
3 DE JUNIO 1987

SESION DE LA MAÑANA

Presidente:

Ing. Luis Zegarra C.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

ASPECTOS SISMOTECTONICOS DEL SISMO DEL CUZCO DEL 5 DE ABRIL DE 1986

David Huamán Rodrigo

IGP

EL TERREMOTO DEL CUZCO DEL 5 DE ABRIL DE 1986

Ing. Luis Zegarra C. - Ing. Juan Bariola B. - Ing. Marcos Tinmann B.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU

Arq. Roberto Samanez A. - Ing. Carlos Malpartida M. - Ing. José Becerra C.

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUZCO

MICROZONIFICACION DE LA CIUDAD DEL CUZCO

Ing. Juan Menéndez García

UNIVERSIDAD NACIONAL SAN ANTONIO ABAD DEL CUZCO

PROYECTOS DE RECONSTRUCCION EN LA CIUDAD DEL CUZCO A RAIZ DEL SISMO

DEL 5 DE ABRIL DE 1986

Ing. Carlos Malpartida M.

UNIVERSIDAD SAN ANTONIO ABAD DEL CUZCO

SESION DE LA TARDE

Presidente:

Dr. Jorge Alva

CISMID – UNI

PROGRAMA PARA LA MITIGACION DE LOS EFECTOS DE LOS TERREMOTOS DE LA

REGION ANDINA – PROYECTO SISRA – CERESIS

Ing. Alberto Giesecke

CERESIS

PLANEAMIENTO FISICO CONTRA DESASTRES NATURALES EN EL PERU

Ing. Julio Kuroiwa

CISMID – UNI

EL DEBATE

ASPECTOS SISMOTECNICOS DEL SISMO DEL CUZCO DEL 5 DE ABRIL DE 1986

Por: David Huamán Rodrigo*

RESUMEN

El 5 de abril del presente año a las 15 horas 14 minutos hora local, tuvo lugar en la ciudad del Cuzco un fuerte sismo de magnitud 5.4. Mb que fue localizado a 8 Kms. al NE de la ciudad, con un saldo de 7 muertos, 80 heridos y unos 13,000 damnificados.

Del punto de vista geodinámico, la región del Cuzco es considerada como una zona de alta actividad sismotectónica, dada la presencia de estructuras tectónicas y la ocurrencia de numerosos sismos históricos que han afectado la región.

Las principales estructuras tectónicas que se observan son, la flexura de San Sebastián y el accidente de Tambomachay; estas estructuras son polifásicas, siendo el régimen actual de los esfuerzos en extensión y el tensor promedio tiene una dirección N—S.

Durante el sismo del 5 de abril, según las observaciones geológicas realizadas, la zona que ha registrado mayor deformación a nivel de la superficie corresponde al sector de la Laguna de Qoricocha. En este lugar se reactivaron algunos tramos del sistema de fallas localizado en la parte septentrional de la Laguna; los esfuerzos son netamente de extensión. Los resultados de las intensidades son compatibles con las observaciones geológicas, la Laguna Qoricocha muestra intensidad de grado IX; a nivel regional el área de percepción máxima abarca un radio de unos 50 kms., mientras que a nivel de la ciudad del Cuzco las intensidades varían entre IV y VI grados MM.

La repartición espacial de los epicentros se enmarcan dentro de la zona de la falla Tambomachay y las fallas de la Laguna Qoricocha, la profundidad de dislocación del sismo principal parece ser bastante superficial, esto es corroborado por el estudio de las réplicas que se ubican entre 20 y 5 Kms. de profundidad.

INTRODUCCION

La ciudad del Cuzco está considerada como la capital arqueológica de América del Sur. Los documentos históricos desde la época de la conquista, muestran que esta región fue afectada por numerosos movimientos sísmicos, algunos con caracteres de terremotos y muchos medianamente fuertes a débiles.

El 5 de abril de 1986, a las 15 horas, 14 minutos y 17 segundos tiempo local, el Cuzco fue sacudido por un fuerte sismo que afectó la ciudad y sus alrededores, causando el deceso de 7 personas, unos 80 heridos y más de 13,000 damnificados.

De acuerdo a los datos procesados por el IGP, el sismo ocurrió a unos 8 kms. al NE de la ciu-

* Instituto Geofísico del Perú

dad. La intervención del IGP, se realizó luego de una semana de ocurrido el sismo en el lugar de los hechos. La misión fue enviada por la Dirección de Movimientos de Corteza Terrestre y Servicios Técnicos a cargo del Ing. Ernesto Deza M.; esta misión tuvo 3 líneas de estudios:

- Neotectónica, integrada por David Huamán Rodrigo.
- Evaluación de intensidades, integrada por Porfirio Huaco y María Minaya.
- Instalación de la red sísmica temporal, integrada por Antonio Flores y Pedro Alvarado.

En esta nota se expondrá los resultados de los estudios realizados en la región del Cuzco.

