-73,12	40	4,7	114	508
PDE	1995	6	18	65844,76	5,26	-73,01	33	4,3	137	481
PDE	1995	9	28	94439,07	4,23	-74,04	45	-	40	640

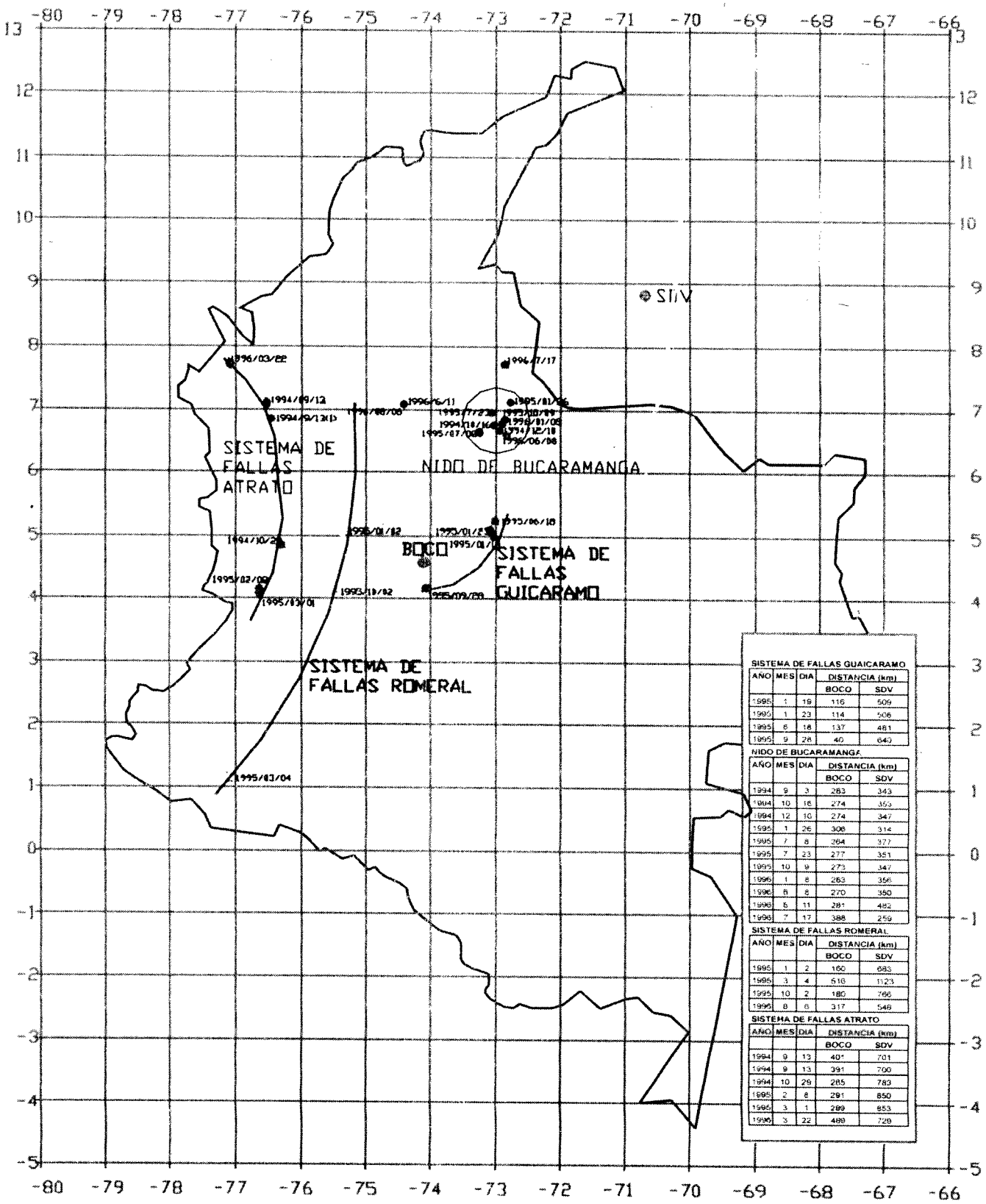
Fuente: [Alfaro-Arias, 2001] [Arévalo-Caro, 2002].

