

PELIGROS NATURALES



Mapas de Peligros
Naturales por
Instituciones

Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú



Se presenta en este informe la versión más reciente del mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú, preparado por la Universidad Nacional de Ingeniería como parte del Proyecto SISRA: Mitigación de Daños Causados por un Terremoto en la Región Andina. Este proyecto ha sido patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur, CERESIS.

En este informe se documenta la confección de dicho mapa, indicando la utilización de treinta isosistas de sismos peruanos y datos de intensidades puntuales de sismos históricos y de sismos recientes. El mapa elaborado representa los niveles de daños producidos por los terremotos, sin distinguir si tales daños se debieron a la vibración localizada del suelo, a la licuación de suelos, a deslizamientos u otros fenómenos locales. Este informe se sustenta en treintinueve referencias utilizadas para la confección del mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú y una versión del mismo a escala 1:5'000,000.

La primera etapa del Proyecto SISRA consistió en recopilar y evaluar los datos históricos y geológicos referentes a la sismicidad andina y la información instrumental de eventos sísmicos, para estimar el peligro sísmico de la región. El compromiso mínimo del Grupo de Peligro Sísmico del Proyecto SISRA era confeccionar a nivel regional un mapa de Intensidades Máximas en la escala Mercalli Modificada. También se prepararían separadamente mapas de Distribución de Áreas de Licuación de Suelos y de Deslizamientos Producidos por Sismos en la Región Andina. En este trabajo se presenta el mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú.

El mapa presenta las intensidades máximas por medio de curvas isosistas en la escala Mercalli Modificada, incluyendo eventos históricos de importancia ocurridos en el Perú hasta el 31 de diciembre del 2001. La principal diferencia de la versión reciente del mapa de Intensidades Máximas con la versión anterior (Alva Hurtado y Torres Cabrejos, 1983) es la incorporación de tres mapas de isosistas de sismos históricos preparados por Silgado (1983) y la revisión actualizada de la información disponible. El mapa presentado para el Perú ha sido compatibilizado con los mapas de intensidades máximas de los países vecinos por el Coordinador Regional del Grupo de Peligro Sísmico del Proyecto SISRA.

DOCUMENTACIÓN BÁSICA

Se recopiló y revisó la información disponible en la literatura (Alva

Hurtado, 1981) sobre datos de intensidades sísmicas históricas y mapas de isosistas de sismos peruanos. La información más importante se presenta en las referencias de este trabajo. La información existente de sismos históricos consistió principalmente en las descripciones de sismos publicadas por el Dr. Enrique Silgado Ferro desde 1945 hasta 1983. También se contó con la información de sismos históricos del Dr. Leonidas Ocola del Instituto Geofísico del Perú, presentada en el Mapa Preliminar de Intensidades Máximas (Escala MSK) de 1471-1974, elaborado como parte del proyecto SISAN: Sismicidad de la Región Andina (Ocola, 1982).

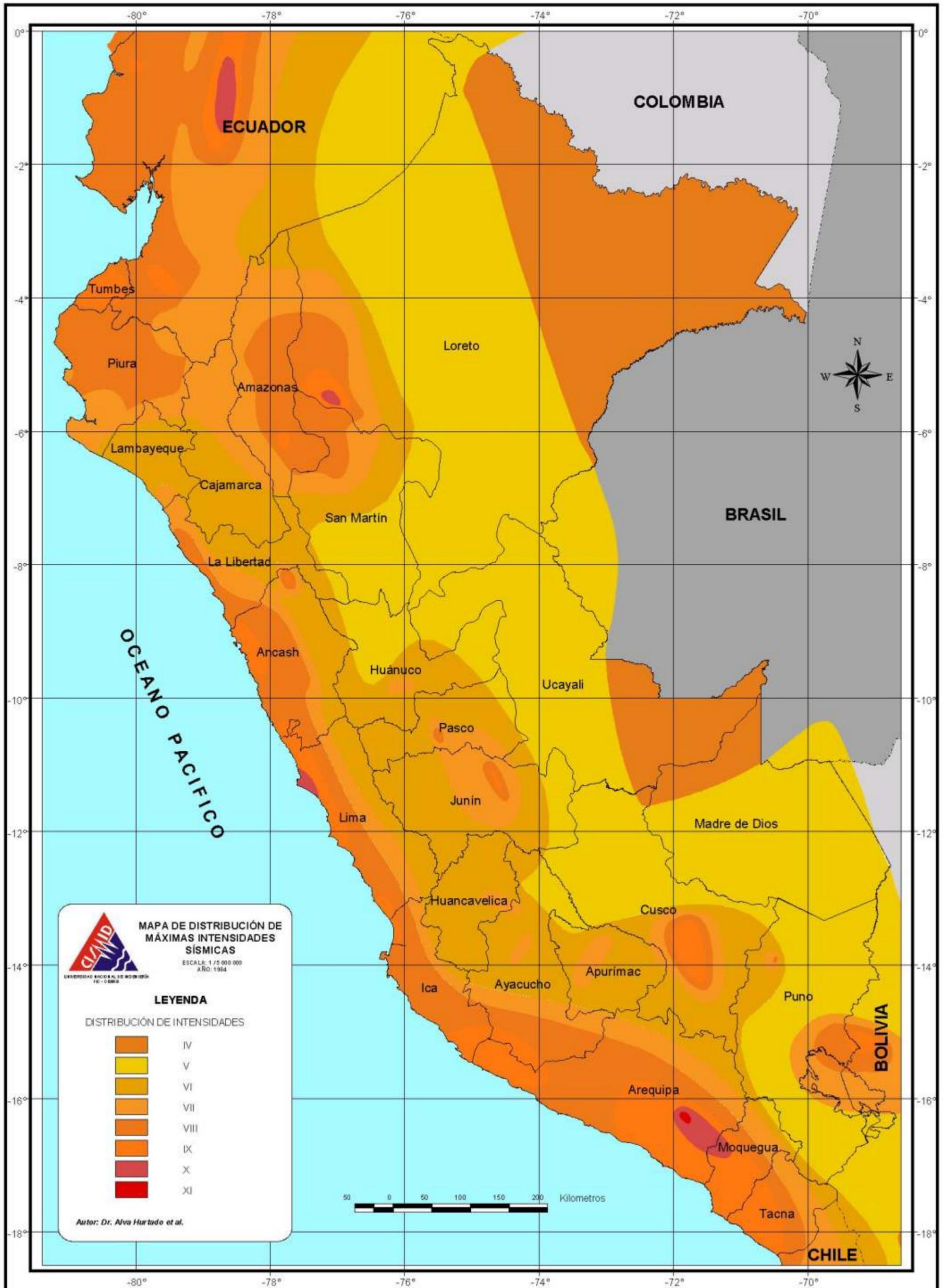
CONCLUSIONES

El mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú presenta líneas de contorno de intensidades máximas y puntos representando valores extremos de carácter local o valores máximos de intensidades sísmicas cuyas isosistas no se conocen. Se continuará con el estudio de sismos históricos para incorporar en el futuro su distribución de intensidades en el mapa. Existe suficiente información de intensidades sísmicas del pasado en la Costa, Sierra y Selva Alta del Perú para poder elaborar un mapa de distribución de intensidades. Sin embargo, dicha información es escasa en la zona de Selva Baja. Además de la alta sismicidad existente en la Costa del Perú, se aprecia una gran actividad sísmica en la denominada Zona Subandina, localizada en la Selva Alta. Las instituciones encargadas, deberán continuar con la toma sistemática de datos de intensidades sísmicas en todo el Perú, así como el estudio de sismos históricos para determinar la distribución de intensidades que puedan ser incorporadas al trabajo presentado.

Existe alguna similitud entre el mapa presentado y el mapa de Zonificación Sísmica del Perú de las Normas de Diseño Sismorresistente en vigencia (RNC, 1977). La zona 3 (sismicidad baja) coincide con la zona de intensidades menores que IV MM en el mapa. Como se indicó anteriormente, existe una gran escasez de información en esta área. La zona 2 (sismicidad media) se asemeja a la zona de intensidad V MM, aún cuando existen diferencias en los departamentos de Huancavelica, Ayacucho, Cuzco y Puno. El mapa presentado indica en dichas zonas mayor sismicidad. La zona 1 (sismicidad alta) está representada en el mapa presentado por áreas de intensidad mayor que VI MM. Esta zona presenta un gran rango de valores de intensidad, por lo que podría subdividirse. La información presentada, es una herramienta importante que contribuirá a actualizar el mapa de Zonificación Sísmica del Perú existente en las Normas de Diseño Sismorresistente vigentes.

