

DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA Y CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LOS SEDIMENTOS SUPERFICIALES DE LA PLATAFORMA CONTINENTAL DEL PERÚ SEPTENTRIONAL ENTRE LOS PARALELOS 7°30' Y 11°30' SUR

GRANULOMETRIC DISTRIBUTION AND MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF THE SUPERFICIAL SEDIMENTS IN THE CONTINENTAL SHELF IN SEPTENTRIONAL PERU, BETWEEN PARALLELS 7°30' AND 11°30' SOUTH

Teresa Cornejo, María Morales y César Chacaltana

RESUMEN

En el presente trabajo se muestran los resultados del estudio de los sedimentos superficiales de la plataforma continental peruana, desde el punto de vista granulométrico y mineralógico. Se estudiaron 66 muestras en el sector ubicado frente a las localidades de Chancay y Pacasmayo, en los Departamentos de Lima, Ancash y La Libertad, aplicándose análisis granulométrico y difracción de Rayos X. Los resultados obtenidos indican una mayor distribución espacial de arenas de grano medio a fino en toda la extensión de la plataforma, mientras sedimentos de arcilla y limo están presentes en zonas más restringidas. Los análisis mineralógicos muestran también una amplia distribución de minerales silicatados, tanto en la plataforma interna como externa, seguido por minerales carbonatados ubicados entre el cambio de la plataforma externa a talud. Otros grupos minerales identificados fueron: hidróxidos, sulfuros, óxidos, fosfatos, sulfatos, y haluros. Los sedimentos caracterizados son mayormente productos del proceso de transporte fluvial de los principales ríos tributarios al Océano Pacífico y de la erosión marina de las formaciones costeras. Los grupos minerales encontrados parecen proceder de rocas ígneas y sedimentarias. Los minerales carbonatados guardan relación con la abundancia de restos orgánicos calcáreos.

Palabras claves: Granulometría, mineralogía, sedimentos superficiales, plataforma continental, Perú septentrional

ABSTRACT

The present work shows the results of the superficial sediment studies of the Peruvian continental shelf, from the granulometric and mineralogical point of view. Sixty six samples, in the area located in front of Chancay and Pacasmayo localities, offshore the department of Lima, Ancash and La Libertad, were studied applying granulometric analysis and X-Ray diffraction. The obtained results indicate a major spatial distribution of fine to medium sand grain in the entire extension of the continental shelf, while clay and silt sediments are present in more restricted zones. The mineralogical analysis also show a wide distribution of silicate minerals in the internal shelf as well as in the external shelf, followed by carbonate minerals located in the transition from the external shelf to the continental slope. Other indentified mineral groups were recognized: hydroxides, sulfides, oxides, phosphates, sulfates and halides. The characterized sediments are mostly products of fluvial transport process of the main tributary rivers to the Pacific Ocean, and of the marine erosion of the coastal formations. The groups of minerals found seem to be derived from igneous and sedimentary rocks. Carbonate minerals are related to abundant organic calcareous remains.

Keywords: Granulometry, mineralogy, surface sediments, continental shelf, northern Peru

INTRODUCCIÓN

El estudio de caracterización mineralógica de sedimentos superficiales y su distribución en la plataforma continental peruana es importante ya que proporciona información para la comprensión de los diferentes procesos geodinámicos, ocurridos en la plataforma a través de los años hasta su configuración actual. El conocimiento de la composición mineralógica de la plataforma continental servirá como una guía para la planificación de programas que tengan como objetivo la exploración de recursos potencialmente valiosos.

El año 2005, INGEMMET inicio el estudio de la plataforma continental mediante el proyecto de investigación GR-8: “Estructura y Evolución de la Margen Continental en el Perú” en cooperación con el Instituto del Mar del Perú (IMARPE). El presente trabajo tiene como objetivo principal estudiar las muestras de sedimentos superficiales ubicadas entre las latitudes 7°30' y 11° 30' Sur, obtenidas de las campañas oceanográficas realizadas por el IMARPE durante los años 1977-1980, a fin de conocer su distribución granulométrica y analizar su contenido mineral. Se clasificaron 66 muestras de sedimentos superficiales, las mismas que fueron estudiadas por análisis granulométrico para determinar el tipo de sedimento, y el análisis por difracción de Rayos X para conocer su contenido mineral. El análisis granulométrico se realizó en el laboratorio de Geología Marina del IMARPE y el análisis mineralógico en el Laboratorio de Difracción de Rayos X del INGEMMET.

ANTECEDENTES

Como antecedente podemos mencionar que el IMARPE (1987) realizó un mapa textural con los resultados del estudio de sedimentos superficiales de la margen continental peruana, donde hace notar que los sedimentos arenosos predominan en el sector más amplio de la plataforma, ubicado entre los 7° y 10°30' Sur (Delgado y Gomero, 1995). Posteriormente, IMARPE (1988) distingue en la margen continental dos provincias sedimentarias: la provincia meridional, caracterizada por sedimentos finos (arcillas), con alto contenido de materia orgánica y bajo contenido calcáreo; y la provincia septentrional caracterizada por sedimentos arenosos con bajo contenido orgánico en la plataforma y sedimentos finos en el talud superior. Clayton y Kemp (1990), a través del Programa de Investigación del Fondo Oceánico

(ODP), realizaron estudios mineralógicos de arcillas. Con toda esta información, IMARPE (1995) publica el Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana, mostrando cartas de distribución de los principales parámetros granulométricos y texturales, así como el carbono orgánico y carbonatos de los sedimentos superficiales. Velasco y Ortlieb (2003) presentaron un estudio de prospección de sedimentos laminados en zonas de mínimo oxígeno del Perú central. Girón (2009) realizó una tesis sobre el estudio de caracterización mineralógica de sedimentos superficiales de la plataforma entre Ancón y Pisco, en el marco del proyecto GR-8 del INGEMMET, trabajando con muestras e información de campañas oceanográficas realizadas por IMARPE, entre los 11°30' y 14°00' latitud sur, durante los años 1977-1980.

El área de estudio se ubica en la plataforma continental, en el sector comprendido entre los paralelos (11° 30' y 7° 30' de latitud sur), frente a las provincias de Chiclayo (Lambayeque), Trujillo (La Libertad), Santa (Ancash) y Chancay (Lima). Esta área tiene una extensión de 720,106.4 hectáreas. (Fig.1).

CARACTERÍSTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

La plataforma continental es una unidad morfológica que está representada por el continente bajo el nivel del mar, se extiende desde la línea de costa hasta una profundidad de 200 m, donde ocurre un cambio brusco de pendiente. (Shepart, 1967; Murria, 1944; Marrero et al., 1968).

En el Perú, el ancho de la plataforma continental es variable a lo largo de la margen continental peruana, encontrándose bien desarrollada en el norte entre los 5° y 7° Sur y en el centro entre los 7° y 14° latitud sur, mientras que hacia el sur es más angosta encontrándose parcialmente emergida entre los 14° y 16° de latitud sur (Sebrier et al., 1979). Sin embargo, hacia el norte encontramos, entre Tumbes y Bayovar, una plataforma angosta que presenta el borde exterior paralelo a la línea de costa, a una distancia de 5 a 10 km aproximadamente. Entre Pimentel y Chimbote la plataforma tiene un ancho que varía entre los 88 y 110 km, disminuyendo simultáneamente hacia el sur (sur de Huarmey) donde el ancho alcanza los 48 km. En la zona centro, que comprende Lima y Callao, la plataforma tiene un ancho de ~40 km. Hacia el sur