Tabla 2. Características de los sismos del Nido de Bucaramanga

Catálogo	Año	Mes	Día	Tiempo de origen	Coordenadas		Profundidad (km)	Magnitud (mb)	Distancia (km)	
					Latitud	Longitud			BOCO	SDV
PDE	1994	9	3	84119,26	6,93	-73,03	162	4,4	283	343
PDE	1994	10	16	194738,7	6,86	-73,09	161	4,7	274	353
PDE	1994	12	10	152418,8	6,82	-72,99	158	5,4	274	347
PDE	1995	1	26	152823,4	7,03	-72,77	33	4,2	306	314
PDE	1995	7	8	170855,9	6,87	-73,37	150	4,3	264	377
PDE	1995	7	23	150651,9	6,9	-73,1	154	4,8	277	351
PDE	1995	10	9	143624	6,8	-72,97	163	4,5	273	347
PDE	1996	1	8	80013,6	6,71	-72,99	167	4,8	263	356
PDE	1996	6	8	210838	6,78	-72,99	160	4,3	270	350
PDE	1996	6	11	165735,4	7,06	-74,58	59	4,9	281	482
PDE	1996	7	17	211531,1	7,82	-72,71	33	4,5	388	259

Fuente: [Alfaro-Arias, 2001] [Arévalo-Caro, 2002].

Figura 1. Ubicación de los sismos analizados y de las estaciones BOCO y SDV



SISTEMA DE FALLAS GUAICARAMO

AÑO	MES	DIA	DISTANCIA (km) BOCO	DISTANCIA (km) SDV
1995	1	19	116	509
1995	1	23	114	506
1995	8	18	137	481
1995	9	28	40	640

NIDO DE BUCARAMANGA

AÑO	MES	DIA	DISTANCIA (km) BOCO	DISTANCIA (km) SDV
1994	9	3	283	343
1994	10	16	274	355
1994	12	10	274	347
1995	1	26	308	314
1995	7	8	264	377
1995	7	23	277	351
1995	10	9	273	347
1996	1	8	263	356
1996	6	8	270	350
1996	6	11	281	482
1996	7	17	388	259

SISTEMA DE FALLAS ROMERAL

AÑO	MES	DIA	DISTANCIA (km) BOCO	DISTANCIA (km) SDV
1995	1	2	160	683
1995	3	4	516	1123
1995	10	2	180	766
1995	8	6	317	546

SISTEMA DE FALLAS ATRATO

AÑO	MES	DIA	DISTANCIA (km) BOCO	DISTANCIA (km) SDV
1994	9	13	401	701
1994	9	13	391	700
1994	10	29	285	783
1995	2	6	291	850
1995	3	1	289	853
1996	3	22	488	728

Fuente: [Arévalo-Caro, 2002].

Tabla 3. Características de los sismos del Sistema de Fallas de Romeral

Catálogo	Año	Mes	Día	Tiempo de origen	Coordenadas		Profundidad (km)	Magnitud (mb)	Distancia (km)	
					Latitud	Longitud			BOCO	SDV
PDE	1995	[illegible]	2	223324,5	5,01	-75,42	131	4,2	160	683
PDE	1995	[illegible]	4	232340,68	1,28	-77,31	5	4,4	516	1123
PDE	1995	[illegible]	2	1014,02	4,07	-75,58	191	3,9	180	766
PDE	1996	[illegible]	6	170135,79	7,17	-75,26	76	4,4	317	548

Fuente: [Alfaro-Arias, 2001] [Arévalo-Caro, 2002].

Tabla 4. Características de los sismos del Sistema de Fallas del Atrato

Catálogo	Año	Mes	Día	Tiempo de origen	Coordenadas		Profundidad (km)	Magnitud (mb)	Distancia (km)	
					Latitud	Longitud			BOCO	SDV
PDE	1994	9	13	100132,09	7,05	-76,68	13	6,1	401	701
PDE	1994	9	13	110731,61	6,97	-76,64	33	4,5	391	700
PDE	1994	10	29	230545,98	4,84	-76,42	117	3,9	265	783
PDE	1995	2	8	184025,38	4,1	-76,62	73	6,4	291	850
PDE	1995	3	1	234724,33	4,03	-76,59	121	4,1	289	853
PDE	1996	3	22	160423,38	7,76	-77,1	36	3,8	489	729

Fuente: [Alfaro-Arias, 2001] [Arévalo-Caro, 2002].