REFERENCIAS

- Alva Hurtado, J.E. (1981) "Bibliografía sobre los Terremotos Peruanos: Aspectos Ingenieriles", Revista el Ingeniero Civil, Año 3, No. 15, pp. 50-55. Alva Hurtado, J.E. y Torres Cabrejos, R. (1983), "Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas en el Perú", Revista TECNIA de la Universidad Nacional de Ingeniería, Vol. 2, No. 2, pp. 33-36. Arrigoni, H. (1928), Mapa aparecido en el diario El Comercio el 18 de Mayo de 1928 por H. Arrigoni, Cartógrafo de la Sociedad Geográfica de Lima. Deza, E. (1971), "The Pariahuanca Earthquakes Huancayo, Peru: July-October 1969", Recent Crustal Movements, Royal Society of New Zealand, Bulletin 9, pp. 77-83. Espejo, G. (1974), "Evaluación de Intensidades y Efectos Geológicos Asociados con el Terremoto del 3 de Octubre de 1974 en la zona de Pisco-Yauca", Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Espinosa, A.F., Husid, R., Algermissen, S.T. y De las Casas, J. (1977), "The Lima Earthquake of October 3, 1974: Intensity Distribution", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, No. 5, pp. 1429-1439. Giesecke, A., Ocola, L. y Silgado, E. (1980), "El Terremoto de Lima del 3 de Octubre de 1974", Informe preparado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur a UNESCO, Contrato SC/RP-601.013. Guzmán, V. (1983), "El Riesgo Sísmico en Proyectos de Ingeniería Civil", Tesis de Grado, Programa Académico de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Hansen, W. (1968), "Earthquake Activity Near the Tarapoto Rio Nieva Highway", Woodward-Clyde and Associates, Report to ENKAY S.A. Huaco, D., Rodríguez, A. y Rodríguez, L., "Sismicidad de Arequipa", Informe Inédito, Inst. Geofísico del Perú, Lima, Perú. Herrera Cano, J. y Giuliani, H. (1975), "El Terremoto de Lima (Perú) del 3 de Octubre de 1974 - Espectro de la Componente N 82°W del Acelerograma", Informe preparado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur a UNESCO, Contrato SC/RP - 601.013. Huaco, P., Lescano, W., Bueno, A., Vásquez, M. y Chávez, J. (1974), "Evaluación de Intensidades, Sismo del 3 de Octubre de 1974 en la zona de Lima-Río Pisco", Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Huaco, D., Rodríguez, A. y Rodríguez, L., "Sismicidad de Arequipa", Informe Inédito, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. IGP (1974), "Boletín del Instituto Geofísico del Perú del Sismo del 3 de Octubre de 1974", Instituto Geofísico del Perú, 18 de Octubre de 1974. Kuroiwa, J. y Deza, E. (1968), "Daños Causados en Moyobamba por el Sismo del 19 de Junio de 1968", Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Ministerio de Agricultura y Alimentación (1978), "Desarrollo Integral de los Recursos Hídricos de Tacna y Moquegua", Vol. IV, Estudios Básicos Generales, Apéndice 6, Sismología, Oficina de Estudios, Estudios Integral de las Cuencas de Tacna y Moquegua, Diciembre. Ocola, L. (1981), "Actividad Sísmica en la zona de Ayacucho y Programa de Estudios", Dirección de Investigación Científica y Geofísica Aplicada, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Ocola, L. (1982), "Mapa Preliminar Intensidades Máximas (MSK) 1471-1974", Proyecto SISAN, Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Orihuela, P. (1981), "Influencia de las Condiciones Locales en el Sismo de Arequipa 16.02.79", Tesis de Grado, Programa Académico de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Perales, F. y Agramonte, J. (1972), "Reconocimiento Geotécnico entre Juanjui y Moyobamba con motivo del Sismo del 20 de Marzo de 1972", Servicio de Geología y Minería, Lima, Perú. RNC (1977), "Reglamento Nacional de Construcciones - Normas de Diseño Sismo-Resistente", Ministerio de Vivienda y Construcción, Oficina de Investigación y Normalización Coordinadora, Lima, Perú. Shikiya, J. y Alemán, H. (1974), "Evaluación de Intensidades y Daños producidos por el Sismo del 3 de Octubre de 1974 en la Zona de San Juan", Instituto Geofísico del Perú, Lima, Perú. Sieberg, A. (1930), "Los Terremotos en el Perú", Capítulo VI, Geología del Perú de G. Steinmann, Heidelberg Carl Winster Universitat-Shuchhan-Lunc, p. 406. Silgado, E. (1946), "Datos Sismológicos del Perú", Boletín No. 3, Instituto Geológico del Perú, Lima, Perú. Silgado, E. (1947), "Datos Sismológicos del Perú-1946", Boletín No. 7, Instituto Geológico del Perú, Lima, Perú. Silgado, E. (1948a), "Datos Sismológicos del Perú-1947", Boletín No. 11, Instituto Geológico del Perú, Lima, Perú. Silgado, E. (1948b), "Datos Sismológicos del Perú-1948", Boletín No. 13, Instituto Geológico del Perú, Lima, Perú. Silgado, E. (1951), "The Ancash Earthquake of November 10, 1946", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 41, No. 2, pp. 83-99. Silgado, E. (1952a), "Estadística Sísmica del Perú, 1949-1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima, Perú, pp. 7-26. Silgado, E. (1952b), "El Sismo del 9 de Diciembre de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima, Perú, pp. 47-51. Silgado, E. (1953), "Datos Sismológicos del Perú-1951", Boletín No. 8, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima, Perú. Silgado, E. (1957a), "El Movimiento Sísmico del 12 de Diciembre de 1953", Anales del Primer Congreso Nacional de Geología, Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, Parte II, Tomo 32, pp. 225-238. Silgado, E. (1957b), "Datos Sismológicos del Perú 1952-1955", Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Lima, Perú, Tomo XXIX. Silgado, E. (1973), "Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú (1513-1970)", Geofísica Panamericana, Vol. 2, No. 1, pp. 179-243. Silgado, E. (1977), "Datos Macrosísmicos de Terremotos Ocurridos en Territorio Peruano 1912-1974. Mapas de Isosistas y Apreciaciones", Centro Regional de Sismología para América del Sur, Lima, Perú. Silgado, E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú. Silgado, E. (1983), "Isosistas de los Sismos del 14 de Febrero de 1619, 28 de Octubre de 1746 y el 13 de Agosto de 1868", Comunicación Personal. Silgado, E., Fernández-Concha, J. y Ericksen, G.E. (1952), "El Terremoto del Cuzco del 21 de Mayo de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima, Perú, pp. 27-46. Silgado, E. y De las Casas, J. (1971), "Seismological Report on Chira Piura Project", Submitted to Energoprojekt, Lima, Perú. Umlauff, A.F. (1915), "La Región Sísmica de Caraveli", Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, Tomo XXXI, Segundo Trimestre, Lima, Perú.



Mapa de Licuación de Suelos en el Perú

Se presenta la información disponible sobre el fenómeno de licuación de suelos en el Perú, debido a la acción sísmica y su representación en un mapa de áreas de licuación de suelos. Este trabajo ha sido elaborado como parte del proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur, CERESIS. El objetivo del Grupo de Evaluación del Peligro Sísmico de dicho proyecto fue confeccionar mapas de intensidades máximas en la escala Mercalli Modificada, de licuación de suelos y de deslizamientos producidos por sismos en la región andina. En este informe se presenta el mapa de Licuación de Suelos en el Perú.

El mapa de áreas de licuación de suelos está a la escala 1:5'000,000 y presenta distinciones entre casos de licuación seguros y probables, de acuerdo a la interpretación de la información disponible en la literatura. Toda la documentación que presenta evidencias del fenómeno de licuación, tales como la formación de pequeños volcanes de barro y arena, la expulsión violenta de agua del suelo, la presencia de intenso agrietamiento y los asentamientos diferenciales debido a la acción sísmica, ha sido detallada en este artículo.

