

NUEVOS APORTES PARA LA GEOLOGÍA DEL AREA DE QUITO Y ANALISIS DE LA PALEOSISMICIDAD.

A. Alvarado *, C. Hibsich **, y V. H. Pérez ***

* Departamento de Geología, EPN, ** Instituto Francés de Estudios Andinos Quito, *** Instituto Geofísico, EPN.

RESUMEN

Se han identificado tres unidades que forman parte del relleno profundo de la cuenca Quito, estas son: unidad *volcánicos*, unidad *fluviátil*, unidad *cangahua*, además de una unidad que representa la estratigrafía superficial. Las unidades volcánicas están compuestas de los productos antiguos del complejo Pinchincha así como de los del Atacazo. La unidad fluviátil es una potente serie de fluviátiles, tobas intercaladas al occidente por lavas. La unidad cangahua está formada principalmente por cangahua, localmente hay fluviátiles. En cuanto a la estratigrafía superficial se ha podido definir que los sedimentos muestran un paso progresivo de materiales de ambiente muy húmedo (lacustres y pantanos) a series más secas y erosivas. Su depositación parece estar asociada principalmente a cambios climáticos y volcanismo más que a movimientos tectónicos. Se estima que la acción de la falla de Quito ocurrió en algún período durante la depositación de la unidad fluviátil.

Con la utilización de la paleosismicidad se ha podido determinar veinte eventos sísmicos, registrados durante los últimos 1500 años, con escalas de deformación que van desde 1 cm hasta 30 cm. Además, se estimó una escala comparativa en función del tamaño de la deformación, así para una deformación de 2 cm la intensidad estimada es de VI grados obteniéndose una escala de intensidad en la cual el factor entre cada grado oscila entre +4 y +5, siendo muy cercano al valor de sísmica histórica.

1 - INTRODUCCION

Este trabajo tiene dos objetivos fundamentales que son: investigar la geología de la cuenca de Quito con el fin de saber el tipo de materiales que la forman y además tratar de comprender su evolución tectónica. El segundo objetivo es tratar sobre la metodología para el estudio de la paleosismicidad, esto con el fin de obtener un registro sísmico que supere los 500 años.

Para el estudio de la geología se utilizaron las descripciones de los pozos para agua potable (EMAPQ, varios años), así como algunas observaciones de campo en los alrededores de la ciudad. También se utilizó como base los datos de las columnas estratigráficas levantadas, especialmente en la zona norte debido a las facilidades dadas por las excavaciones profundas que allí se realizan, que también se utilizaron para el análisis de la paleosismicidad.

2 - GEOLOGIA

Antecedentes.

La ciudad de Quito está ubicada sobre una cuenca alargada limitada al oeste por el complejo volcánico Pichincha, al este hay un conjunto de elevaciones con dirección aproximada N-S, al centro una pequeña colina divide la cuenca. El drenaje principal, al sur, está representado por el río Machángara que corre de sur a norte formando una profunda quebrada al desaguar hacia el valle de los Chillos. En el norte las quebradas de El Colegio y el Batán drenan las aguas de este sector.

Desde el oeste provienen la mayor parte de aportes a la cuenca, por medio de diferentes quebradas, especial interés tiene la quebrada Ingapirca que forma un potente abanico aluvial, cuyos depósitos llegan principalmente al área entre las Avs Colón y Gaspar de Villarreal.

La geología del área de Quito ha sido descrita principalmente por Sauer (1943) y por la DGGM (1978, 1980), en función de los diferentes afloramientos localizados en los alrededores de la

ciudad. Se ha estimado que el basamento de los materiales cuaternarios, según algunos autores, corresponde a los depósitos de la Fm. Pisayambo formada de un conjunto de lavas y piroclastos (Hall y Beate, 1991).

Los materiales cuaternarios están representados por los volcano-sedimentos Machángara, identificados en los afloramientos a lo largo del valle del río Machángara. Están formados por lavas, aglomerados, tobas y sedimentos generalmente mal estratificados que incluyen hasta conglomerados (DGGM, 1978). Sobre estos volcánicos se depositan los sedimentos Chiche, consistentes de una serie de conglomerados y areniscas intercaladas con varios niveles de tefras (DGGM, 1980). Los volcánicos del Atacazo y del Pichincha, formados por lavas andesíticas porfiríticas, se colocan sobre los sedimentos Chiche, (DGGM, 1978). La Fm. Cangahua definida como un depósito de tobas y cenizas finas, originada por caídas, cubre periclinamente la mayor parte de los materiales anteriores. Se estima una edad pleistocénica (Clapperton, 1990). Dentro de la cuenca el Depósito Lagunar de Ceniza se ha definido como un conjunto de cenizas, arenas y limos estratificados interpretados como parte de una laguna holocénica, ubicada especialmente al norte de la ciudad (DGGM, 1978,1980).