Tabla 5. Frecuencias máximas y de esquina del Sistema de Fallas de Guaicáramo

Sistema de Fallas de Guaicáramo						Registros de velocidad				Registros de aceleración (SDV)					
Fecha			Tiempo	Distancia (km)		BOCO		SDV		HLE		HLN		HLZ	
Año	Mes	Dia	Origen	BOCO	SDV	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax
1995	1	19	173454,07	116	509	0,32	8,50	0,39	8,70	2,00	33,00	1,90	33,00	1,60	31,00
1995	1	23	80059,74	114	506	0,31	8,60	0,65	8,70	-	-	-	-	-	-
1995	6	18	65844,76	137	481	0,96	8,50	1,70	8,60	-	-	-	-	-	-
1995	9	28	94439,07	40	640	0,39	8,50	1,70	8,50	-	-	-	-	-	-

Fuente: [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

Tabla 6. Frecuencias máximas y de esquina del Nido de Bucaramanga

Nido de Bucaramanga						Registros de velocidad				Registros de aceleración (SDV)						Registros de aceleración (BOCO)					
Fecha			Tiempo	Distancia (km)		BOCO		SDV		HLE		HLN		HLZ		HLE		HLN		HLZ	
Año	Mes	Día	Origen	BOCO	SDV	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax
1994	9	3	84119,26	283	343	1,30	8,80	2,00	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1994	10	16	194738,69	274	353	1,05	9,00	0,81	9,00	1,50	35,00	1,50	34,00	1,50	34,00	-	-	-	-	-	-
1994	12	10	152418,81	274	347	0,85	9,00	0,99	9,00	1,00	32,00	1,10	32,00	1,10	32,00	-	-	-	-	-	-
1995	1	26	152823,41	306	314	1,05	8,80	1,50	8,80	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	7	8	170855,93	264	377	1,70	8,70	2,05	8,70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
1995	7	23	150651,87	277	351	1,60	8,70	1,80	8,90	1,90	31,00	2,00	31,00	1,20	32,00	-	-	-	-	-	-
1995	10	9	143624	273	347	0,80	9,00	0,98	9,00	3,60	31,00	3,60	32,00	3,00	31,00	-	-	-	-	-	-
1996	1	8	80013,6	263	356	1,20	8,70	1,70	8,80	1,70	35,00	1,60	32,00	1,10	32,00	-	-	-	-	-	-
1996	6	8	210838	270	350	1,55	8,90	1,70	8,90	1,80	33,00	1,60	32,00	1,50	32,00	0,93	30	0,98	31,00	1,30	29,00
1996	6	11	165735,43	281	482	1,10	8,80	1,40	8,90	0,70	31,00	0,80	32,00	0,90	30,00	0,63	29	0,68	31,00	0,78	31,00
1996	7	17	211531,05	388	259	0,60	8,95	1,05	8,90	1,10	28,00	1,00	29,00	0,90	29,00	-	-	-	-	-	-

Fuente: [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

Tabla 7. Frecuencias máximas y de esquina del Sistema de Fallas de Romeral

Sistema de Fallas de Romeral						Registros de velocidad				Registros de aceleración (SDV)					
Fecha			Tiempo	Distancia (km)		BOCO		SDV		HLE		HLN		HLZ	
Año	Mes	Día	origen	BOCO	SDV	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax
1995	1	2	223324,5	160	683	0,81	8,15	1,60	8,10	0,60	31	1,60	31,00	1,40	30
1995	3	4	232340,68	516	1123	0,10	8,40	0,08	8,00	-	-	-	-	-	-
1995	10	2	1014,02	180	766	0,45	8,10	1,70	8,10	-	-	-	-	-	-
1996	8	6	170135,79	317	548	0,49	7,90	0,59	8,00	-	-	-	-	-	-