I. ASPECTOS GEOLOGICOS

La región del Cuzco está emplazada morfoestructuralmente en el borde oeste de la Cordillera Occidental, en la prolongación este de la deflexión Pisco—Abancay.

1. La Cuenca del Cuzco

La cuenca del Cuzco es una depresión topográfica de dirección E—W cuyo borde septentrional es marcado por accidentes tectónicos notables como son la flexura de San Sebastián y la falla activa de Tambomachay (Fig. 1).

a. La Estratigrafía Cuaternaria

El substrato precuaternario está formado por rocas sedimentarias bien consolidadas y fuertemente plegadas, correspondientes a las calizas Yuncaypata y las Capas Rojas (Cretáceo terminal—Eoceno).

Los depósitos cuaternarios que rellenan la cuenca del Cuzco están conformadas por sedimentos lacustrinos y fluviales. Las acumulaciones lacustres se disponen en dos unidades; la unidad inferior se denomina formación San Sebastián (GREGOR, 1913) y está constituida por más de 70 m. de espesor por areniscas finas, arcillas y diatomitas, depuestas en dos secuencias grano—estrato decrecientes de tercer orden; la unidad superior (pleistoceno medio?) constituye en general una superficie T4 (J. Cabrera, 1985) y una formada por limos y arenas grises que contienen gasterópodos; el espesor es de unos 15 metros.

Los depósitos fluviales se disponen en un conjunto de 3 terrazas que se encajonan en el Valle del Río Huatanay, la más antigua (tf3) se sitúa entre 14 y 20 m. sobre río actual, la intermedia (tf2) está entre 5 y 12 m.; y la más reciente (tf1) se levanta entre 1 y 2 m. de altitud. Estos depósitos son de composición mayormente conglomerádica y se les ha asignado una edad entre pleistoceno medio—superior y holoceno.

b. La Tectónica Cuaternaria

Varios movimientos tectónicos afectaron principalmente el borde septentrional de la cuenca creando diversas estructuras: fallas inversas y normales y flexuras.

La principal estructura comprensiva es la flexura San Sebastián que tiene una dirección N120°E y su flanco Sur deprimido; existe además un sistema de fallas inversas de orientación E—W con planos buzantes al Sur y al Norte. Las estructuras extensivas están conformadas por pequeñas fallas normales centimétricas a métricas, la falla Tambomachay es el accidente mayor que bordea la parte norte de la cuenca.

El estudio microtectónico revela 4 episodios de deformación (J. Cabrera 1984):

