

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA
GEOLÓGICA**



**ESTUDIO GEOLÓGICO – TECTÓNICO DE LA CUENCA MARGINAL
DEL CRETÁCEO INFERIOR EN LA COSTA CENTRAL DE LIMA
ENTRE SAN BARTOLO Y SANTA MARÍA DEL MAR ”**

TESIS

PARA OPTAR TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO GEÓLOGO

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

EDWIN OMAR CERNA MUÑOZ

ASESORES:

ING REINALDO RODRIGUEZ CRUZADO – U.N.C.

Dr. CÉSAR E. VIDAL COBIAN- CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A

CAJAMARCA - PERU - 2013



Agradecimientos

Doy gracias en primer lugar a todos los docentes de la Universidad Nacional de Cajamarca como son el Ing. José Alfredo Siveroni Morales, Zenón Quispe Mamani, Alejandro Lagos Manrique y Roberto Gonzales Yana, por haberme formado con sus enseñanzas durante toda mi vida universitaria.

Así mismo, quiero hacer un especial agradecimiento a mi asesor de la Universidad Nacional de Cajamarca el Ing. Reinaldo Rodríguez Cruzado por el apoyo de investigación de la presente tesis.

Doy gracias a la Compañía de Minas Buenaventura S.A. quien patrocinó la elaboración de la presente tesis, Así mismo hago un especial y extensivo agradecimiento a mi asesor el Dr. César E. Vidal Cobían por haberme brindando apoyo académico; gracias a sus enseñanzas y orientación permanente.

De igual manera quisiera hacer el agradecimiento especial al Bachiller Elvis Portilla Vargas por el apoyo de mapeo y muestreo en el área de estudio.

Por último quiero hacer mención al personal de Exploraciones de la Compañía de Minas Buenaventura S.A., personas como el Ing. Hernán Tanabe Okada, Ing. Walter Amaya, Ing. Roberto Andia C. Ing. Héctor Barrionuevo, Arq. Mariela Tuccio, Ing. Angélica Torres, Isabel Moran, Manuel Pohl y Jhonatan Cabrera Fernández por su apoyo contante.



Dedicatoria

A mis padres Lucy y Jaime
quienes siempre me han
apoyado en las diferentes
etapas de mi vida.

A mis hijos Alexander y Zair y a mi
Esposa Jackeline quienes
son los pilares necesarios
para poder alcanzar las
diferentes metas a
futuro.

A mis Hermanos
Iván, Karina, Cristian y Maycol
por el apoyo constante
en el logro de mis objetivos.



Resumen

En el presente estudio, se analizó la tectónica y la geología en detalle del litoral marino ubicado a 50 kilómetros al sur de la ciudad de Lima, entre las localidades de San Bartolo y Santa María del Mar; Dentro de la geología que resalta en la zona se ha podido diferenciar tres eventos de diques hipabisales emplazados en rocas volcánico-sedimentarias de la Formación Pamplona y se asocian a intrusiones de dioritas y gabros. Las características principales de la geotectónica reconocida en la zona nos evidencian que los enjambres de diques que se emplazaron en un ambiente predominantemente tensional. La diversidad en la orientación de estos diques sugiere una distensión general de la corteza. Lo que sugiere que dichos diques y stocks se hayan emplazado como parte integral del proceso volcánico submarino del Cretáceo Inferior.

Dentro de los eventos de diques que presentan dichas localidades se ha podido reconocer un primer enjambre de diques y sills máficos seguido por un segundo evento de diques altamente vesiculares. Ambos eventos dan lugar a la formación de franjas con fuerte alteración hidrotermal; la sucesión de diques culmina con un dique anular de carácter andesítico.

De los estudios que se han realizado en la presente tesis; se ha podido ver con detalle las diferentes litologías, alineamientos estructurales y eventos hipabisales a través de mapeo geológico (Escala 1/5000), estudios estructurales (cuatro estaciones estructurales), muestreo geoquímico superficial (82 muestras selectivas) y estudios de petro-mineralogía (12 muestras).

La tectónica local fue predominantemente tensional y es probable que a escala regional se correlacione con una etapa de adelgazamiento cortical y velocidades de subducción relativamente bajas.



ABSTRAC

This thesis evidences the tectonic and the geology of the southern coast of Lima located to 50 kilometers south of Lima, between San Bartolo and Santa Maria districts.

There are three different hypabisal dikes intruded in volcanoclastic rocks, Pamplona Formation, also they are related with diorite and gabbro intrusive. The mainly tectonics' evidence in the area demonstrate that the dikes were intruded in a tensional environment. The several dikes' directions suggest a general distension of the crust. In fact, the dikes and stocks could be emplaced into the sub marine volcanic process at Lower Cretaceous.

There is a first event of mafic dikes and sills who have cut by a second event of vesicular dikes. Both events produced hydrothermal alteration zones, and the emplacement of dikes end on an annular andesitic dike.

According to the studies in this thesis, we can appreciate lithology details, structural controls and hypabisal events. They are evidenced in geological mapping (1 / 5,000), structural studies (4 structural stations), rock sampling (82 selective samples) and petro mineralogical analysis (12 samples).

The local tectonic was mainly tensional and probably it corresponds to a cortical thinning and low subduction velocities.

**INDICE**

	Pág.
Portada	I
Agradecimientos	II
Dedicatoria	III
Resumen	IV
Abstrac	V
Índice	VI
Lista de Gráficos	IX
Lista de Tablas	XI
Lista de Fotografías	XI

CAPÍTULO I : INTRODUCCIÓN

1.1	Planteamiento del problema.	2
1.2	Formulación del problema.	2
1.3	Objetivos.	3
1.4	Formulación de hipótesis.	3

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.

2.1	Trabajos Anteriores.	5
2.2	Marco teórico	5
2.2.1.-	Estructuras Hipabisales.	5
A.-	Diques.	5
B.-	Sill.	6
C.-	Lacolito.	7
2.2.2.-	Teoría de la deriva de los continentes.	8
2.2.3.-	Tectónica de placas.	13

**CAPITULO III: METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN**

	Pág.
3.1 Tipo de investigación.	15
3.2 Procedimientos y técnicas de recolección de datos.	15
3.3 Descripción del Equipo e Instrumentos de medición.	16
3.4 Control de calidad.	17

CAPÍTULO IV: GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 Ubicación y accesibilidad.	18
4.2 Estratigrafía sedimentaria y volcánica.	20

CAPÍTULO V: GEOTECTÓNICA LOCAL

5.1 Introducción.	24
5.2 Contexto Geotectónico.	24
5.3 Evolución Tectónica.	25

CAPITULO VI: GEOLOGÍA LOCAL

6.1 Introducción.	31
6.2 Estratigrafía.	31
6.3 Sub Áreas de Estudio.	35
6.3.1.- El Bufadero.	35
6.3.2.- Curayacu.	43
6.3.3.- Santa María del Mar.	47
6.3.4.- Playa Embajadores.	51

CAPÍTULO VII: ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN

7.1 Estudio Geoquímico.	54
7.2 Estudio Geoestadístico.	57
7.3 Estudio Petrográfico.	61



	Pág.
CONCLUSIONES.	102
RECOMENDACIONES.	103
BIBLIOGRAFÍA.	104
PÁGINAS WEB.	106
GLOSARIO.	107
ANEXOS	

**LISTA DE GRÁFICOS****CAPÍTULO I**

	Pág.
Gráfico N° 1.1.- Delimitación del problema planteado en función de variables geológicas.	4

CAPÍTULO II

Gráfico N° 2.1.- Esquema de la génesis de los diques.	6
Gráfico N° 2.2.- Esquema de la génesis de un sill.	6
Gráfico N° 2.3.- Esquema de Lacolito.	7
Gráfico N° 2.4.- Las estructuras geológicas son como líneas impresas a través de los continentes. En gris: cratones con más de 2000 Ma. Rayas: cinturones orogénicos más jóvenes.	9
Gráfico N° 2.5.- Wegener hacía particular hincapié en la extensión de la flora de Glossopteris y de la familia de reptiles Mesosauridae.	10
Gráfico N° 2.6.- Distribución de las formaciones Permo-carboníferas con depósitos glaciares en la actualidad y en el Carbonífero-Pérmico.	11
Gráfico N° 2.7.- Ubicación de los Continentes desde el Ordovícico hasta Pérmico.	12
Gráfico N° 2.8.- Ubicación de los Continentes desde el Jurásico hasta la actualidad	12
Gráfico N° 2.9.- Muestra los tipos de límites de placa.	14

CAPÍTULO IV

Gráfico N° 4.1.- Ubicación de los distritos de San Bartolo y Santa María Del Mar.	19
Gráfico N° 4.2.- Columna Estratigráfica del área entre Lima y Mala	22
Gráfico N° 4.3.- Plano Geológico (San Bartolo, Santa María, Pucusana y Quebrada Chilca)	23
Gráfico N° 4.4.- Sección Geológica A-B-C	23

**CAPÍTULO V**

	Pág.
Gráfico N° 5.1.- Muestra las capas de la tierra.	25
Gráfico N° 5.2.- Fase I, subducción de la placa de Nazca	26
Gráfico N° 5.3.- Fase II, Ambientes distensivos dentro del margen continental.	27
Gráfico N° 5.4.- Fase III, Generación de los diferentes eventos igneos emplazados en un ambiente tensional y de vulcanismo fisural.	27
Gráfico N° 5.5.- Fase IV, Reactivación del proceso de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana.	29

CAPÍTULO VI

Gráfico N° 6.1.- Columna del área de San Bartolo Santa María Del Mar.	37
Gráfico N° 6.2.- Diagrama de rosas (Bufadero).	41
Gráfico N° 6.3.- Estereograma de densidades y tendencias (Bufadero).	42
Gráfico N° 6.4.- Diagrama de rosas (Curayacu).	46
Gráfico N° 6.5.- Estereograma de densidades y tendencias (Curayacu).	46
Gráfico N° 6.6.- Diagrama de rosas (Santa María del Mar).	49
Gráfico N° 6.7.- Estereograma de densidades y tendencias (Santa María del Mar).	50
Gráfico N° 6.8.- Diagrama de rosas (Embajadores).	66
Gráfico N° 6.9.- Estereograma de densidades y tendencias (Embajadores).	66

**CAPÍTULO VII**

	Pág.
Gráfico N° 7.1.- Elementos rotados observados desde el componente 3	58
Gráfico N° 7.2.- Elementos rotados observados desde el componente 2.	58
Gráfico N° 7.3.- Elementos rotados observados desde el componente 1.	59
Gráfico N° 7.4.- Elementos rotados observados en tres dimensiones.	59

LISTA DE TABLAS**CAPÍTULO VII**

Tabla 7.2.- Método de extracción: Análisis de componentes principales. Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser. A la conversión ha convergido en 6 iteraciones.	57
--	----

LISTA DE FOTOS**CAPÍTULO V**

Foto 5.1.- Brechas Vulcanoclásticas con flujos de paleocanales, Playa Santa María del Mar (Las Antenas).	28
Foto 5.2.- Tufos subacuosos; Formación Chilca; presenta estratificación cruzada. Playa de Santa María del Mar.	29

CAPÍTULO VI

Foto 6.1.- Presenta tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde.	36
Foto 6.2.- Presenta afloramientos de dioritas y gabros área "El Bufadero"	37
Foto 6.3.- Diques máficos intruyendo en la secuencia volcánico sedimentaria.	38
Foto 6.4.- Diques vesiculares con márgenes sobre-enfriados.	40
Foto 6.5.- Presenta afloramientos de dioritas y gabros área "Curayacu"	44



	Pág.
Foto 6.6.- Diques máficos intruyendo a lavas aglomeraditas en "Curayacu".	44
Foto 6.7.- Diques vesiculares cortados, con márgenes sobre-enfriados.	45
Foto 6.8.- Sill máfico emplazado en secuencia limo calcáreas.	48
Foto 6.9.- Sill Máfico fallado.	48
Foto 6.10.- Venillas de calcita, prehnita presenta textura de escarpela en sistema de cristalización fibroso y radial.	52

CAPÍTULO VII

Foto 7.1.- Brecha hidrotermal, matriz de calcita, prehnita, pumpellyíta y escasa presencia de clorita, con clastos de roca caja como lavas aglomerádicas y gabros.	54
Foto 7.2.- Estructura de 0.2 metros. Presenta calcita cristalizada, prehnita, óxidos de fierro (limonitas) en fracturas y escasas arcillas.	55
Foto 7.3.- Estructura con fuerte oxidación, Presenta limonita, hematita y goethita botroidal.	55
Foto 7.4.- Fotomicrografía SBT-01.	64
Foto 7.5.- Fotomicrografía SBT-02.	67
Foto 7.6.- Fotomicrografía SBT-03.	70
Foto 7.7.- Fotomicrografía SBT-04.	73
Foto 7.8.- Fotomicrografía SBT-05.	76
Foto 7.9.- Fotomicrografía SBT-06.	80
Foto 7.10.- Fotomicrografía SBT-07.	84
Foto 7.11.- Fotomicrografía SBT-08.	88
Foto 7.12.- Fotomicrografía SBT-09.	91
Foto 7.13.- Fotomicrografía SBT-10.	94
Foto 7.14.- Fotomicrografía SBT-11.	97
Foto 7.15.- Fotomicrografía SBT-12.	101



CAPÍTULO I:

INTRODUCCIÓN

En el año 1979 el Doctor César E. Vidal Cobián desarrollo el estudio denominado El enjambre de Diques San Bartolo, Lima; trabajo que fue iniciado bajo los auspicios del consejo Británico y la Universidad de Liverpool. En dicho estudio se detalla el ambiente geológico del litoral marino de la localidad de San Bartolo (El Bufadero). En el año 2009 se inició el actual estudio de tesis con el objetivo de extender la investigación hacia las localidades cercanas y así poder documentar las características geológicas y tectónicas.

En las Localidades de San Bartolo y Santa María del Mar se ha podido reconocer tres generaciones de diques hipabisales y franjas con una fuerte alteración hidrotermal, dicha alteración y los enjambres de diques son asociadas a una manifestación de un centro exhalativo asociado a vulcanismo submarino de tipo fisural.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

En el área de San Bartolo y Santa María del Mar, se ha reconocido generaciones de diques hipabisales, emplazados en rocas volcánico-sedimentarias de la Formación Pamplona, se asocian a intrusiones de dioritas y gabros, dentro de una posible cuenca encatrónica donde a la vez se muestra una insipiente mineralización de Pb, Zn y Cu, restringida a los eventos de diques vesiculares realcionada con una alteración hidrotermal - Albitización.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA:

Dentro de los diferentes estudios realizados en nuestro país son muy escasos los estudios y especialistas que detallen la presencia de eventos encratónicos de separación cortical; es por eso que este estudio tiene una relativa importancia dentro del ámbito geocientífico en nuestro país.

Las interrogantes que se están planteando en esta investigación son las siguientes:

- a. ¿La presencia de los diques máficos y vesiculares se correlacionan con la existencia de una cuenca encatrónica marginal de tipo fisural?
- b. ¿La alteración hidrotermal en la zona de San Bartolo y Santa María del Mar se correlaciona con los eventos magmáticos de diques vesiculares y se asocian a una mineralización incipiente de Pb, Zn y Cu?
- c. ¿Cómo determinar la evolución geológica y tectónica de los diferentes enjambres de diques reconocidos en las localidades San Bartolo y Santa María del Mar?
- d. ¿Cuál es la naturaleza y génesis de la alteración hidrotermal en la zona de estudio?



1.3. OBJETIVOS.

1.3.1. OBJETIVO GENERAL.

- Determinar la Evolución Geológica y Tectónica de los diferentes enjambres de diques ubicados en las localidades de San Bartolo y Santa María del Mar en Lima.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- a. Determinar que la presencia de los enjambres de diques y su alteración hidrotermal asociada, son manifestaciones de un centro exhalativo asociado a un vulcanismo submarino de tipo fisural.
- b. Reconocer el marco estratigráfico-estructural relacionado con la franja litoral y los diferentes eventos de diques.
- c. Determinar la génesis y mineralización en las alteraciones hidrotermales dentro del ambiente fisural, correlacionada con el emplazamiento de diques altamente vesiculares, asociada a la cuenca encratónica?

1.4. FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS.

La siguiente hipótesis está basada en el análisis de las variables geológicas reconocidas en el área de estudio. Entre las variables que se han podido determinar tenemos la variable Litológica, Estructural, Petro-mineralógica, Alteración hidrotermal y la Geoquímica. Este grado de influencia y la interacción de las variables nos podrán caracterizar el ambiente geológico.



