

También se explora la posibilidad de emplear redes neuronales artificiales para identificar las tendencias de atenuación del movimiento sísmico, ya que la capacidad de esta herramienta para tratar con sistemas altamente no lineales la hace ideal para una situación tan compleja como la que se da en la propagación de las ondas sísmicas a través de la corteza terrestre y por el hecho de ser una técnica estándar en el área de reconocimiento de patrones, cuya finalidad es la clasificación de datos dispersos que es precisamente lo que se ha observado en la literatura internacional entre los datos analizados y las leyes de atenuación del movimiento sísmico hasta ahora propuestas.

4. ECUACIONES DE ATENUACIÓN CON MACROSÍSMICA

Una parte importante de la información sobre los terremotos esta dada en valores de intensidad, en especial lo referente a daños. La escala de intensidad más conocida en el mundo es la Mercalli Modificada (IMM). La forma de validar estos datos de intensidad, que han sido en muchos casos criticados por subjetivos, es buscando correlaciones con datos instrumentales como puede ser la aceleración pico. Existen numerosos trabajos de investigación donde se realizan este tipo de comparaciones entre ellos los de Richter (1958), Kawasumi (1951), Nuemann (1954). En la mayoría de estos se propone una ecuación de la forma.

$$\text{Log } A = - C + B \cdot I$$

Donde:

A = Aceleración pico en el terreno

I = Intensidad

C y B = Constantes

En Colombia la atenuación de la energía sísmica utilizando datos macrosísmicos, solo cuenta con el estudio desarrollado por Salcedo y Gómez en 1998, el cual basado en el análisis del campo macrosísmico de 34 terremotos ocurridos en Colombia y vecindades, se plantea y se desarrolla una solución del problema de la atenuación de la intensidad sísmica para el territorio colombiano, usando un método estadístico apoyado en los fundamentos de la propagación de ondas y modelos empíricos de atenuación.

El resultado del estudio son dos ecuaciones que predicen los valores observados de la atenuación de la intensidad macrosísmica en el territorio colombiano. La primera ecuación presenta la atenuación de la intensidad para sismos con profundidades menores a 60 Km y está en función de la distancia epicentral (x) y la magnitud de onda volumétrica (mb), la segunda ecuación presenta la atenuación de la intensidad para sismos con profundidades mayores a 60 Km y está en función de la distancia (x) y la intensidad epicentral (I_o).

$$I = (2.3 Mb - 6.8) 1.1 X^{-0.06} e^{-0.01 x} \text{ Ecuación 1}$$

$$I = I_o 1.26 e^{-0.004 x} \text{ Ecuación 2}$$

5. SISMOS FUERTES REGISTRADOS POR LA RED NACIONAL DE ACELERÓGRAFOS.

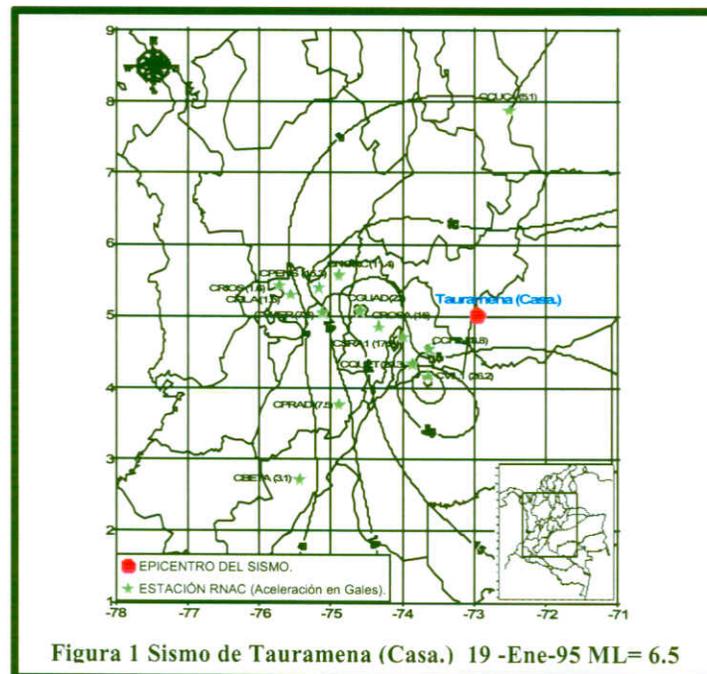
Aunque los modelos de atenuación descritos con anterioridad están hechos para diferentes parámetros, se realiza una comparación entre estos modelos y los resultados encontrados para varios sismos (Tabla 1), que se consideran representativos de los diferentes ambientes tectónicos del país. Estos fueron registrados en gran parte del territorio nacional por equipos de la RNAC ubicados sobre roca.