Fuente: [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

Tabla 8. Frecuencias máximas y de esquina del Sistema de Fallas del Atrato

Sistema de Fallas del Atrato						Registros de velocidad				Registros de aceleración (SDV)					
Fecha			Tiempo	Distáncia (km)		BOCO		SDV		HLE		HLN		HLZ	
Año	Mes	Día	Origen	BOCO	SDV	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax	fc	fmax
1994	9	13	100132,09	401	701	0,19	9,00	0,32	9,10	-	-	-	-	-	-
1994	9	13	110731,61	391	700	0,32	9,00	0,48	8,90	-	-	-	-	-	-
1994	10	29	230545,98	265	783	0,70	8,00	0,10	8,30	-	-	-	-	-	-
1995	2	8	184025,38	291	850	0,32	9,00	0,40	9,00	0,51	32	0,55	32,00	0,59	34
1995	3	1	234724,33	289	853	0,69	8,50	0,60	8,40	-	-	-	-	-	-
1996	3	22	160423,38	489	729	0,75	9,00	1,00	9,00	-	-	-	-	-	-

Fuente: [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

Las frecuencias máximas para las fuentes sismogénicas permanecen relativamente constantes. Estos resultados se resumen en la Tabla 9.

Tabla 9. Rango de frecuencias máximas

Sistemas de fallas	Registros de velocidad		Registros de aceleración	
	BOCO	SDV	BOCO	SDV
Sistema de Fallas de Guaicáramo	8,5 Hz a 8,6 Hz	8,5 Hz a 8,7 Hz	-	31 Hz a 33 Hz
Nido de Bucaramanga	8,7 Hz a 9,0 Hz	8,7 Hz a 9,0 Hz	29 Hz a 31 Hz	28 Hz a 35 Hz
Sistema de Fallas de Romeral	7,9 Hz a 8,4 Hz	8,0 Hz a 8,1 Hz	-	30 Hz a 31 Hz
Sistema de Fallas del Atrato	8,0 Hz a 9,0 Hz	8,3 Hz a 9,1 Hz	-	32 Hz a 34 Hz

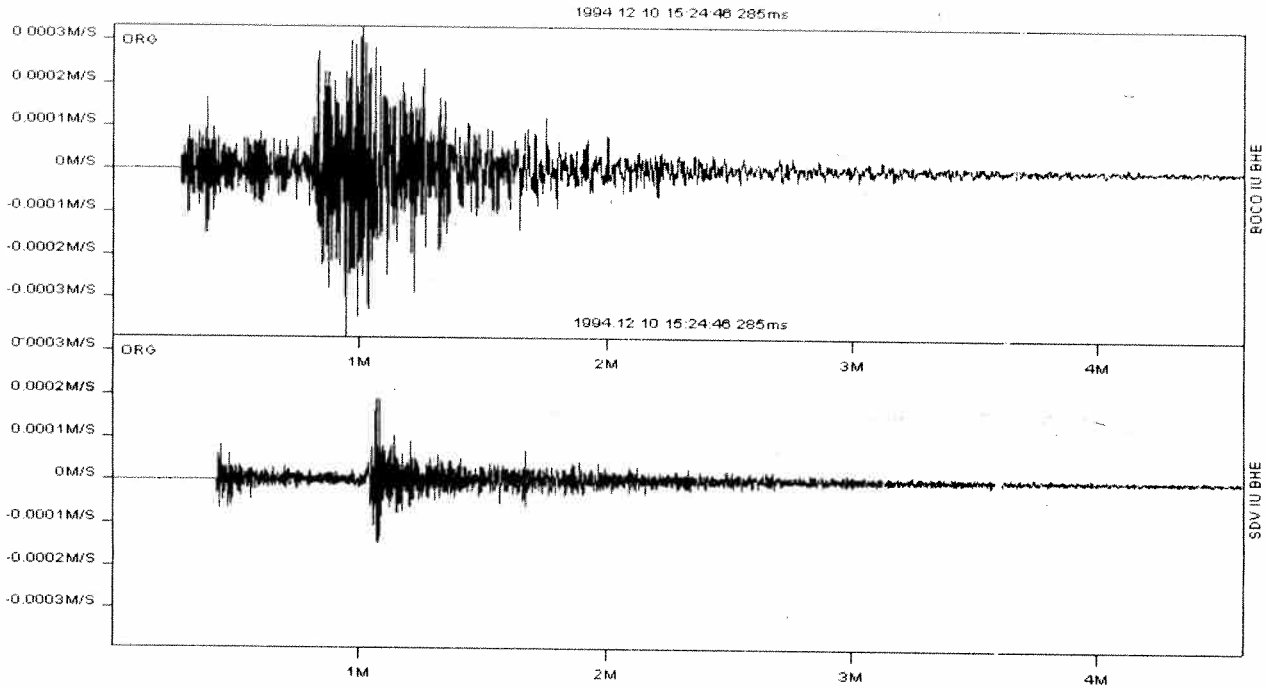
Fuente: [Arévalo-Caro y Alfaro, 2002].