1. **Variable Litológica:** Influye directamente al emplazamiento de los diques y sills en la zona de estudio.
2. **Variable Estructural:** Determina los alineamientos y tendencias de los diferentes eventos de diques.
3. **Variable Petro-mineralógica:** Determina las diferentes asociaciones de mineralogía, texturas, tamaños y porcentajes de los minerales más representativos del área de estudio.
4. **Variable de Alteración Hidrotermal:** Asocia a los diferentes minerales de alteración, para poder sectorizar el área de estudio y así poder correlacionarla con uno o más eventos vulcanológicos.
5. **Variable Geoquímica:** Determinará si hay o no anomalías geoquímicas potencialmente económicas.

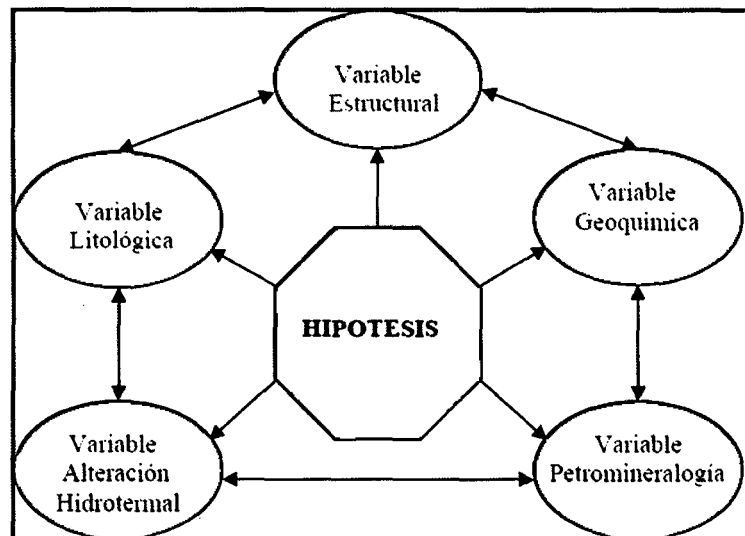


Gráfico N° 1.1.- Delimitación del problema planteado en función de variables geológicas.



CAPÍTULO II:

MARCO TEÓRICO

2.1. TRABAJOS ANTERIORES.

Vidal, César E. (1990).- EL ENJAMBRE DE DIQUES SAN BARTOLO, LIMA; trabajo que fue iniciado bajo los auspicios del consejo Británico y la Universidad de Liverpool en 1979. En dicho estudio se detalla el ambiente geológico del litoral marino de la localidad de San Bartolo, 50 Kms. al sur de Lima, en el cual reconoce tres generaciones de diques hipabisales, dichos diques están emplazados en rocas volcánico-sedimentarias de la formación Pamplona y se asocian a intrusiones tempranas de dioritas y gabros.

A. Alemán, V. Benavides y W. León (2006).- Excursión Geológica "Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima", En dicho estudio describen a detalle la estratigrafía de Lima, registrando cuatro grupos (Puente Piedra, Morro Solar, Lima y Casma).

2.2. MARCO TEÓRICO.

2.2.1.- Estructuras Hipabisales.

A.- Diques.

Intrusión del magma en forma alargada a través de las rocas estratificadas, perpendicular u oblicuamente a ésta. También existen diques que atraviesan las rocas masivas. (Dávila, J; 2011).

- a. Los diques siempre tienen una edad menor (son más jóvenes) en comparación a la roca caja.
- b. Los diques tienen un origen magmático intrusivo (subvolcánico o hipabisal).
- c. Las fases post-magmáticas muchas veces alteran el dique.
- d. Los diques pueden llegar hasta 100 metros de longitud, normalmente se presentan de 0.10 metros hasta 6 metros.



- e. Algunas veces se puede observar una salbanda en los límites de los diques. Un producto de un enfriamiento distinto acelerado o sobre-enfriamiento en los sectores cercanos a la roca de caja.
- f. Tectónicamente los diques presentan estructuras de expansión. Es decir, que sirven como testigos de una fase tectónica expansiva.

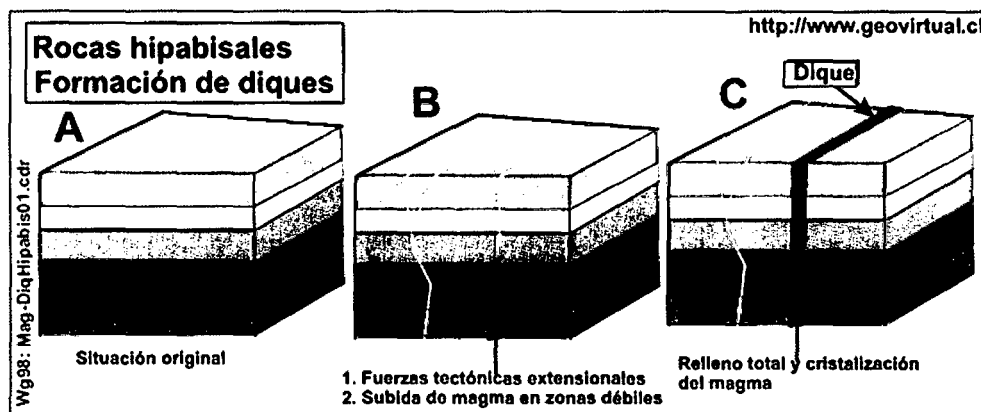


Gráfico N° 2.1.- Esquema de la génesis de los diques. (www.geovirtual.cl)

B.- Sill.

Es la penetración (intrusión) de magma volcánico entre dos capas o estratos, llegando a formar una capa concordante con los estratos persistentes. (Dávila, J; 2011).

Los sill están siempre paralelos entre las rocas encajonantes. Pueden ser confundidos con frecuencia con flujos de lava cuando son vistos desde el punto desde vista geológico, sin embargo, existe una diferencia fundamental entre estos. Cuando los flujos de lava entran en la roca, estos siempre van por la superficie, por lo tanto calientan una parte de la roca encajonante. Sin embargo, la intrusión de los Sills en la roca crea un calentamiento en ambos lados.

Las intrusiones de capas máficas y ultramáficas son una variedad de sill o lacolitos que pueden contener importantes depósitos de mena.

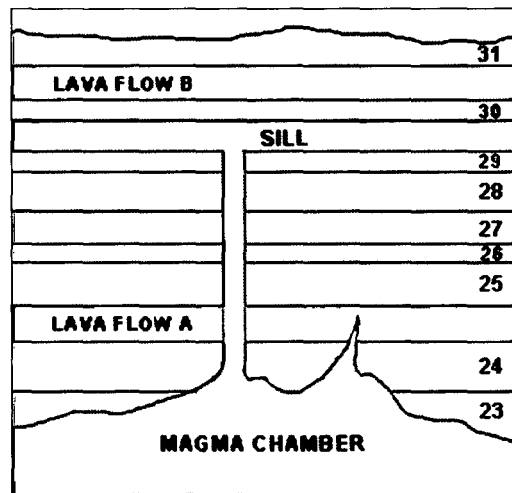


Gráfico N° 2.2.- Esquema de la génesis de un sill. Ref. (www.geovirtual.cl)

C.- LACOLITO.

Intrusión de roca ígnea, generalmente volcánica, emplazada en rocas volcánicas pre-existentes. La estructura morfológica de un Lacolito es semejante a la de un hongo, tiene un cuerpo superior que presenta la forma de un sector de esfera, conectado a la cámara magmática por su parte central inferior a través de un tubo o "pipe" que sería el tallo de hongo. (Dávila, J; 2011).

Los lacolitos son plutones concordantes que se forman cuando el magma intruye en un ambiente cercano a la superficie. Son similares a los sill, ya que se forman cuando el magma se introduce entre capas sedimentarias a escasa profundidad, pero a diferencia de estos, el magma que los genera es más viscoso (félsico) por lo que forma una masa lenticular que deforma los estratos superiores.

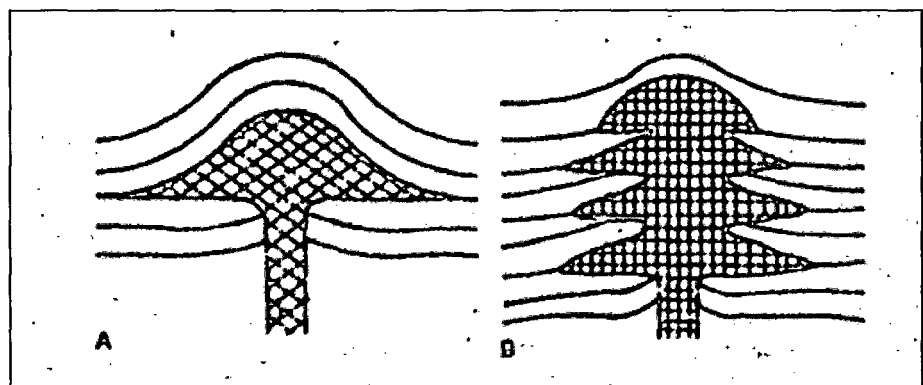


Gráfico N° 2.3.- Lacolito simple (A); Lacolito múltiple (B). Ref. (www.geovirtual.cl)



2.2.2.-Teoría de la deriva de los continentes.

El principal defensor e impulsor de la teoría que los continentes se han movido unos con respecto a otros a lo largo de la historia de la Tierra, fue el meteorólogo alemán llamado Alfred Wegener. La coincidencia de las costas atlánticas de África Occidental y Sudamérica Oriental fue también inspiradora para Wegener quien, a partir de la idea inicial, se dedicó después de la 1ª Guerra Mundial a recopilar argumentos y pruebas en favor de que los continentes habían estado juntos en el pasado y en 1922, publicó su libro "El origen de los continentes y océanos". Los argumentos de Wegener eran de cinco tipos principales: geodésicos, geofísicos, geológicos, paleontológicos y paleoclimáticos.

A.- Argumentos geodésicos.- Los argumentos que presentó se basaban en las mediciones efectuadas en distintos puntos con un intervalo de tiempo y, especialmente, en las realizadas en dos islas de Groenlandia (Bear y Sabine) en sendas expediciones llevadas a cabo respectivamente en 1823 y 1873. Calculó velocidades de movimiento de entre 11 y 21 m/año para esas islas y de entre 0,3 y 36 m/año para otros puntos de la tierra, velocidades que estaban fuertemente afectadas por errores de medida (hoy sabemos que estaban sobrevaloradas en unos dos órdenes de magnitud). Hoy son mensurables los desplazamientos de las placas por medio de satélites geodésicos, que dan una medida precisa del desplazamiento sobre una decena de años.

B.- Argumentos geofísicos.- Se basan en la teoría de la isostasia, que surgió de la observación de que en las grandes cordilleras, la atracción gravitatoria no era la que cabía esperar si la densidad de las mismas fuera igual a la de las partes llanas de los continentes, sino menor. Esto condujo a la idea de que allí donde había una cordillera, había también una gran acumulación de rocas ligeras, graníticas, esencialmente constituidas por silicatos de aluminio (SIAL) que



explicaban la anomalía, es decir, el hecho de que la gravedad fuera menor de la esperada. Esa acumulación debía formar una especie de raíz de la cordillera. Si las cordilleras tenían raíz, ésta debía compensar, en cierto modo, sus elevados relieves (Wegener, 1922).

C.- Argumentos geológicos.- Se basan principalmente en la correlación de estructuras geológicas a ambos lados del Atlántico. El Gráfico N° 2.3 muestra los principales escudos o cratones viejos (gris oscuro), con más de 2.000 Ma y los cinturones orogénicos más jóvenes de 2.000 Ma (líneas finas) en África y Sudamérica. Puede apreciarse como, una vez que ambos continentes son llevados a la que se supone que su posición inicial (hace 200 Ma), escudos y cinturones pasan de uno a otro mostrando una buena correlación (Wegener, 1922).

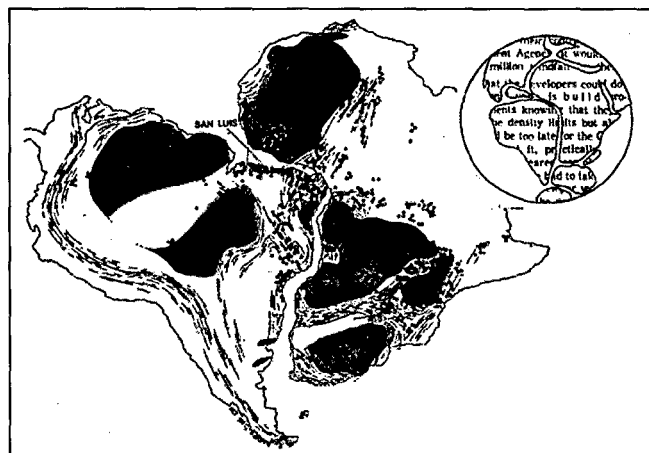


Gráfico N° 2.4.- Las estructuras geológicas son como líneas impresas a través de los continentes. En gris: cratones con más de 2000 Ma. Rayas: cinturones orogénicos más jóvenes. (Wegener, 1922)

D.- Argumentos paleontológicos.- Los argumentos paleontológicos o de tipo biológico se basan en la existencia de asociaciones de floras y faunas fósiles similares, en áreas continentales que hoy están muy alejadas entre sí y aisladas por anchos mares. La explicación que los paleontólogos daban a esas asociaciones comunes se basaba en la



teoría de los puentes intercontinentales, franjas de tierra que habían estado emergidas en algunos momentos y que habían permitido el paso de gran número de especies de unos continentes a otros. Especialmente llamativa era la presencia en Sudamérica y África de una asociación de flora y fauna Permo-Carbonífera (360-250 Ma) similar que había sufrido, además, una evolución semejante. Wegener hacía particular hincapié en la extensión de la flora de *Glossopteris* y de la familia de reptiles *Mesosauridae* (Wegener, 1922).

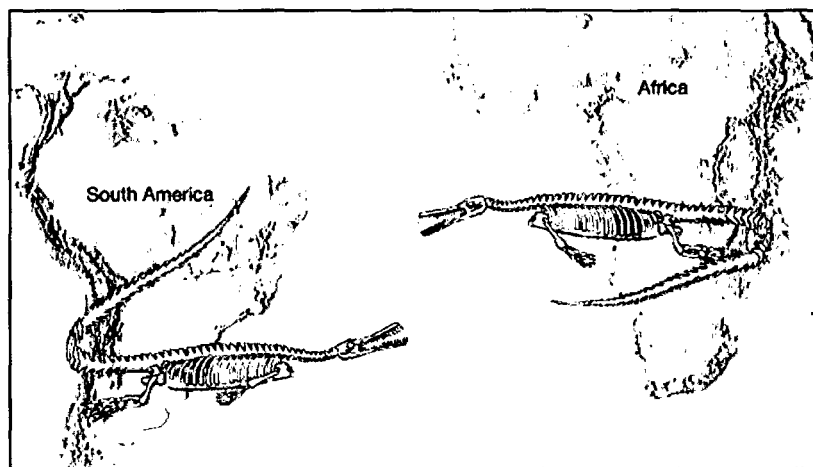


Gráfico N° 2.5.- Wegener hacía particular hincapié en la extensión de la flora de *Glossopteris* y de la familia de reptiles *Mesosauridae* (Wegener, 1922).

E.- Argumentos paleoclimáticos.- son uno de los puntos fuertes de la argumentación de Wegener, que por algo era meteorólogo. Se basan en la existencia de rocas que son características de un clima determinado. Por ejemplo, las tillitas son rocas compuestas por cantos o bloques redondeados, a menudo estriados, englobados en una matriz arcillosa, que son características del medio glacial y que se forman en cantidades importantes durante las glaciaciones en las proximidades de los polos. La hulla se forma en zonas con mucha vegetación y es, por tanto, característica de los climas templados, húmedos y ecuatoriales. Los depósitos evaporíticos son, por otra parte, típicos del clima árido y se dan en los dos cinturones áridos de la Tierra a ambos lados de la zona ecuatorial.



La presencia de tillitas cerca de ecuador actual o de yeso o sal cerca de los polos podía, en principio, ser explicada por una migración de los polos. Sin embargo, cuando se estudia su distribución a escala mundial se aprecia que, para un determinado periodo, la migración de los polos no puede explicar la distribución de los climas.