Estratigrafía.

El estudio de la estratigrafía de la cuenca se ha dividido en dos partes de acuerdo al tipo de información que se analizó, y estas son: estratigrafía profunda y estratigrafía superficial

a) **Estratigrafía profunda.** Está basada principalmente en el estudio de los pozos encontrados en la ciudad, y se han definido las siguientes unidades.

Unidad Volcánicos

Es la unidad más profunda encontrada en los pozos. Se la identificó en el lado oriental de la ciudad en las lomas de El Batán y la Bota, al sur en el barrio Matilde Alvarez y en los flancos occidentales de Pichincha.

Está formada de lavas intercaladas con flujos de lodo, depósitos piroclásticos, avalanchas de escombros y algunas arenas volcánicas con pómez. En algunos afloramientos en la zona norte, el conjunto se muestra fuertemente fracturado.

Se presume que estos depósitos son principalmente de los volcanes Pichincha y del Atacazo.

Unidad Fluviátil

Esta unidad tiene una disposición compleja dentro de la cuenca ya que está controlada por su ubicación, se ha estimado que su espesor en el eje es aproximadamente 300 m. En el sector noroccidental la unidad contiene flujos de lodo, intercalados con arenas medias a gruesas con pómez, interpretadas como tobas. Hacia el occidente estos materiales están intercalados con lavas.

En el sector de la quebrada Ingapirca se encuentran potentes flujos de lodo interdigitados con arenas y líticas de tamaño variable incluso mayores a 1 m. Todo el conjunto forma parte del cono aluvial que desciende de la quebrada.

Hacia el eje de la cuenca se encuentran los materiales más finos, constituidos de arenas, limos y flujos de lodo, posiblemente corresponden a tobas con fluviales y suelos.

En las lomas de El Batán se han encontrado algunos niveles que posiblemente corresponden a fluviales, su espesor aumenta hacia la cuenca.

En las zonas de El Ejido, La Carolina y Aeropuerto, se han localizado niveles con material orgánico en descomposición interpretados como turba, lo que indicaría la formación de zonas pantanosas. Similares materiales se han encontrado al sur de Quito.

En la cuenca sur el relleno difiere principalmente por las características de las zonas de aporte, aquí se diferencian dos zonas principales que son:

- Un aporte del oeste, caracterizado por contener fluviátiles finos intercalados con lavas y cangahua retrabajada. Hacia el eje de la cuenca el material es más fino.
- El otro aporte tiene una dirección SW-NE, siguiendo al río Machángara, se indentifica claramente en los pozos ubicados a lo largo de la Panamericana Sur. El tamaño de grano es variable al sur, se encuentran series conglomeráticas (superan los 120 m), mientras que hacia el norte hay arenas y limos confundiendo con los aportes del oeste.

Unidad Cangahua

Dentro de esta unidad se pueden diferenciar dos tipos de cangahua, una primaria de color marrón intercalada por secuencias decimétricas a métricas de caídas de pómez y ceniza, posiblemente se originó por caída directa. El segundo material es la cangahua retrabajada que es una mezcla de arena, limo, pómez y líticos de diferente tamaño, su color es café oscuro, su origen principal es debido a flujos de lodo y también a procesos de pedogénesis.

La localización de ambos grupos es diferente, así en general la mayor parte de la cangahua primaria se encuentra cubriendo periclinalmente las colinas que rodean la ciudad y en las laderas del Pichincha, localmente es posible hallarla en el centro de la cuenca, mientras que la cangahua retrabajada se ubica al pie de las elevaciones que rodean la ciudad y en el centro de la cuenca. Se estima que su espesor promedio es de 35 m. Una datación cerca al parque de La Alameda reportó una edad de 35.000 años A.P. Clapperton y Vera, 1986).

En el sector del Centro Histórico de Quito que va desde el Panecillo hasta el parque de El Ejido, se tiene una estratigrafía diferente, debido principalmente a su topografía. En esta zona existen pocos pozos, por lo que su interpretación se basa principalmente en observaciones de campo.

Se diferencian dos unidades principales que son: la unidad *volcánicos* mostrada por algunas lavas cerca a la cima de la Libertad incluimos dentro de este grupo a los volcánicos que forman el Panecillo. Cubriendo a este grupo se encuentra la *cangahua*, que es principalmente primaria, en la Av. Maldonado hay niveles de cangahua retrabajada. En la Av. Oriental llegando al partidero al Valle de los Chillos se observan flujos de lodo que posiblemente fueron transportados por las quebradas que descendían al río Machángara.

b) Estratigrafía superficial. La estratigrafía superficial se definió en base a las columnas estratigráficas levantadas en las excavaciones .