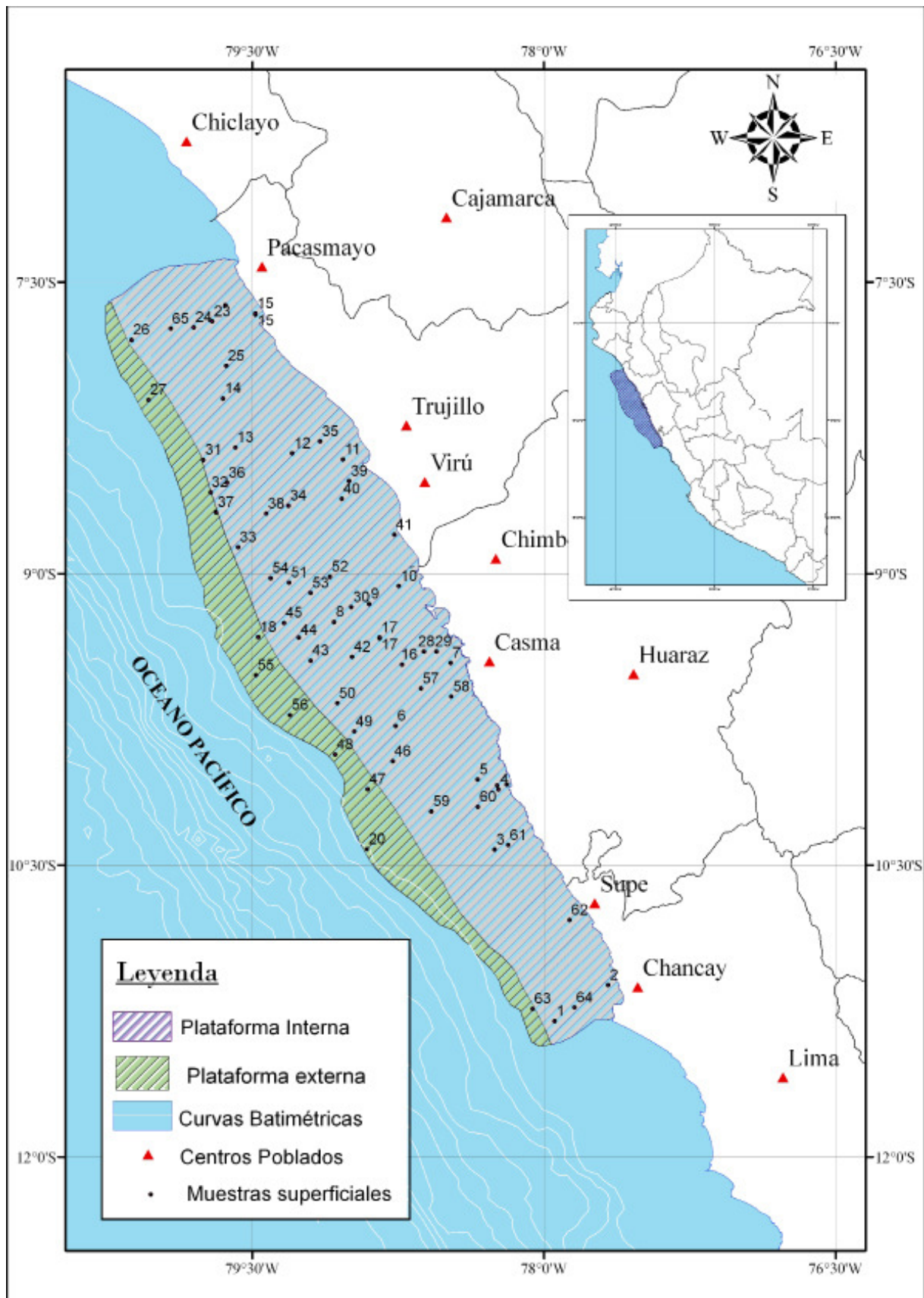


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio mostrando la distribución de las muestras de sedimentos superficiales en la plataforma continental interna y externa.

del Perú, la plataforma es más angosta hasta casi desaparecer, así entre Cabo Blanco y Punta Pariñas, frente a la Península de Paracas, tiene un ancho de 19 km, entre Nazca y Tacna de 5 a 28 km. (Teves y Evangelista, 1976). Según Schweigger (1986) la plataforma continental peruana se divide en tres zonas. La zona norte que va de Tumbes hasta Punta Aguja, la zona centro entre Punta Aguja e Isla Gallán y la zona sur entre Pisco hasta Morro Sama.

Los rasgos geomorfológicos de la plataforma continental y la costa peruana se formaron durante el Plioceno-Pleistoceno (5.3 Ma). La estratigrafía de la plataforma continental indica que esta sobreyace a un basamento precámbrico-paleozoico, cubierto por rocas volcano-sedimentarias del Cretácico inferior del Grupo Casma (Myers, 1980). A estas sobreyacen rocas sedimentarias del Terciario y finalmente una cobertura sedimentaria de edad holocena, constituida por sedimentos detríticos y biogénicos

METODOLOGÍA

Muestreo de sedimentos

Las muestras fueron colectadas durante los cruceros BIC Tareq II (1976-1979) y Humboldt (1980-1985) utilizando la técnica del dragado. Esta técnica consiste en sumergir una herramienta con un par de mandíbulas metálicas, articuladas en un punto a manera de tijeras; las cuales descienden abiertas activándose su cierre automático, al momento de tocar el fondo marino, acto que se traduce en la captura de una porción de sedimentos. Para el dragado se utilizó una draga tipo Van Veen con 0.05 m² de área de cobertura. Los sedimentos fueron colectados a profundidades entre 10 y 200 mbnm.

Método Analítico

Se tomó un aproximado de 200 g de sedimento de cada punto de muestreo, los que fueron colocados en bolsa de polietileno, sellada con prensa de calor y almacenada a una temperatura de 4° C. Se trabajaron 66 muestras para el análisis granulométrico y análisis por difracción de Rayos X, siguiendo la técnica Standard (Folk, 1968; Inoram, 1971; Galehouse, 1971).

El análisis granulométrico se basó en el método propuesto por Folk (1968), que consistió en describir las características macromorfológicas de las muestras, representadas por el color, textura, estructura, contenidos de fragmentos de rocas y minerales, entre otros. El análisis granulométrico se

desarrolló en cuatro etapas: la disgregación mecánica (separación de elementos), disgregación química (eliminación de materia orgánica), filtrado secado y el análisis por tamiz. Para la disgregación química, se utilizó peróxido de hidrógeno en una concentración de 30 %, con el fin de eliminar la materia orgánica presente, y además el hexametáfosfato de sodio, para la separación de partículas. En el tamizado del sedimento se utilizó una batería de tamices y un agitador mecánico. Cada fracción obtenida en cada malla, fue pesada para obtener el porcentaje retenido y acumulado de cada muestra, para así tener conocimiento de la distribución de sedimentos en la plataforma.

Para el análisis por difracción de Rayos X se empleó el difractómetro SHIMADZU modelo XRD-6000, con radiación Cuk y monocromador de grafito, siendo las condiciones de excitación de 40 Kv, 30 mA. Con este estudio se caracterizaron las propiedades químicas y físicas de los minerales con estructura cristalina, detectándose la presencia de 47 minerales. Con los resultados porcentuales de minerales encontrados por difracción se elaboraron mapas de los grupos minerales.

RESULTADOS

Distribución sedimentológica

Según la clasificación de Wentworht (1922), se identificaron tres tipos de sedimentos: arenas, limos y arcillas, Las variaciones de la distribución de estos sedimentos en la plataforma continental están dadas por el incremento de tamaño de las fracciones, desde la línea de costa hacia la plataforma externa. En el área de estudio se ha definido cuatro sectores. El Sector I correspondiente a la zona central, el cual presenta una buena distribución de arena (Fig. 2 y 3), los sectores II, III y IV, ubicados hacia los extremos norte centro y sur, muestran una mejor distribución de sedimentos de limos y arcillas (Figs. 4 y 5).