5. Discusión y conclusiones

La caracterización de sismos se realizó con registros digitales de las estaciones BOCO y SDV. Las fuentes sismogénicas de las cuales se analizaron sismos fueron: el Sistema de Fallas de Guaicáramo, el Nido de Bucaramanga, el Sistema de Fallas de Romeral y el Sistema de Fallas del Atrato. En este estudio la magnitud mínima mb fue de 3,0.

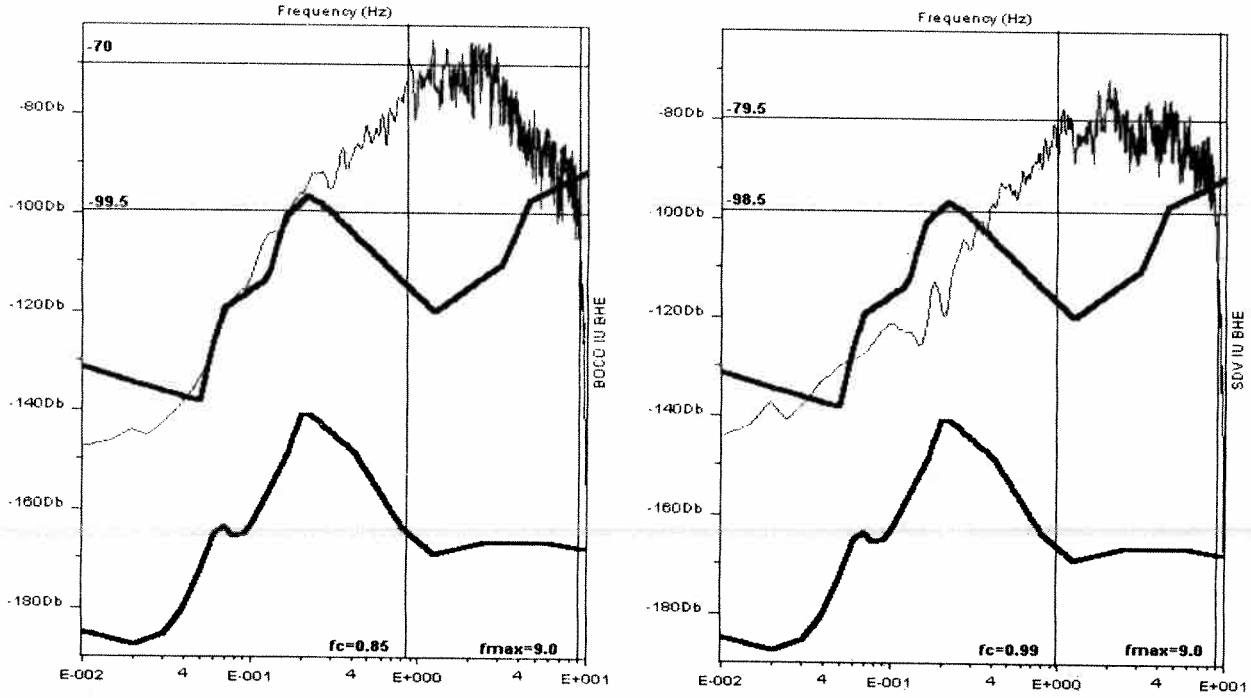
La Figura 2 muestra un ejemplo de los registros de velocidad. La Figura 3 muestra las densidades espectrales de potencia de los sismos evaluadas con el programa DIMA [Dima, 1997] [Dima, 2001]. En esta figura las dos líneas curvas en negrilla representan los niveles de ruido sísmico ambiental que maneja el sismógrafo, mientras que las líneas rectas verticales representan los valores de frecuencia máxima y de esquina y las horizontales sus respectivas amplitudes.

