

## 0. INTRODUCCIÓN

Las variaciones de efectos sísmicos según características y propiedades de los diversos terrenos que, en general, conforman los territorios urbanos, han sido documentados desde la Antigüedad, porque las intensidades (el tipo y nivel de efectos y daños) han sido temas de interés históricamente. Pero es a partir de la segunda mitad del siglo XX cuando esta variabilidad empieza a ser investigada con fines de entenderla y proveer a la Ingeniería medidas para optimizar los usos del suelo en cuanto a su respuesta sísmica.

Cali, con cerca de dos millones de habitantes una de las mayores ciudades de Colombia, urbanizó en décadas recientes terrenos que en el pasado fueron cenagosos e inundables, sobre depósitos del río Cañaveralejo. Diversos terremotos, especialmente desde 1979, han causado daños en edificaciones de la ciudad, principalmente en éstos depósitos, de reciente urbanización. A su vez, conciertos musicales en escenarios masivos como la Plaza de Toros (8,000 espectadores) y el Coliseo El Pueblo (17,000 espectadores), han generado vibraciones inducidas perceptibles sobre edificaciones de diversas alturas, hasta 1 km de distancia. Con estas observaciones, los terrenos en el área de los Depósitos del río Cañaveralejo se empezaron a hacer evidentes como una posible “microzona” sísmica hace ya varios años.

Las estrategias de mitigación del riesgo sísmico en las ciudades modernas incluyen, entre otros, la aplicación de normas sismorresistentes para el diseño y construcción de edificaciones, evaluaciones de vulnerabilidad y acciones de reforzamiento y estudios de microzonificación. Estos últimos “buscan delimitar zonas cuya respuesta dinámica sea sensiblemente similar” (NSR-400, 1997: A.2.7). Para la realización de tales estudios se requiere de investigaciones de las propiedades dinámicas del subsuelo, su composición y la geometría. Una vez identificadas las microzonas y evaluadas sus propiedades dinámicas relevantes, (periodos naturales de vibración, factores de amplificación), los resultados específicos de cada una son importantes como parámetros en acciones mitigadoras como el diseño, la construcción sismorresistente y el reforzamiento de edificaciones ya existentes. Tales microzonificaciones deben ser adoptadas como norma por la administración municipal en cada localidad.

Por lo anterior, los estudios de microzonificación son una responsabilidad de los municipios y estos deben ser actores de primer orden en su realización. En Cali este tema está a la orden del día desde 1983, cuando el terremoto de Popayán (marzo 31), sensibilizó a la administración municipal y a entidades regionales, y profesores de la Universidad del Valle propusieron al Municipio el primer estudio para evaluar el riesgo sísmico en Cali (Meyer, 1984b).

A la fecha de terminación de este trabajo el “Estudio de Microzonificación de Cali” aún está en gestión por parte del ente municipal. Así, se espera que los resultados obtenidos constituyan un aporte a la microzonificación de la ciudad, sumándose a otros que el grupo de investigación “Observatorio Sismológico del SurOccidente” ha hecho, por ejemplo, la observación ininterrumpida desde 1987 de la sismicidad local y regional, evaluaciones preliminares de vulnerabilidad sísmica (Campos, 1992 y 1993), El Riesgo Sísmico en la Planeación Urbana (OSSO, 1995), etc.

Con base en recursos económicos e instrumentales limitados, pero con el apoyo humano, tecnológico y logístico del OSSO, este proyecto de grado se abordó para una parte de los terrenos correspondientes a depósitos en el área de Cañaveralejo, zona con mayor densidad de daños por sismos, denominada la **zona de estudio** (Figura 1). En Cali hay otras áreas con evidencias geológicas o geotécnicas que indican la probabilidad de comportamiento sísmico singular y que se podrían develar como “microzonas” en el sentido utilizado por la Norma Sismorresistente. Sin embargo, en estas áreas no se ha identificado nada diferente a lo que, generalmente, caracteriza suelos con potencial de amplificación sísmica selectiva, es decir, espesos estratos de suelos de baja rigidez y densidad. En el área de Cañaveralejo, en cambio, se habían identificado efectos que no son corrientes en suelos con características de “microzona”, particularmente su alta transmisividad para vibraciones inducidas.

Uno de los propósitos de este trabajo fue el de tratar de resolver un problema que típicamente la ingeniería ha enfrentado con técnicas directas puntuales (perforaciones, ensayos de laboratorio, etc) mediante aplicaciones de metodologías de evaluación histórica y geológica (génesis de los terrenos) y la aplicación de técnicas indirectas (geofísica).

Los métodos de la geofísica aplicados en este proyecto fueron: la medición de la velocidad de las ondas P y S (y determinación de capas con igual velocidad de propagación de P y S), el monitoreo de microtrepidaciones (para la determinación del periodo natural de vibración del suelo), y mediciones de vibraciones inducidas. Para tener elementos de comparación se realizaron investigaciones geofísicas en otras partes de la ciudad, con terrenos geológicamente diferentes a los de la zona de estudio.

Así, el enfoque también incluyó investigación histórica sobre los usos del suelo en los terrenos del río Cañaveralejo y su desarrollo urbano, la revisión bibliográfica sobre condiciones geoambientales (hidrometeorología, geología,

parámetros de cuenca, perfiles estratigráficos, estudios geotécnicos), además de la realización de un catálogo sísmico para Cali (Anexo A) y de efectos sobre edificaciones.

Con base en el proceso de aprendizaje, de desarrollos metodológicos y de los resultados de mediciones, observaciones e interpretaciones, se propone un modelo explicativo de las condiciones morfológicas, materiales y geodinámicas de los depósitos del río Cañaveralejo.

Finalmente, se hacen recomendaciones para investigaciones sucesivas en la delimitación y caracterización más precisa de la zona evaluada, y para la extensión de investigaciones para la microzonificación sísmica a los otros terrenos de Cali.