La presencia de la fracción arena que ocupa gran parte del área de estudio, se debe posiblemente a que las corrientes marinas paralelas a la costa, en dirección sur a norte, llevan en suspensión los sedimentos limo-arcillosos, dejando al descubierto la arena y redistribuyendo los sedimentos limo-arcillosos de este a oeste del área.

En el sector I la fracción arena se encuentra a profundidades medias no menores de 60 m, esto debido a la acción del oleaje que empieza a actuar

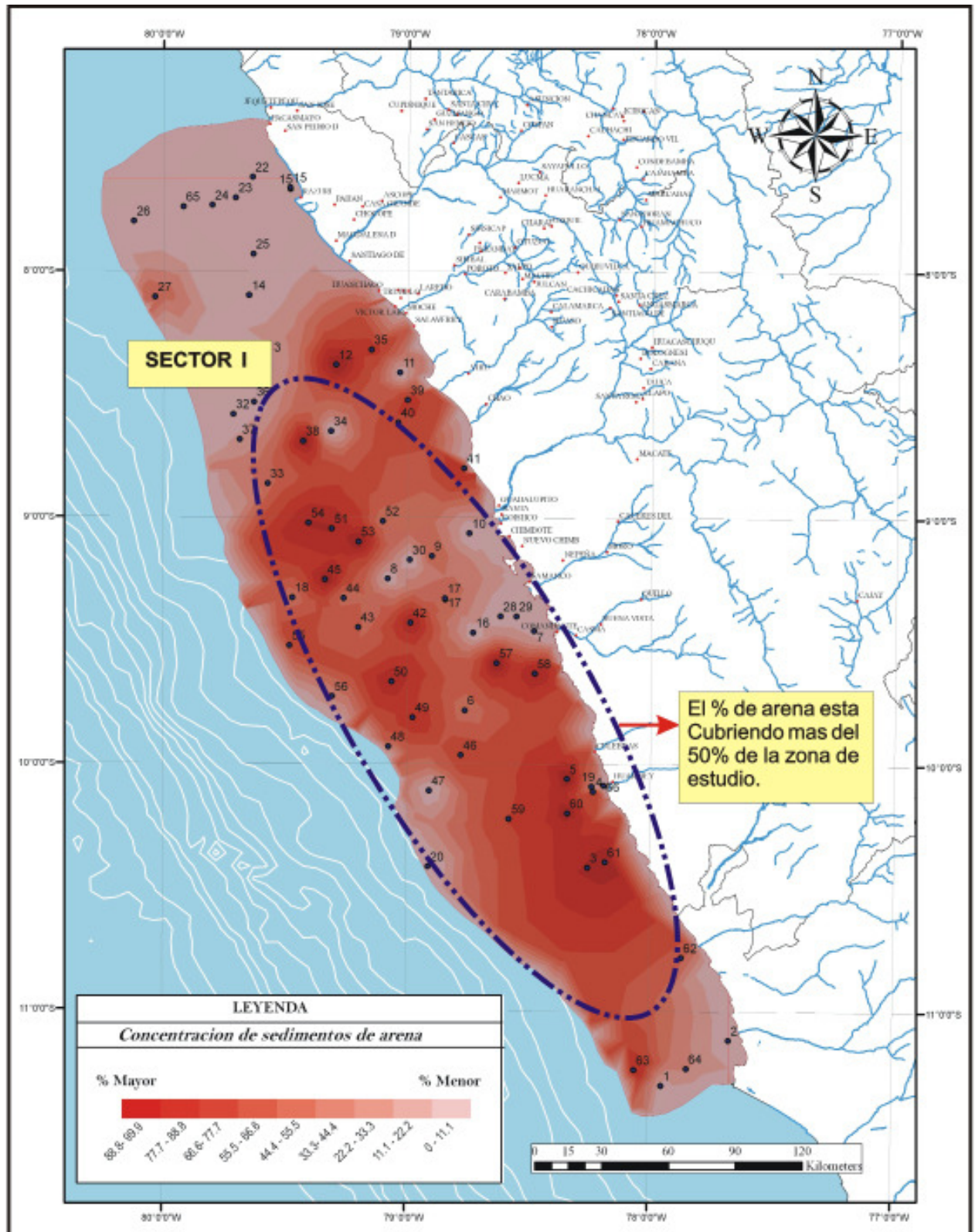


Figura 2. Muestra la distribución de arena en la zona de estudio comprendida entre los paralelos 7° 30' y 11° 30' latitud sur.

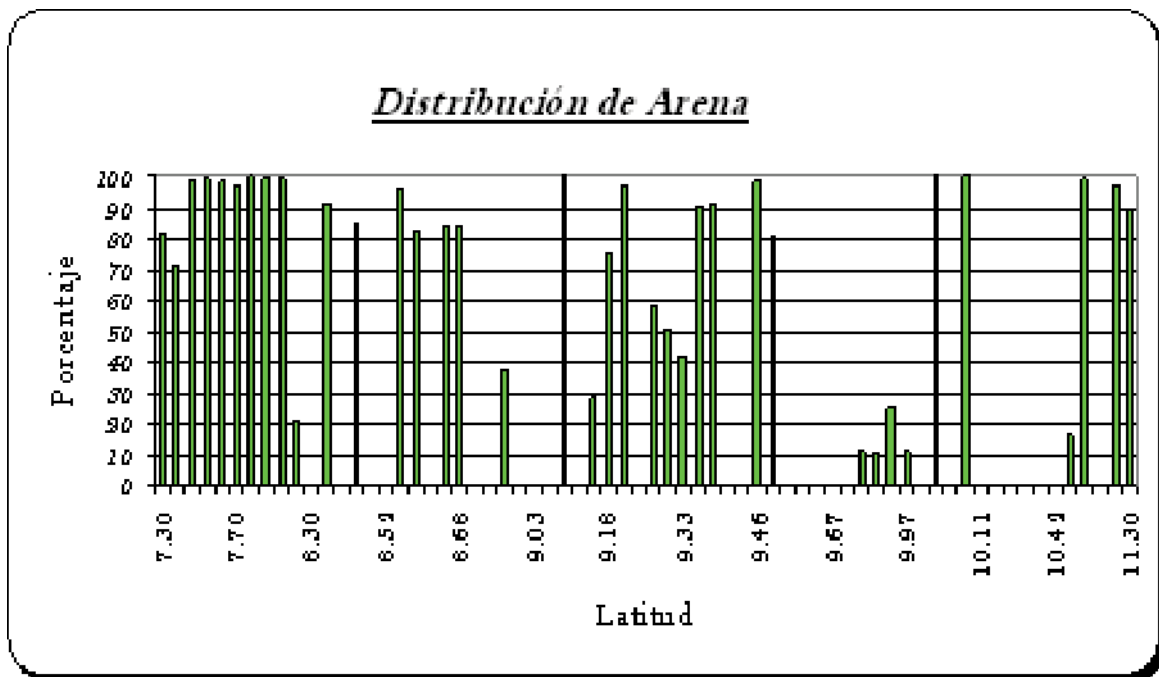


Figura 3. Distribución latitudinal de arena de N a S

a profundidades menores a 60 m y no permite la depositación de sedimentos arcillosos (Cornejo, en preparación). En el sector IV frente a Huarmey, el diámetro de las fracciones disminuye en tamaño, encontrándose en esta zona, sedimentos limo-arcillosos (menor al 10% de arena). Los sedimentos limosos están ubicados frente a Huaral y Chancay (sur de la zona de estudio), de forma subparalela a la línea de costa. Estos sedimentos vuelven aparecer más al norte (Fig. 4).