El nivel más profundo corresponde a una capa de ceniza muy fina de color blanco, en donde hay al menos tres períodos de depositación , aún no se ha precisado su fuente. En el sector de la Jipijapa la ceniza se depositó sobre un nivel lacustre.

A continuación se desarrolló en la mayoría de la cuenca un suelo muy húmedo posiblemente de ambiente palustre, en la Jipijapa la laguna progresivamente pasó a un pantano y luego al suelo. Sobre este suelo un nuevo evento volcánico deposita una capa de pómez fina y ceniza fina de color amarillo ligeramente verdoso. Por su mineralogía posiblemente corresponde al volcán Pululahua. Sobre la ceniza aparece un suelo muy orgánico con pómez dispersa y restos de raíces, probablemente de ambiente palustre, localmente hay depósitos lacustres.

Una capa de pómez cuyo espesor varía entre 12 a 15 cm, se depositó sobre los materiales anteriores, el centro de emisión más probable es el Guagua Pichincha. Esta caída de pómez marca un cambio importante en las condiciones ambientales de la cuenca ya que luego de ellas se desarrolla un nivel fluvial que tiene un aporte importante de pómez. El fluvial es de dos tipos: uno desarrollado al occidente muy limoso; y otro hacia el lado oriental que es más limpio.

Un nuevo evento volcánico representado por una caída de ceniza, se depositó sobre un nivel de paleo camellones, cuyo posible centro de emisión es el volcán Quilotoa (Hall y Mothes, com. pers.). Es importante notar que el nivel de paleo camellones aporta con información sobre el ambiente en esta época, ya que, según estudios realizados en otros lugares del país se sabe que este tipo de estructura agrícola era construida en zonas pantanosas con el fin de evacuar las aguas, formar reservorios y proteger los cultivos de heladas. El área de los camellones ocupó aproximadamente 300 has.

Posterior a la caída de ceniza en varios sitios se desarrolló un nivel lacustre localizado en el sector de La Carolina y Jipijapa. Este lacustre progresivamente pasa a un nivel fluvial y luego al suelo actual. En el sector de la Jipijapa se mantuvo hasta hace algunos años un nivel pantanoso. Luego del desecamiento de la laguna se produjo un período muy erosivo representado por las numerosas quebradas que fueron rellenadas paulatinamente.

3 - PALEOSISMOLOGIA

Contexto tectónico y sismicidad.

Debido a que el Ecuador se halla ubicado en un margen activo, este controla la mayoría de estructuras formadas en el continente, las mismas que tienen una dirección preferencial NNE.

Soulas et al. (1991) definen tres sistemas de fallamiento principales, que son:

a) Sistema de fallamiento dextral, su dirección aproximada es NNE entre las fallas más importantes que forman este sistema son la Chingual, Pallatanga y el fallamiento del Golfo de Guayaquil.

b) Sistema sinistral las principales fallas del sistema son Guachucal, San Isidro, El Angel.

c) Sistema de fallamiento inverso de pie de monte, localizado en la base de la Cordillera Real. Asociados a estos sistemas principales se encuentran pliegues y fallas que afectan a los depósitos cuaternarios, cuya dirección principal es N-S, como son los pliegues localizados en el sector de Salcedo (Dávila, 1990) y la falla de Quito, interpretada como inversa (Soulas et al, 1991), asociada además a un plegamiento (Ego, 1992).

Este conjunto de rasgos representan importantes fuentes sísmicas para la ciudad de Quito, de estos los más importantes son: la falla de Quito Lumbisí sobre la que se ubica la ciudad, se ha estimado que puede generar sismos de magnitud 6.9 a 7.1 grados con intensidades entre VIII y V (Soulas et al, 1991; Del Pino y Yepes, 1990). La falla Chingual puede generar sismo con magnitud superior a 7 grados e intensidades aproximadas de VI grados (Soulas et al, 1991; Pérez et al en prensa).

La falla de San Isidor forma parte del sistema sinistral, en 1868 un sismo destruyó la ciudad de Ibarra y produjo una intensidad estimada de IX en la ciudad de Quito (Del Pino y Yepes, 1990). Al oriente al sistema transpresivo de Baeza, que es la prolongación hacia el sur de la falla Chingual, se le atribuyó el sismo de marzo de 1987 que produjo una intensidad de VII en Quito (Del Pino y Yepes, 1990).

La falla de Pallatanga, ubicada al centro del país posiblemente fue la fuente que destruyó la ciudad de Riobamba en 1797, se sintió en Quito con una intensidad de VIII (Del Pino y Yepes, 1990).