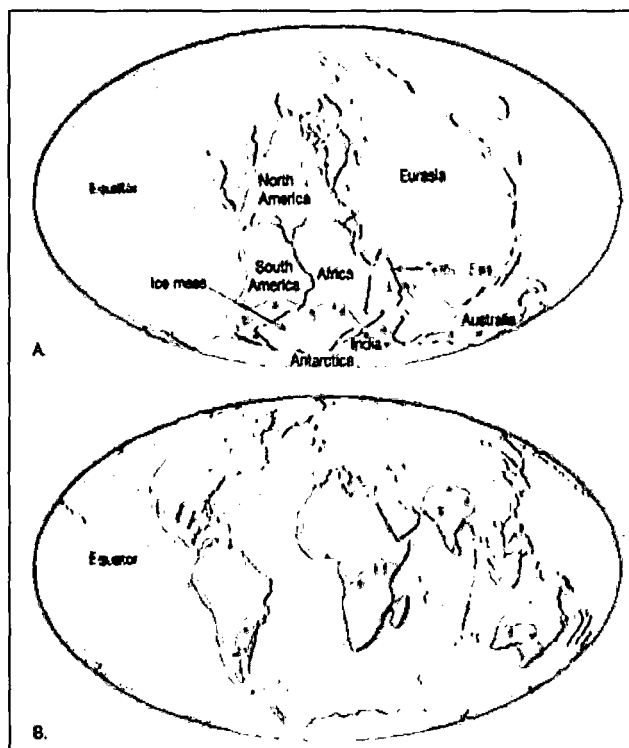


Gráfico N° 2.6.- Distribución de las formaciones Permo-carboníferas con depósitos glaciares en la actualidad (parte inferior) y en el Carbonífero-Pérmico (parte superior). Las flechas indican el movimiento del hielo. (Wegener 1922)



Gráfico N° 2.7.- Ubicación de los Continentes desde el Ordovícico hasta el Pérmico:

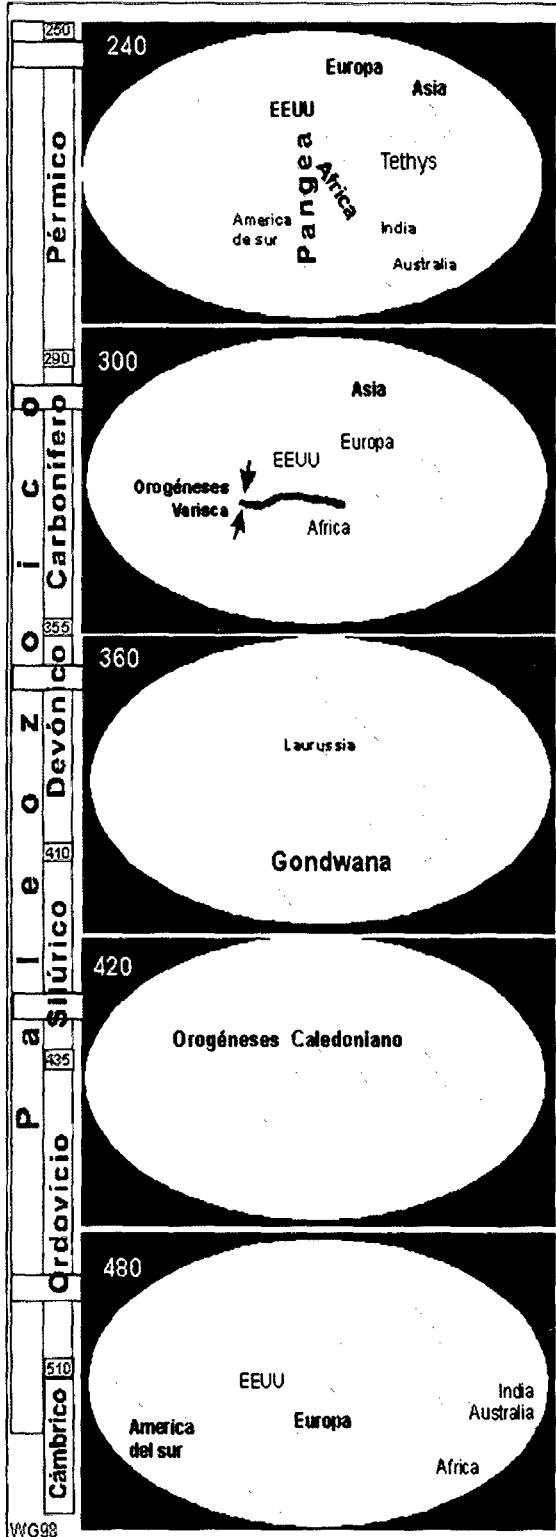
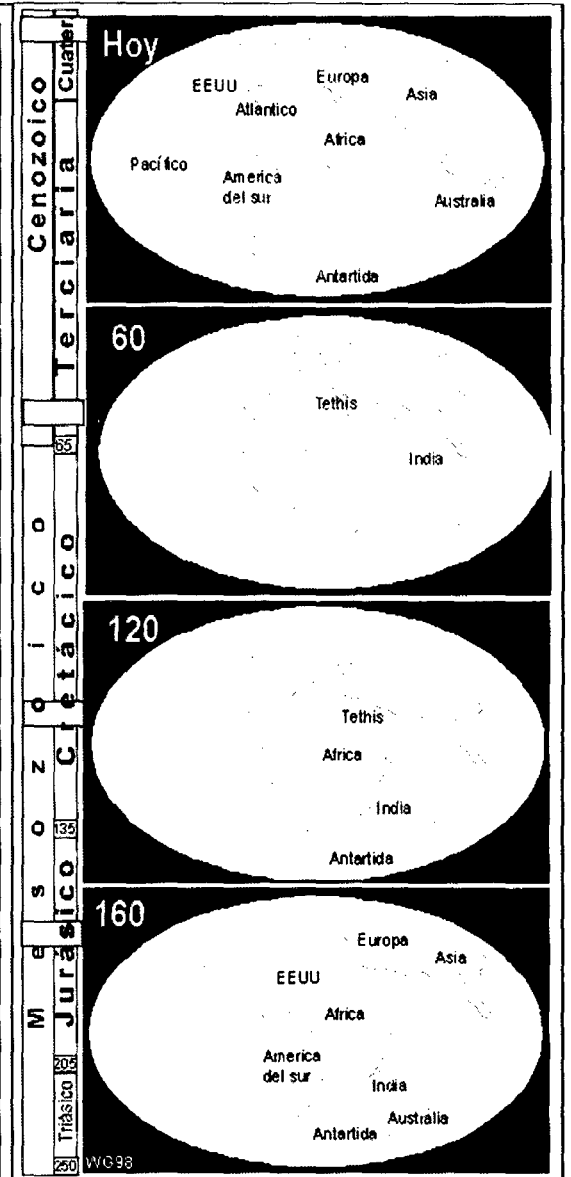


Gráfico N° 2.8.- Ubicación de los continentes desde el Jurásico hasta la actualidad:



Ref. (www.geovirtual.cl)



2.2.3.- Tectónica de placas.

A.- Tipos de límites de placa.

Pueden ser de tres tipos según el movimiento relativo que de las placas:

A.- Límites convergentes o fosas: El movimiento es de aproximación. Una de las placas se introduce bajo la otra en un proceso que se denomina subducción. A estos límites también se denominan fosas, zonas de subducción y límites destructivos. Presentan intensa sismicidad y vulcanismo.

B.- Límites divergentes o dorsales: El movimiento de la placas es de separación, en el cual se crea un "hueco" en la litosfera, aprovechado por rocas magmáticas para generar nueva corteza oceánica. También se denominan zonas de dorsal o límites constructivos.

C.- Límites o fallas transformantes: El movimiento es paralelo. Existen zonas donde el movimiento de las placas es paralelo y de sentido contrario. Son conocidos también por zonas de falla transformante o límites transcurrentes. Presentan una intensa sismicidad.

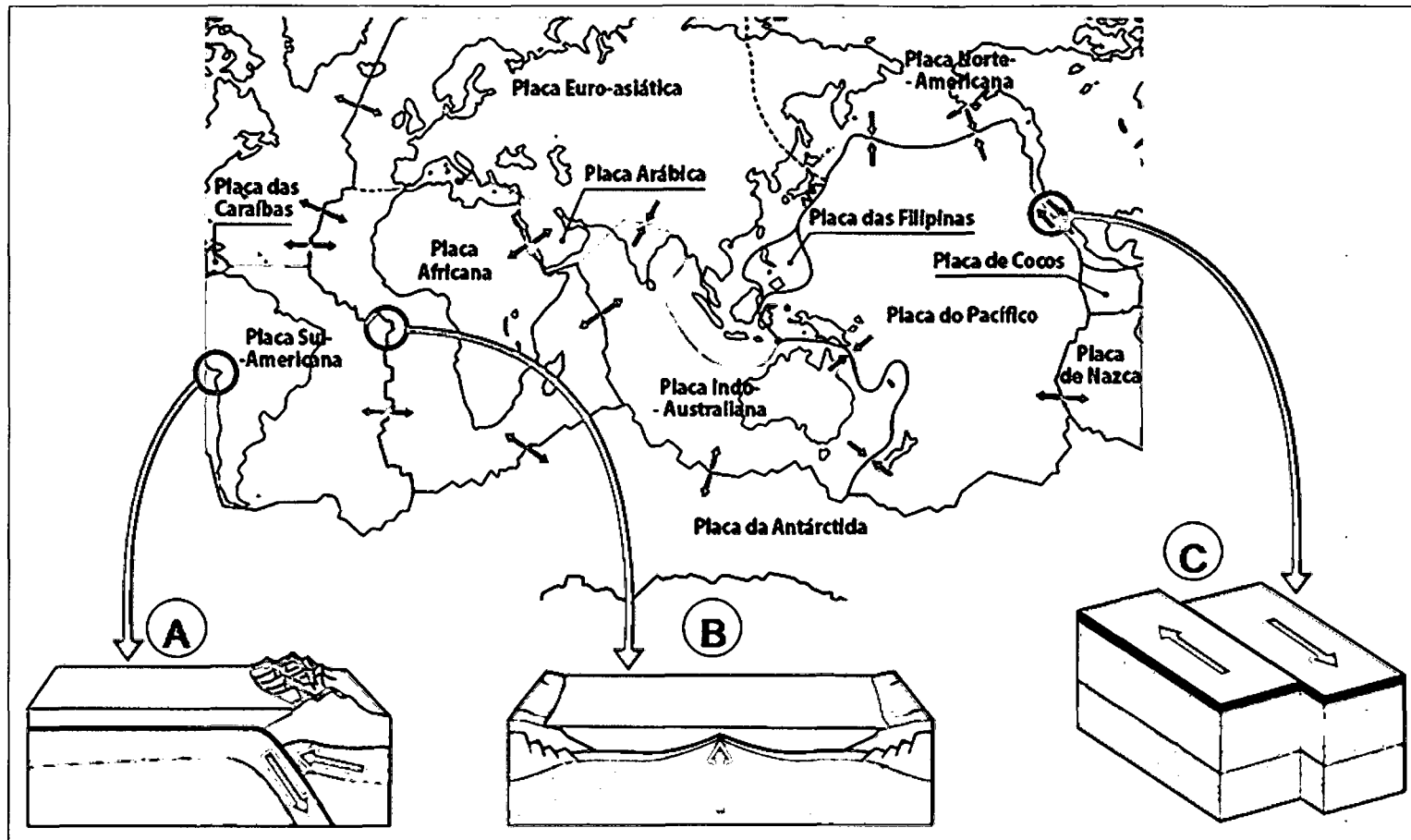


Gráfico N° 2.9.- Muestra los tipos de límites de placa.

(<http://www.cte.edu.uy/materiales/powerpoint/tierra/introducción%20a%20la%20geotectonica.ppt>)



CAPITULO III:

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN.

Para el desarrollo del presente estudio, la metodología utilizada es de tipo descriptiva y analítica. Dentro de la investigación descriptiva, se ha detallado el cartografiado geológico a escalas: 1/5000 y 1/500; así mismo se realizó muestreo geoquímico y estudio petrográficos.

Dichos estudio implica algo más que la simple recolección y tabulación de datos, supone un elemento interpretativo, el significado e importancia de lo que se describe; con dichas mediciones se ha podido generar las conclusiones de esta tesis.

3.2. PROCEDIMIENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

Para la presente investigación se desarrollaron las siguientes Fases:

A. Fase preliminar:

Consistió en la recopilación de toda la información básica sobre el área de estudio, como informes realizados sobre el tipo de ambiente geológico, trabajos de levantamientos topográficos, mapeos geológicos, estudios petrográficos, estudios estructurales y toda la información teórica sobre los enjambres de diques existentes y su paragénesis. De esta manera tener un panorama preliminar de la estrategia a seguir.

B. Fase de trabajo de campo y análisis de información:

Dentro de los trabajos de campo se realizó mapeo geológico (1/5000 y 1/500), secciones geológicas, determinación de alineamientos estructurales (rosas estructurales), muestreos geoquímicos (82



muestras), estudios petro-mineralógicos (12 muestras) y análisis geoestadístico.

C. Fase de interpretación:

Con los datos obtenidos se elaboraron los cuadros, gráficos, planos secciones definitivas se obtuvieron las conclusiones finales de este estudio. Junto con estas interpretaciones se realizó la redacción del presente estudio.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO E INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN:

Los materiales empleados para obtener los datos fueron: picota, GPS, brújula, lápiz de dureza, tablero de mapeo, lápices de colores, plano topográfico a escala 1:5000, libreta de campo, lupa x20, bolsas de muestreo geoquímico, tarjetas de muestreo y marcador indeleble para las muestras.

El equipo utilizado para el procesamiento de datos fue: El computador con aplicación de diversos software de uso comercial, a continuación se describe los usuarios:

3.3.1.- Autocad:

Este software es de uso comercial, se utilizó para poder digitalizar el mapeo geológico a escala 1/5000, mapeo de secciones, cartografiado de estructuras como diques y fallas; así como muestreo geoquímico y ploteo de los diferentes planos.

3.3.2.- Autocad Land:

Este software es de uso comercial, se utilizó para poder realizar las secciones topográficas.

**3.3.3.- Spss:**

Este software se utilizó para el análisis estadístico del muestreo geoquímico, como la matriz de correlaciones, matriz de componentes, matriz de componentes rotados y el gráfico de componentes rotados.

3.3.4.- Malpinfo:

Este software se utilizó para poder complementar la digitalización de planos y secciones.

3.3.5.- Dips:

Este software se utilizó para poder realizar el estudio estructural de las áreas de estudio.

3.3.6.- Minesight:

Este software se utilizó para poder tener un análisis en 3D de los mapeos y eventos de diques.

3.4 CONTROL DE CALIDAD:

Para llevar el control de las muestras, desde su muestreo en campo se tomaron las precauciones de caso siguiendo procedimientos sencillos pero indispensables para garantizar la calidad de los resultados. En primer lugar se realizó un mapeo a detalle de todas las estructuras, pudiendo tener una estadística detallada de los diques máficos, diques vesiculares, dique anular tardío y las diferentes brechas; así como las áreas con alteración hidrotermal (albitización), para luego realizar un muestreo selectivo de las estructuras representativas del área de estudio. El estudio petrográfico de 12 muestras, se realizaron en el laboratorio de Petro-mineralogía de Buenaventura Ingenieros S.A.



CAPITULO IV:

GEOLOGÍA REGIONAL

4.1 UBICACIÓN Y ACCESIBILIDAD.

El área de estudio se ubica en los distritos de San Bartolo y Santa María Del Mar. El distrito de San Bartolo es uno de los 43 distritos de la provincia de Lima. Limita al norte con el distrito de Punta Negra, al este con la provincia de Huarochiri, al sur con el distrito de Santa María del Mar y al oeste con el Océano Pacífico. Se encuentra ubicado a la altura del kilómetro 51 de la carretera Panamericana Sur (partiendo desde el centro de Lima). El distrito de Santa María del Mar, se encuentra ubicado en el departamento de Lima, limita al norte con el distrito de San Bartolo, al este con el distrito de Cañete, al sur con el distrito de Pucusana y al oeste con el Océano Pacífico. El área que hoy ocupa Santa María del Mar originalmente fue parte del distrito de San Bartolo. Sin embargo, por medio de un proceso de urbanización que comenzó en 1943, se le elevó a la categoría de distrito mediante ley 13888 el 16 de enero de 1962. Los distritos de San Bartolo y San María del Mar presentan las siguientes características:

San Bartolo:

Provincia: Provincia de Lima
Capital: San Bartolo.
Área: 45.01 Km².
Población: 5733.

Santa María del Mar:

Provincia: Provincia de Lima
Capital: Santa María del Mar.
Área: 9.81 Km².
Población: 264.