Distribución Mineralógica

El análisis por difracción de Rayos X reveló la presencia de 47 minerales (Tabla 1), siendo los principales constituyentes de las fracciones arenosas, el cuarzo, la albita, el grupo de las micas, caolinita, montmorillonita, beidellita y anfíboles, entre otros. Asociados a estos minerales se tienen restos bioclásticos como las testas de foraminíferos y fragmentos de conchas de moluscos. El 65 % de las muestras estudiadas revelan la presencia de cuarzo (Fig. 6), albita (Fig. 7), muscovita, augita y clorita como minerales principales. El 20% de las muestras contienen 23 minerales, constituyendo el segundo grupo en importancia, siendo estos, en orden de importancia, riebeckita, andalusita, calcita, microclina, anortoclasa, cordierita, fluorapatita, hidroxilapatita (Fig. 8), actinolita, rodonita, fayalita,

ortoclasa, anortita, cloromagnesita, molibdenita, indialita, caolinita, rodocrosita, marialita, halita, beidellita y clorapatita. El 15% de las muestras, que es el tercer grupo, contienen 19 minerales resaltando nyereita, uvarovita, pirofilita, pirofanita, calderieta, ankerita, almandino, clinoenstatita, tridimita, dolomita, langita, dreyerita, magnesio-hornblenda, flogopita, anhidrita, todorokita, annabergita, sursassita y ramsdellita.

De los minerales determinados, el 88% corresponden a minerales transportados de las zonas de aporte hacia la plataforma, por medio de ríos transversales a la línea de costa. El porcentaje restante corresponde a minerales autógenos en ambientes submarinos.

En este estudio se realizó la clasificación por grupos minerales de acuerdo a Danna (1997). Así se tiene la concentración de minerales sulfurosos: annabergita y molibdenita (Fig. 9), la concentración de los óxidos: pirofánita y ramsdellita (Fig. 9), la concentración de los minerales hidróxidos: todorokita (Fig. 10), la concentración de los minerales haluros: halita y cloromagnesita (Fig. 10), la concentración de los minerales carbonatos: calcita, rodocrosita, dolomita, ankerita, nyerereita (Fig. 11), la concentración de los minerales sulfatos: anhidrita (Fig. 11), la concentración de los minerales fosfatos

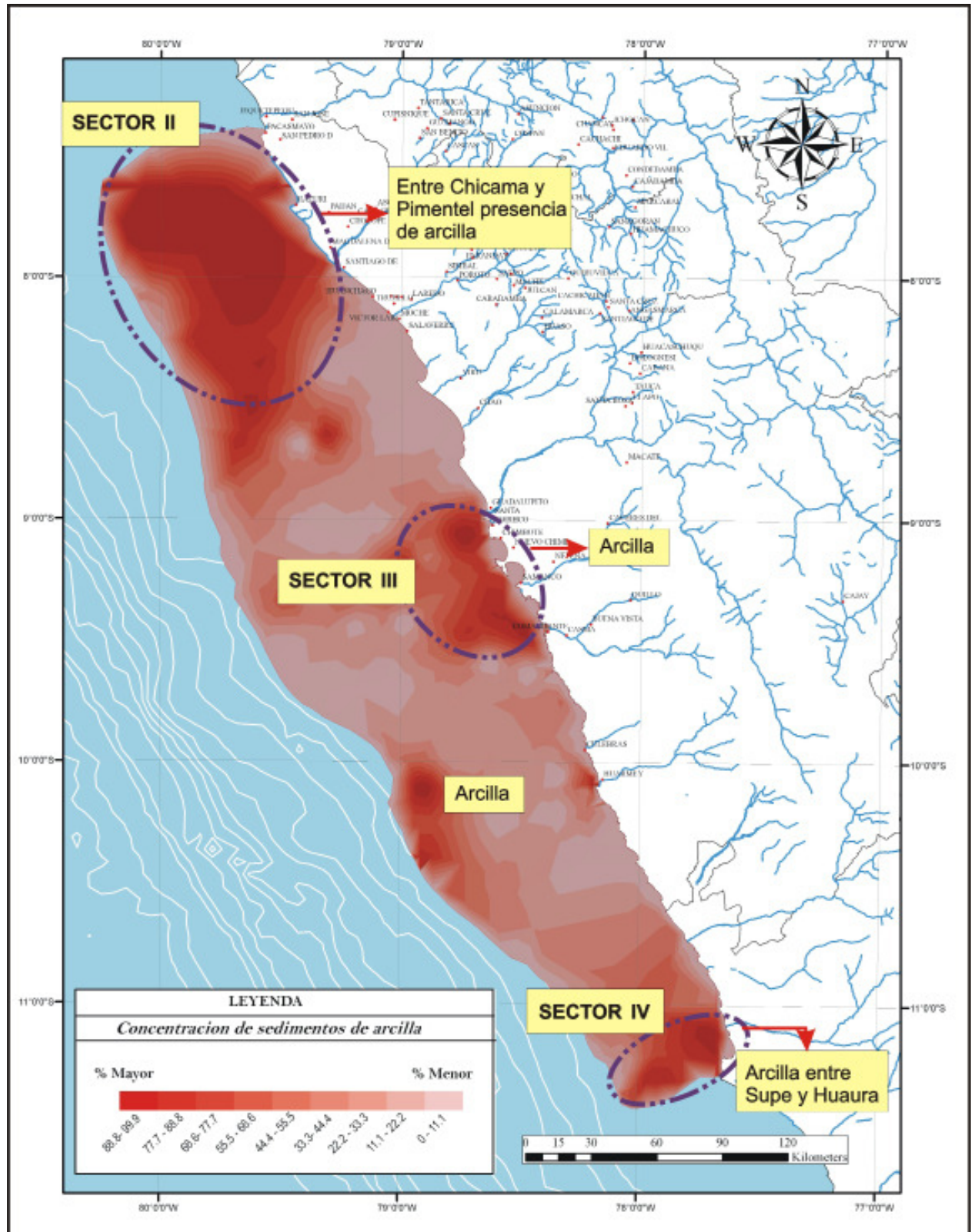


Figura 4. Muestra la distribución de arcillas, la cual se dividió en tres sectores por la mayor concentración de la misma.

Tabla 1. Relación de los 47 minerales reportados en el área de estudio, mostrando su porcentaje absoluto y porcentaje relativo.

Minerales	% Absoluto	% Relativo
Augita	63	38.785
Cuarzo	55.85	34.383
Albita	17.66	10.872
Calcita	10.42	6.415
Amorfo	3.09	1.902
Fluorapatita	2.82	1.736
Hidroxilapatita	1.51	0.930
Microclina	1.43	0.880
Anortita	1.267	0.780
Anortoclasa	1.22	0.751
Muscovita	1.08	0.665
Clorita	0.49	0.302
Andalusita	0.41	0.252
Riebeckita	0.36	0.222
Halita	0.32	0.197
Ortoclasa	0.3	0.185
Cordierita	0.19	0.117
Actinolita	0.16	0.099
Beidellita	0.14	0.086
Marialita	0.08	0.049
Ankerita	0.07	0.043
Molibdenita	0.06	0.037
Rodonita	0.05	0.031
Fayalita	0.05	0.031
Indialita	0.05	0.031
Almandino	0.038	0.023
Clinoenstatita	0.035	0.022
Caolinita	0.03	0.018
Nyereita	0.03	0.018
Anhidrita	0.025	0.015
Cloromagnesita	0.02	0.012
Clorapatita	0.02	0.012
Pirotita	0.02	0.012
Dolomita	0.018	0.011
Langita	0.015	0.009
Annabergita	0.0131	0.008
Magnesiohornblenda	0.012	0.007
Flogopita	0.0119	0.007
Todorokita	0.0103	0.006
Rodocrosita	0.01	0.006
Tridimita	0.01	0.006
Ramsdellita	0.01	0.006
Dreyerita	0.0089	0.005
Uvarovita	0.006	0.004
Surassita	0.0056	0.003
Pirofilita	0.0038	0.002
Calderita	0.0036	0.002
		100.000

y vanadatos: hidroxiapatita, clorapatita, fluorapatita y dreyerita (Fig. 12), y la concentración de los minerales silicatados (Fig. 12).