El noroccidente ha sido poco estudiada, uno de los trazos ya conocidos es el de Apuela-Nanegalito-Mindo posiblemente dextral (Ego, 1992). Al oeste se han identificado rasgos que muestran evidencias de movimiento dextral, corresponden a las falla de Santo Domingo y del Río Canande, se estima que la magnitud que puede generar este último rasgo es de 7.1 grados, lo que produciría una intensidad de VI en Quito (Pérez et al, en prensa).

La subducción es otra importante fuente, puede generar intensidades de VI grados, en la ciudad de Quito (Del Pino y Yepes, 1990).

La actividad volcánica del Guagua Pichincha ha producido en Quito algunos daños pero es menos importante su influencia.

4 - ANALISIS PALEOSISMICO.

El análisis de la paleosismicidad se basa en el estudio de las deformaciones producidas por los sismos en los sedimentos. El fenómeno por el que ocurren las perturbaciones en la geometría del depósito, es la licuación. A la deformación se la denomina *sismita*

La licuación de un sedimento ocurre cuando hay una desestabilización de los granos de un material no consolidado, por la acción de una carga cíclica, que genera una reducción del esfuerzo efectivo (pérdida de contacto entre los granos del esqueleto del terreno) debido al aumento en la presión de poros haciendo que el suelo se comporte como fluido (Ishihara, 1985; Ishihara y Hsu, 1986; Jiménez Salas, 1980; Darve y Flavigny, 1979).

Las *sismitas* pueden encontrarse en diferentes sedimentos como conglomerados, arenas, arcillas, calcáreos y areniscas (cuando aún no han sufrido litificación). En general las arenas poco litificadas que contienen agua, son las más susceptibles a ser licuadas.

Estructuras.

Las estructuras más comunes producidas por este fenómeno son: capas contorneadas o invaginaciones, figuras de carga e inyecciones de material.

Capas contorneadas o invaginaciones. Son figuras parecidas a las de carga, pero se diferencian porque ocurren en materiales de reología similar. Son semejantes a pliegues con vergencias variables, lo que facilita establecer distinciones respecto a un "slump", en algunos casos estos plegamientos se aíslan formando los pseudo nódulos. Son claramente visibles cuando existe laminación como en los varves. Posiblemente se originan en las zonas cercanas a la interface agua/sedimento, en donde la presión de confinamiento es mínima y existe mayor facilidad para fluir (Pérez et al, en prensa). En la Figura 1 se observan ejemplos de este tipo de deformación (ver A,B,C,D,E,F). Estas estructuras son las más comunes en Quito.

Figura 1: Ejemplos de *sismitas*. (A): (a): invaginaciones descritas por Sims (1973) en sedimentos lacustres en California; la deformación afecta 4-5 cm de sedimentos por una intensidad (MM) de VIII-IX / (B): (a): invaginaciones encontradas en sedimentos lacustres (laminitas y limos arcillosos) en una excavación en la Calle Amazonas, al lado del Banco del Pichincha (Quito) / (C): invaginaciones en arenas infra-litorales cerca de Manta (Ecuador). (D): (a): invaginaciones en arenas supratidales del Stampiano del Sur de París (Cojan y Thiry, 1992) / (E): invaginaciones y pseudo-nodulos en los depósitos lacustres de la Calle Pinzón (Quito); / (F): invaginaciones (a) e inyecciones de tipo diapiro (b) en arenas del stampiano al sur de París (Plaziat y Poisson, 1992) / (G): dique de arena (a) en el stampiano del sur de París (Cojan y Thiry, 1992) / (H): diques (a) y sills (b) sedimentarios en los sedimentos lacustres de Quito (excavación del edificio Pucará en la Calle República); inyecciones de limos arcillosos con pómez a través de laminitas lacustres. Las laminitas del nivel (c) fosilizan la deformación / (I): inyección tipo sill (a) de cenizas volcánicas (1) a dentro de sedimentos lacustres (2) en la excavación del centro comercial "el Jardín" en la Calle Amazonas (Quito) / (J): figuras de carga redondeadas (a) descritas por Sims (1973) en depósitos lacustres (K): en la excavación del centro comercial "el Jardín" en la Calle Amazonas (Quito) (a): diques sedimentarios "per descensum"; (b): figuras de carga alargadas y orientadas (N 30-40°E); (c): desplazamiento inverso capa a capa de los filones sedimentarios (a); (1): cenizas volcánicas, (2): laminitas lacustres, (3): arenas medianas, (4): ceniza retrabajada / (L): figuras de carga (b) descritas por Sims (1973) en depósitos lacustres (a) / (M): en la excavación del centro (Tomado de Pérez et al, en prensa).