Figura 2. Evento 94-12-10. Nido de Bucaramanga. Registro de velocidad



Fuente: [Arévalo-Caro, 2002].

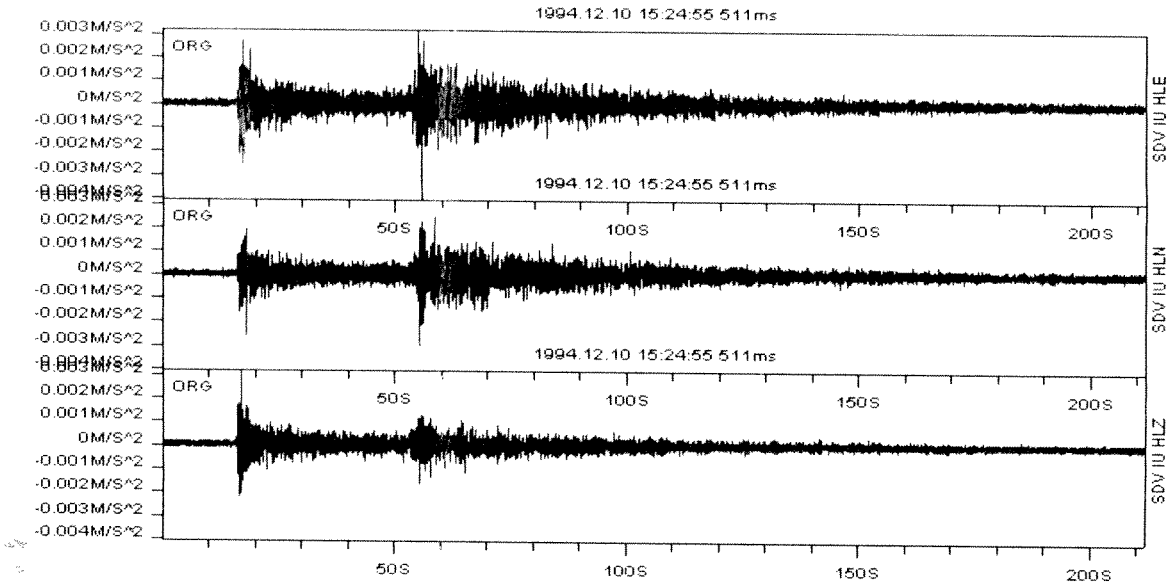
Figura 3. Evento 94-12-10. Nido de Bucaramanga. Densidades espectrales de potencia del registro de velocidad anterior



Fuente: [Arévalo-Caro, 2002].