El Grupo de Evaluación del Peligro Sísmico del Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), se fijó como objetivo obtener un producto final que expresara de alguna manera niveles relativos del peligro sísmico y que fuera homogéneo para la región andina. Se tomó en cuenta el desarrollo alcanzado en cada país en esta clase de estudios y el tiempo disponible para ejecutar el trabajo. El resultado final en común con los países andinos consistió en confeccionar mapas regionales a partir de los antecedentes históricos, graficando intensidades máximas, áreas de licuación de suelos y zonas de deslizamiento asociadas a terremotos.

El mapa de intensidades máximas en la escala Mercalli Modificada para el Perú, que representa los niveles de daños alcanzados sin distinguir si tales daños se debieron a la vibración del suelo, licuación o deslizamientos, ha sido presentado por Alva Hurtado y Torres Cabrejos

(1983). El mapa de áreas de licuación de suelos presentado en este documento se realizó para completar la información condensada en el mapa de intensidades máximas, con la correspondiente al fenómeno de licuación de suelos ocasionado por terremotos y documentar la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos en el Perú.

DOCUMENTACIÓN BÁSICA

Se estudió detalladamente la información disponible sobre sismos peruanos (Alva Hurtado, 1981), recopilando la información histórica y del presente siglo referente al fenómeno de licuación de suelos. Se trató de encontrar evidencias sobre este fenómeno. La literatura sobre sismos peruanos que señala la ocurrencia del fenómeno de licuación de suelos se presenta en la lista de referencias.

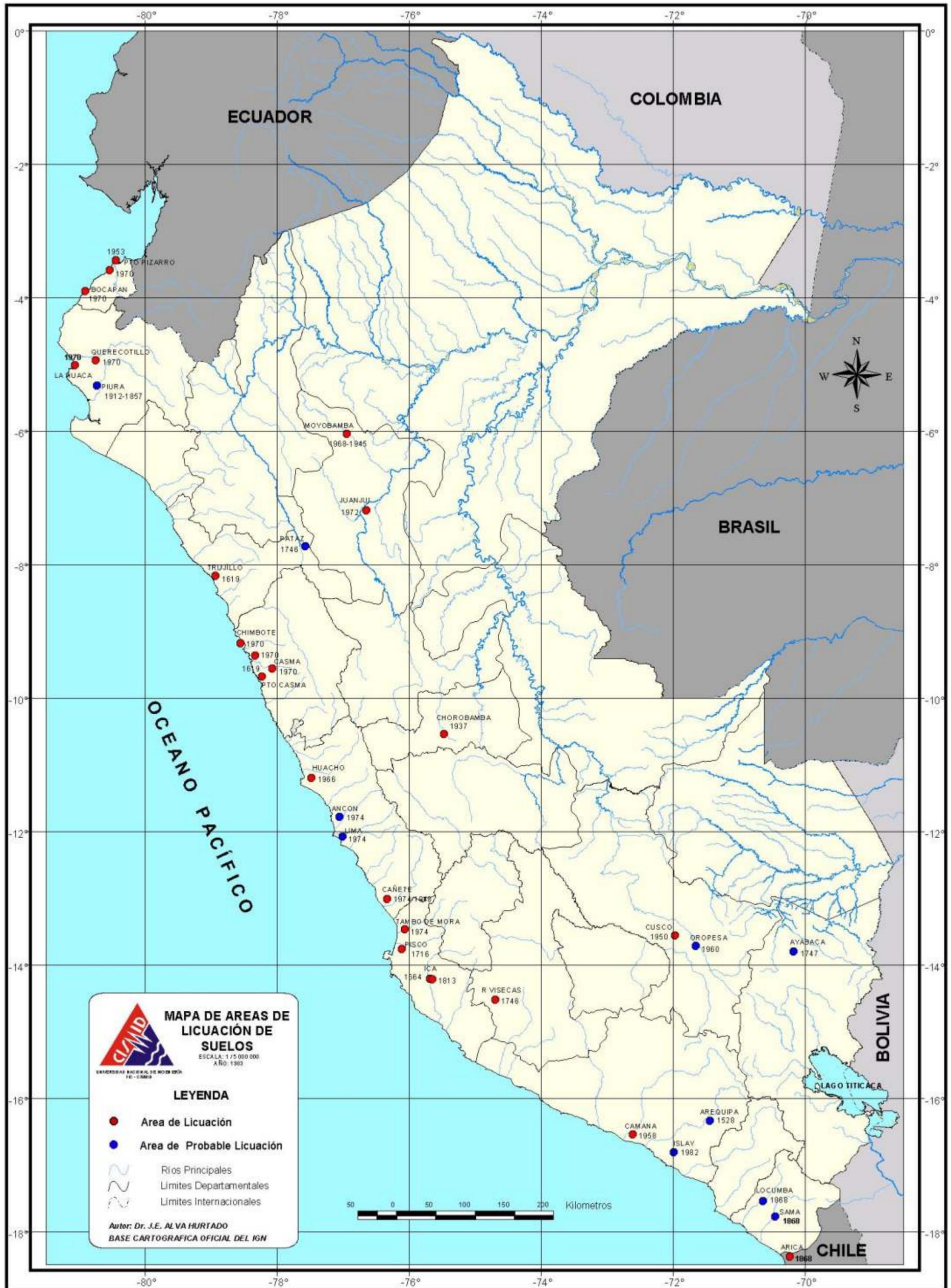
Se distinguió entre casos de licuación de suelos seguros y probables. La distinción se realizó sobre la base de la literatura existente. Los casos probables son por lo general aquellos asociados a sismos históricos y a sismos recientes, en los que la descripción del fenómeno de licuación de suelos no era muy detallada. En el mapa de Áreas de Licuación de Suelos se incluye el nombre de la localidad y el año en que se produjo el fenómeno, así como la Red Hidrográfica Nacional.

CONCLUSIONES

La revisión de la literatura indica que el fenómeno de licuación de suelos se ha producido en la Costa, Sierra y Selva Alta del Perú. Existe una mayor incidencia de dicho fenómeno en la costa, que es donde la concentración de la población ha sido mayor y la sismicidad es más alta.

Se considera que el mapa de áreas de licuación de suelos puede estar incompleto y no ser totalmente representativo de dicho fenómeno en el Perú. Se espera que en el futuro se realicen estudios adicionales que aporten nuevas evidencias sobre la ocurrencia de este fenómeno, que servirán para completar y modificar el mapa propuesto.