Entre los minerales silicatados se tiene la siguiente distribución:

- Grupo del olivino: fallalita.
- Grupo de los granates: almandino, uvarovita.
- Grupo de los aluminosilicatos: andalusita, surssasita, cordierita indianita.
- Grupo de los piroxenos: clinoenstatita, augita, rodonita.
- Grupo de los anfíboles Ca y Na: actinolita, magnesio-hornblenda y riebeckita.
- Grupo de las arcillas: caolinita, beidellita, pirofilita.
- Grupo de las micas: muscovita, flogopita.
- Grupo de las cloritas: clorita.
- Grupo de los feldespatos: microclina, ortoclasa, anortoclasa (feldespatos potásicos), albita, anortita.
- Serie de las escapolitas: marialita (Escapolita sódica) y calderita.

INTERPRETACIONES Y CONCLUSIONES

La arena fina es la fracción de mayor distribución en la plataforma. Cubre gran parte de la zona de estudio con respecto a los sedimentos de arcilla y limo que están presentes en zonas más restringidas. Frente a Chicama y Pimentel, junto al borde litoral, predominan arcillas en un porcentaje mayor al 30%. Esta distribución fina, está relacionada a la desembocadura de los ríos Chicama y Moche, mostrándose un aumento en la granulometría hacia la plataforma externa. Frente a la bahía de Salaverry, los ríos Virú, Chao y Santa, aportan materiales arenosos en mayor cantidad, los cuales están distribuidos desde la plataforma interna hacia la plataforma externa. Entre Chimbote y Culebras, los ríos Samanco, Sechin y Culebras, transportan material más fino, depositándose en esta zona de la plataforma y cercanos a la línea litoral, arcillas, aumentando su granulometría mar adentro progresivamente, sedimentando arcillas arenosas y arenas en la parte externa de la plataforma. Entre Huarmey y Pativilca, los ríos Huarmey y Pativilca aportan a la plataforma una considerable cantidad de sedimentos arenosos, extendiéndose hasta la plataforma externa. Hacia el

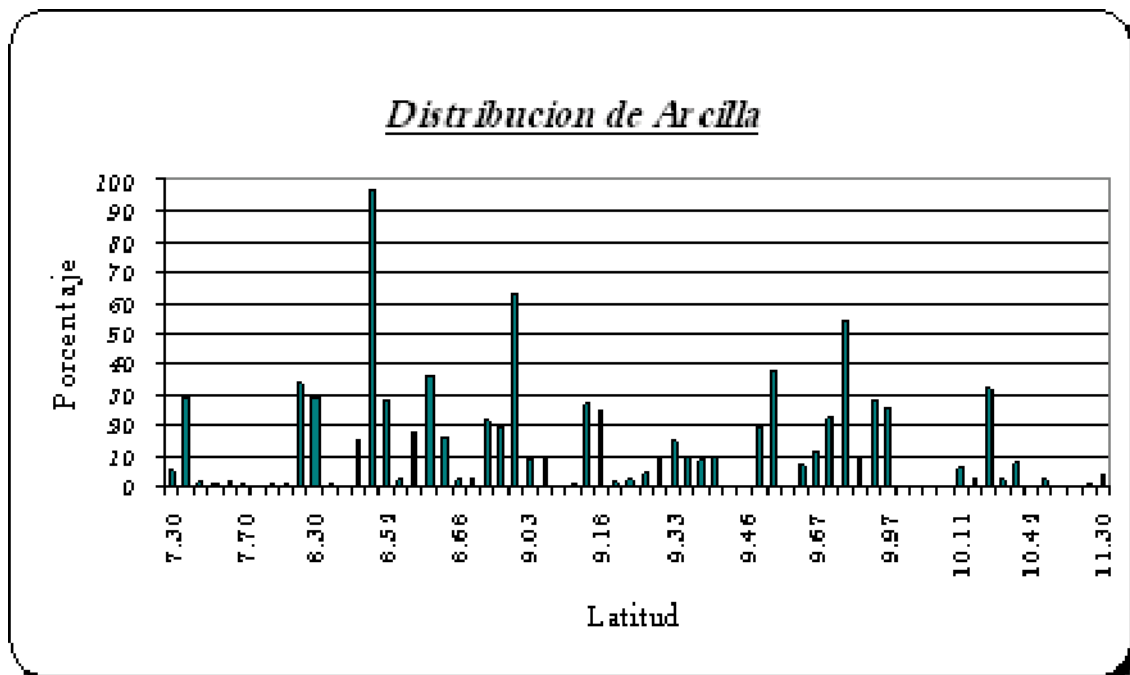


Figura 5. Distribución latitudinal de arcilla de N a S.

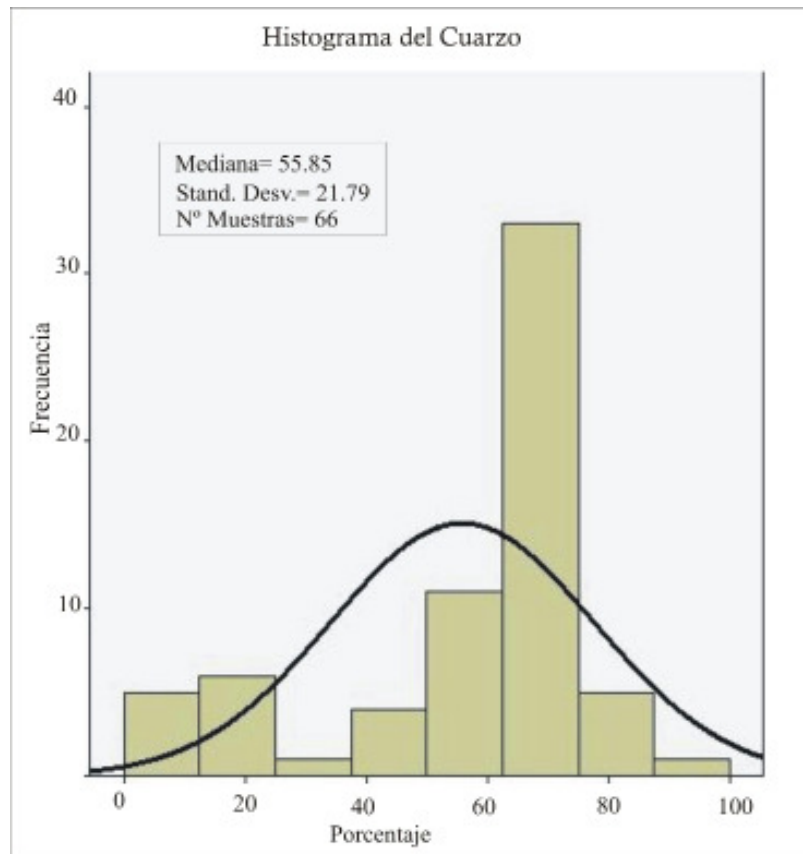


Figura 6. Histograma del cuarzo, representada gráficamente por la campana de Gauss, que indica distribución lognormal del mineral.