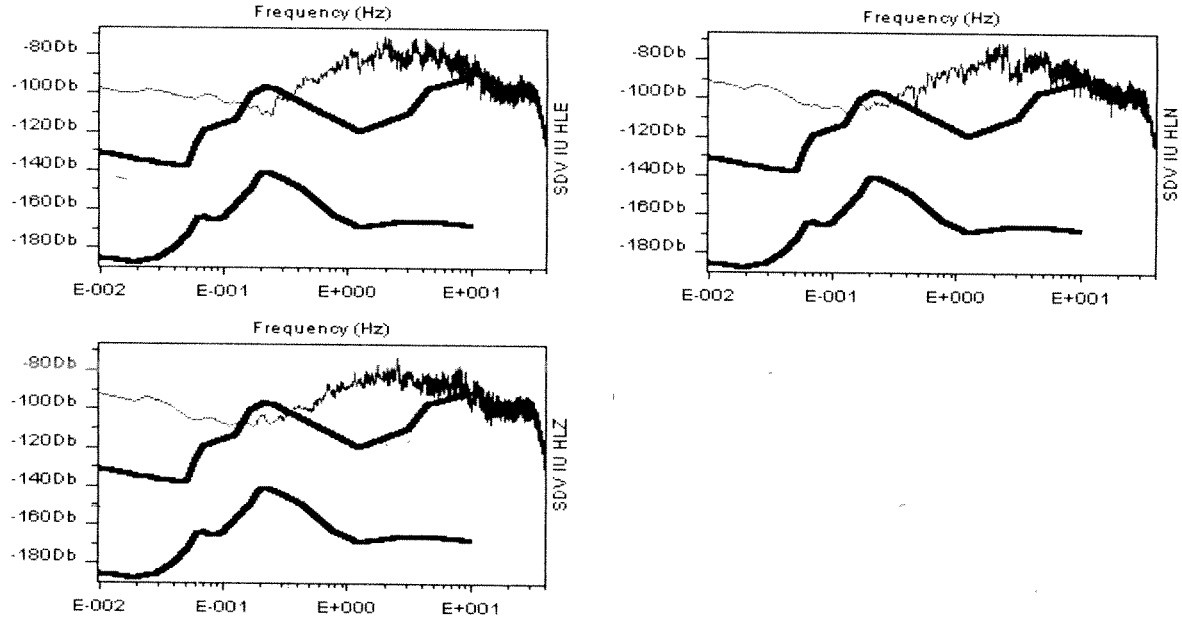
En la figura 4 se presenta un ejemplo de los registros de aceleración en los canales HLE, HLN y HLZ; en la Figura 5 se presentan las densidades espectrales de potencia del sismo presentado en la Figura 4; en esta figura las dos líneas curvas en negrilla representan los niveles de ruido sísmico ambiental que maneja el sismógrafo, mientras que las líneas rectas verticales representan los valores de frecuencia máxima y de esquina.

Figura 4. Evento 94-12-10. Nido de Bucaramanga. Registrado en SDV. Acelerogramas en los canales de registro HLE, HLN, HLZ



Fuente: resultados obtenidos por los autores.

Figura 5. Evento 94-12-10. Nido de Bucaramanga. Registrado en SDV. Densidades espectrales de potencia de los canales HLE, HLN y HLZ respectivamente.



Fuente: resultados obtenidos por los autores.

Se comprobó que para una misma fuente sismogénica, los valores de la frecuencia máxima f_{max} son relativamente constantes (ver Tabla 9).

Para los registros de velocidad se obtuvo: Sistema de Fallas de Guaicáramo del orden de 8,6 Hz; Nido de Bucaramanga, 8,9 Hz; Sistema de Fallas de Romeral, 8,1 Hz; los resultados del Sistema de Fallas del Atrato fueron los más dispersos, con valores entre 8,0 y 9,1 Hz.

En cuanto a los registros de aceleración se obtuvieron los siguientes resultados: para el Sistema de Fallas de Guaicáramo del orden de 32 Hz; para el Nido de Bucaramanga, 31 Hz; para el Sistema de fallas de Romeral, 31 Hz y para el Sistema de Fallas del Atrato, 33 Hz.

Dentro del estudio realizado en este trabajo existen eventos sísmicos que en su camino hacia la estación BOCO atraviesan las tres cordilleras colombianas, como es el caso de la Falla del Atrato; otros atraviesan dos cordilleras como en el caso de la Falla de Romeral, razón por la cual es muy posible que exista pérdida de información en el contenido frecuencial de los registros debido a problemas tales como reflexión o refracción de ondas dentro de la estructura de la corteza terrestre o efectos de amplificación o deamplificación de la señal por condiciones topográficas. Debido a que en la mayoría de los casos la estación SDV está más alejada de las fuentes sismogénicas que BOCO, es posible que exista pérdida de la información en el contenido frecuencial de los registros; esto se puede ver representado en la frecuencia de esquina, ya que en la mayoría de los casos ésta es menor en SDV que en BOCO en los registros de velocidad.