- Alva Hurtado, J. (1981), "Bibliografía sobre los Terremotos Peruanos: Aspectos Ingenieriles", El Ingeniero Civil, No. 15, pp 50-51, Lima, Perú. Alva Hurtado, J. (1982), "Estudio del Potencial de Licuación del Suelo de Cimentación de las Obras del Proyecto Central Hidroeléctrica de Curumuy", Informe presentado a la Gerencia de Estudios de Electroperú. Alva Hurtado, J. y Orihuela, P. (1982), "Estudio de Licuación y Amplificación Sísmica en Chimbote, Perú", IV Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Chiclayo, Perú. Alva Hurtado, J. y Torres Cabrejos, R. (1983), "Mapa de Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas en el Perú", Revista TECNIA de la Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Bachmann, C.J. (1935), "Fenómenos Sísmicos Notables Habidos en Lima en los Cuatrocientos Años que tiene de Fundada", Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, Tomo 4-D, Lima, Perú. Berg, G.V. y Husid, R. (1973), "Structural Behavior in the 1970 Peru Earthquake", 5th. World Conference on Earthquake Engineering, Rome, Italy. Carrillo Gil, A. (1970), "Algunas Apreciaciones del Comportamiento del Suelo en la Zona del Sismo de Ancash", II Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Cimentaciones, Lima, Perú. Cluff, L.S. (1971), "Perú Earthquake of May 31, 1970, Engineering Geology Observations", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 3, pp. 511-534. Corporación Hidrotécnica y C. Lotti & Asociados (1979), "Estudio de Factibilidad del Sistema General de Abastecimiento de Agua Dulce a Bayóvar", Organismo de Desarrollo del Complejo de Bayóvar, ODECOB, Febrero. Ericksen, G.E., Plafker, G. y Fernández-Concha, J. (1970), "Preliminary Report on the Geologic Events Associated with the May 31, 1970 Peru Earthquake", U.S. Geological Survey Circular 639. Espinosa, A.F., Husid, R., Algermissen, S.T. y De las Casas, J. (1977), "The Lima Earthquake of October 3, 1974: Intensity Distribution", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 67, No.5, pp. 1429-1439. Giesecke, A., Ocola, L. y Silgado, E. (1980), "El Terremoto de Lima del 3 de Octubre de 1974", Informe Preparado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur a UNESCO, Contrato SC/RP 601-013. Huaco, D., Huaco, P. y Espejo, G. (1975), "Comportamiento del Suelo de Cañete Asociado al Sismo del 3 de Octubre de 1974", Reunión Andina de Seguridad Sísmica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Kuroiwa, J. y Deza, E. (1968), "Daños Causados en Moyobamba por el Sismo del 19 de Junio de 1968", Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú. Maggiolo, O. (1975), "Algunos Aspectos de Mecánica de Suelos y Comportamiento de Construcciones durante el Sismo del 3 de Octubre de 1974", Reunión Andina de Seguridad Sísmica, Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima, Perú. Martínez Vargas, A. (1969), "Apreciaciones Geológicas de Campo sobre los Efectos del Terremoto del 19 de Junio de 1968 en Moyobamba y Alrededores del Nor-Oriente Peruano", Primer Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, pp. 107-116, Lima, Perú. Moran, D., Ferver, G., Thiel, C. Jr., Stratta, J., Valera, J. y Wyllie, L. Jr. (1975), "Engineering Aspects of the Lima, Peru Earthquake of October 3, 1974", Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, California. Morimoto, R., Koizumi, Y., Matsuda, T., Hakuno, M. y Yamaguchi, I. (1971), "Seismic Microzoning of Chimbote Area, Peru", Overseas Technical Cooperation Agency, Government of Japan, March. Perales, F. y Agramonte, J. (1982), "Reconocimiento Geotécnico entre Juanjú y Moyobamba con Motivo del Sismo del 20 de Marzo de 1972", Servicio de Geología y Minería, Lima, Perú. Plafker, G., Ericksen, G.E. y Fernández-Concha, J. (1971), "Geological Aspects of the May 31, 1970, Peru Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 61, No. 3, pp. 543-578. Silgado, E. (1946), "El Temblor Destructivo de Moyobamba del 6 de Agosto de 1945", Datos Sismológicos del Perú, Boletín 3, Instituto Geológico del Perú, pp. 29-38. Silgado, E. (1952), "El Sismo del 9 de Diciembre de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, pp. 47-51. Silgado, E. (1957), "El Movimiento Sísmico del 12 de Diciembre de 1953", Anales del Primer Congreso Nacional de Geología, Parte II, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Tomo 32, pp. 225-238. Silgado, E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables Ocurrecidos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 3 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima, Perú. Silgado, E., Fernández-Concha, J. y Ericksen, G.E. (1952), "El Terremoto del Cusco del 21 de Mayo de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, pp. 27-46. Taype, R.V., (1971), "Observaciones Geológicas de los Daños Producidos por el Sismo del 9 de Diciembre de 1970 en los Departamentos de Piura y Tumbes", Servicio Nacional de Geología y Minería, Lima, Perú. Valencia, R. (1940), "El Terremoto del 24 de Mayo de 1940, sus Efectos y sus Enseñanzas", Revista de la Universidad Católica del Perú, Tomo VIII, pp. 294-329, Lima, Perú.



Mapa de Áreas de Deslizamientos por Sismos en el Perú

Se presenta la información disponible sobre el fenómeno de deslizamientos por sismos ocurridos en el Perú y su representación en un mapa de áreas de deslizamientos por sismos.

El mapa de áreas de deslizamientos por sismos está a la escala 1:5'000,000 y presenta distinciones entre casos seguros y probables de ocurrencia, de acuerdo a la interpretación de la información disponible en la literatura. Este trabajo documenta además la información que evidencia el fenómeno de deslizamientos por sismos.

El Grupo de Evaluación del Peligro Sísmico del Proyecto SISRA (Sismicidad de la Región Andina), patrocinado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur (CERESIS), se fijó como objetivo obtener del Proyecto un producto final que expresara de algún modo los niveles relativos del peligro sísmico en el área andina, y que fuera además homogéneo.

Se tomó en consideración el desarrollo alcanzado en cada país del área andina en esta clase de estudios y el tiempo disponible para realizar el proyecto. El resultado final, en común con los países andinos del Grupo de Peligro Sísmico, consistió en preparar mapas regionales a partir de los antecedentes históricos existentes, graficando intensidades máximas, áreas de licuación de suelos y zonas de deslizamientos asociados a terremotos.

El mapa de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú ha sido presentado por Alva Hurtado et al (1984). El mapa de Licuación de Suelos en el Perú se presentó en Alva Hurtado (1983). Este informe presenta el mapa de Áreas de Deslizamientos por Sismos elaborado por Alva Hurtado y Luis Chang (1991).

DOCUMENTACIÓN BÁSICA

Se recopiló y revisó la información disponible en la literatura sobre sismos peruanos. Un listado de las referencias se presenta en Alva Hurtado (1981). En la revisión de la literatura se trató de encontrar evidencias sobre el fenómeno de deslizamientos por sismos, interpretando los casos como seguros y probables. Los casos probables por lo general fueron aquellos asociados a sismos históricos y a sismos recientes, donde la descripción del fenómeno no era muy detallada. También se contó con una versión preliminar del Mapa de Deslizamientos por Terremotos presentado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, INGEMMET (1983).

Se incluye el nombre de la localidad en donde se produjo el fenómeno, así como la fecha de su ocurrencia. También se incluye la Red Hidrográfica Nacional en el mapa.