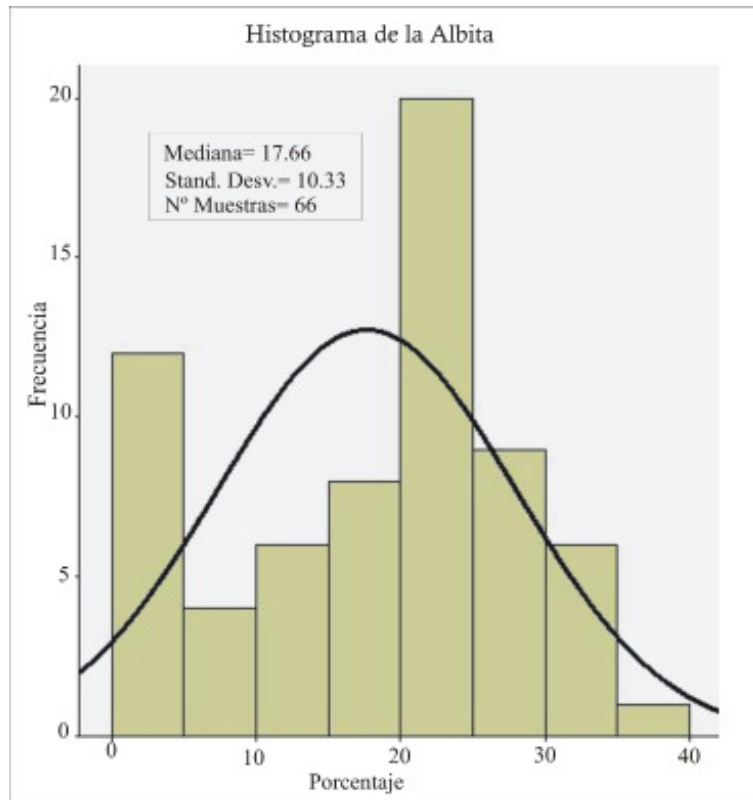


Figura 7. Histograma de albita mostrando la distribución bimodal del mineral.

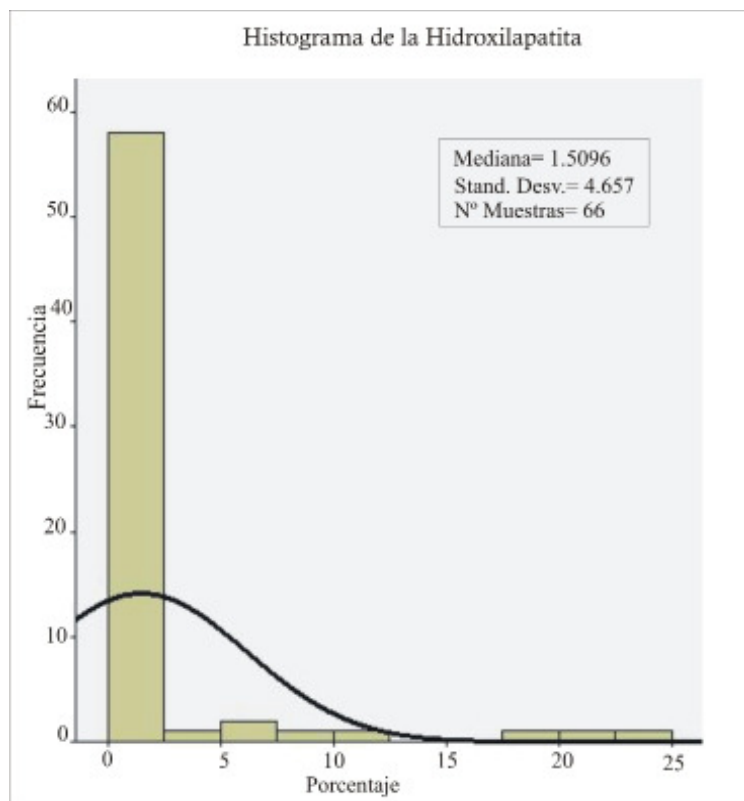


Figura 8. Histograma de hidroxilapatita, representada gráficamente por una curva anormal, que indica distribución sesgada del mineral.

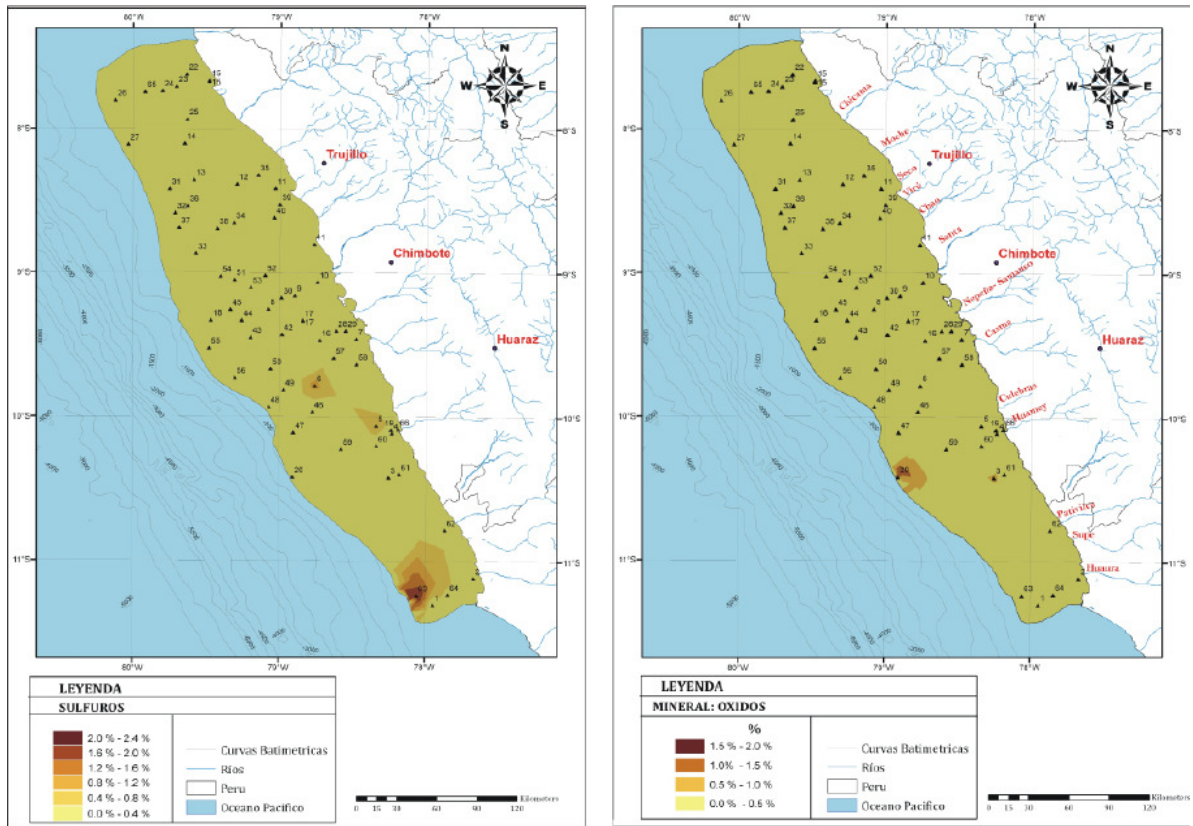


Figura 9. Mapas de distribución del grupo de los sulfuros y óxidos en la plataforma continental del Perú.