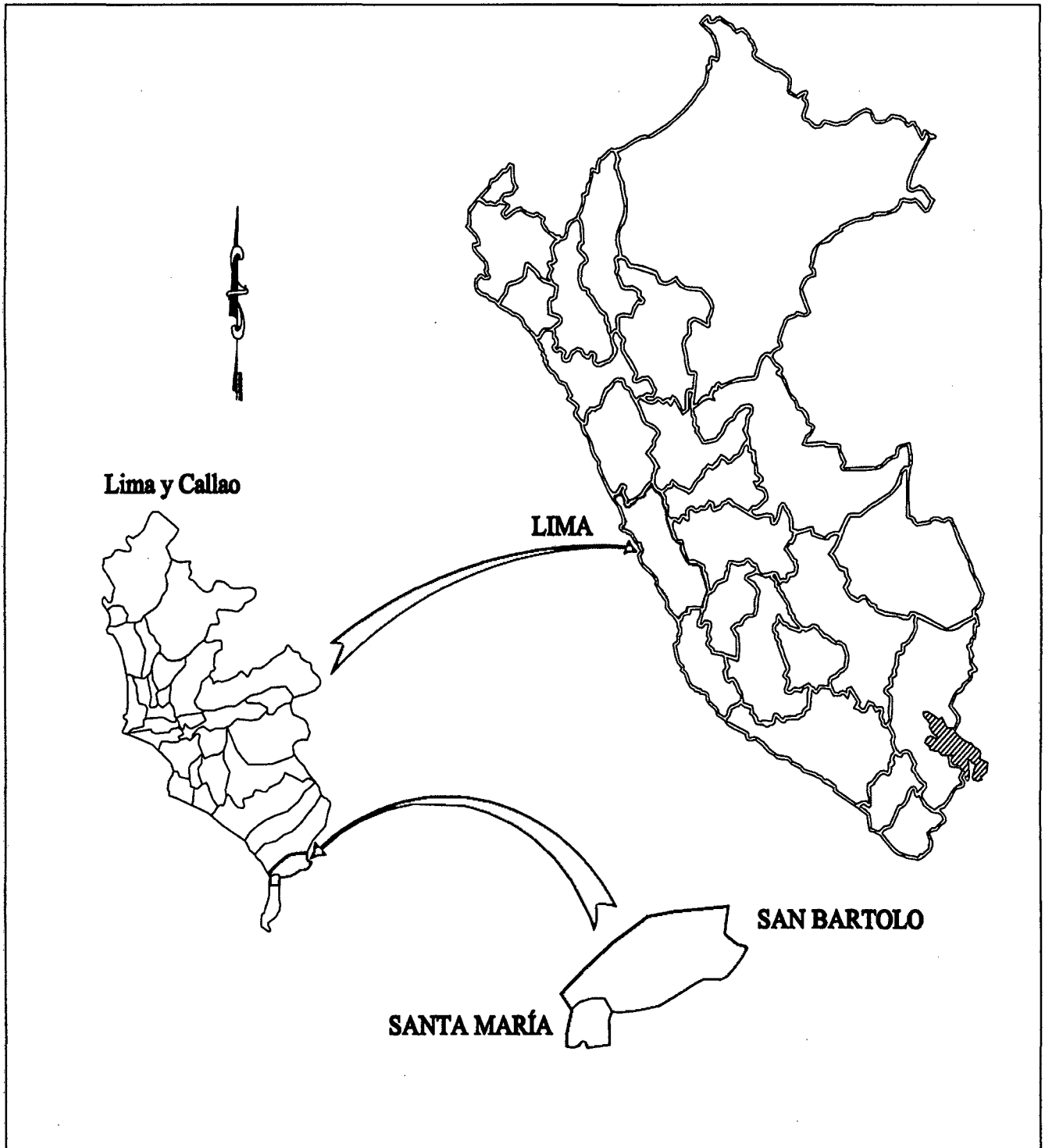


Gráfico 4.1.- Ubicación de los Distritos de San Bartolo y Santa María Del Mar.



4.2 ESTRATIGRAFÍA SEDIMENTARIA Y VOLCÁNICA

Dentro del registro estratigráfico de la Región Lima se puede distinguir cuatro secuencias denominadas Grupos Puente Piedra, Morro Solar, Lima y Casma son de amplia distribución y además tienen una Formación Pucusana de límites restringidos, que marcan etapas importantes en la evolución estratigráfica, sedimentológica y tectónica de la cuenca del río Cañete. (Alemán A.; Benavides V.; León W, 2006).

La unidad más antigua que se puede apreciar en la región Lima es el Grupo Puente Piedra del Jurásico Superior / Berriasiano, que consiste de areniscas volcanoclásticas, flujos de lava andesítica y andesitas basálticas, lutitas y en forma subordinada calizas que documentan un arco insular Jurásico activo. Esta unidad está cubierta por las areniscas cuarzosas y limoarcillitas del Grupo Morro Solar del Valanginiano, el cual señala un cambio abrupto en la sedimentación y en el estilo tectónico. Este cambio en procedencia y origen de los sedimentos es explicado en términos de extensión ensiálica que incluyó la subsidencia del arco volcánico y el levantamiento de las rocas Paleozoicas y Proterozoicas de la cordillera de la costa (Bloque Paracas). La formación Pucusana descansa sobre el Morro Solar, pero está restringida a un graben que se desarrolló entre Pucusana y Mala, y consiste de lavas basálticas a andesitas basálticas, tobas y brechas piroclásticas con una extensión local de arco volcánico. Regionalmente el grupo Morro Solar está sobreyacido por una secuencia principalmente de calizas limoarcillitas, lutitas, evaporitas y calizas bioclásticas descritas como el Grupo Lima del Valanginiano Superior a Berremiano Inferior, que documenta al máximo pulso de la transgresión Neocomiana. Esta secuencia marina está localmente interestratificada y muchas veces dominada por volcanoclásticos que anunciaban las fases tempranas del emplazamiento del Batolito de la Costa (Cobbing, 1982, 1985; Pitcher y Cobbing, 1985; Atherton, 1990). Una actividad volcánica del tipo regional es documentada en la unidad suprayacente descrita como Grupo Casma del Aptiano/Albiano, la que representa las facies del arco frontal



contemporáneas con los gabros y doleritas del Batolito de la Costa (Atherton y otros, 1983, 1985). Esta unidad estuvo asociada con extensión como se puede inferir de areniscas con alto contenido de cuarzo interestratificadas con las secuencias volcanoclásticas.

La secuencia volcánica sedimentaria en la cuenca del Río Cañete, en la vecindad de Lima, sugiere que periodos intermitentes de extensión y vulcanismo jugaron un papel importante en la evolución temprana de los Andes. Proceso de extensión ensiálica, quizás relacionados con la partición de los esfuerzos durante la convergencia oblicua de las placas, fueron más importantes en el "Modelo Andino" de lo que se ha reconocido anteriormente. Un modelo de una extensión de retroarco abortado ha sido propuesto para explicar patrones geoquímicos "Anómalos" documentados a lo largo de la margen peruana y chilena (Atherton y otros, 1983, 1985; Atherton y Webb, 1989; Dalziel, 1981, 1986; Levi y Aguirre, 1981) y podría ser un mecanismo importante para interpretar la evolución temprana de las márgenes tipo andes.

Columna Estratigráfica del Área entre Lima y Mala

Etiqueta	Sistema	Serie	Unidad Litosteográfica	Grupos (a)	Litología	Descripción	
MESOZOICA	CRETACEO	Superior	Formación Quitarzá	Grupo Coana		Arenas, gravas Conglomerados Proclastos y derrames masivos, con niveles de lavas de estructura almohadilla y anguladas con intercalación esporádica de arenitas volcánicas.	
		Subsuperior	Formación Chilca			Secuencia sedimentaria volcánica. Constituida por intercalación de arenitas volcánicas lutitas, gravas y calizas fibrosas estratificadas con ondulitas y dacitas	
MESOZOICA	CRETACEO	Inferior	Formación Chica	Grupo Coana		Lavas y proclastos volcánicos, andesitas-dacitas, con horizontes de sedimentos.	
						Formación Altopuyo	Barridos gruesos de caliza gris clara a beige, altamente silíceas por metazoofauna fósil.
			Formación Pumahuasi	Grupo Lima		Limocerillitas alargadas con intercalaciones hacia el tipo de lutitas pizarrosas con intercalaciones delgada de margas.	
						Formación Lurín	Calizas micríticas grises con alteraciones menores de limonitas rúdas a verdes con yeso interestratificadas y brechas de colapsos.
			Formación Pucallana	Grupo Morro Solar		Brechas volcánicas, aglomerados, tobas blancas y lavas.	
						Formación Mercavelica	Arenitas cuarzíticas de grano fino a medio, blancas, verdes y grises.
						Formación Herradura	Caliza gris oscura.
			Formación Salto del Perla	Grupo Puente Piedra		Limocerillitas filabes de textura pizarrosa gris oscura con arenitas perdidas.	
						Formación Yura	Arenitas cuarzíticas gris verdosas, limonitas alargadas y arenitas cuarzosas grises.
			JURASICO			Superior	Grupo Yura

Gráfico 4.2.- Columna estratigráfica entre Lima y Mala. (Boletín N° 44 Salazar H & Landa C., 1993 – Ingenmei).

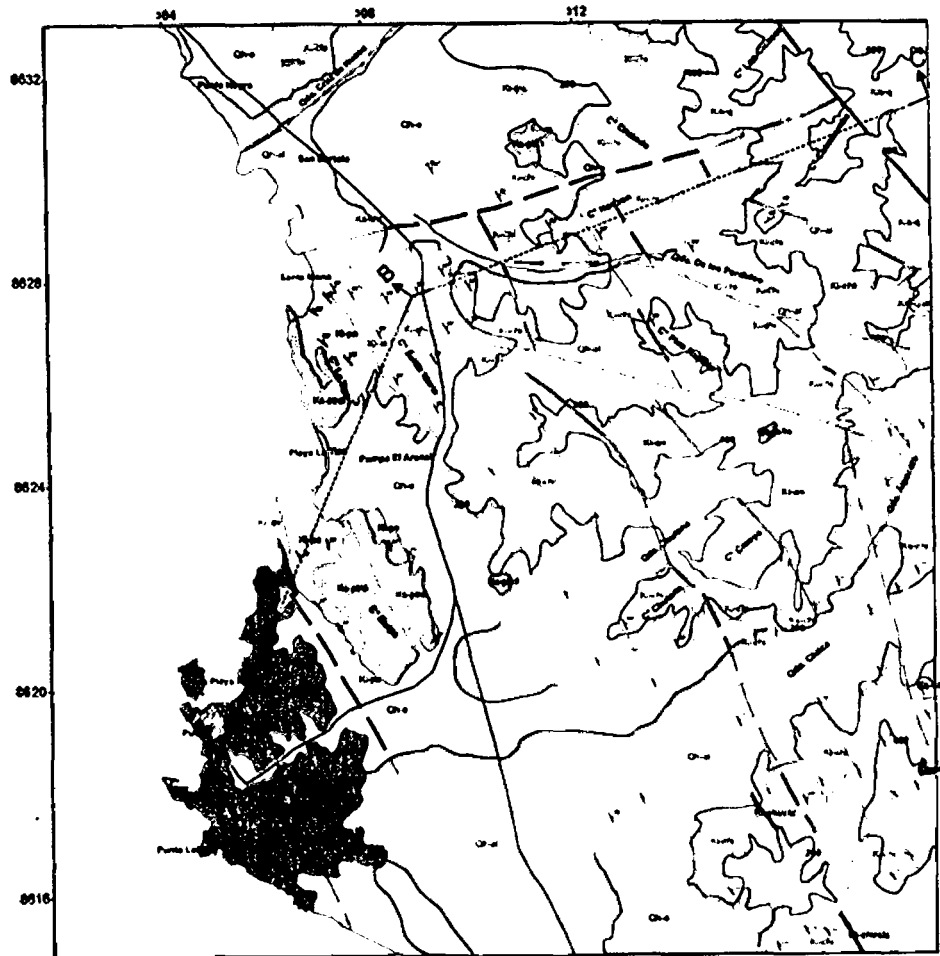


Gráfico 4.3.- Plano Geológico - San Bartolo, Santa María, Pucusana y Quebrada Chilca (Alemán A.; Benavides V.; León W; Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima-2006)

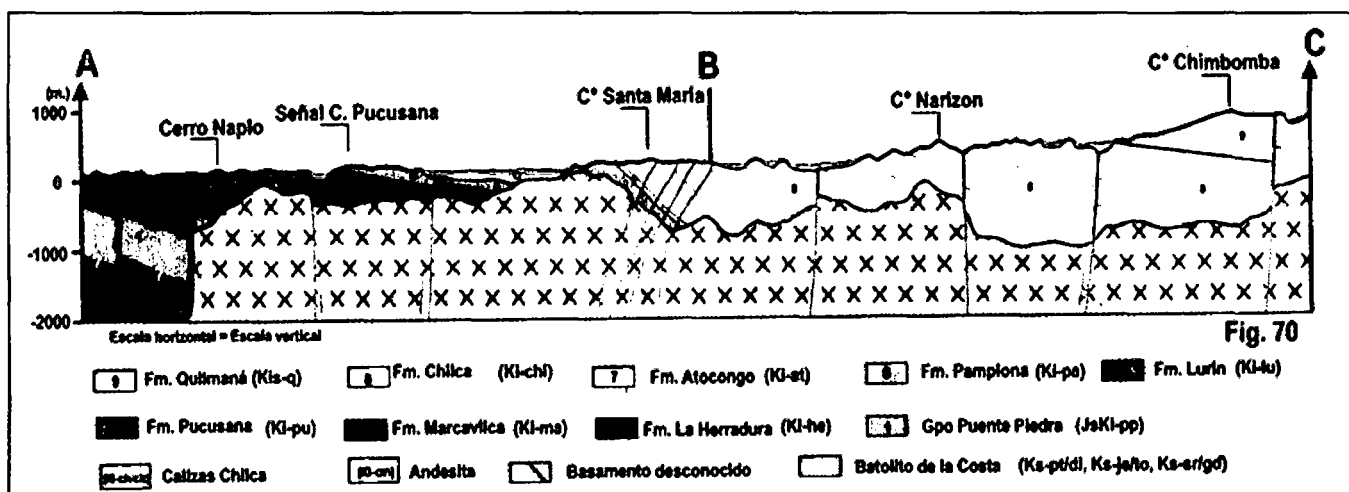


Gráfico N° 4.4.- Sección Geológica A-B-C (Alemán A.; Benavides V.; León W; Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima-2006).



CAPITULO V:

GEOTECTÓNICA LOCAL.

5.1 INTRODUCCIÓN.

La geotectónica es la ciencia que estudia las deformaciones terrestres y las reglas que rigen estas deformaciones, el siguiente estudio de tesis define la generación de los enjambres de diques, representa uno de los focos de actividad ígnea asociada a la deformación y relleno de una cuenca marginal.

5.2 CONTEXTO GEOTECTÓNICO.

A.- Estructura interna de la tierra.

Clasificación de las capas en función de su composición.

- Corteza
 - Corteza Oceánica
 - Corteza Continental
- Manto
- Núcleo

Clasificación de las capas en función de sus propiedades físicas

- Litósfera
- Astenósfera
- Manto
- Núcleo

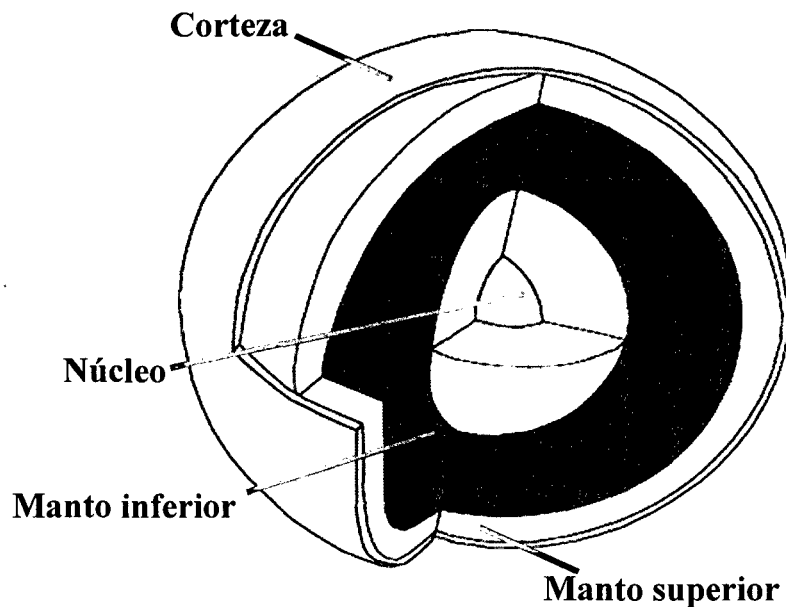


Gráfico N° 5.1.- Muestra las capas de la tierra.