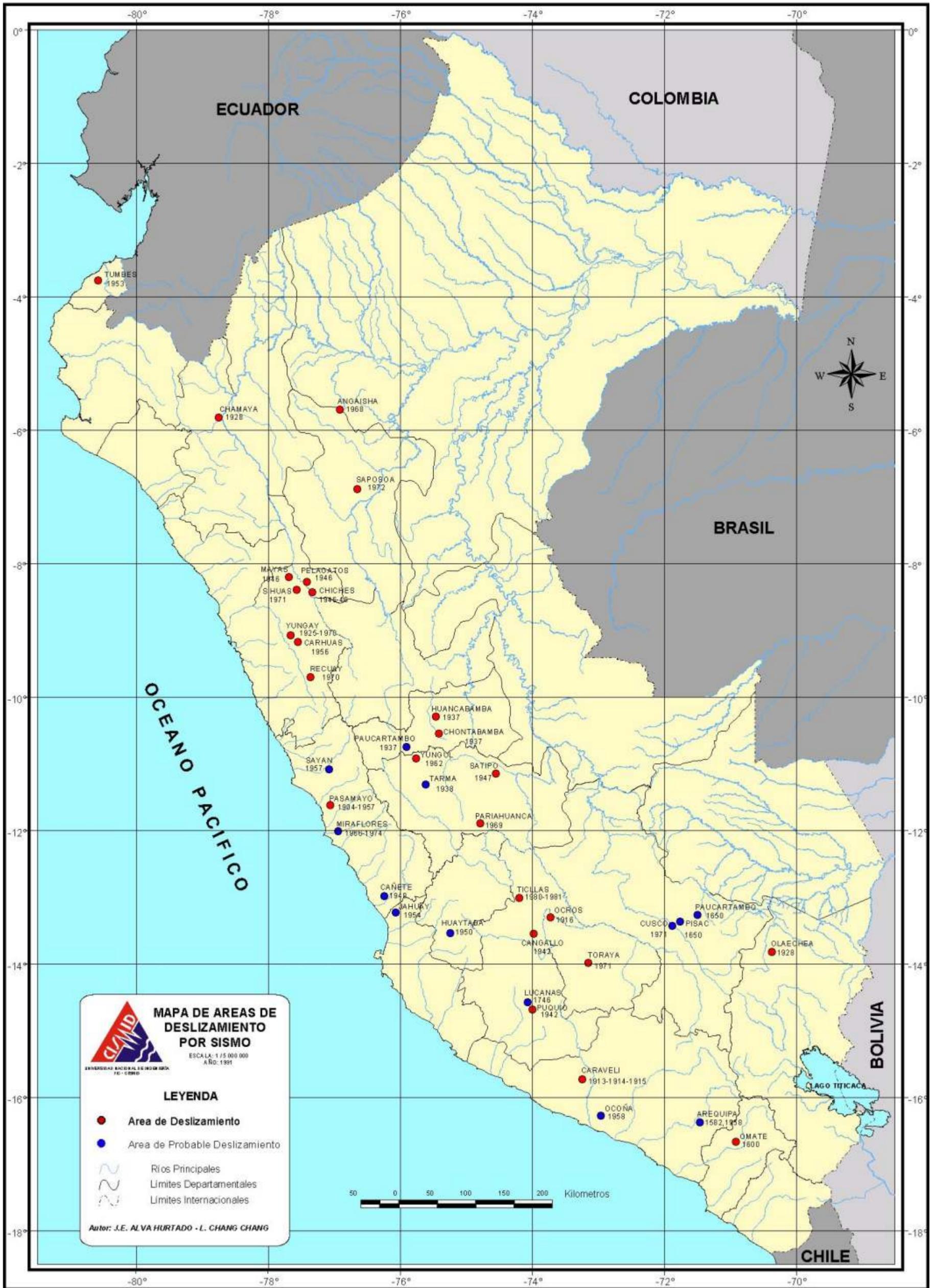
CONCLUSIONES

La revisión de la literatura indica que el fenómeno de deslizamientos por sismos se ha producido en la Costa, Sierra y Selva Alta del Perú. La mayor incidencia del fenómeno está en la Sierra y Selva Alta, por las condiciones topográficas, geológicas y climáticas de estas regiones.

El mapa de Áreas de Deslizamientos por Sismos en el Perú, refleja el conocimiento de los autores sobre los efectos de los sismos en el Perú. En el futuro se realizarán estudios adicionales que aporten nuevas evidencias del fenómeno y que servirán para modificar o completar el mapa propuesto.

REFERENCIAS

- Alva Hurtado J.E. (1981), "Bibliografía sobre los Terremotos Peruanos: Aspectos Ingenieriles", El Ingeniero Civil, Año 3, No. 15, pp. 50-51. Alva Hurtado J.E. (1983), "Breve Historia del Fenómeno de Licuación de Suelos en el Perú", IV Congreso Nacional de Mecánica de Suelos e Ingeniería de Fundaciones, Lima-Perú. Alva Hurtado J.E., Meneses Loja J. y Guzmán León V. (1984), "Distribución de Máximas Intensidades Sísmicas Observadas en el Perú", V Congreso Nacional de Ingeniería Civil, Tacna-Perú. Barriga V.M. (1951), "Los Terremotos en Arequipa 1582-1868", Biblioteca Arequipa, Tomo Séptimo. Descourt B. (1600), "El Terremoto de 1600 en Arequipa", Carta escrita en 1600, Colección Zuger, Londres. Deza E. (1971), "The Pariahuanca Earthquake, Huancayo, Peru. July-October 1969", Recent Crustal Movements, Royal Society of New Zealand, Bulletin 9, pp. 77-83. Ericksen G.E., Plafker G. y Fernández-Concha J. (1970), "Preliminary Report on the Geological Events Associated with the May 31, 1970 Peru Earthquake", U.S. Geological Survey Circular 639. Esquivel y Navia D. (1740), "Apuntes Históricos del Perú y Noticias Cronológicas del Cuzco (Anales). Período 1543-1610", Cuzco. Giesecke A., Ocola L. y Silgado E. (1980), "El Terremoto de Lima del 3 de Octubre de 1974", Informe Preparado por el Centro Regional de Sismología para América del Sur a UNESCO Contrato SC/RP 601-013. Heim A. (1949), "Observaciones Geológicas en la Región del Terremoto de Ancash en Noviembre de 1946", Vol. Jubilar de la Sociedad Geológica del Perú, Fascículo 6, Lima. INGEMMET (1983), "Memoria Descriptiva del Mapa de Deslizamientos del Perú", Proyecto SISRA-CERESIS, Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Lima-Perú. Kuroiwa J. y Deza E. (1968), "Daños Causados en Moyobamba por el Sismo del 19 de Junio de 1968", Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Ingeniería, Lima-Perú. Lomnitz C., Esteva L., Flores R. y Cabré R. (1967), "Informe de la Misión de Reconocimiento Sismológico del Terremoto del 17 de Octubre de 1966", UNESCO, París. Martínez Vargas A. (1969), "Apreciaciones Geológicas de Campo sobre los Efectos del Terremoto del 19 de Junio de 1968 en Moyobamba y Alrededores del Nor-Oriente Peruano", Primer Congreso Nacional de Sismología e Ingeniería Antisísmica, Lima-Perú. Martínez Vargas A. (1971), "Análisis sobre los Huaycos, Aluviones y Alud-Aluviones ante el Efecto Sísmico en el Perú", III Congreso Nacional de Ingeniería Sísmica, Acapulco, Mexico. Ocola L. (1981), "Actividad Sísmica en la Zona de Ayacucho y Programa de Estudios", Dirección de Investigación Científica de Geofísica Aplicada, Instituto Geofísico del Perú, Lima-Perú. Perales F., Perez G. y Taype V. (1972), "Apreciaciones Geológicas en el Area Afectada por el Sismo del 14 de Octubre de 1971", Servicio de Geología y Minería, Ministerio de Energía y Minas, Lima-Perú. Perales F. y Agramonte J. (1972), "Reconocimiento Geotécnico entre Juanjui y Moyobamba con Motivo del Sismo del 20 de Marzo de 1972", Servicio de Geología y Minería, Ministerio de Energía y Minas, Lima-Perú. Plafker G., Ericksen G.E. y Fernández-Concha J. (1971), "Geological Aspects of the May 31, 1970, Peru Earthquake", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 61, No. 3, pp. 543-578. Silgado E. (1948), "Datos Sismológicos del Perú-1947", Boletín No. 11, Instituto Geológico del Perú, Lima-Perú. Silgado E. (1951), "The Ancash Earthquake of November 10, 1946", Bulletin of the Seismological Society of America, Vol 41, No. 2, pp. 83-99. Silgado E. (1952), "El Sismo del 9 de Diciembre de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima-Perú, pp. 47-51. Silgado E. (1957), "El Movimiento Sísmico del 12 de Diciembre de 1953", Anales del Primer Congreso Nacional de Geología, Parte II, Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Tomo 32, pp. 225-238. Silgado E. (1957), "Datos Sismológicos del Perú 1952-1953", Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, Tomo XXIX, Lima-Perú. Silgado E. (1978), "Historia de los Sismos más Notables Ocurridos en el Perú (1513-1974)", Instituto de Geología y Minería, Boletín No. 3, Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, Lima-Perú. Silgado E. y Castro L. (1956), "Informe sobre los Sismos de Carhuaz", Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima-Perú. Silgado E., Fernández-Concha J. y Ericksen G.E. (1952), "El Terremoto del Cuzco del 21 de Mayo de 1950", Datos Sismológicos del Perú 1949-1950, Boletín No. 4, Instituto Nacional de Investigación y Fomento Mineros, Ministerio de Fomento y Obras Públicas, Lima-Perú, pp. 27-46. Umlauff A.F. (1915), "La Región Sísmica de Caravelí", Boletín de la Sociedad Geográfica de Lima, Tomo XXXI, Segundo Trimestre, Lima.



Evaluación del Retroceso Glaciar en la Zona del Callejón de Huaylas - Nevado Huascarán



RESUMEN

La cobertura glaciar en toda la Cordillera Blanca en el departamento de Ancash está sufriendo un franco retroceso, incrementándose en los últimos años debido al calentamiento global, calentamiento que se fundamenta en el proceso de invernadero de la troposfera, proceso incrementado por el aumento de los gases como el monóxido de carbono, el metano y otros.

En la zona de estudio del Nevado Huascarán, se calculó la extensión de la cobertura glaciar, del material morrénico reciente y se clasificó los diferentes tipos de hielo para obtener un estimado en cuanto a la altura inicial y a la vez delimitar la masa de hielo a través de las imágenes de satélite más recientes, comparándolas con fotografías aéreas antiguas.