FECHA	SISMO	MAGNITUD	PROF.	EPICENTRO	
		ML	(Km.)	LATITUD	LONGITUD
19-ene-95	Tauramena (Casa.)	6.5	25	5.01	-72.95
8-feb-95	Calima (Valle)	6.6	102	4.13	-76.74
19-ago-95	Risaralda (Cald.)	6.6	110	5.11	-75.71
19-feb-97	Sipí (Choco)	6.1	120	4.54	-76.52
17-jul-97	Cubarral (Meta)	5.4	0	3.83	-74.09
9-feb-97	Genova (Quin.)	6.8	230	3.96	-75.87
3-jun-98	Lándazuri (Sant.)	5.4	0	6.30	-73.90
3-ago-98	Cimitarra (Sant.)	5.5	0	6.27	-73.89
20-ene-99	Cordoba (Quin.)	6.2	13	4.41	-75.72

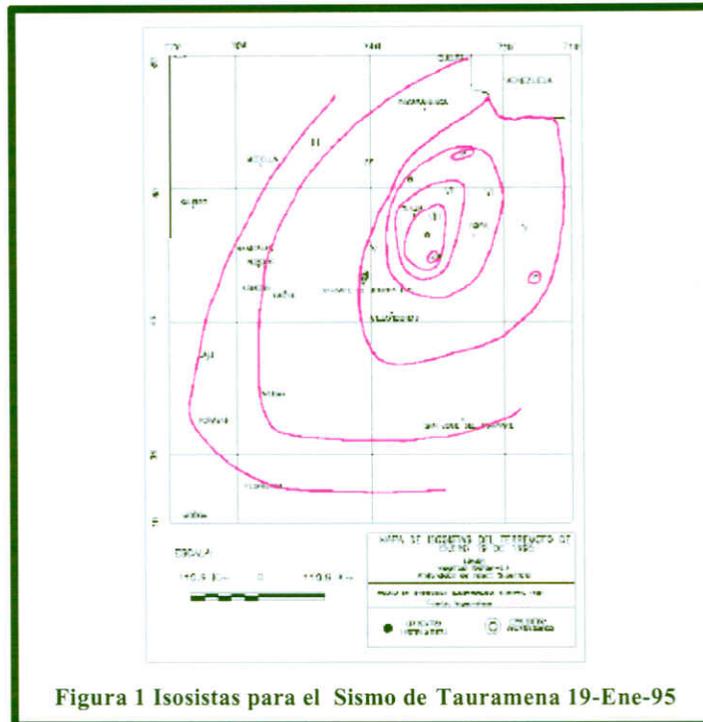
Tabla 1 Sismos Representativos de los Diferentes Ambientes Tectónicos

Para cada uno de estos sismos se realizó un mapa donde se ubicaron las estaciones que registraron cada sismo y su valor pico de aceleración. Además se trazaron líneas de igual aceleración.

5.1 Sismo de Tauramena (Casa.). Aunque existe una evidente falta de cubrimiento de estaciones acelerográficas al oriente del epicentro, lo cual no permite definir en una forma clara la forma de los contornos de las líneas de isoaceleración, se puede ver una disminución de los picos de aceleración en forma alargada en sentido noroeste. La Figura 1 presenta el mapa de isoaceleraciones para este sismo.