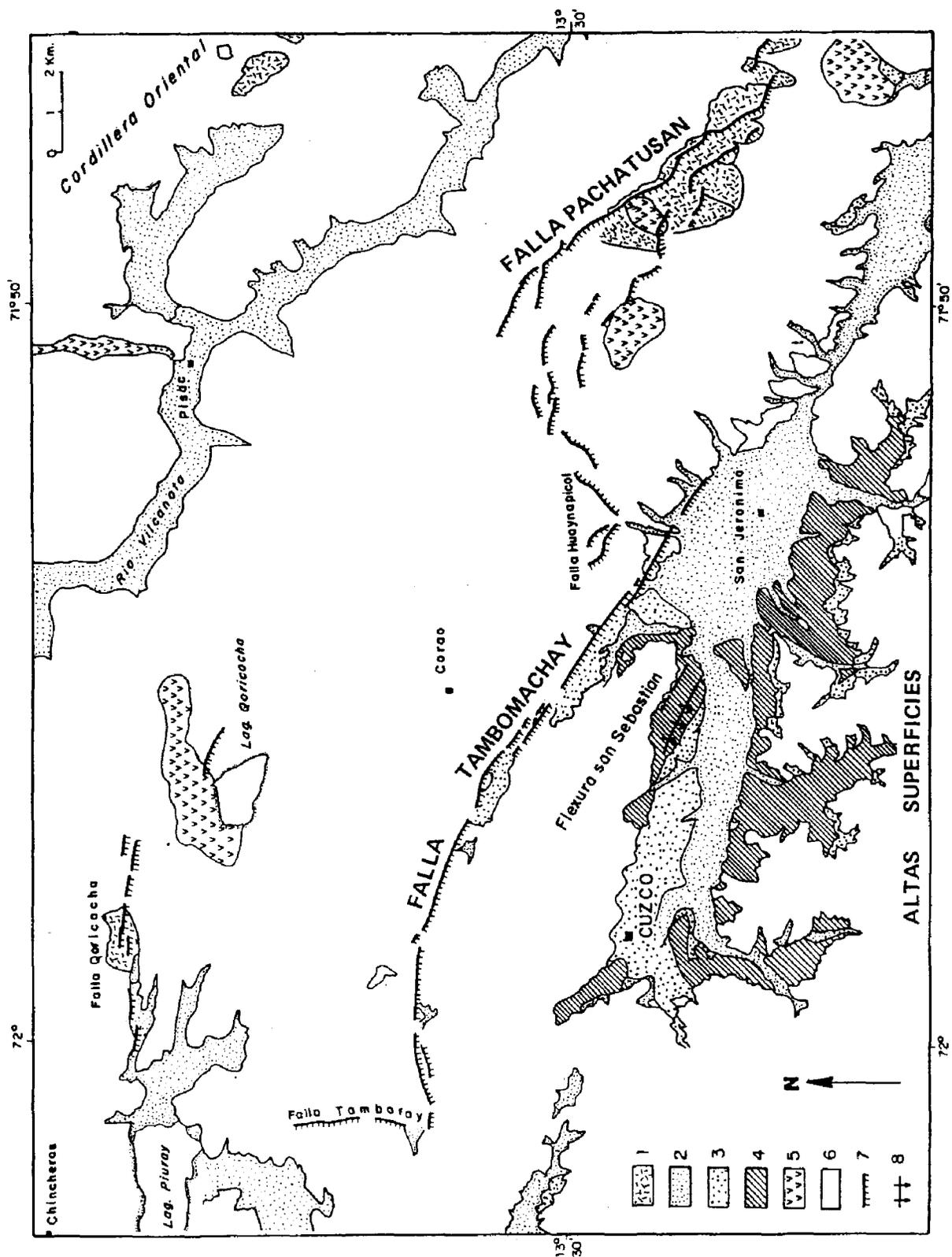


Fig. 1 Carta geológica de afloramientos y estructuras Cuaternarias de la Región del Cusco (según J. Cabrera, 1987).
 1: Morrenas de la última glaciación; 2: Depósitos fluviales (Tf_2); 3: Depósitos fluviales (Tf_3); 4: Formación San Sebastián; 5: Rocas volcánicas Plio-Cuaternarias; 6: Rocas del sustrato pre-cuaternario; 7: Falla normal; 8: Flexura.

- Un episodio compresivo de dirección N–S, de edad estimada Pleistoceno inferior;
- Un episodio compresivo con acortamiento E–W, atribuida al Pleistoceno inferior–medio (?)
- Un episodio extensivo de dirección E–W, probablemente de edad Pleistoceno medio–superior (?)
- Un episodio extensivo con un eje de alargamiento N–S (Holoceno actual).

2. Las Fallas Activas

Se denomina falla activa a aquella estructura que ha tenido tectónica a partir de los 10,000 años al presente. En la región del Cuzco se ha reconocido varias estructuras que evidencian actividad reciente, algunas de ellas se relacionan con la actividad sísmica.

La falla Tambomachay (Sebrier et. al 1982, Cabrera, J. 1984) domina la parte Norte de la ciudad del Cuzco, aflora sobre unos 15 Km. con una dirección entre N110°E y N130°E y buzamientos de 70° y 80° al Sur; afecta las rocas Capas Rojas y la Fm. Yuncaypata; además modifica la topografía actual con planos normales, lo que es prueba de su actividad reciente, se nota desplazamientos verticales de más de 2 m. de salto.

Las fallas de Qoricocha (Fig. 2) se localizan a unos 10 Km. de la ciudad y bordean la parte septentrional de la Laguna Qoricocha. Estas fallas se reconocieron con motivo de las observaciones geológicas del sismo de 05–04–86.

Se trata de un sistema de fallas normales de orientación N120°E, fuertemente buzantes al Sur y que se distribuyen sobre unos 4 Km. de longitud. La observación sobre las fotos aéreas y en el terreno de las fallas son bastante nítidas, pues presentan escarpamiento topográfico reciente y los paleosuelos han sido afectados por las fallas.

Las fallas activas Tambomachay y Qoricocha muestran índices de varias reactivaciones, el estado actual de los esfuerzos se manifiesta en la dirección de extensión N–S para ambos sistemas.

II. SISMOTECTONICA

Del punto de vista histórico, la región del Cuzco fue sacudida numerosas veces por movimientos sísmicos de intensidad variable y a intervalos del tiempo no periódicos: 1581 – 1590 – 1650 – 1707 – 1744 – 1746 – 1905 – 1928 – 1941 – 1943 – 1950 – 1965 – 1980.

Entre los sismos más importantes destaca: 1581 que afectó justamente al pueblo Yanaoca; el de 1650 localizado en Cuzco (32 muertos) y fue de orden regional; el de 1943 que produce fuerte destrucción en Yanaoca y Pampamarca (75 muertos); y el de 1950 que asola completamente la ciudad del Cuzco, con más del 50 o/o de daños en edificios, viviendas y además con un saldo de 120 personas muertas y muchos heridos.

El sismo del 21 de mayo de 1950 aparte de la intensidad que alcanzó (grado VII M.M.), tuvo un área epicentral muy localizada y confinada al Valle del Cuzco. Los efectos tectónicos que resultaron del sismo se localizaron al SE del pueblo San Sebastián, consistió de numerosas fisuras del terreno de dirección promedio N80°W y que se extendieron sobre una longitud de 5 Km. (ERICKSEN E., 1950; SILGADO E., 1978). La profundidad focal estimada en base a las intensidades determinadas, fue de unos 9 Km.