INTRODUCCIÓN

La Cordillera Blanca es la cadena orográfica que contiene la mayor extensión de glaciares en la zona tropical del planeta; conocida por la particular belleza de sus paisajes naturales.



HUASCARAN NORTE (6654): Es la segunda cumbre más alta de la Cordillera Blanca y del Perú. Una parte de la gran pared oeste se desprendió en 1970 y provocó una avalancha de nieve, piedras y lodos que sepultó la ciudad de Yungay.

De otro lado, estos glaciares, muy dinámicos en su evolución, son parte también de un hecho geomorfológico de particular relevancia en el contexto regional, como es la ocurrencia periódica de violentos aludes y aluviones que han significado la destrucción de ciudades enteras y pérdida de vida de miles de habitantes.

El objeto principal del estudio fue determinar el retroceso de los hielos realizando un estudio multitemporal en un intervalo de 30 a 50 años, y estimar la velocidad de desglaciación que está aconteciendo.

La metodología de trabajo consistió en correlacionar las Imágenes de Satélites de Recursos de la Tierra (Spot y Landsat TM5) con fotografías aéreas de hace más de 30 años; y comparar con informes de investigaciones y datos obtenidos en el trabajo de campo.

UBICACIÓN

El área de estudio se encuentra ubicada en el sector septentrional de los Andes Occidentales del Perú entre las coordenadas:

Longitud - 77° 39' 20" W Latitud - 8° 59' 56" S
Longitud - 77° 32' 09" W Latitud - 9° 11' 19" S

ASPECTOS FISIAGRÁFICOS

La región presenta tres unidades fisiográficas; la más antigua es la superficie de erosión "puma", ubicada entre los 4,000 y 5,000 mts. de altitud, que se ha formado en el terciario medio; la segunda unidad morfológica está conformada por las montañas de las Cordilleras Negra y Blanca; y la tercera unidad, por la depresión del río Santa, constituida por un bloque hundido y rellenado por acumulaciones dendríticas cuaternarias de origen glaciar, fluvio-glaciar y aluvial.

La Cordillera Negra con altura promedio de 4,500 m.s.n.m. y La Cordillera Blanca con elevaciones de más de 6,000 m.s.n.m. cuyas cumbres están cubiertas por nieve "perpetua", que muestra un claro retroceso y tiene un rol importante en el sostenimiento del régimen hidrológico e igualmente influye en el clima local.

En cuanto a la red hidrográfica sus aguas drenan al Pacífico y al Amazonas (Atlántico); la primera por intermedio de los ríos Santa y Chuquicara, la segunda a través del río Marañón con todos los afluentes del Callejón de Conchucos.

ASPECTOS GEOLÓGICOS

Constituida por sedimentos del mesozoico bastante plegados, superpuesta por una cobertura volcánica terciaria; constituidas por el batolito de la Cordillera Blanca; culmina la secuencia con depósitos fluvio-glaciares, fluviales y aluviales.

GLACIACIONES EN LA CORDILLERA BLANCA

En la Cordillera Blanca se han determinado cuatro niveles de glaciación, donde los hielos pleistocénicos se acumularon formando morrenas y glaciares.

El primer nivel se observa cruzando el río Santa, al frente de la ciudad de Huaraz, donde aparecen restos de morrenas en cotas de 3,100 a 3,200 m. Estas morrenas tienen una coloración rojiza, debido al proceso de intensa laterización.

El segundo nivel se evidencia a los 3,500 m. en una serie de morrenas frescas frontales y laterales, en la quebrada Llaca, así como la desembocadura del valle glaciar del río Cojup.

El tercer nivel se encuentra a unos 4,100 m., es visible por los restos de antiguos lagos glaciares, como el Jircacocha, en la quebrada del Cojup y en la quebrada de Quilcay.

El último nivel de glaciación, varía entre 4,500 y 5,000 m., actual posición de los hielos. Sin embargo, ciertos glaciares como el Tullpa Raju en el valle de Quilcay, bajan a 4,300 m. y las morrenas de este último nivel están estrechamente relacionadas con la posición de los hielos perpetuos actuales.

Los resultados del estudio realizado acerca de los límites de los glaciares en los nevados de Huascarán y Chopicalqui son:

Nevado	Zona	Altitudes
Huascarán	Norte	4550 a 4770 m.
	Sur	4500 a 4911 m.
Chopicalqui	Norte	4715 a 4912 m.
	Sur	4692 a 4900 m.

Con estos límites estimados se extrapoló y se hizo una comparación multitemporal con las fotografías aéreas tomadas hace más de 40 años, dando como resultado un retroceso aproximado de 30 a 50 m. en lo que concierne a los nevados de la Cordillera Blanca.

Entre los años 1,970 y 1,997, la cuenca de Llanganuco, la misma que sepultó a la ciudad de Yungay, perdió 8 km² de glaciares; la de Santa Cruz, donde se encuentra la laguna de Arhuaycocha, se redujo en 5 km² y la cuenca de Marcará, donde se forma el río Quebrada Honda, disminuyó 7 km². (Estudio elaborado por el INAGGA).

Según este estudio, se calcula que entre los cuatro nevados tomados en cuenta, Broggi, Uruashraju, Yanamare y Santa Rosa se han deshielado en los últimos años, 125 millones de metros cúbicos; esto es el equivalente al doble de lo que el río Santa, el más caudaloso de la vertiente occidental de los Andes peruanos, libera en un año. Ciertamente, la Cordillera Blanca es uno de los termómetros más sensibles para medir el calentamiento de la Tierra, habiéndose constatado que en el último medio siglo los nevados peruanos han perdido centenares de metros cúbicos de hielo. (Ing. N. Morales Arnao).

El glaciar Broggi de la Cordillera Blanca ocupaba en 1,972 más de 58 hectáreas en la cabecera de la cuenca de Llanganuco. En 1,997 el mismo glaciar preservaba apenas el tres por ciento del área que ocupaba hace 25 años. Durante el deshielo el glaciar Broggi perdió progresivamente 29 millones de metros cúbicos de hielo y creó, en su retroceso, una nueva laguna de indispensable monitoreo. (Ing. N. Morales Arnao).

INTERPRETACIONES DE LAS IMÁGENES

Las técnicas de procesamiento digital de las imágenes de satélites, permiten extraer información multispectral, real de manera automática, la misma que puede relacionarse con el reconocimiento de las características espectrales, descripciones tridimensionales, posición y orientación de objetos, medición de cualquier propiedad espacial, etc. El espectro de aplicaciones es bastante amplio y el uso de las computadoras ha permitido sofisticar la naturaleza del procesamiento de las imágenes con el propósito de extraer al máximo cualquier información disponible en las mismas y que puedan ser de gran utilidad.

Dependiendo de la resolución y la combinación de bandas de la imagen que se analiza, es posible detectar en el terreno elementos variados desde dimensiones centimétricas.

Para el presente estudio se ha usado una imagen de 30 mt. de resolución por tratarse de la evaluación de la masa superficial del nevado Huascarán, a través del procesamiento digital de la imagen satelital por combinación de bandas espectrales.

La figura N° 1 corresponde a una imagen Landsat TM5 del 23 de Junio de 1,989, donde se aprecia claramente el nevado Huascarán, entre otros. Para un mejor análisis de la cobertura glaciar se han utilizado las

Bandas 4, 5 y 7 mejoradas, obteniéndose una composición en falso color que realza mejor la zona de los nevados; permitiendo definir dos tipos de cobertura glaciar, donde el color rojo intenso denota el glaciar propiamente dicho; mientras que los tonos azulados alrededor del mismo, corresponde a los glaciares en movimiento y masas en estado de extinción; a la cual se le denomina "hielo sucio", debido al color opaco que presenta (comprobación en trabajo de campo). Asimismo, en la parte central inferior Izquierda, se aprecia claramente de un color celeste azulado, la huella del desprendimiento del bloque de hielo ocasionado por el terremoto de mayo de 1970, el cual produjo una avalancha que arrasó la ciudad de Yungay.