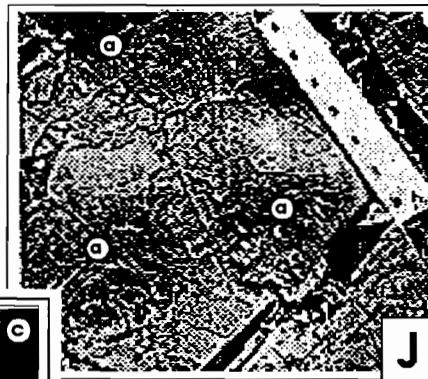
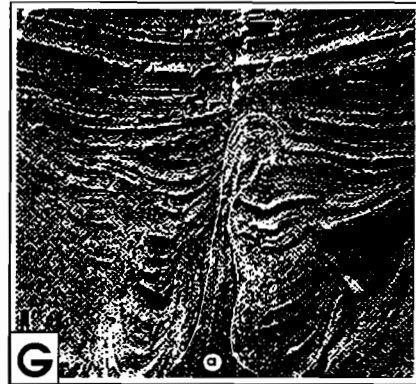
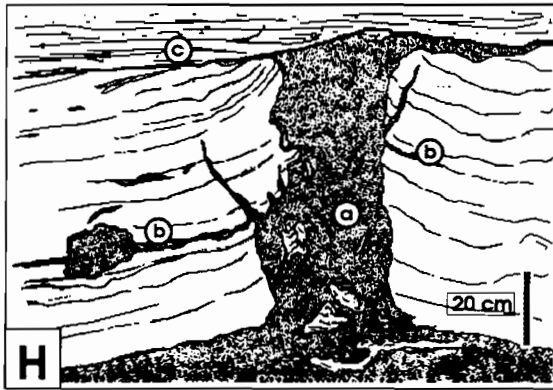
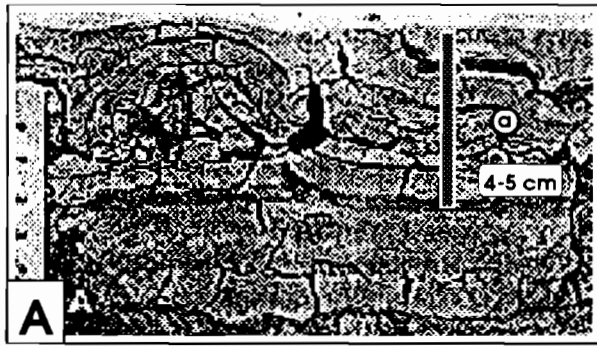
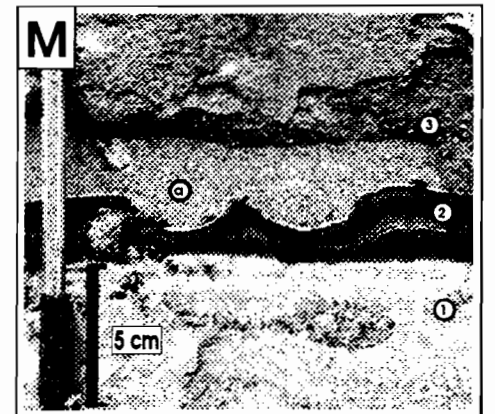
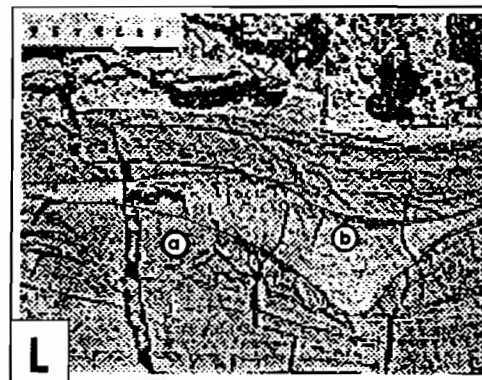
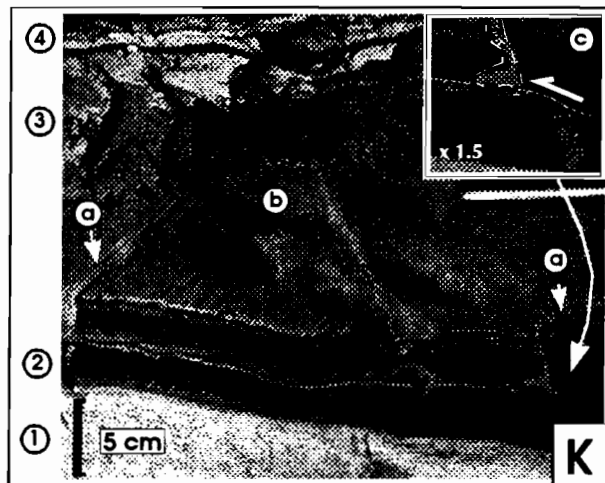
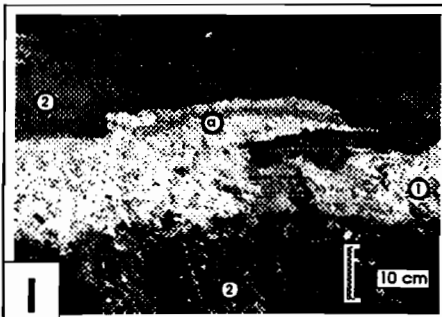