1. Evidencias geológicas del sismo del 05–04–86

Durante el sismo del 05–04–86, el sector de la Laguna Qoricocha parece corresponder

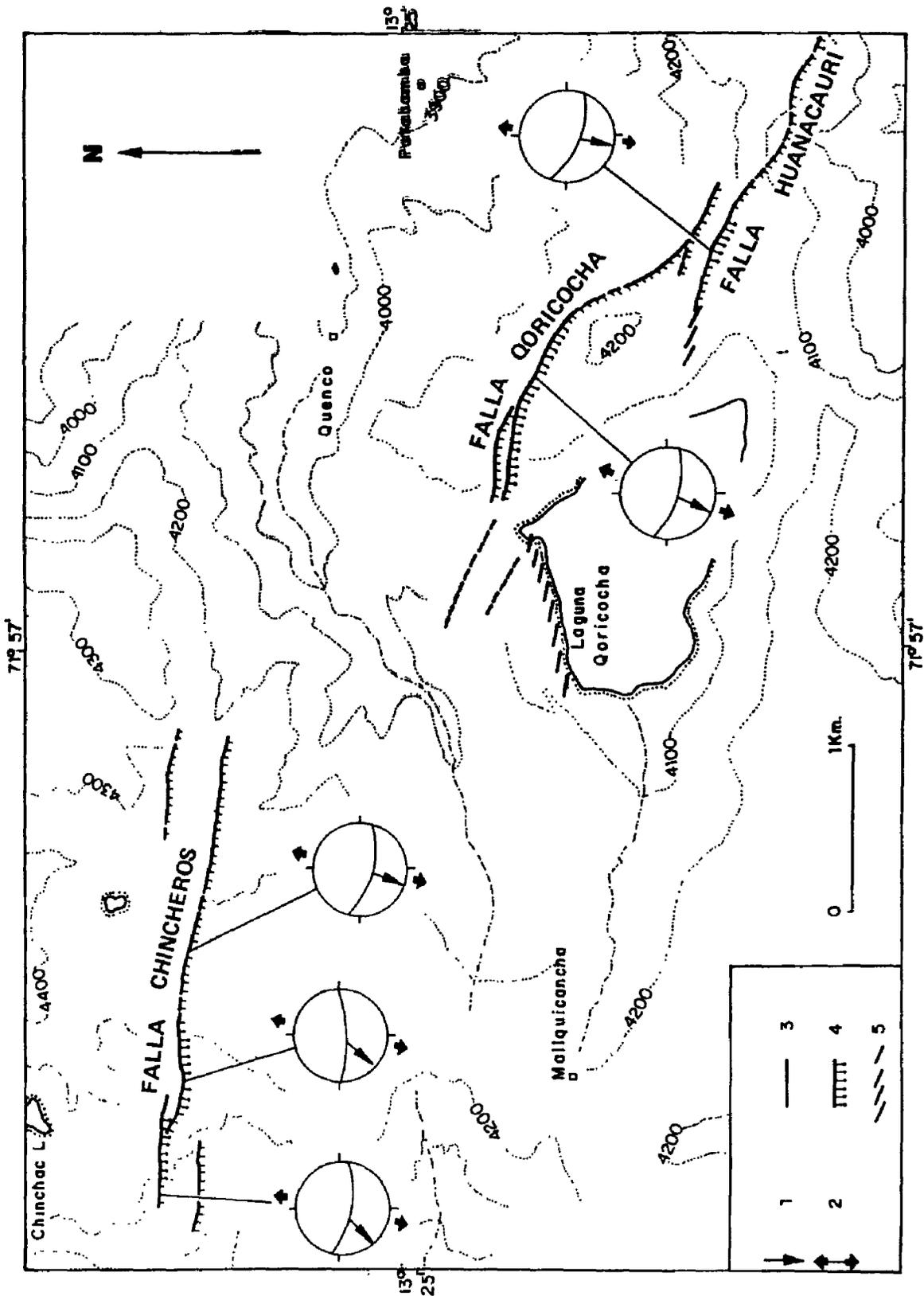


Fig. 2 Carta estructural de la zona de la Laguna Qoricocha.
 1: Vector deslizamiento del plano principal; 2: Dirección del esfuerzo principal extensivo T_3 ; 3: Traza de falla; 4: Falla normal reactivada en el sismo 05-04-86; 5: Sistema de fracturas y microfallas formadas durante el sismo 05-04-86.

a la zona más afectada en efecto, se ha podido observar:

- Un sistema de fisuras dispuestas en "relais" localizadas en la parte septentrional de la laguna. Se trata de fisuras de orden centimétrico a varias decenas de metros, con aberturas entre 5 y 10 cm. de ancho y probablemente muy profundas. Este sistema se extiende sobre una distancia mayor de 1 km. y con una orientación E-W. La mayor parte de dichas fisuras presentan desplazamientos verticales (3 a 5 cm. de salto) donde los compartimientos del lado Sur han descendido; algunas medidas de los pequeños planos tienen pendientes de 70° hacia el SE.