Según el estudio macrosísmico realizado por INGEOMINAS (Tapias, Pulido 1995), sobre este sismo, la orientación de las isosistas es en sentido noreste, lo cual es contrario a lo reflejado en los datos instrumentales, pero es bueno recalcar la ausencia de información al oriente del epicentro. En la Figura 2 se aprecia el mapa de isosistas para este sismo.



Utilizando la expresión propuesta por Richter (1958) para calcular aceleración a partir de intensidad.

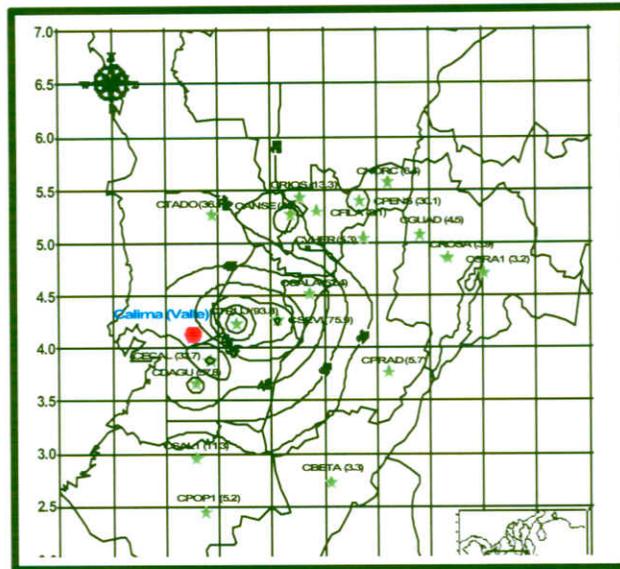
$$\text{LOG } A = -0.5 + 0.33I$$

Se puede apreciar que los cálculos de Isolíneas son compatibles con los valores instrumentales de aceleración máxima para las estaciones, ya que por ejemplo la Ciudad de Bogotá está catalogada como intensidad **V** y el registro en la estación de San Rafael, en el municipio de la calera es de 17.2 gales, lo cual está en el orden de magnitud para la intensidad **V**.

Para la estación Betania, la cual en el estudio macrosísmico se encuentra en la zona de intensidad **IV** y por consiguiente debería presentar un pico de aceleración cercano a los 7 gales. La ecuación de Richter no es tan acertada, ya que el valor instrumental es de la mitad del valor esperado.

La estación Riosucio, ubicada en el departamento de Caldas, presenta una situación similar a la de Betania, ya que se encuentra en la zona de intensidad **III**, donde la aceleración esperada es cercana a 3 gales, y el registro en el acelerógrafo es de 1.6.

5.2 Sismo de Calima (Valle). En este sismo las deficiencias en el cubrimiento de las estaciones acelerográficas se encuentra al occidente, dada la cercanía del epicentro al océano pacífico. Este evento cuenta con un mayor número de estaciones, ubicadas al norte, oriente y sur del epicentro. La Figura 3 presenta el mapa de isoaceleraciones para este sismo.



Las líneas de isoaceleración presentan una orientación noreste, esta tendencia de orientación se ha observado en otros sismos de características similares, como son el del 23 de noviembre de 1979 y el del 30 de julio de 1962, cuyas magnitudes M_b fueron 6.4 y 6.9 respectivamente y su localización esta en los límites entre los departamentos del Valle y Choco.

5.3 Sismo de Cimitarra (Sant.). Las aceleraciones registradas en este sismo son bajas, menores a veinte gales. Al ver las líneas de isoaceleración se aprecia una tendencia este-oeste de atenuación, en forma de elipse. La Figura 4 presenta el mapa de isoaceleraciones para este sismo.

En el cubrimiento de este sismo existen deficiencias de instrumentación ya que al norte solo se encuentra un registro y al oriente ninguno, la mayoría de estaciones están al sur del epicentro, lo cual dificulta establecer un patrón de atenuación con estos datos. Además de esto no se cuenta con estudios macrosísmicos para sismos de esa zona.