FIGURA 1



Figuras de carga. Son del mismo tipo a las definidas en la literatura, pero en este caso se muestran asociadas a las otras figuras descritas. Para diferenciarlas es necesario también conocer el tipo de sedimentación que tiene el sector estudiado, especialmente identificar llegadas catastróficas de material (Pérez et al, en prensa). Ver Fig. 1 J,K,L,M.

Inyecciones de material. Estas son las figuras más comunes asociadas a un sismo, son los "volcanes de arena y lodo" descritos en varios sismos, como en el de Imperial Valley en 1979 (Youd, 1984) y en Niigata en donde aparecieron cráteres de sifonamiento, generando hundimientos, desenterramientos, inundaciones, etc (Geotecnia y Cimientos, 1980). Ocurren cuando la presión hidráulica del sedimento es lo suficientemente fuerte como para producir un empuje sobre las capas sobreyacientes, que se caracterizan por ser poco competentes lo que ayuda a la expulsión (Fig. 1 G,H,I,K).

Identificación y problemas.

En general los problemas que se encuentran en una investigación de este tipo se relacionan a la identificación de la deformación, la correlación de un afloramiento a otro y la asignación de una intensidad. Para identificar una sismita es necesario realizar un estudio detallado de la zona así como identificar capas guías que permitirán correlacionarlas de un afloramiento a otro. Para su indentificación y correlación se deben tomar en cuenta los siguientes factores que son:

- Reología no favorable, ya que no todos los sedimentos en el momento del sismo son aptos para ser licuados, especialmente cuando hay variaciones laterales, diagénesis o porque el material

es poco o nada licuable, incluso una licuación anterior deja al terreno con menores posibilidades para que este sea licuado nuevamente, ya que aumenta la compactación del terreno.

- Es posible además que exista erosión, o también una falta de depositación, en todo caso hay la posibilidad de encontrar por lo menos una zona afectada por un sismo.

Se se debe tomar en cuenta en este análisis que puede existir sobreposición de eventos, para ello es necesario identificar zonas de erosión o discordancias así como la interface agua/sedimento, se puede dar el caso de que el acuífero está repartido en dos zonas, en este caso se requiere encontrar otras evidencias en el afloramiento que indiquen esta compartición del acuífero.

Sismitas en la ciudad de Quito.

Un registro muy importante encontrado dentro de la ciudad es el de la calle Pinzón, aquí se determinaron hasta 20 niveles de formados, con diferentes escalas de deformación que va desde 1 cm hasta 30 cm. En la Fig. 2 se observa los niveles de deformación en este afloramiento. Hemos obtenido una edad de 453 ± 60 D.C a una profundidad de 4.5 m, en la base del nivel deformado más profundo. Con el fin de correlacionar el evento deformado más joven con algún evento sísmico histórico y así poder tener un valor de intensidad, se estimó la edad de 1410 D.C. para este nivel, pero existe un rango de error muy alto. En vista de esto se hizo una aproximación de la intensidad en función del tamaño de la deformación, para ello se tomó como referencia algunos estudios anteriores que indican que para producir una sismita se requiere un sismo de magnitud mayor a 5.6 y una intensidad de VI grados (Ringrose P. 1989, Sims, 1973).