(<http://www.cte.edu.y/materiales/powerpoint/tierra/introducción%20a%20la%20geotectonica.ppt>)

5.3 EVOLUCIÓN TECTÓNICA

Dentro del estudio geotectónico, viendo a una escala regional se correlaciona con una etapa de adelgazamiento cortical y velocidades de subducción relativamente bajas, probablemente durante el Aptiano-Albiano; En esta etapa la placa de Nazca dejó de subducirse en la placa sudamericana o la velocidad de subducción fue muy lenta, produciéndose esfuerzos tensionales y manifestaciones de un centro exhalativo asociado a vulcanismo submarino de tipo fisural. Dicho centro habría estado en actividad formando una cubeta encratónica de sedimentación y vulcanismo nerítico ubicada en el margen continental (Atherton y otros, 1983, 1985; Atherton y Webb, 1989; Dalziel, 1981, 1986; Levi y Aguirre, 1981). A continuación podemos observar la evolución tectónica elucidada para las localidades estudiadas.



A.- Fase I.

Dentro de la fase I se produce la subducción de la placa de Nazca en relación a la placa Sudamericana. (1) Existe un proceso de compresión, fallamientos inversos creándose una zona de subducción y cinturones montañosos en la corteza continental.

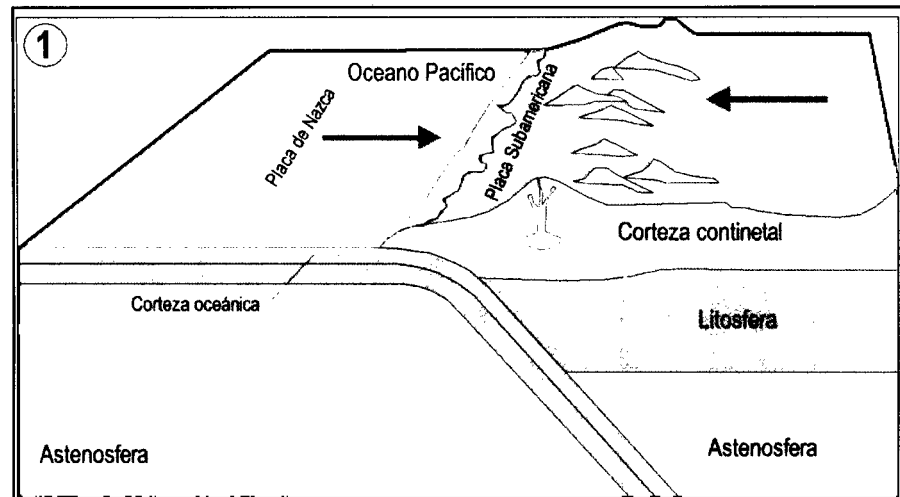


Gráfico N° 5.2.- Fase I, subducción de la placa de Nazca en relación a la placa Sudamericana.

B.- Fase II.

En esta segunda fase Tectónica se puede observar que durante el Aptiano – Albiano, la subducción se detiene o es relativamente lenta; como propone Leví y Aguirre (1981) para el Mesozoico de Chile central; Atherton et al. (1983) para el Mesozoico de la costa en el Perú central, la evolución de la corteza sílica en el margen continental del Perú central, también parece haber alternado entre períodos de subducción activa con regímenes comprensivos y períodos de “spreading” subsidencia asociados a una tectónica predominantemente tensional.

En esta fase se puede observar dos etapas o periodos como se muestran en el Gráfico N° 5.3; la etapa (2); detalla que una vez que la subducción se detuvo o los movimientos fueron muy lentos la placa de Nazca presenta una tendencia a colapsarse.

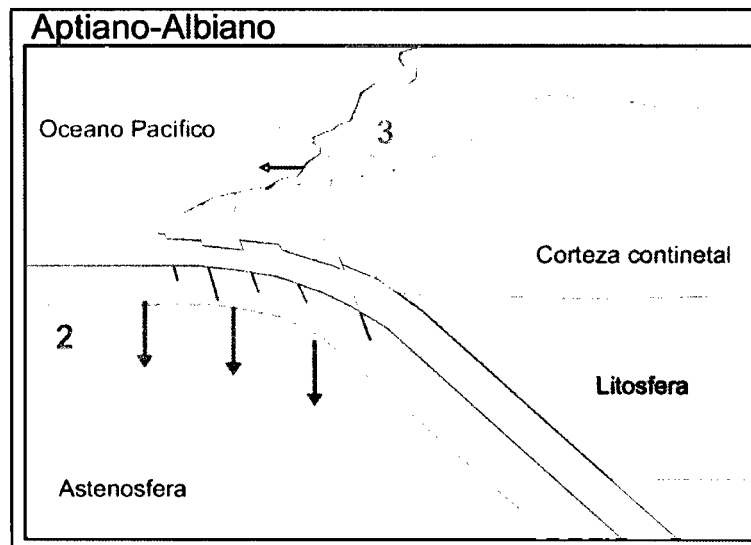


Gráfico N° 5.3.- Fase II, Ambientes distensivos dentro del margen continental.

En la etapa (3); gracias a los esfuerzos provocados por la placa de nazca, el margen continental presenta periodos distensivos, los cuales provocan una serie de fallas normales.

C.- Fase III.

En esta fase se muestran las diferentes manifestaciones de actividad ígneas que se emplazan por el vulcanismo de tipo fisural; en el Gráfico 5.4 se detallan las diferentes etapas.

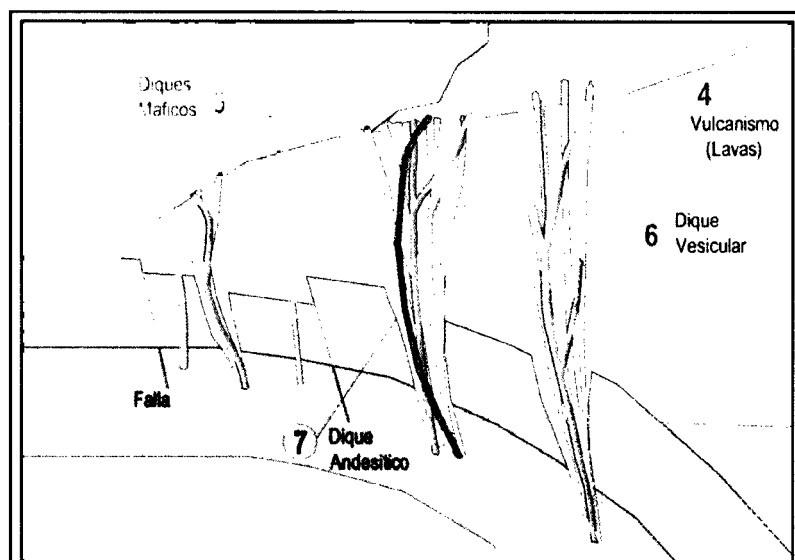


Gráfico N° 5.4.- Fase III, Generación de los diferentes eventos ígneos emplazados en un ambiente tensional y de vulcanismo fisural.



La etapa 4, se caracteriza por un vulcanismo de tufos subacuáticos y brechas vulcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas. Las cuales presentan paleocanales y estratificación cruzada que nos da entender la cercanía que se tiene a estos centros volcánicos. Seguidamente se presentan una generación de intrusivos de composición de dioritas y gabros.



Foto 5.1.- Brechas Vulcanoclásticas con flujos de paleocanales, Playa Santa María del Mar (Las Antenas)



Foto 5.2.- Tufos subacuosos; Formación Chilca; presenta estratificación cruzada. Playa de Santa María del Mar.



Las etapas 5, 6 y 7 son tres generaciones de diques y sills; la etapa 5 se caracteriza por presentar diques máficos que cortan la encajonate volcánica y a los intrusivos dioríticos; la etapa 6 se caracteriza por ser una generación de diques y sills vesiculares los cuales cortan a los diques máficos y a las rocas encajonantes y finalmente la etapa 7 muestra a un dique anular tardío que atraviesa a todas las estructuras antes mencionadas.

D.- Fase IV.

En esta última fase (etapa 8), la placa de Nazca se reactiva e inicia nuevamente la subducción con respecto a la placa Sudamericana, en la cual se forma una cuenca abortada; con lo cual se concluye que las diferentes manifestaciones de diques y estructuras son expresiones de focos de actividad ígnea asociada a la formación y relleno de una cubeta marginal.

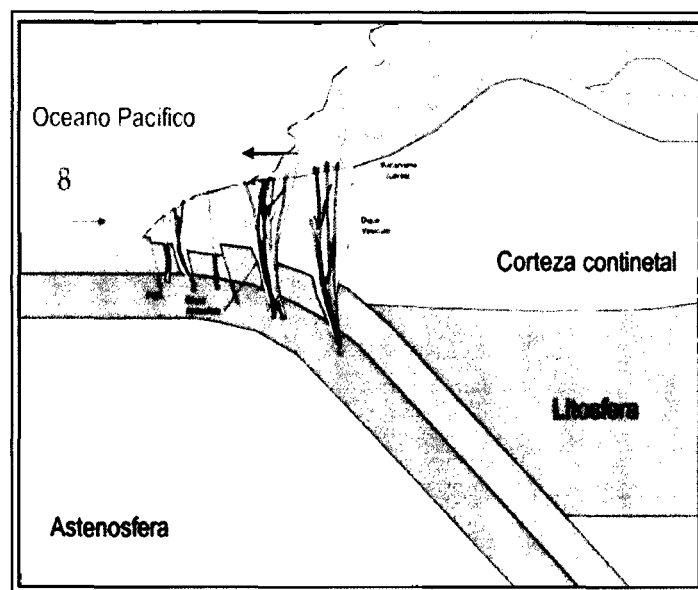


Gráfico N° 5.5.- Reactivación del proceso de subducción de las placas de Nazca y Sudamericana.

En la zona de estudio se ha podido reconocer estructuras hipabisales alineadas, con una orientación de rumbo andino y otro segundo segmento de rumbo trasandino en un marco regional, las cuales se ha sectorizado para poder definir la zonación que presentan dichas



estructuras. El área total en donde se han mapeado estas estructuras es de 402 hectáreas, con un total de 348 estructuras (Ver Plano N° 05), las cuales se ha sectorizado de la siguiente manera:

Área 1, en la cual se ha detallado diques y sills máficos, diques vesiculares de composición andesítica y un dique anular tardío de composición andesítica porfirítica. La estadística es de 246 estructuras, en un área de 134 hectáreas obteniendo 70 % de estructuras del total.

Área 2, se han reconocido estructuras de diques y sills máficos, diques vesiculares, con una estadística de 72 estructuras en un área de 134 hectáreas obteniendo el 20% de estructuras del total.

Área 3, se han reconocido estructuras de diques y sills máficos, y escasos diques vesiculares, con una estadística de 30 estructuras en un área de 134 hectáreas obteniendo el 10 % de estructuras del total.

También se han reconocido diques de composición dacítica, textura afanítica que se han mapeado en el sector oeste del área de estudio, para el presente análisis se excluido dichas estructuras por presentar otra génesis y tiempo cronológico.



CAPITULO VI:

GEOLOGÍA LOCAL

6.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se inició con los auspicios de la Compañía de Minas Buenaventura S.A.A. y la constante orientación del Dr. César E. Vidal Cobián. En dicho estudio se realizó un mapeo geológico a detalle a escala 1/5000, de 900 hectáreas correspondientes a la hoja topográfica de Santa María Del Mar (hoja N° 36-o). Preparada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) Lima-Perú (**Ver Plano N° 01**); teniendo la base topográfica adecuada se pudo determinar 4 zonas, en las cuales se realizaron secciones geológicas a escala 1/2000, 1/1000 y 1/500, a más detalle para poder definir mejor este tipo de ambiente. También se pudo hacer un muestreo geoquímico consistente en 82 muestras selectivas y se recolectaron 12 muestras para poder hacer trabajos de petrografía y así poder entender la compleja evolución geológica de esta localidad, caracterizada por presentar enjambres de diques. Se conocen ocurrencias de diques y plutones dioríticos similares en las localidades de Punta Hermosa, Punta Negra y Pucusana. (**Ver Gráfico N° 4.3**).

6.2 ESTRATIGRAFÍA.

Dentro del marco estratigráfico en el cual está emplazada en el área de estudio, se ha podido reconocer unidades pertenecientes al Cretáceo; como, son la Formación Pamplona, Formación Chilca y el Grupo Quilmaná.

A.- Formación Pamplona

La Formación Pamplona está constituida por margas, lutitas y calizas delgadas con intercalación de tufos piroclásticos y lavas en la base. Está intruida por dioritas y gabrodioritas en Pucusana, Santa María Del Mar,



San Bartolo y Punta Negra, el cuerpo intrusivo más grande reconocido mide 2 km. de largo.

B.- Formación Atocongo

La Formación Atocongo está constituida por calizas gris oscuras a negras, de estratificación gruesa, piritosa, interestratificada con caliza gris oscura de estratificación media. Aflora al este y al sureste de la playa Santa María Del Mar cortada por intrusivos dioríticos y monzodioríticos.

C.- Formación Chilca

Presenta tufos y brechas piroclásticas con alguna intercalación de areniscas, margas y flujos de lava aglomerádica. Representa una facie volcánica de la Formación Pamplona; esta intruida por andesitas hipabisales, a su vez recortadas por plutones Tonalíticos del Batolito de la costa.

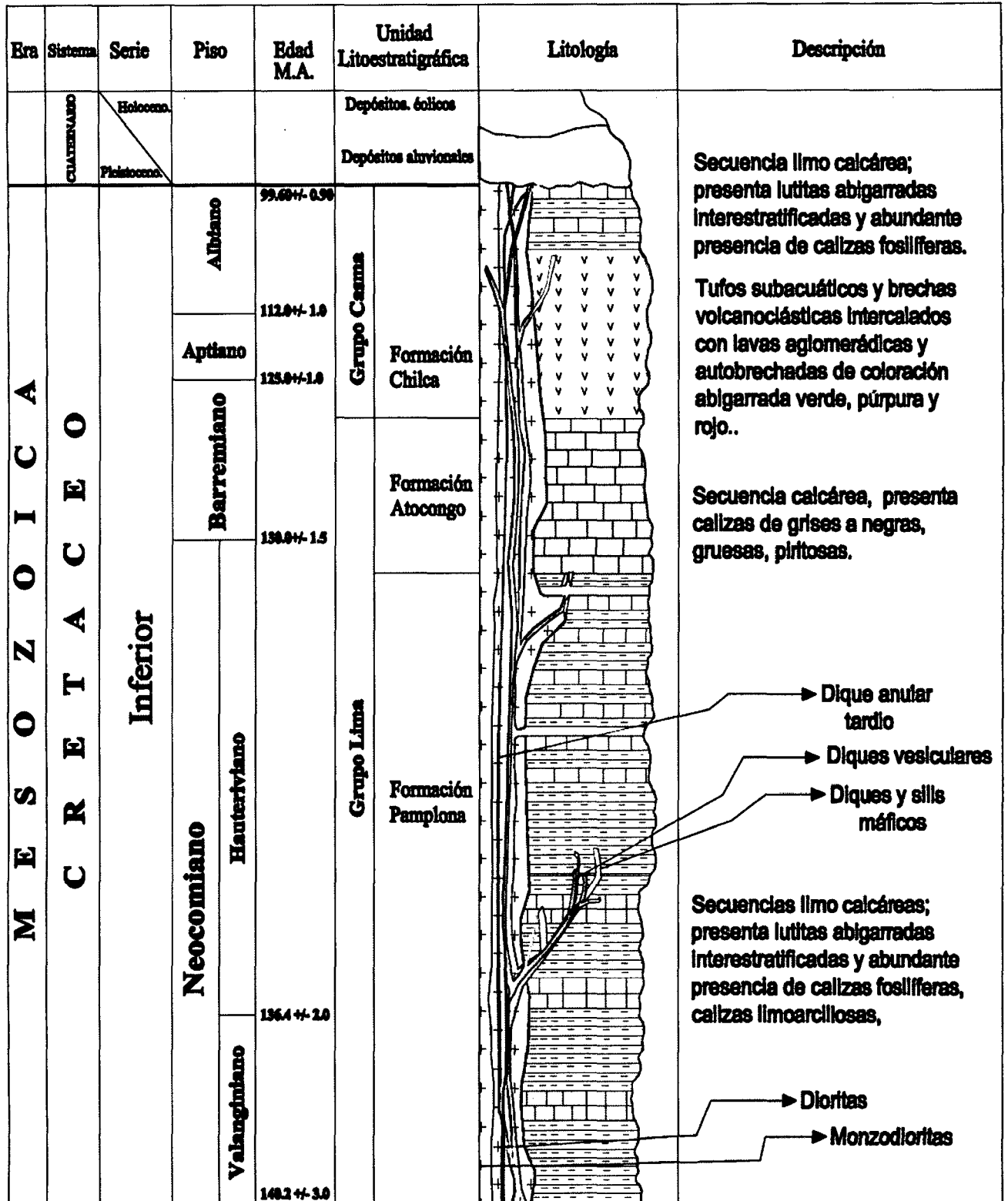


Gráfico 6.1.- Columna estratigráfica del área de San Bartolo – Santa María Del Mar
Edades: International Commission on Stratigraphy (IUGS), 2005.