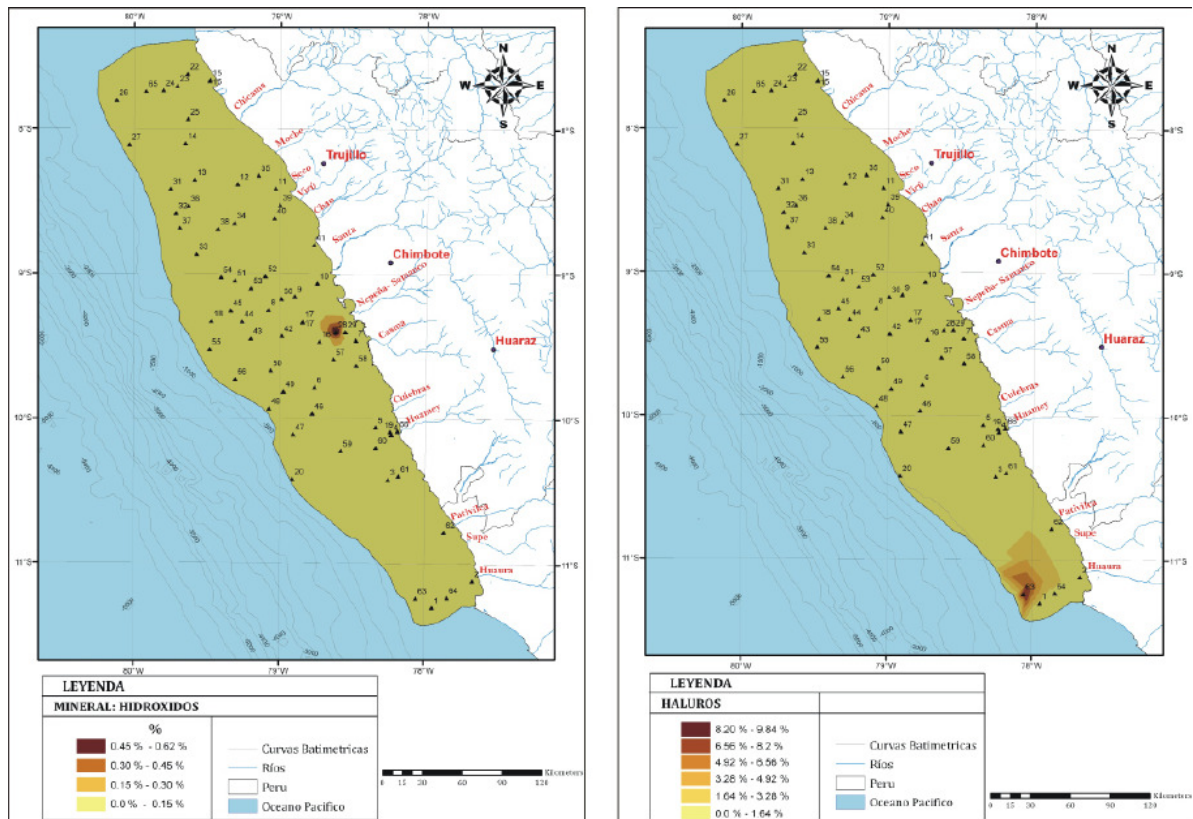


Figura 10. Mapas de distribución del grupo de los hidróxidos y haluros en la plataforma continental del Perú.

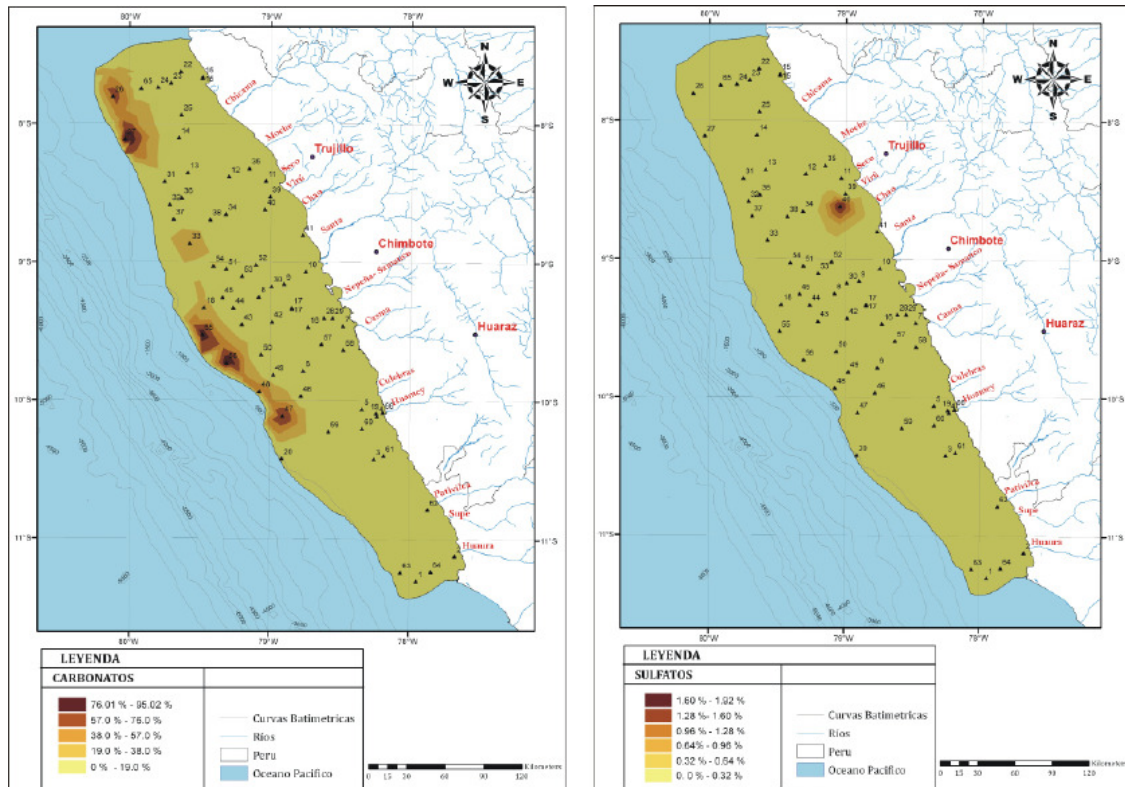


Figura 11. Mapas de distribución del grupo de los carbonatos y sulfatos en la plataforma continental del Perú.

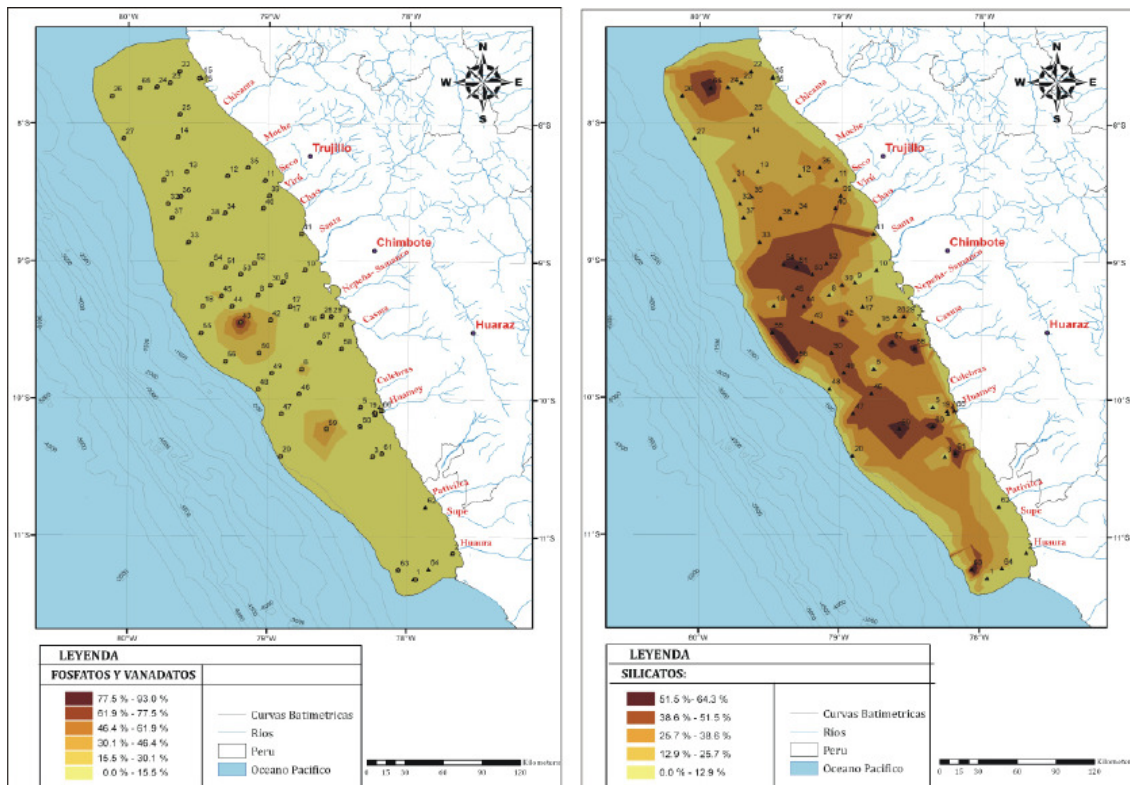


Figura 12. Mapas de distribución del grupo de los fosfatos y silicatos en la plataforma continental del Perú.