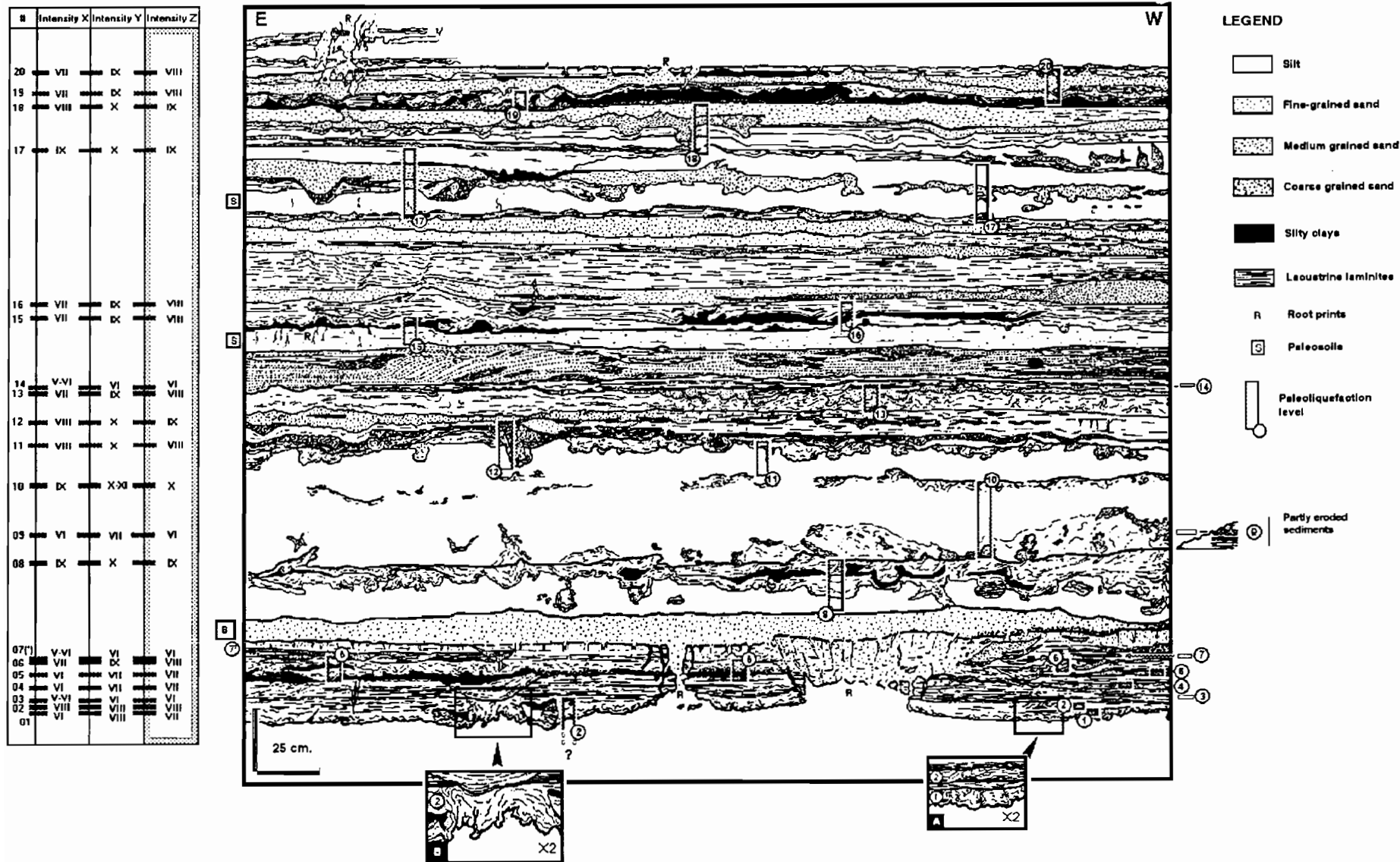


Figura 2.- Niveles de paleolicuación en el afloramiento de la calle Pinzón (tomado de Pérez et al, en prensa)

Considerando que una deformación de 2 cm equivale a una intensidad VI grados, se obtuvo que el factor entre cada valor de intensidad está entre +4 y +5 equivalente a la progresión de la aceleración horizontal en función de la intensidad (Pérez et al, en prensa)(Ver Fig. 2). Con esta escala se pudo estimar una recurrencia de ocho eventos con intensidad igual a VIII, 4 de intensidad IX y uno de intensidad X, correspondiente a un período de más o menos 1000 años (Pérez et al, en prensa.).

5 - CONCLUSIONES.

Con este trabajo se ha podido obtener una idea general sobre la estratigrafía profunda de la cuenca de Quito. La estratigrafía aquí definida es una primera aproximación de los depósitos que rellenan la cuenca. Se distinguen tres tipos: uno corresponde a la unidad volcánica que posiblemente está asociada a los productos del volcán Rucu Pichincha, así como del Atacazo; el segundo tipo está formado por las series fluviales interpretadas cuyo espesor está alrededor de los 300 m. Posiblemente el cambio entre los volcánicos y los fluviales este asociado a la formación del Guagua Pichincha cuyos productos se localizan principalmente al occidente de la cuenca. Parece que la falla de Quito tiene durante este período una importancia fundamental ya que si se comprueba que existen depósitos fluviales sobre todas las lomas ubicadas al oriente de la ciudad, entonces se puede afirmar que comenzó a actuar durante la depositación de la unidad fluvial, con ello se estimaría la edad de la falla y su tasa de levantamiento.