Dentro de los tipos de litología que se ha podido identificar en el área de estudio tenemos:

- **Secuencia limo calcárea**, que presentan lutitas abigarradas, interestratificadas, con abundante presencia de calizas gris amarillentas de potencia menor a 1.00 metro, calizas limoarcillosas, la proporción caliza/lutitas (1/2 y 1/3); en el tope presenta lutitas pizarosas con intercalación de calizas y margas.
- **Secuencia calcárea**, presenta calizas gris oscuras, potentes con presencia de pirita (py, diss. y en pequeños parches < 0.50 cm.) estratos de 1.00 a 2.00 de potencia.
- **Secuencia volcánico sedimentaria**, presenta tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde, púrpura y rojo.
- **Dioritas y Gabros**, presenta dioritas y gabros de color verde compuestos de labradorita-andesina, augita y olivino, a veces con textura ofítica.
- **Monzodiorita**, intrusivo perteneciente al Batolito de la Costa, corta las secuencias del Cretáceo Inferior, presentándose a manera de un stock al Este de la punta del Bufadero. Tiene 350 m. por 150 m. de potencia promedio.



6.3 SUB ÁREAS DE ESTUDIO

El área total conformada por 900 hectáreas, ha sido dividida en 4 subáreas para poder tener una geología más a detalle y comprender mejor el emplazamiento de los enjambres de diques. Las áreas en mención son El Bufadero, Curayacu, Santa María Del Mar y Embajadores. (Ver Plano N° 02)

6.3.1.- El Bufadero:

Se presenta a continuación una breve descripción de las unidades litológicas cartografiadas, en la punta El Bufadero, en orden cronológico de mayor edad a menor edad relativa. Esta secuencia consiste en lavas, aglomerados y tufos sub acuáticos intruídos por apófisis de gabro y diorita, diques y sill máficos, diques vesiculares y un dique anular tardío de composición andesítica. Cartografía original realizada a escala 1/500 por César E. Vidal (1990).

A.- Lavas, aglomerados y tufos encajonantes.

La roca encajonante está compuesta de tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde, púrpura y rojo. Constituyen un monoclin al de rumbo y buzamiento N60°W/30°NE. Son capas y coladas con potencias, normalmente entre 0.30 y 1.20m; algunas llegan hasta 2m. Los remanentes de esta secuencia se hallan expuestos, sin conocerseles ni base ni tope con un espesor mínimo de 100m.

Son predominantes los tufos y las brechas; presentan fragmentos líticos y/o de cristales con estructuras sedimentarias como estratificación gradada y paleocanales. La granulometría de las gravas es homogénea en cada horizonte, aunque no son así ni la selección

detrítica ni el desgaste de los clastos, evidenciando poco transporte y sedimentación subacuática.

Las coladas son de composición andesítica con fenocristales de andesina y hornablenda. La matriz está compuesta por microlitos de labradorita-andesina y augita. La textura es fluidal pilotaxítica. Según (Palacios 1981), la secuencia descrita es correlacionable con la base de la formación Pamplona. Esta formación en su localidad típica consiste de margas y calizas, habiéndose descrito recientemente perturbaciones por actividad volcánica sincrónica al sur de Lima (Osterman et.al, 1983).

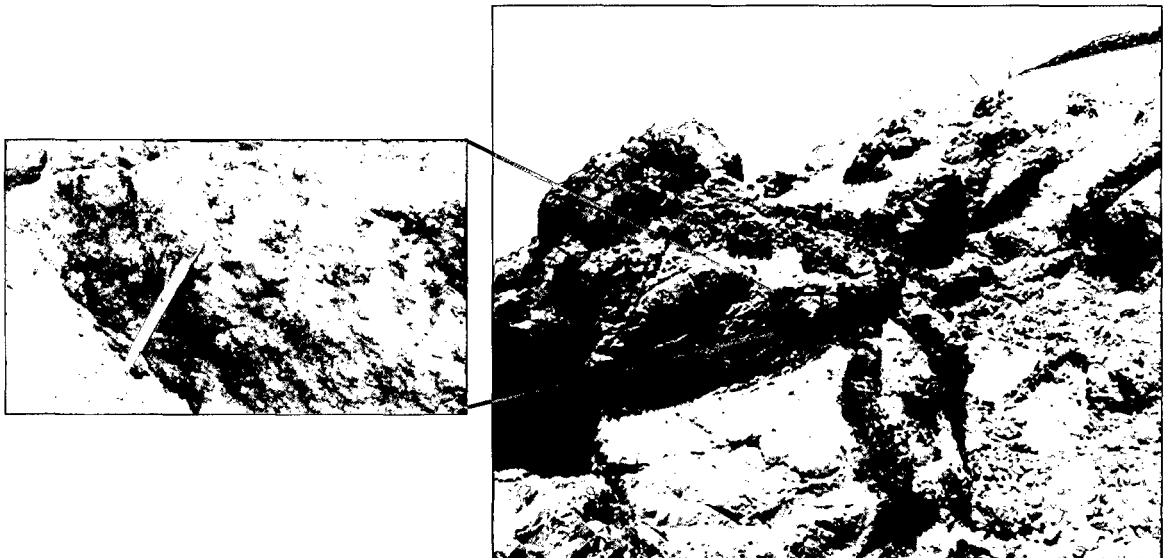


Foto 6.1.- Tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde.

B.- Dioritas y Gabros.

Han sido localizados tres afloramientos de dioritas y gabros al SE, S y NW del área estudiada. Son pequeños intrusivos precursores de un profuso magmatismo fisural. También se presentan como diques anchos de textura porfirítica densa. El stock del S es el mayor de los

tres (Gráfico N° 6.6) mide hasta 50m de largo por 30m de ancho. Presenta abundantes xenolitos subredondeados y melanocráticos sobre todo en los márgenes NE y SW.

Se trata de dioritas y gabros de color verde compuesto de labradorita-andesina, augita y olivino, a veces con textura ofítica. Se observa un ensamble de alteración hidrotermal débil a moderada con serpentina pseudomorfizando olivino y albita, por lixiviación de calcio a expensas de las plagioclasas. Con frecuencia se observan venillas y reemplazamientos de prehnita desarrollados preferentemente a expensas de las plagioclasas.

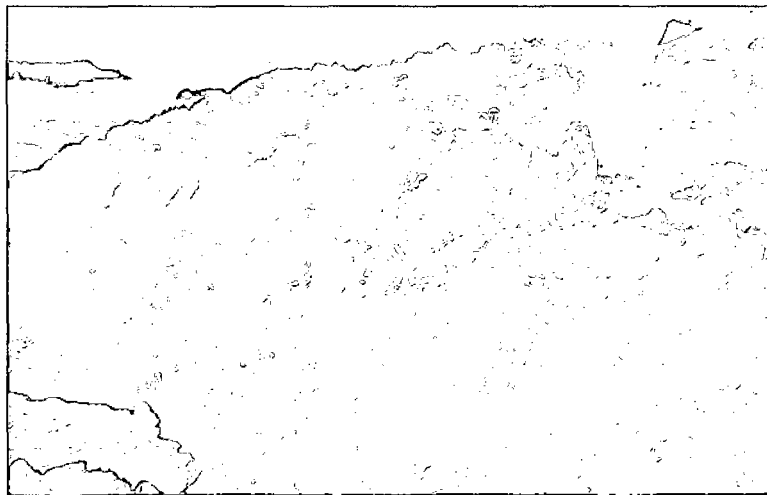


Foto 6.2.- Afloramientos de dioritas y gabros área "El Bufadero"

C.- Diques y Sill Máficos.

Enjambres de diques máficos atraviesan toda el área mapeada; sills de igual petrología se emplazan dentro de los tufos y lavas. Son filones de hasta 3 m. de potencia, con anchos normalmente alrededor de 1.50 m, persistentes en tramos de 50 m, o más a veces describen giros abruptos de hasta 120 grados en pocos metros. Los diques son de buzamiento subvertical, aunque excepcionalmente tienden a buzarse 55°



al SW y están emplazados a lo largo de dos sistemas de fracturamiento con rumbos $N70^{\circ}W$ y $N40^{\circ}W$.

Su textura varía de porfirítica a glomeroporfirítica con fenocristales de plagioclasas y augita en matrices microcristalinas de plagioclasas, augita, opacos e intersticios rellenos de clorita y arcillas no identificadas. Están afectados por alteración hidrotermal consiste en "albitización" de las plagioclasas y neoformaciones de prehnita, pumpellyíta, calcita, epidota, cloritas, adularia (?) y arcillas.

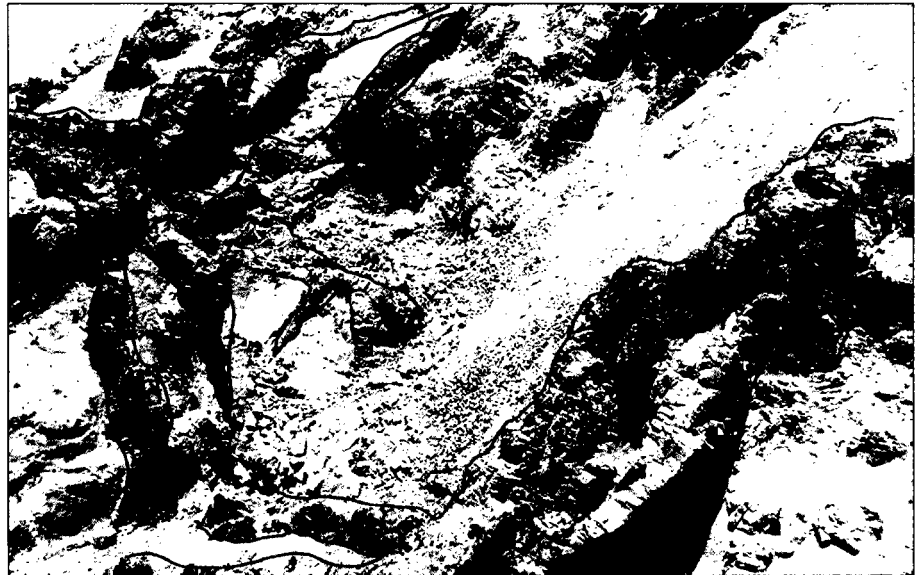


Foto 6.3.- Diques máficos intruyendo en la secuencia volcánico sedimentaria.

D.- Diques Vesiculares.

La generación de diques vesiculares intruye a los diques y sills máficos. Forman enjambres agrupados en sistemas de rumbo y buzamiento promedio $N 40^{\circ} - 45^{\circ} W$ y $N 70^{\circ} E$ / Vertical. Además de diques, también ocurre como venas discontinuas y sinuosas; algunas están emplazadas como reactivación del sistema $N 40^{\circ} W$ de los diques máficos. Presentan abundantes vesículas y amígdalas elongadas paralelamente a los contactos, dichas cavidades excepcionalmente llegan a conformar hasta el 50 % de la roca. Las



vesículas son generalmente de sección circular con diámetros de 1 a 10 mm. y se agrupan con mayor densidad, pero menor tamaño, hacia los márgenes sobre-enfriados de textura microporfirítica; excepcionalmente son alargadas y tabulares. Alcanzando longitudes hasta de 8.00 cm.

Existe una franja de fuerte alteración hidrotermal dispuesta en sentido NW. En ellas aparecen numerosas venas y zonas de idéntica mineralogía que los rellenos de las vesículas.

Las características petrográficas más saltantes de estos diques son su textura porfirítico vesicular y los rellenos finamente bandeados, a manera de escarpelas, dentro de numerosas cavidades. Los fenocristales son plagioclasas "albitizadas" y ocasionalmente clinopiroxenos. La matriz es un agregado micro-cristalino a pilotaxítico-fluidal con fuerte alteración hidrotermal. En la matriz aparecen venillas y amígdalas; éstas presentan rellenos concéntricos de variados ensambles. Las secuencias de relleno mejor desarrolladas presenta una generación inicial de clorita, calcita y epidota, seguida por otra de adularia / albita, la cual a su vez es tapizada por cuarzo, prehnita y pumpellyíta o arcillas y zeolitas no identificadas.

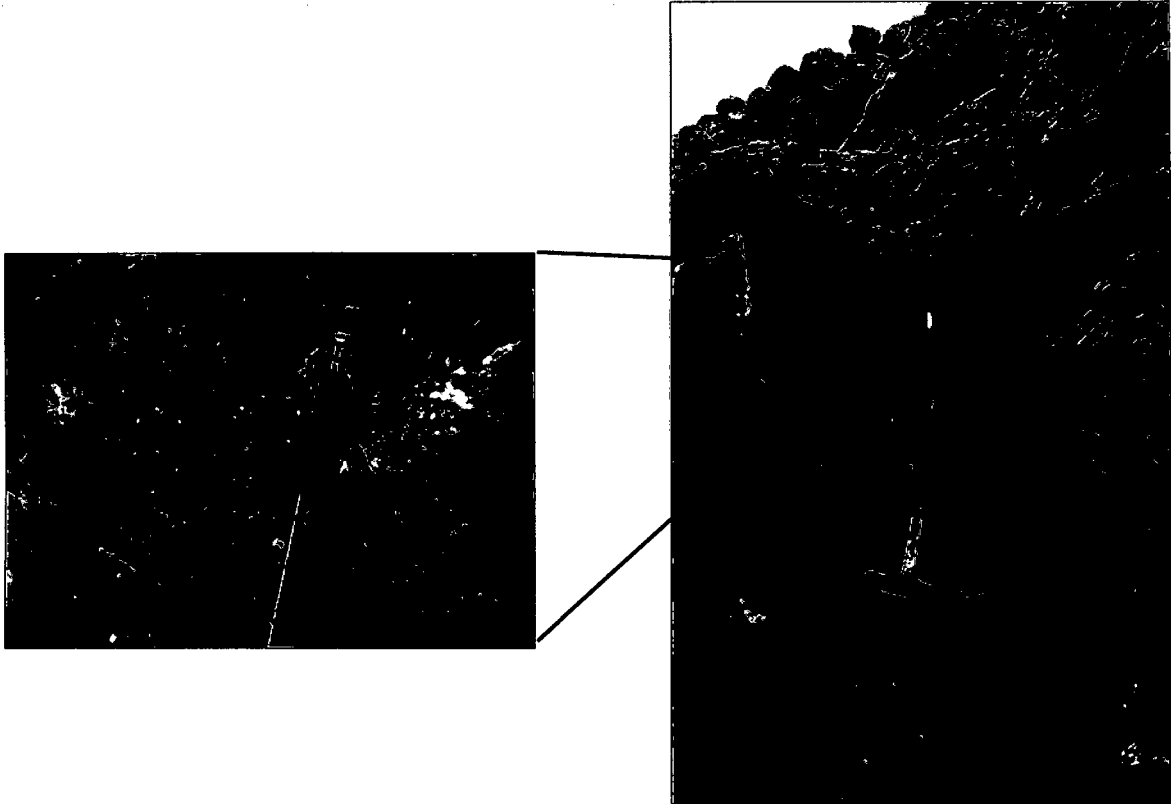


Foto 6.4.- Diques vesiculares con márgenes sobre-enfriados.

E.- Dique Anular tardío.

En el Plano N° 09, se muestra la traza curva de este dique tardío. Describe un arco de 110 m de perímetro, cóncavo hacia el SE. Su potencia es homogénea y varía entre 1.00 y 2.00 m, con engrosamiento gradual de Sur a Norte. Atraviesa diques máficos, diques vesiculares y tufos intercalados con lavas.

Su textura es porfirítica a microcristalina. Las plagioclasas tienen una composición de andesina y están ligeramente "albitizadas"; la matriz es pilotaxítica. El ensamble de alteración calcita-clorita-epidota-prehnita-pumpellyíta afecta débilmente a la matriz. Presenta como relleno de pequeñas y escasas vesículas.