De acuerdo a las características geométricas y morfológicas, el sistema de fisuras corresponde a una estructura de falla; el análisis de la cinemática muestra que se trata en efecto de una falla normal asociada con movimientos dextrales.

Por otro lado al pie de la escarpa de la falla activa del cerro Huanacauri, se ha detectado una serie de pequeñas fisuras pluridecimétricas, lo que muestra una débil reactivación durante el sismo.

Finalmente sobre el accidente tectónico de Tambomachay, se ha observado cierta reactivación en varios puntos, como un ejemplo, frente a las ruinas de Tambomachay, sobre el tramo de la ruta a Pisac donde se proyecta la falla, etc. Se trata de pequeñas fracturas con una dirección promedio N100°E.

2. Los Estudios Sismológicos

El sismo del 05-04-86 en el Cuzco, fue calculado con una magnitud de 5.4. Mb, usando la información de la máxima amplitud en la estación standard de NNA (Lima).

La obtención de los datos sísmicos estuvo basado bajo dos aspectos: primero la instalación de una red temporal en la región del Cuzco para el estudio de réplicas y segundo, la observación de las intensidades tanto a nivel local como regional.

a. El sismo principal y las réplicas

Los parámetros del sismo principal fueron calculados usando la red sísmica parcial del Centro del Perú y las 3 estaciones telemétricas permanentes (Ñaña: Lima, Huancayo: HUA y Arequipa: Are); con la introducción de la diferencia de tiempos de llegada de las ondas de corte (S) y longitudinales (P) de la réplica del día 22-04-86 a las 10:18 GMT (S) registrada en la estación CUZ (Cuzco), se mejoró la localización del epicentro, éste se situó entre las coordenadas 13.48° Lat. Sur y 71.9° Long. Oeste, es decir a unos 8 km. al NE de la ciudad.

La red sísmica temporal (Fig. 3) consta de 5 estaciones y se instaló dentro de un radio de 20 km. (Lamay, Chocán, Ocra, Yaurisque y Cuzco), esta red tuvo por objeto detectar las réplicas. Cerca de un centenar de réplicas pudiera ser registradas por un espacio de 20 días, las magnitudes no fueron superiores que 4.0 Mb. Del total de réplicas solamente 12 fueron localizadas.

La profundidad del sismo principal fue calculado en 57.62 km. mientras que las réplicas otorgan profundidades mucho más superficiales, ellas oscilan entre 20 y 5 km. Se puede observar una notoria diferencia entre las profundidades del sismo principal y las réplicas, esto es probablemente operando en ese momento, y la compleja estructura tectónica existente en esa región, que no han contribuido a una buena precisión de la profundidad focal. Utilizando los datos geológicos de la falla de Qoricocha reactivada durante el sismo (buzamiento 70° Sur) y la distribución de los epicentros de las réplicas, se plantea una solución trigonométrica simple: $Tg 70^\circ = \text{profundidad focal/distancia del punto epicentral a la traza de falla}$