La vegetación hidromórfica se distingue de un tono rojo anaranjado y de un rojo oscuro las zonas de cultivo. Las lagunas se observan de color negro, así como también las sombras producidas por las fuertes pendientes, creándose cierta confusión en la respuesta espectral

La Figura N° 2 es el modelo de elevación Digital (MED o DEM), de la zona de los nevados Huascarán y Chopicalqui; generado a partir de la interpolación de los valores de las curvas de nivel. El DEM representa cuantitativamente en formato digital a la superficie terrestre y contiene información acerca de la posición (x, y) y la altitud Z de los elementos de la superficie. Así, en esta figura, se pueden apreciar las alturas de diferentes colores. Las zonas de mayor altura (entre 6178 y 6700 m) están representadas en color gris correspondiendo éstas a las cumbres de los nevados Huascarán y Chopicalqui, los valles glaciares con traza rectilínea en tonos de verde se encuentran entre los 3050 m a 4092 m. El rango de elevación del nevado Huascarán se encuentra entre los 3050m y 6700m de altura.



Nevado Huascarán (6,768): vista tomada desde el Este. Se aprecian los dos picos más altos del Huascarán y el desprendimiento del bloque de hielo durante el terremoto de 1970.

El Mapa de pendientes (Figura N° 3) generado a partir del Modelo de Elevación Digital - DEM, representa los diferentes grados de pendiente de la zona de estudio. En los valles glaciares, se define con detalle las lagunas (como Llanganuco con pendiente de 0° a 5°), el cambio de pendiente de las morreras terminales (pendiente 5° a 15°), así como también las lagunas colmatadas, sin mayor riesgo de desastres. Las áreas con pendientes moderadas (30° a 50°) corresponden en su mayor parte a sectores cubiertos por el glaciar, las escarpas de los valles glaciares y el frente de la Cordillera Blanca hacia el valle del Santa, presenta un riesgo con la ocurrencia de aluviones (localmente llamados huaycos), desprendimiento de rocas, etc. Las áreas con mayores pendientes (mayor de 50°) corresponden a los picos del Huascarán, Chopicalqui, etc., al sector del desprendimiento de hielo durante el terremoto de 1,970. Así como a las escarpas de los valles glaciares; áreas con un gran potencial de peligro para desastres, como aludes, aluviones, flujos de lodo, caída o desprendimiento de rocas; que pueden generar desembalses de caer las lagunas.

CONCLUSIONES

- Se ha estimado un retroceso de los glaciares en un orden de 30 a 50 m. para los últimos 50 años, en el Nevado Huascarán, debido al efecto invernadero.
- Igualmente, se determinaron las superficies de las lagunas de Llanganuco 1 y 2, obteniéndose como resultado 582,340 m² y 538,738 m², respectivamente, y 60'020,000 m² para el área del nevado Huascarán.
- La cobertura glaciar se define nítidamente en las imágenes de satélite.
- El Mapa de Pendientes marca con precisión las zonas de máxima inclinación que puede tener incidencia en el origen de desastres (caso de la ciudad de Yungay, 1970)
- El uso combinado del DEM y las imágenes de satélite (p.e. versión 3D) permiten la zonificación de áreas con peligro potencial de desastres.



Chopicalqui (6,354): esta foto muestra el lado Sur Oeste de Chopicalqui. Este es uno de los nevados más espectaculares que circunda el valle de Llanganuco.

Estas catástrofes motivaron al gobierno a crear la Comisión de Control de Lagunas de la Cordillera Blanca para inventariar sus lagunas y

SITUACIÓN DE VULNERABILIDAD Y RIESGO EN LAGUNAS Y GLACIARES. UNIDAD DE GLACIOLOGIA Y RECURSOS HÍDRICOS.

Los glaciares no son estáticos ni perpetuos, la formación de estas masas de hielo dependen enteramente de las condiciones climáticas a escala regional y global. Así, a partir de 1860, al término de la pequeña edad de hielo, debido a alteraciones climáticas globales naturales, las montañas glaciares vienen sufriendo un proceso de desglaciación, acentuado en la década de 1980. A partir de esta fecha el retroceso glaciar se ha incrementado en tres veces, considerando que en los últimos 50 años los glaciares estudiados han perdido más de 188 millones de metros cúbicos de reservas de agua. Esta desglaciación, asociada al retroceso de los frentes glaciares, produce la formación de lagunas y glaciares "colgados"; se ha podido confirmar la formación de lagunas a partir de lenguas glaciares en los últimos 25 años, las que en algunas ocasiones han producido aluviones de graves consecuencias, especialmente en el departamento de Ancash.