F.- Fracturas y Fallas

Se ha reconocido el control estructural de la zona con mediciones de fracturas y fallas (80 medidas), la cual presenta dos sistemas bien marcados dentro del área del bufadero; el primero con $N40^{\circ}-45^{\circ}W$, buzamiento $75^{\circ}-85^{\circ}$ SW y el segundo con $N70^{\circ}-75^{\circ}E$, buzamiento $80^{\circ}-90^{\circ}NW$ (Ver Gráficos 6.2 y 6.3); ambos sistemas han sido aprovechados por las intrusiones para poder emplazar las diferentes estructuras (Ver Planos N° 03 y 04).

Es probable que estos sistemas representen cizallas conjugadas. La evidencia de campo corrobora parcialmente esta interpretación, ya que se ha mapeado desplazamientos similares entre 5 y 10 m, en fallas del sistema $N 40^{\circ} W$. Aunque en algunas de las fracturas existen brechas cataclásticas con tendencias $N70^{\circ} E$ y se presume que estas sean dextrales, no hay evidencias claras de desplazamientos en tal sentido.

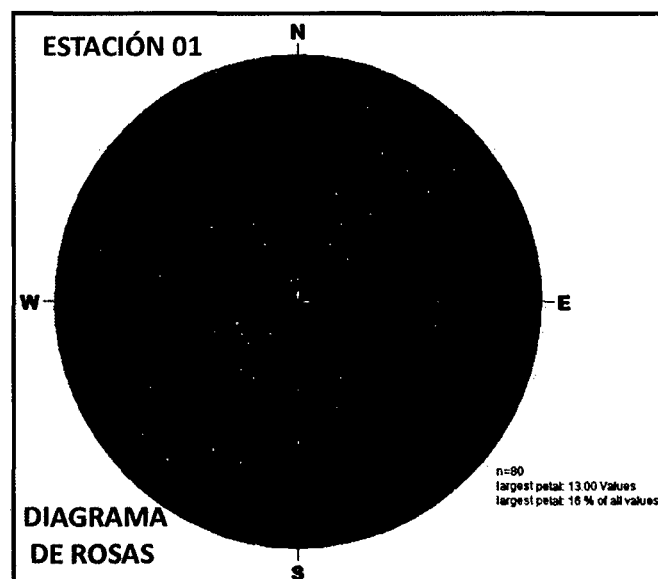


Gráfico 6.2.- Diagrama de rosas.

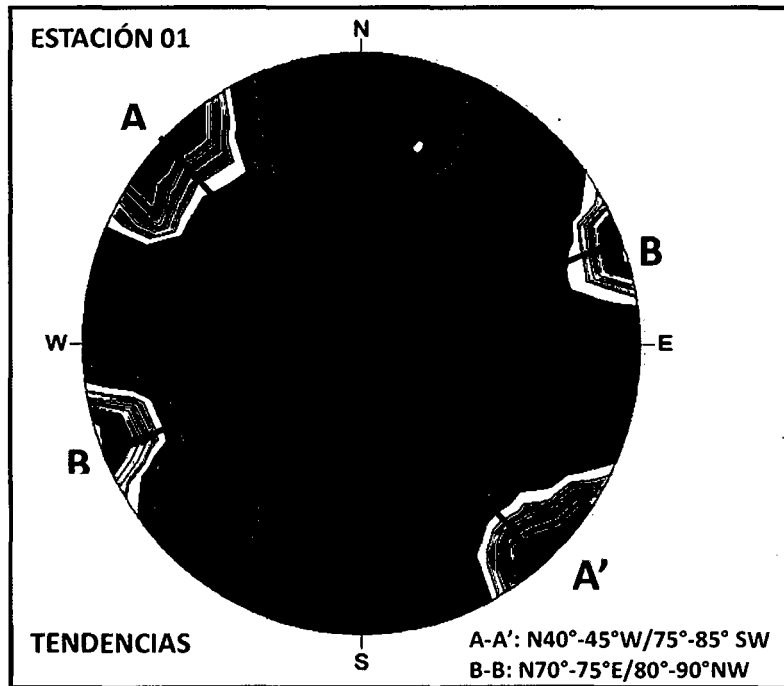


Gráfico 6.3.- Estereograma de densidades y tendencias.



6.3.2.- Curayacu:

Se presenta a continuación una breve descripción de las unidades litológicas cartografiadas, en el área de Curayacu, en orden cronológico de mayor edad a menor edad relativa. Esta secuencia consiste en lavas, aglomerados y tufos sub-acuáticos intruídos por apófisis de gabro y diorita, diques y sill máficos y escasos diques vesiculares. (**Ver Plano N° 10**).

A.- Lavas, aglomerados y tufos encajonantes.

La roca encajonante está compuesta de tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde, dicha secuencia volcánico sedimentaria presenta capas y coladas con potencias, normalmente entre 0.30 y 1.20m; algunas llegan hasta 2m. Los remanentes de esta secuencia se hallan expuestos, sin conocerseles base ni tope con un espesor mínimo de 100m.

Son predominantes los tufos y las brechas; presentan fragmentos líticos y/o de cristales con estructuras sedimentarias como estratificación gradada y paleocanales. La granulometría de las gravas es homogénea en cada horizonte, aunque no son así ni la selección detrítica ni el desgaste de los clastos, evidenciando poco transporte y sedimentación subacuática.

B.- Dioritas y Gabros.

Han sido localizados dos afloramientos de dioritas y gabros al Noroeste. Son intrusivos precursores de un profuso magmatismo fisural. También se presentan como diques anchos de textura porfírica densa. El stock del NW es el de mayor dimensión (140 metros de largo por 110 de ancho) (**Ver Plano N° 10**).

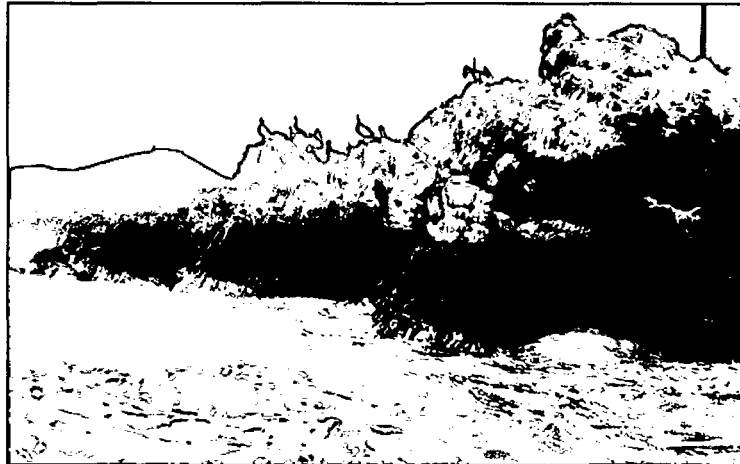


Foto 6.5.- Afloramientos de dioritas y gabros, área "Curayacu"

C.- Diques y Sill Máficos.

La potencia de los diques y Sills máficos es bastante variada, va desde 0.20 – 10.00 m. (Ver Sección N° 05), después del El Bufadero es la zona donde se puede apreciar mejor esta estructuras hipabisales. Presentan una tendencia que oscilan entre N 8°-15° E, buzamiento 65° - 85° SE, hasta llegar a la verticalidad.

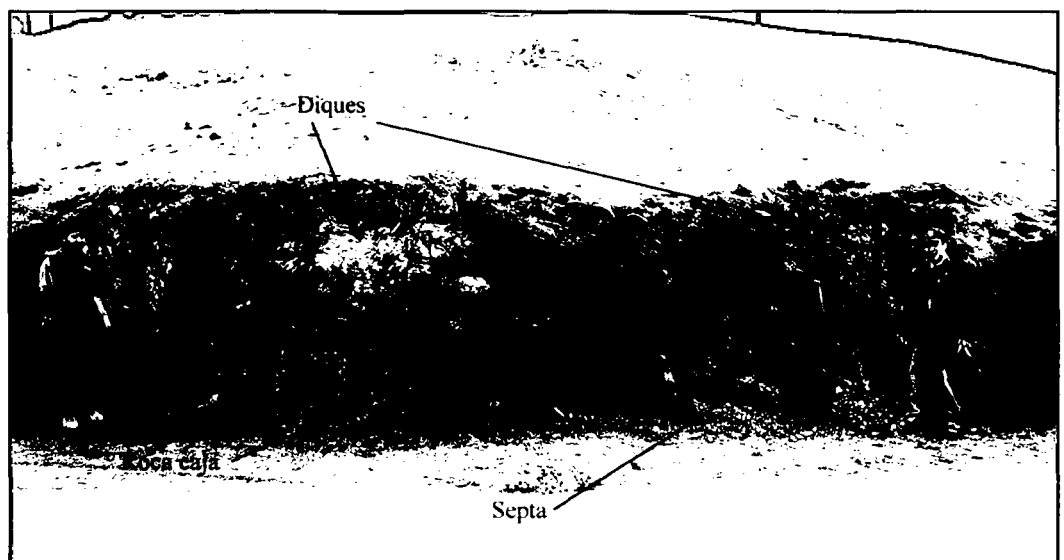


Foto 6.6.- Diques máficos intruyendo a lavas aglomerádicas.



Su textura varía de porfirítica a glomeroporfirítica con fenocristales de plagioclasas y augita en matriz microcristalina.

D.- Diques Vesiculares.

La presencia de los diques vesiculares disminuye notablemente en esta área de estudio así como la alteración hidrotermal, los escasos diques vesiculares presentan potencias que varían desde 0.10 m. hasta 1.00 m.; presentando claramente márgenes sobre enfriados de textura microporfirítica (**Foto 6.7**)

Presentan abundantes vesículas y amígdalas elongadas paralelamente a los contactos, dichas cavidades excepcionalmente llegan a conformar hasta el 50 % de la roca. Las vesículas son generalmente de sección circular con diámetros de 1 a 10 mm.

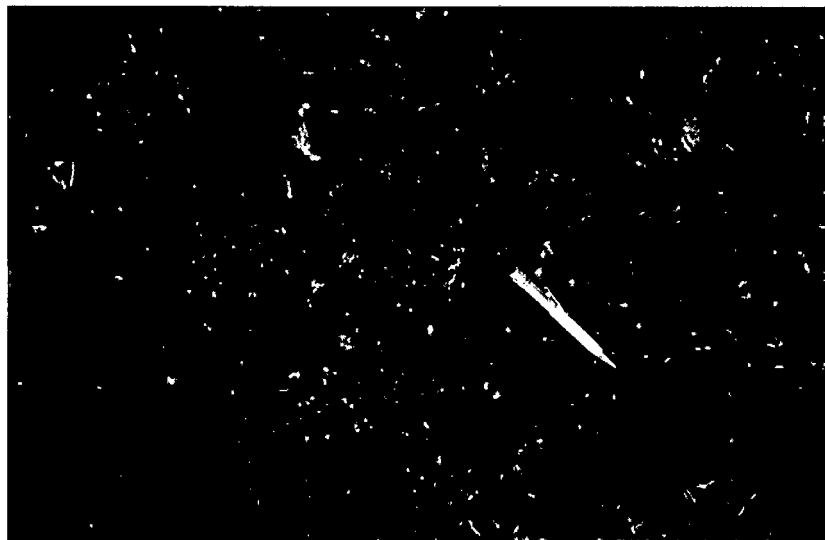


Foto 6.7.- Diques vesiculares cortados, con márgenes sobre-enfriados.

E.- Fracturas y Fallas

Se ha reconocido el control estructural de la zona con mediciones de fracturas y fallas (60 medidas), la cual presenta dos sistemas bien



marcados dentro del área; el primero con $N8^{\circ}-15^{\circ}E$, buzamiento $65^{\circ}-85^{\circ}$ SE y el segundo con $N45^{\circ}-55^{\circ}W$, buzamiento $70^{\circ}-90^{\circ}NE$ (Ver Gráficos 6.4 y 6.5); ambos sistemas han sido aprovechados por las intrusiones para poder emplazar las diferentes estructuras (Ver Planos N° 03 y 04).

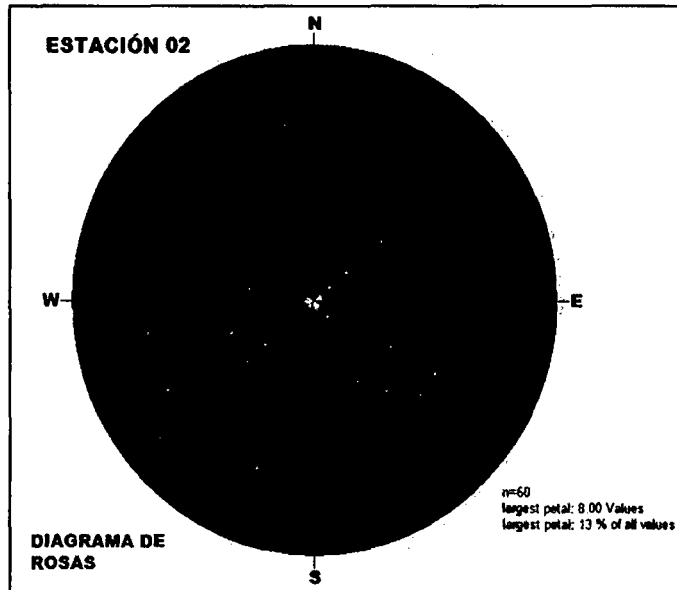


Gráfico 6.4.- Diagrama de rosas.

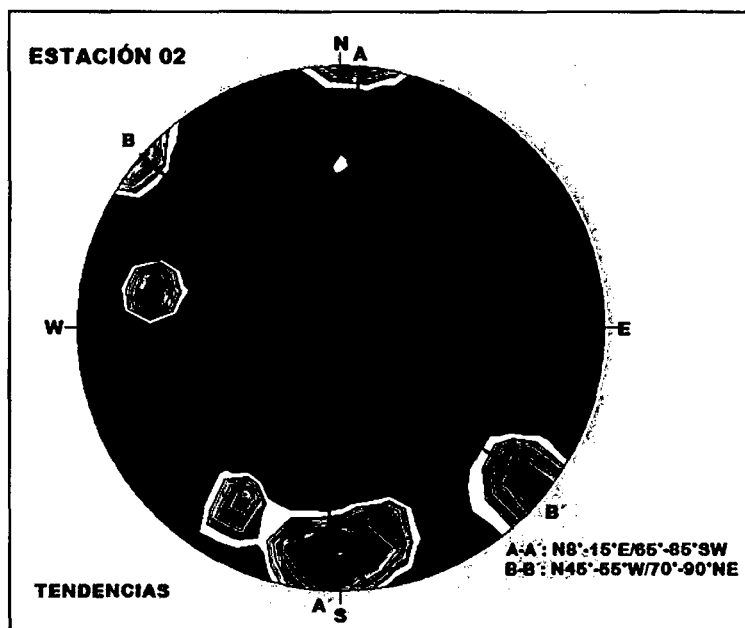


Gráfico 6.5.- Estereograma de densidades y tendencias.



6.3.3.- Santa María Del Mar:

Se presenta a continuación una breve descripción de las unidades litológicas cartografiadas, en orden cronológico de mayor edad a menor edad relativa. Esta secuencia consiste en sedimentos limos calcáreos y calcáreos que son intruídos por diques y sill máficos y estos a su vez cortados por escasos diques vesiculares (**Ver Plano N° 11**).

A.-Secuencia Limo Calcárea.

Secuencia limo calcárea, presenta lutitas abigarradas interestratificadas y abundante presencia de calizas gris amarillentas de potencia menor a 1.00 metro, calizas limo arcillosas, la proporción caliza/lutitas (1/2 y 1/3); en el tope presenta lutitas pizarrosas con intercalación de calizas y margas.

B.- Secuencia calcáreas.

Secuencia calcárea, presenta calizas gris oscuras, potentes con presencia de pirita (py, diss. y en pequeños parches < 0.50 cm.), los estratos son de 1.00 a 2.00 m. de potencia. Intercaladas con lutitas gris amarillentas.

C.- Sills y diques Máficos.

Lo que caracteriza a la zona es la presencia de sills y diques máficos que poseen potencias variables, promedio de 1.00 a 3.00 metros, se encuentran albergados en la secuencias limo calcáreas. Dichos Sills están siempre paralelos a las capas de las rocas sedimentarias con un rumbo de N 20° - 40° W y buzan con 45° - 50° NE.



Foto 6.8.- Sill máfico emplazado en secuencia limo calcárea.