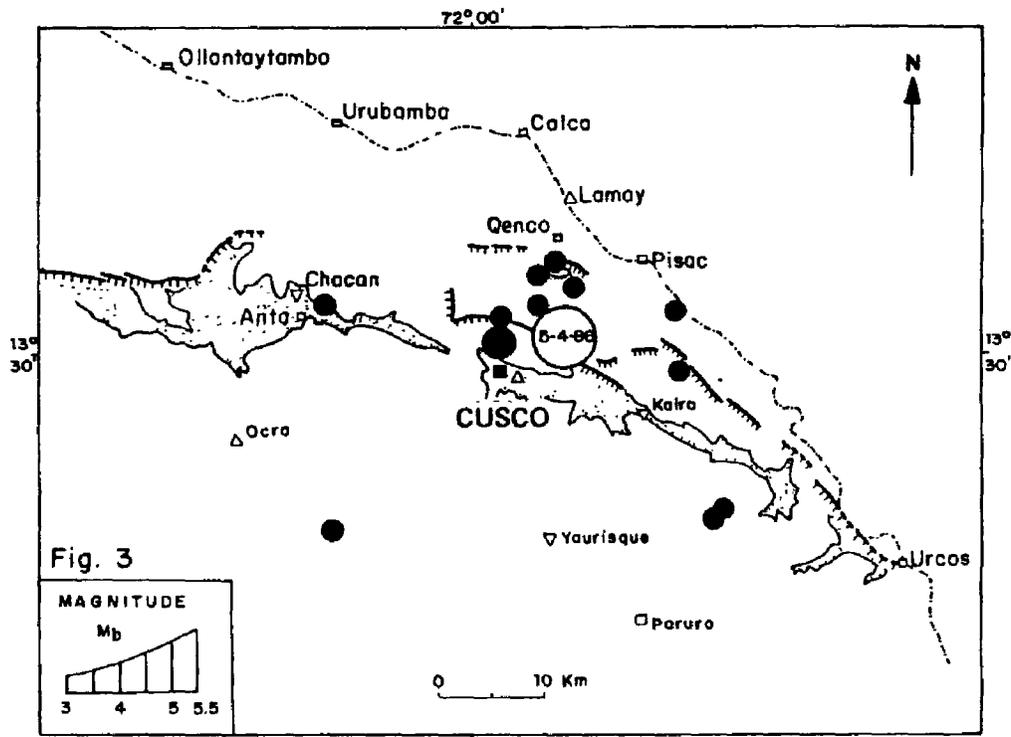


Fig. 3

DISTRIBUCION DE LAS REPLICAS DEL SISMO DEL 05-04-86

■ Cuaternario — Falla ● Sismo ▽ Analógico △ Digital

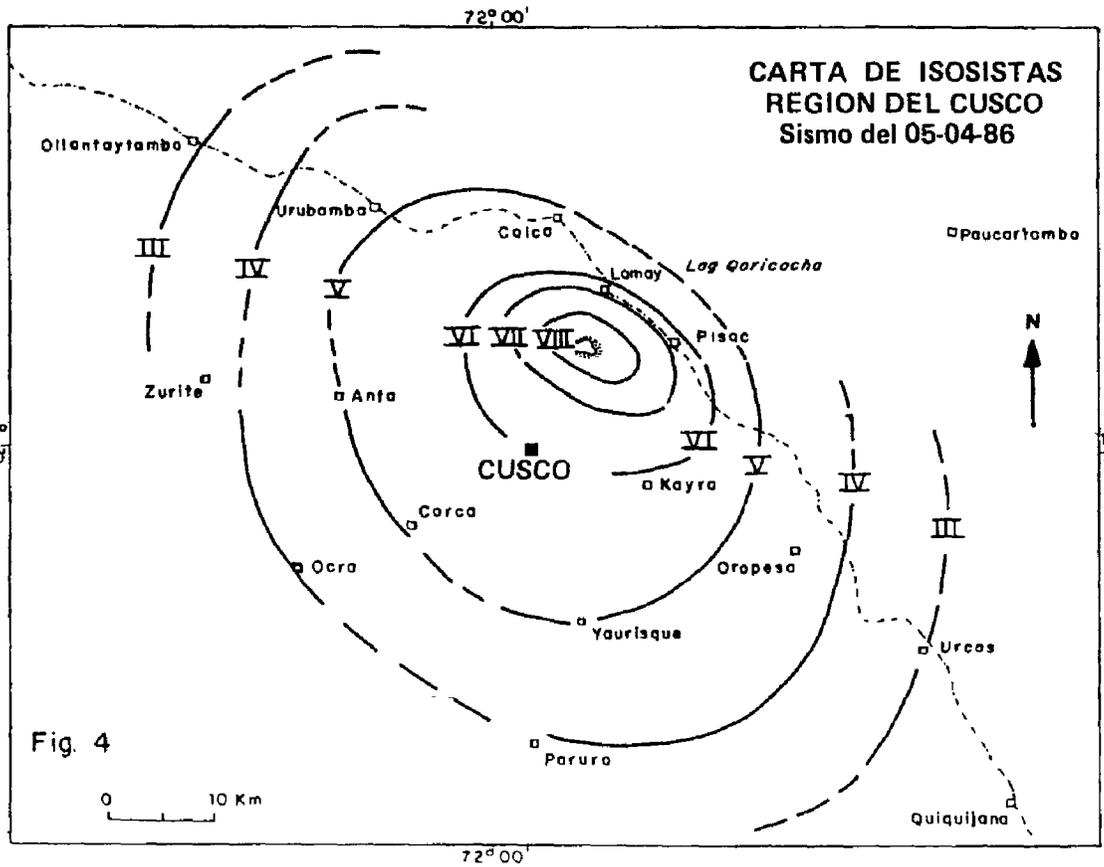


Fig. 4

**CARTA DE ISOSISTAS
REGION DEL CUSCO
Sismo del 05-04-86**

reactivada. De esta forma se ha podido estimar que la profundidad del sismo principal estaría alrededor de los 20 km.

b. Las intensidades del sismo del 05-04-86:

A nivel local (ciudad del Cuzco). Las intensidades percibidas en la ciudad varían del orden de IV MM a VI MM (Fig. 6):

- . Intensidades IV MM, se localiza en un área pequeña correspondiente al Parque Coripata;
- . Intensidades V MM, se distribuye en varias zonas: una franja NE-SW de 300 m. que pasa por la Plaza de Armas y abarca parte de la ciudad antigua; un área de 1000 m. alrededor de la Unidad Escolar "Clotilde Matto de Turner"; un vasto sector en la parte meridional (barrio Huancayo, Bancopata, Ttio, Tiobamba, Manco Cápac y Gral. Ollanta); y otras pequeñas áreas ubicadas al Norte de la Universidad, en Santa Ursula y al extremo Este del Aeropuerto.
- . Intensidades VI MM, abarca gran parte de la ciudad siguiendo la parte central del valle.