Para el Sistema de Fallas de Guaicáramo se hacen las siguientes observaciones:

- El rango de frecuencias de esquina f_c para BOCO varía entre 0,3 Hz y 1,0 Hz.
- El rango de frecuencias de esquina f_c para SDV varía entre 0,39 Hz y 1,7 Hz.
- A pesar de la existencia de eventos con distancias y magnitudes relativamente similares, las amplitudes máximas registradas son considerablemente variables.
- Los eventos registrados más cercanos a la estación, de los cuales no se conoce su magnitud, presentan valores de frecuencia de esquina f_c cercanos, pero difieren en cuanto a los valores de amplitudes máximas.

Para el Nido de Bucaramanga se hacen las siguientes observaciones para los registros de velocidad y aceleración:

- El rango de frecuencias de esquina de velocidad f_c para BOCO varía entre 0,6 y 1,7, y el rango de frecuencias de esquina para SDV varía entre 0,81 y 2,05 Hz.
- El rango de frecuencias de esquina de aceleración f_c para BOCO varía entre 0,63 y 1,3, y el rango de frecuencias de esquina para SDV varía entre 0,6 y 3,6 Hz.

- En todos los eventos analizados se presenta mayor aceleración en el canal HLE.

Para el Sistema de Fallas del Atrato se hacen las siguientes observaciones:

- A pesar de que las ondas deben atravesar las tres cordilleras del territorio colombiano, filtrándose contenidos frecuenciales, el comportamiento de los espectros es muy homogéneo.
- El rango de las frecuencias de esquina f_c varía entre 0,1 Hz y 0,8 Hz, para BOCO, y entre 0,08 y 1,7 para SDV.

Para el Sistema de Fallas de Romeral el rango de frecuencias de esquina f_c para BOCO varía entre 0,1 y 0,81 Hz, y el rango de frecuencias de esquina para SDV varía entre 0,08 y 1,70 Hz.

Agradecimientos

Estos resultados hacen parte del Proyecto de Investigación de la Vicerrectoría Académica con número de registro 799, *Caracterización de sismos colombianos registrados digitalmente en la Estación BOCO.*

Referencias

Alfaro-Arias, C. (2001), Caracterización en el dominio de la frecuencia de sismos colombianos registrados en la estación BOCO. Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Alfaro-Arias, C., R. van Hissenhoven, A. Alfaro, (2001), Caracterización en el dominio de la frecuencia de sismos colombianos. Memorias de las XIV Jornadas Estructurales de la Ingeniería de Colombia, 19-21 de septiembre de 2001.

Arévalo-Caro, N. (2002), Caracterización de sismos colombianos registrados digitalmente en las estaciones BOCO y SDV. Trabajo de Grado, Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá.

Arévalo-Caro, N., A. Alfaro (2002), Caracterización de sismos colombianos registrados en las estaciones BOCO y SDV. Memorias del Primer Simposio Colombiano de Sismología, Bogotá.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000a), boco_78_80 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000b), boco_81_86 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000c), boco_87_94_2 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000d), boco_94_3 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000e), boco_94_4 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000f), boco_95_1 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000g), boco_95_2 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000h), boco_95_3 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000i), boco_96_1_2 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000j), boco_96_2 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

ASL, Albuquerque Seismological Lab. (2000k), boco_96_3 CDROM. Albuquerque, Nuevo México.

CALPA, C., A. Alfaro (2000), Desinstalación Estación Sismológica BOCO. Informe Técnico, Instituto Geofísico Universidad Javeriana, Bogotá.

CORAL, C. (1987), Los terremotos en Colombia y características de su origen profundo, Universidad Nacional de Colombia, Departamento de Geociencias, Bogotá.

DIMA, D. (1997), Display, Interactive Manipulation and Analysis of Seismograms, Laboratorio Sísmico de Albuquerque, Nuevo México.

DIMA, D. (2001), Display, Interactive Manipulation and Analysis of Seismograms. Laboratorio Sísmico de Albuquerque, Nuevo México.

IRIS (2001), http://www.iris.washington.edu/FDSN/station_book. Fecha de consulta: enero, 2001.