FIGURA N°01

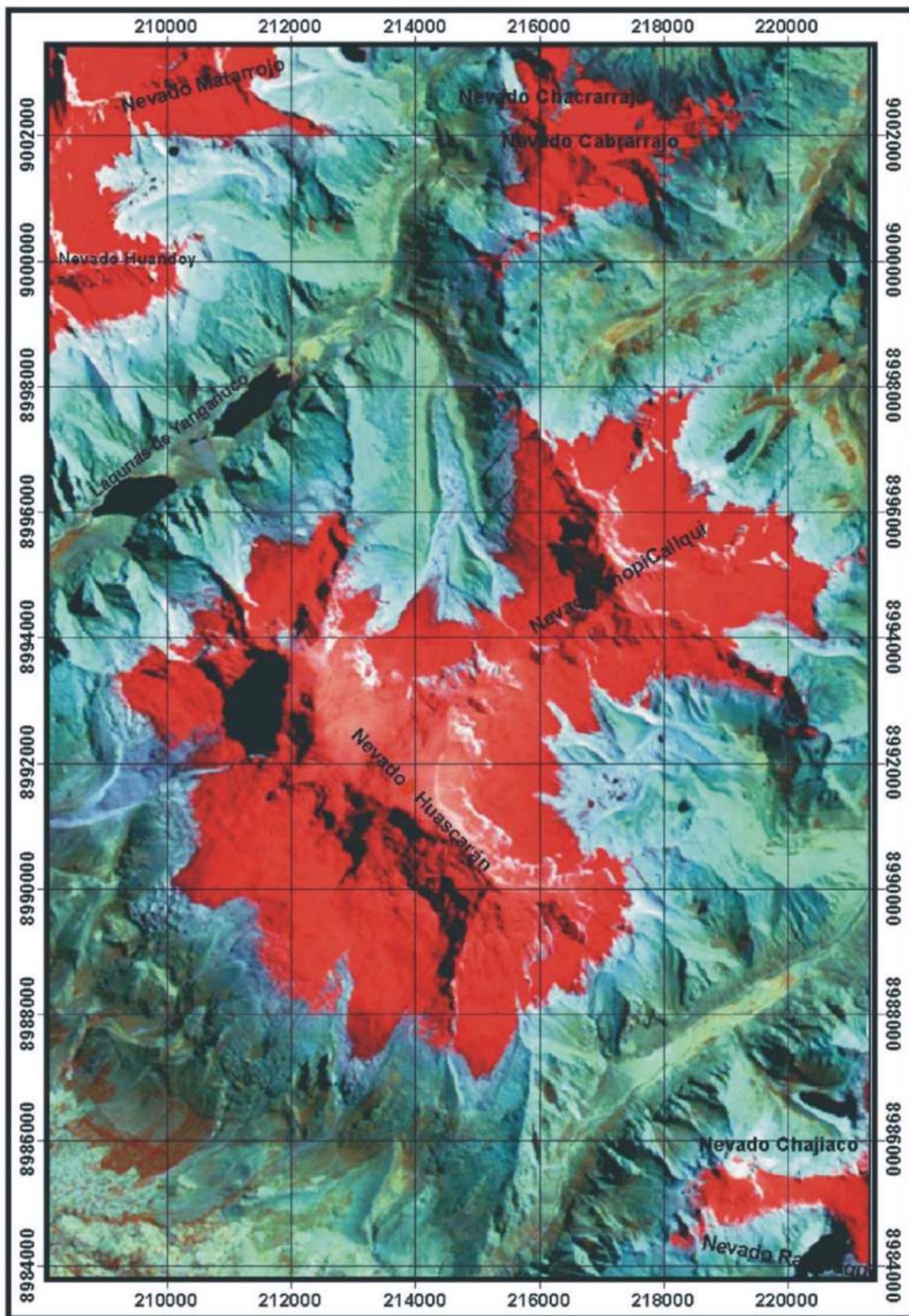


IMAGEN DIGITAL LANDSAT 457

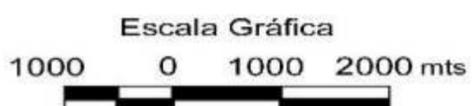
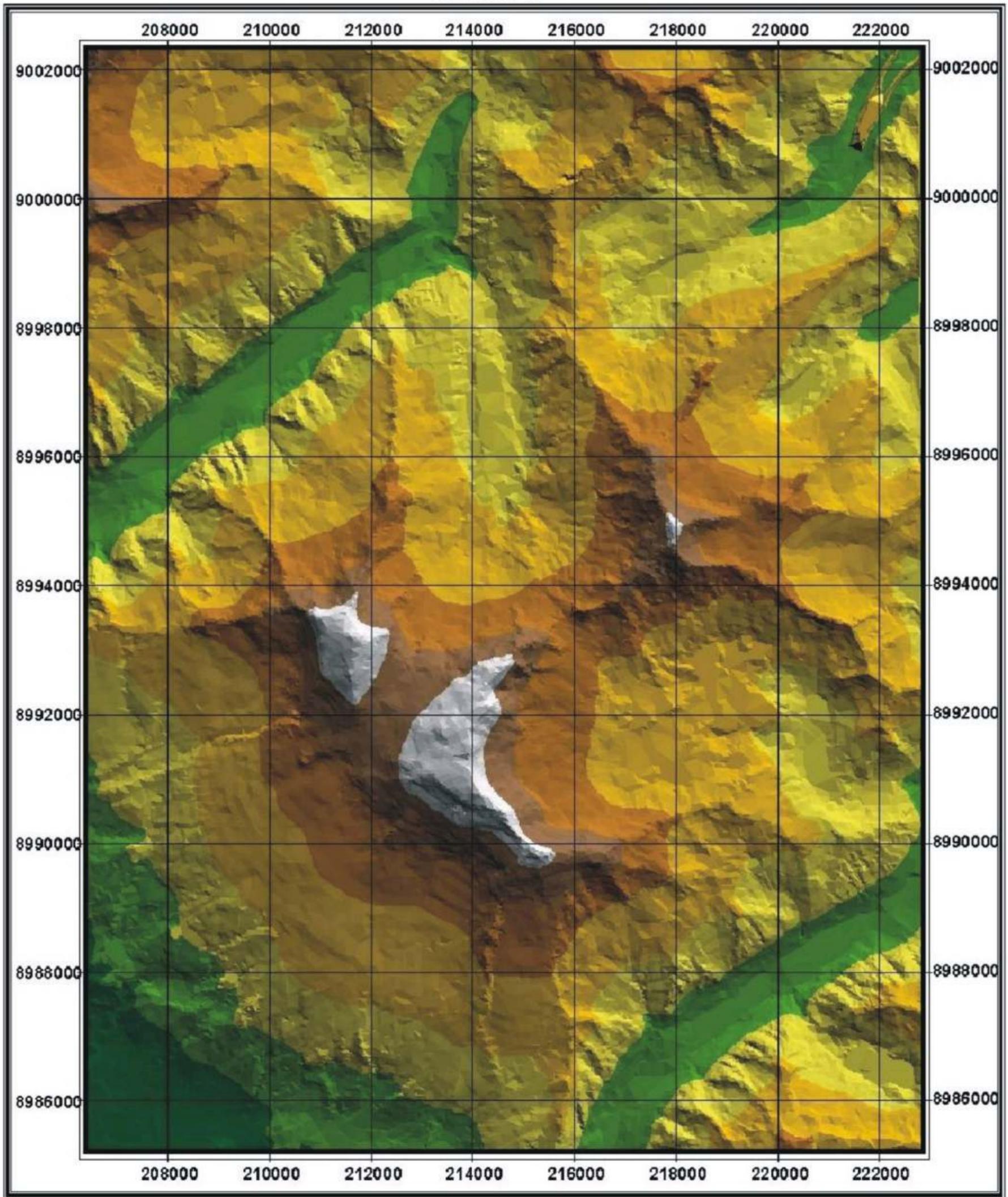


FIGURA N°02



MODELO DE ELEVACION DIGITAL

Escala Gráfica

1000 0 1000 2000 mts



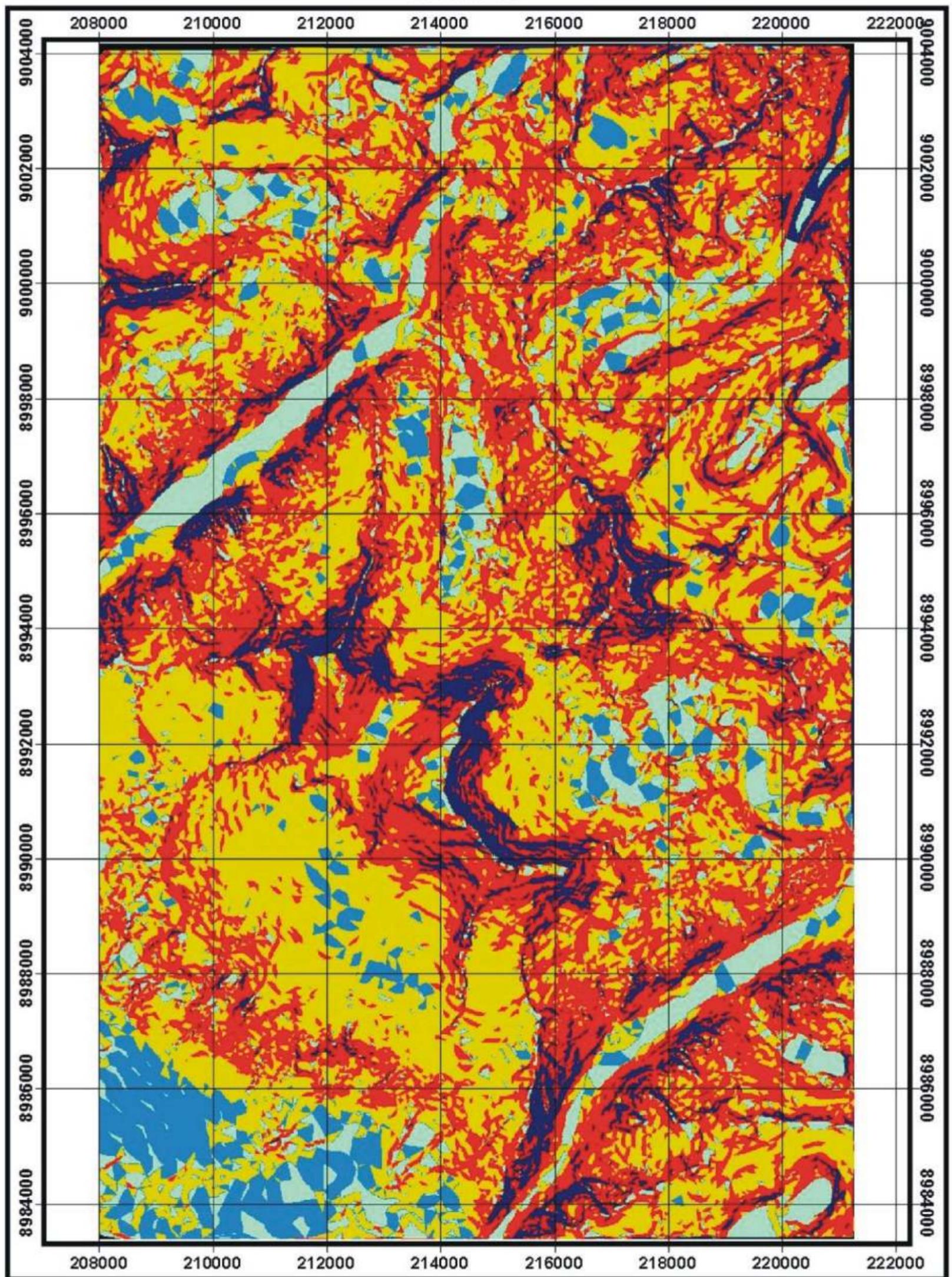
LEYENDA

RANGOS DE ELEVACION

	3050.000 - 3571.429
	3571.429 - 4092.857
	4092.857 - 4614.286
	4614.286 - 5135.714
	5135.714 - 5657.143
	5657.143 - 6178.571
	6178.571 - 6700.000



FIGURA N°03



MAPA DE PENDIENTES

Escala Gráfica



MAPA DE PENDIENTES