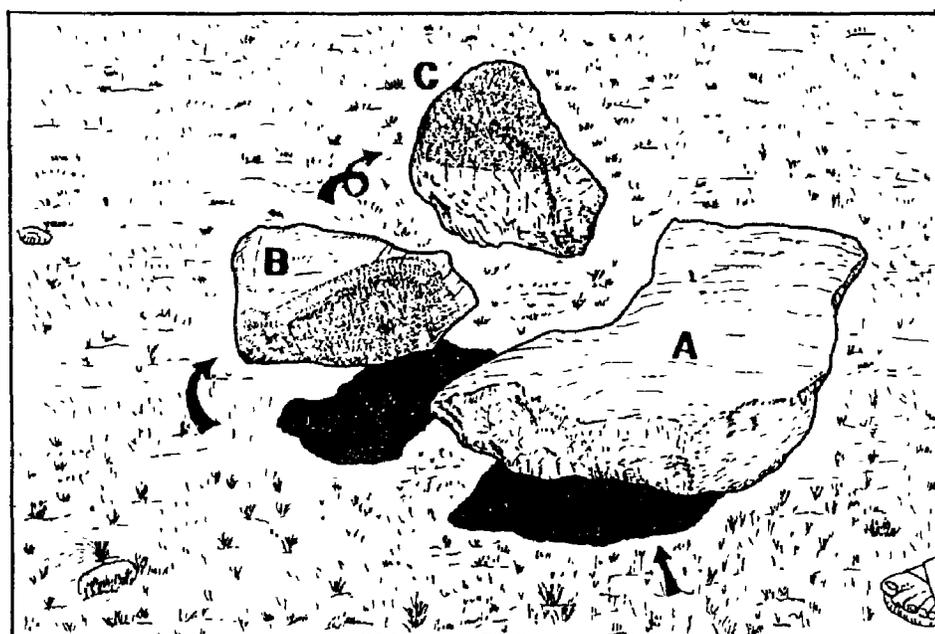
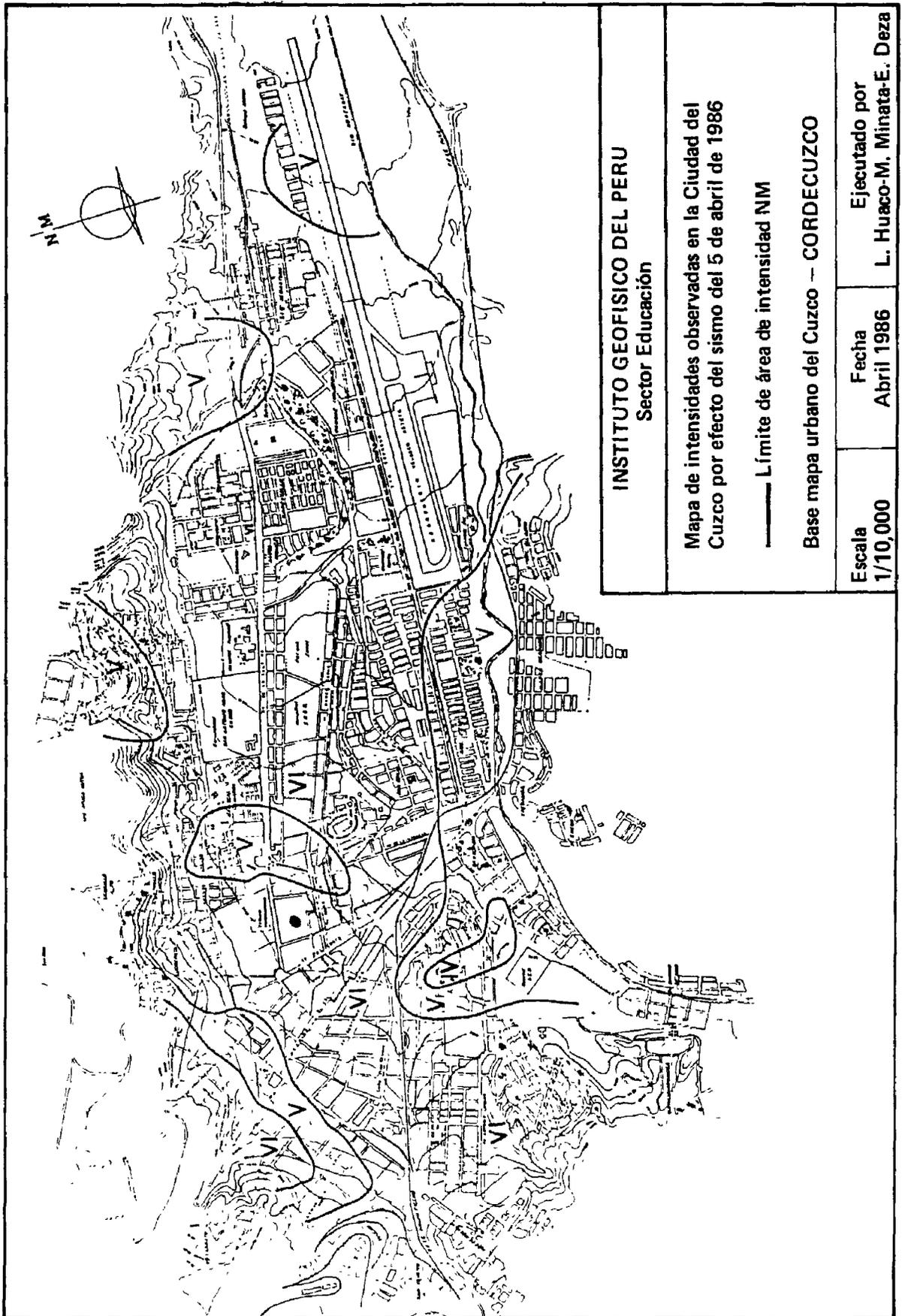