Por otra parte la depositación de la unidad cangahua marca un cambio importante en la sedimentación de la cuenca además que por su tasa de sedimentación hace que se la catalogue como un depósito catastrófico; ambientalmente se sabe que el clima fue mucho más frío y seco que en la actualidad durante su depositación.

Los materiales más recientes muestran que la cuenca ha estado sometida a períodos de mucha humedad al igual que a una actividad volcánica importante, lo que sugiere que la mayoría de las lagunas podría haberse formado principalmente por cambios climáticos y por volcanismo, sin que se pueda encontrar evidencias de una actividad tectónica importante durante este período. En épocas más recientes la cuenca tuvo más erosión que sedimentación.

En relación a la paleosismicidad se ha comprobado que las sismitas representan un método apropiado para ampliar el registro sísmico, siempre y cuando se pueda tener un buen control estratigráfico de los eventos. En el caso de la ciudad de Quito se espera obtener un mejor control cronológico para afinar la escala de intensidades. Es importante indicar que muchos sismos no se han registrado debido a diferentes razones, como reología, erosión etc. pero estimamos que el registro muestra los eventos más importantes y con intensidades altas.

BIBLIOGRAFIA

CLAPPERTON CH. y VERA R. 1986.- The Quaternary glacial sequence in Ecuador: a reinterpretation of the work of Walter Sauer.- *Journal of Quaternary Science*, vol 1, pp 45 - 56.

DARVE F. & FLAVIGNY, 1979,- Simulation de la liquéfaction des sols avec une loi incrémentale,- *Matériaux et structures sous chargement cyclique*, Palaiseau, Assoc. Amic. Ing. Anc. Eleves de l'E.N.P.C., pp: 101 - 106.

DÁVILA F., 1990,- Geodinámica plio-cuaternaria de la cuenca de Latacunga - Ambato, Callejón Interandino entre Salcedo y Píllaro.- *Tesis Politécnica Nacional*, Quito, 192 p.

DEL PINO I. y YEPES H., 1990.- Apuntes para una historia sísmica de Quito.- *Centro Histórico de Quito. Problemática y perspectivas. Dirección de Planificación. I. Municipio de Quito, Ecuador.*

DGGM, 1978.- Mapa geológico "Quito" escala 1:50.000.

DGGM, 1980.- Mapa geológico "El Quinche" escala 1:50.000.

DGGM, 1980.- Mapa geológico "Sangolquí" escala 1:50.000.

EGO F. 1992.- La Tectónica Activa en el Norte de los Andes Ecuatorianos.- *Inf. Cient. IFEA, Quito, pp. 9.*

EMAP-Q, varios años.- Archivos de informes de pozos perforados para agua en la zona de Quito y sus alrededores.

HALL M. Y BEATE B. 1991.- El volcanismo Plio-Cuaternario en los Andes del Ecuador.- *Estudios de geografía. Vol. 4, Quito, pp 5 - 17.*

ISHIHARA K., 1985.- Stability of natural deposits during earthquakes.- *Proc. 11th International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, San Francisco, vol. 2, pp. 321 -376.*

ISHIHARA K. y HSU H-L., 1986.- Considerations for landslides in natural slopes triggered by earthquakes.- *Proc. of JSCE, No. 376/III-6, 16 p.*

Geotécnia y Cimientos III (Jimenez Salas coord.) 1980.- Tomo III. *Editorial Rueda, Madrid, pp: 751 - 858.*

PEREZ V.H., HIBSCH C., ALVARADO A., YEPES H., en prensa .- Paleosismicidad de la ciudad de Quito (Ecuador) a través del análisis de la paleolicuación cuaternaria.

RINGROSE P.S., 1989.- Palaeoseismic liquefaction event in late Quaternary lake sediment at Glen Roy, Scotland.- *Terra Nova, vol 1, pp. 57 - 62*

SAUER W., 1943.- Memoria explicativa del Mapa Geológico del Quito.- Universidad Central del Ecuador, Quito.

SIMS J., 1973.- Earthquake-induced structures in sediments of Van Norman Lake, San Fernando California.- *Science, Vol. 182, pp. 161 - 163.*

SOULAS J.P., EGUEZ A., YEPES H. y PEREZ H. 1991.- Tectónica activa y riesgo sísmico en los Andes Ecuatorianos y el extremo sur de Colombia.- *Bol. Geol. Ecuat. Vol. 2, No. 1, pp. 141 - 152.*

YOUD T. L. 1984.- Recurrence of liquefaction at the same site.- *Eighth World Conference on Earthquake Engineering, Vol. 3, pp: 231 -238.*