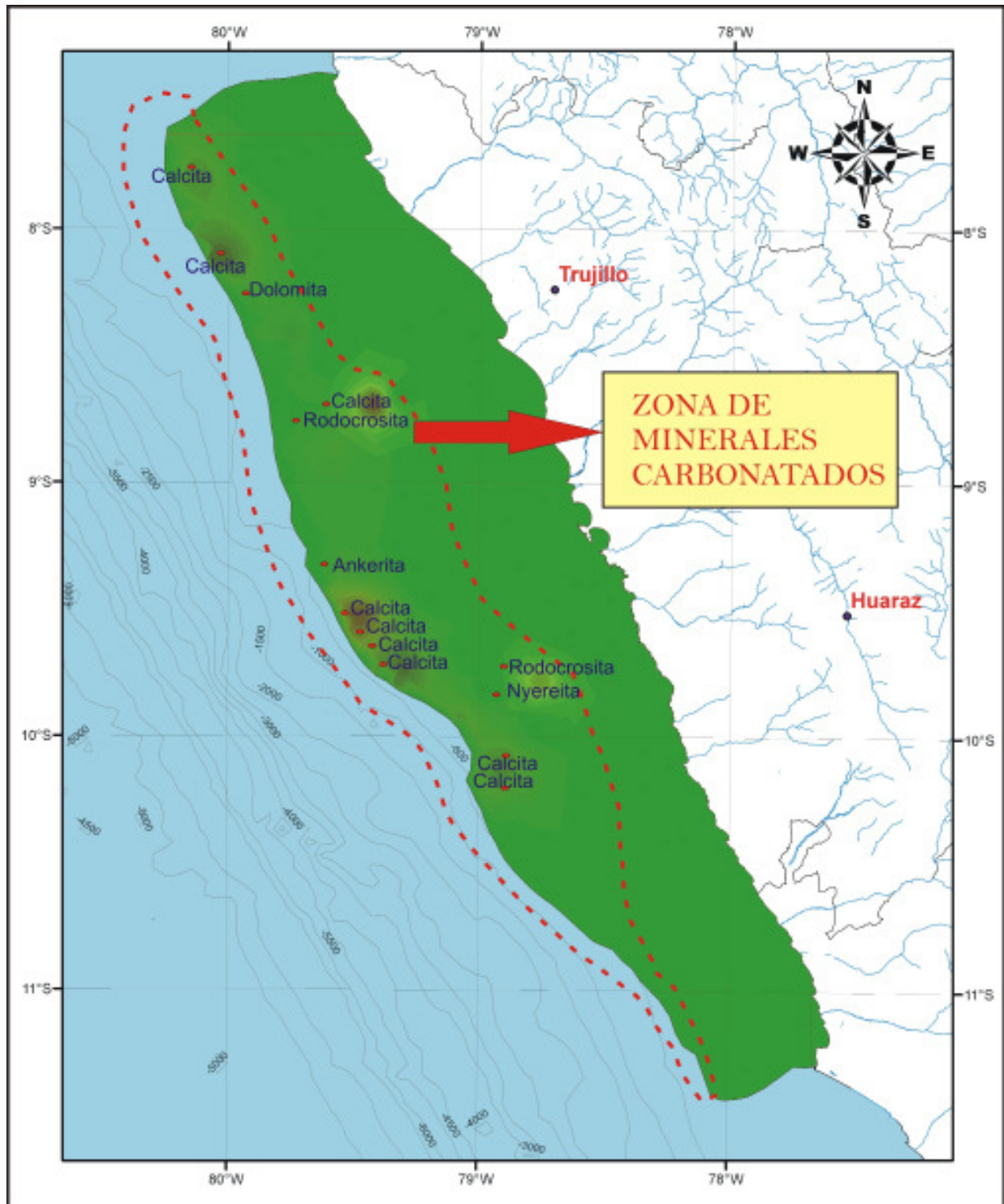


Figura 13. Zona de minerales carbonatados

Sur, los ríos Supe y Huaura aportan principalmente material limoso.

Del estudio mineralógico se observan dos áreas claramente definidas, un área de dominio de sedimentación de minerales carbonatados ubicados hacia el límite de la plataforma continental externa con el talud (Fig. 13) y la segunda con sedimentación de silicatos en la plataforma interna y externa. En la primera, los minerales carbonatados presentan la serie isomorfa completa, desde la calcita hasta la rodocrosita. La abundancia moderada de calcita guarda relación con la abundancia de restos orgánicos calcáreos. La dolomita es el mineral intermedio de esta serie, la misma que está asociada a la fluorita y también a la molibdenita.

El área de sedimentación de silicatos está representada por el cuarzo con una abundancia relativa mayor al 50%. Los minerales secundarios contienen fósforo y manganeso, elementos principales de los fondos marinos. Estos minerales, se encuentran asociados a las micas, arcillas, ortoclasa, microclina y anortoclasa, cuyo origen puede ser el Batolito

de la Costa, los que por erosión fluvial han sido transportados del continente hacia el océano. La presencia de otros minerales tales como la flogopita, fluorita, pirofilita, etc., indican que estos se formaron por procesos de halmirólisis y otros cambios químicos. La clorita aparece asociada al grupo de las micas y las arcillas, y su distribución cerca a la costa indicaría una procedencia de las rocas volcano-sedimentarias del Grupo Casma. Los haluros tales como la clorapatita y cloromagnesita ocurren en bajos porcentajes. La cloromagnesita se encuentra sólo en un 0.005%, y posiblemente es un mineral producto de la alteración de los minerales arcillosos mencionados, formándose por el reemplazamiento de la apatita por la magnesita y viceversa.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que contribuyeron para la realización del presente trabajo, en particular al Dr. Víctor Carlotto por la revisión. Igualmente agradecemos al INGEMMET, por todo el apoyo, así como al IMARPE como contraparte del Proyecto GR-8 del INGEMMET.

REFERENCIAS

- Clayton, T. & Kemp, A. (1990). Clay Mineralogy of Cenozoic sediments from the Peruvian Continental margin, Leg 112. Ocean Drilling Program, 59-86
- Cornejo, T. (En preparación). Caracterización mineralógica de los sedimentos superficiales de la plataforma continental del Perú, entre los paralelos 7° 30' y 11° 30'.
- Delgado, C. & Gomero, R. (1995). Atlas sedimentológico de la plataforma continental peruana. Bol. Inst. Mar Perú, 110, 5-31.
- Girón, I. (2009). Caracterización mineralógica de los sedimentos cuaternarios de la plataforma del Perú Central. Tesis Universidad Nacional Mayor de San Marcos, 114 pp.
- Jaillard, E. (1990). Evolución de la margen andina en el norte del Perú desde el Aptiano Superior hasta el Cenoniano. Bol. Soc. Geol. Perú 81, 3-13.
- Sebrier, M., Marocco, R., Gross, J., Macedo, S. & Montoya, M. (1979). Evolución neogena del Piedemonte Pacífico de los Andes del Sur del Perú. II Congreso Geológico Chileno, Resúmenes 71-88. Edit. Inst. Inv. Geológicas.
- Teves, N. & Evangelista, E. (1976). Las 200 millas de mar territorial peruano y sus fondos marinos. Bol. Soc. Geol. Perú, 53, 59-74