FIG. 5

Lado septentrional de la Laguna Ooricocha. Bloques de rocas volcánicas desplazadas hacia el sur, durante el sismo. El bloque A colisiona contra el bloque B, y éste a la vez contra el bloque C.

Bloque	Dimensiones	Vector despl.	Dist. despl.	Rotac./eje horiz.
A	1.20x0.35x0.18	N175°E	15 cm	0°
B	0.49x0.35x0.20	N140°E	10 cm	90°
C	0.40x0.30x0.25	N010°E	40 cm	180°



INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU
Sector Educación

Mapa de intensidades observadas en la Ciudad del Cuzco por efecto del sismo del 5 de abril de 1986

— Límite de área de intensidad NM

Base mapa urbano del Cuzco — CORDECUZCO

Escala
1/10,000

Fecha
Abril 1986

Ejecutado por
L. Huaco-M. Minata-E. Deza

A Nivel Regional (Fig. 4)

Las intensidades regionales se distribuyen sobre una superficie de forma ovalada, con un radio de 50 km., tomando como centro la Laguna Qoricocha. Las máximas intensidades fueron anotadas en las localidades de Quenco y Patabamba, cerca de la Laguna. Esto se puede observar por las evidencias y relatos recogidos en el sector de la Laguna y se describen a continuación:

- Desplazamiento de bloques de roca (Fig. 5). Tres bloques, ubicados en el lado noroeste de la laguna y sobre una superficie relativamente plana, colisionaron por efecto de la súbita y fuerte actividad sísmica; la suma de vectores de desplazamiento muestran un promedio de la flecha de movimiento N—S.
- Aparente basculamiento de la Laguna Qoricocha. Este efecto se evidenció por la inundación de las aguas sobre la playa del lado Noroeste y por el retiro de las mismas en el lado Suroeste; en esta última se encontró las algas acantonadas, asimismo la línea de playa actual se encuentra relativamente encima del nivel del agua.
- Otro hecho a destacar es el relato de algunos testigos que estaban laborando sus cultivos en el lado Noreste de la Laguna:
 - Ellos estaban trabajando de pie y fueron derribados violentamente al suelo en el momento del sismo;
 - Al quedar tendidos, observaron como la laguna se agitaba fuertemente;
 - Luego de un momento, las aguas de la Laguna parecían haber desaparecido quedando solamente un tapiz verde y uniforme, lo que les dio un fuerte pavor. El simple hecho fue que todas las algas del fondo de la Laguna, habían sido expulsadas hacia la superficie.

De lo anotado líneas arriba, el sector de la Laguna Qoricocha se estima que la intensidad pudo haber llegado a IX MM, esto es sustentado por las evidencias geológicas (reactivación de fallas).

CONCLUSIONES

Las observaciones geológicas luego del sismo del 05—04—86 han revelado la reactivación del sistema de fallas Qoricocha y en menor importancia el accidente Tambomachay.

De acuerdo a las características sismológicas: repartición espacial de las réplicas y distribución de las intensidades, la liberación de la energía sísmica es bastante superficial y muy probablemente proviene de la reactivación del sistema tectónico Qoricocha.

El grado de peligro sismotectónico para la ciudad del Cuzco es elevado, por la presencia de fallas activas y la abundante actividad sísmica histórica.

AGRADECIMIENTOS

El presente informe no podría haberse realizado, sin el aporte de los estudios de sismometría y evaluación de intensidades. El apoyo de movilidad fue efectuado por CORDECUZCO, gracias a la coordinación del Ing. Horacio Araujo. Se agradece igualmente a la Universidad del Cuzco, facultad de Ingeniería Civil que participaron en las encuestas de intensidades a nivel local.