Tanto los Sills de composición hipabisal como las rocas sedimentarias presentan un juego de fallas posteriores que corta a los diques y a dichas rocas. Las fallas y diaclasas presentan una tendencia de $N40^{\circ} - 70^{\circ} E$ y su buzamiento $70^{\circ} - 85^{\circ} NW$. Las fallas presentan una tendencia dextral con componente normal.

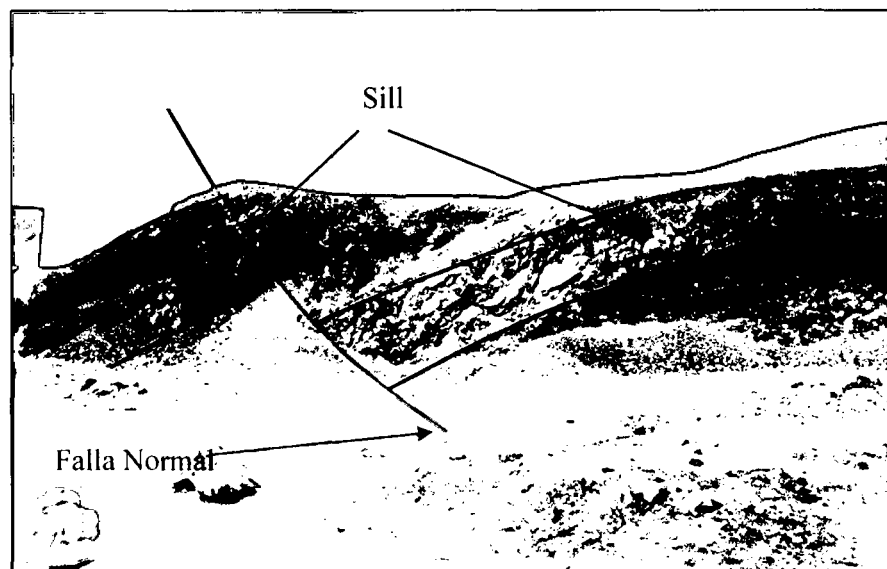


Foto 6.9.- Sill Máfico fallado. (Falla normal)



D.- Fracturas y Fallas

Se ha reconocido el control estructural de la zona con mediciones de fracturas y fallas (50 medidas), la cual presenta dos sistemas bien marcados dentro del área; el primero con $N20^{\circ}-40^{\circ}W$, buzamiento $45^{\circ}-50^{\circ}$ NE y el segundo con $N40^{\circ}-70^{\circ}E$, buzamiento $70^{\circ}-85^{\circ}NW$ (Ver Gráficos 6.6 y 6.7); ambos sistemas han sido aprovechados por las intrusiones para poder emplazar las diferentes estructuras (Ver Planos N° 03 y 04).

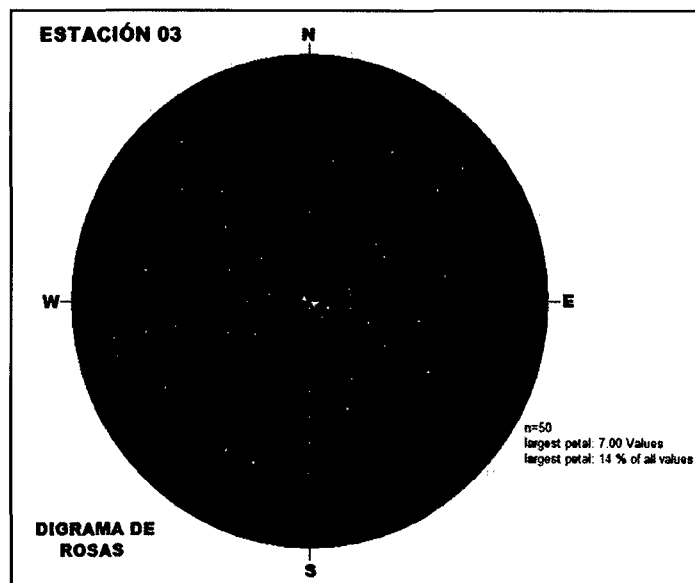


Gráfico 6.6.- Diagrama de rosas.

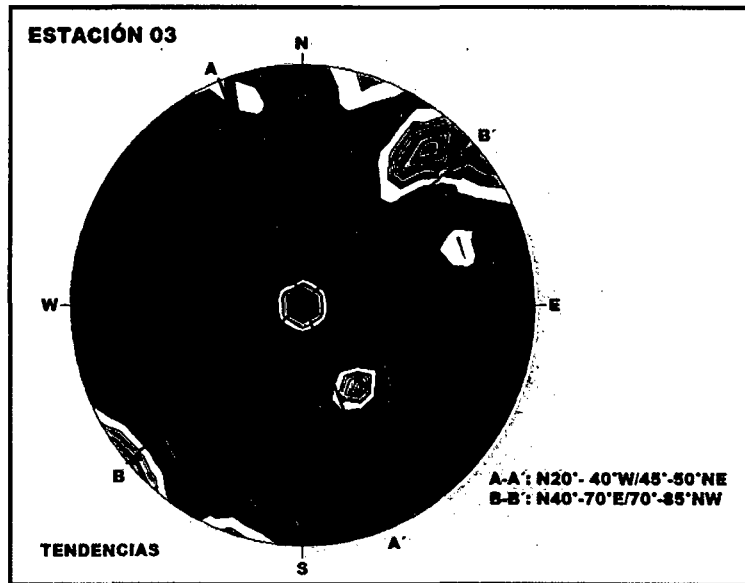


Gráfico 6.7.- Estereograma de densidades y tendencias.



6.3.4.- Embajadores:

Encontramos una secuencia consistente en tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas, sobreyaciendo tenemos secuencias limocalcáreas; en el sector sur tenemos la presencia de intrusiones dioríticas. Todas estas secuencias son cortadas por diques máficos. (**Ver Plano N° 12**)

A.-Secuencia Volcánico Sedimentaria.

Secuencia volcánico sedimentaria, presenta tufos subacuáticos y brechas volcanoclásticas intercalados con lavas aglomerádicas y autobrechadas de coloración abigarrada verde. Dicha secuencia la podemos apreciar bordeando el litoral de la Playa Embajadores.

B.- Dioritas y Gabros.

Se trata de dioritas de color verde compuesto de labradorita-andesina, augita y olivino, a veces con textura ofítica. Se observa escasas venillas y vetillas con reemplazamientos de prehnita, pumpellyíta (bien desarrollados) calcita y arcillas.

Los cuerpos de dioritas presentan fallas y diaclasas posteriores con tendencias bien marcadas N40°- 60°E con buzamientos subverticales.

C.- Diques Máficos.

Se ha reconocido diques que atraviesan los stocks de dioritas, dichos diques presentan potencias menores a 0.50 metros, con una tendencia de N40°- 60°E, y buzamientos subverticales. Su textura varía de porfirítica a glomeroporfirítica con fenocristales de plagioclasas y augita en matriz microcristalina, con clorita, montmorillonitas y illitas en escasas venillas.

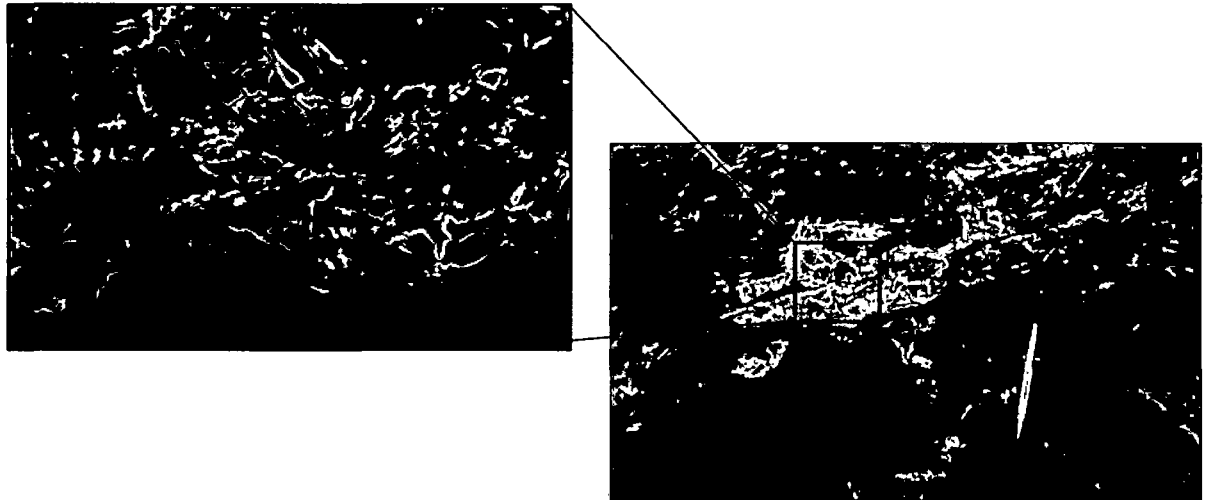


Foto 6.10.- Venillas de calcita, prehnita presenta textura de escarpela en sistema de cristalización fibroso y radial.

D.- Fracturas y Fallas

Se ha reconocido el control estructural de la zona con mediciones de fracturas y fallas (40 medidas), la cual presenta dos sistemas bien marcados dentro del área; el primero con $N40^{\circ}-60^{\circ}E$, buzamiento $75^{\circ}-90^{\circ}$ NW y el segundo con $N20^{\circ}-40^{\circ}W$, buzamiento $75^{\circ}-90^{\circ}NE$ (Ver Gráficos 6.8 y 6.9); ambos sistemas han sido aprovechados por las intrusiones para poder emplazar las diferentes estructuras (Ver Planos N° 03 y 04).

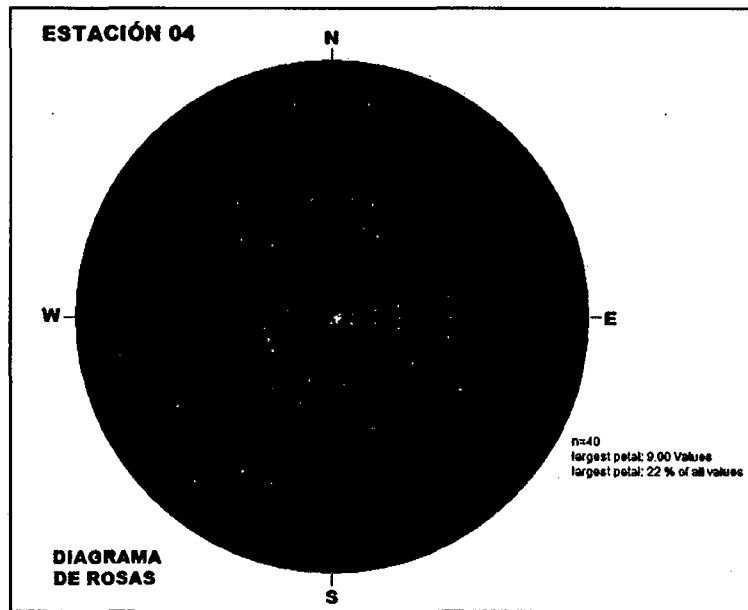


Gráfico 6.8.- Diagrama de rosas

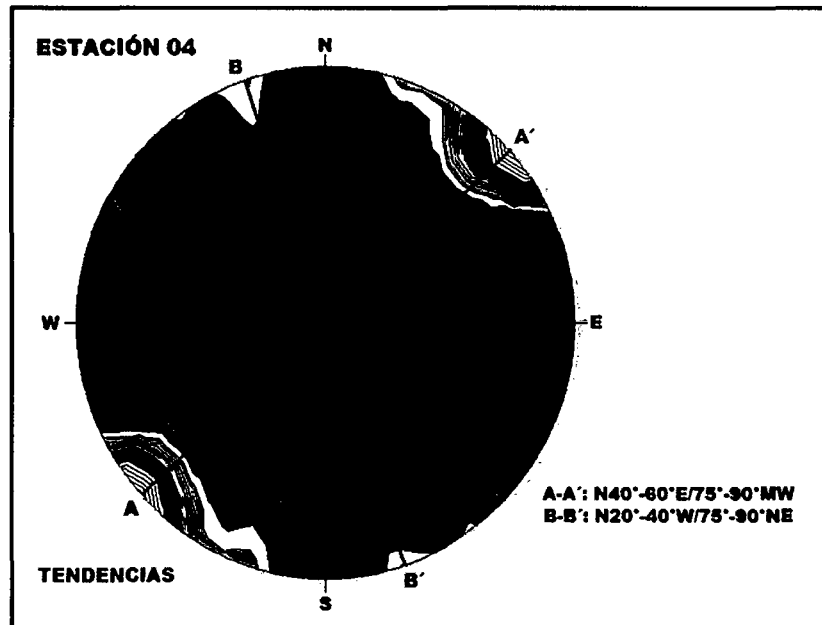


Gráfico 6.9.- Estereograma de densidades y tendencias.



CAPÍTULO VII:

ESTUDIOS DE INVESTIGACIÓN

7.1 ESTUDIO GEOQUÍMICO

Los trabajos realizados durante las últimas décadas en torno a los sistemas hidrotermales submarinos han proporcionado cierta información acerca de los mecanismos de depósito de metales en ambientes hidrotermales de fondo oceánico (Thierry Juteau, 2005). En la zona de estudio se pudo notar la presencia de diferentes estructuras hipabisales en parte con fuerte alteración hidrotermal (Albitización) se presenta brechas hidrotermales de matriz de calcita, prehnita, pumpellyíta, clorita, epidota y escasa arcillas con clastos de roca caja como lavas aglomerádicas, dioritas y gabros; así como estructuras con fuerte oxidación (**Fotos 7.1, 7.2 y 7.3**). Con el objetivo de poder determinar la geoquímica de dichas estructuras se extrajeron 82 muestras selectivas (**Ver Plano N° 06**); las cuales fueron enviadas a los laboratorios ALS Chemex.



Foto 7.1.- Brecha hidrotermal, matriz de calcita, prehnita, pumpellyíta y escasa presencia de clorita, con clastos de roca caja como lavas aglomerádicas y gabros.

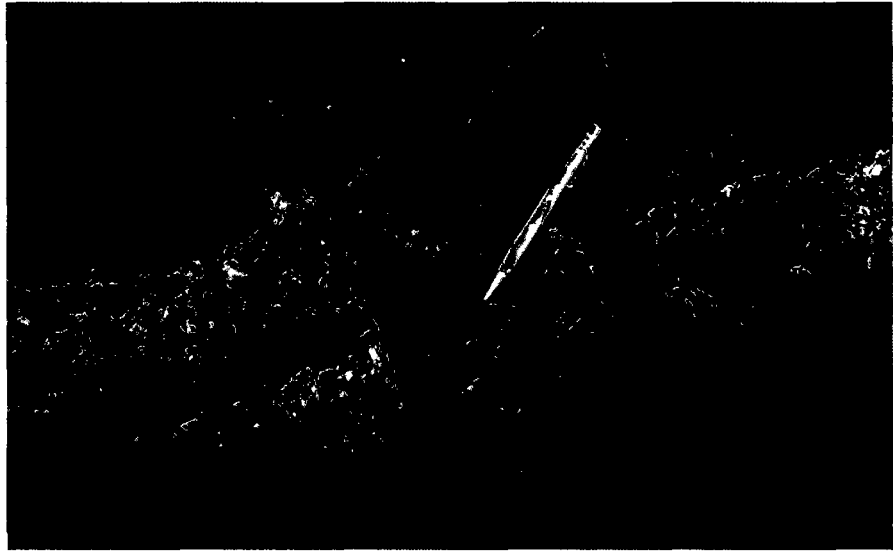


Foto 7.2.- Estructura de 0.2 metros. Presenta calcita cristalizada, prehnita, óxidos de hierro (limonitas) en fracturas y escasas arcillas



Foto 7.3.- Estructura con fuerte oxidación, Presenta limonita, hematita y goethita botroidal.



En análisis geoquímico se ha centrado en los diferentes tipos de diques (máficos, vesiculares y andesíticos tardíos) y las zonas más representativas de alteración hidrotermal (Albitización); así como la roca caja. A continuación se observa un cuadro resumen en donde se detalla la ubicación y características geológicas del muestreo selectivo. **(Ver Tabla N° 7.1)**

De acuerdo con los resultados podemos mencionar que de las 82 muestras analizadas, se ha podido obtener anomalías de elementos metálicos: cobre hasta 1120 ppm y 1420 ppm; Plomo hasta 1220 ppm y zinc hasta de 851 ppm y 1185 ppm; Por la tendencia que presenta tanto la alteración hidrotermal y la densidad de diques hacia el oeste y noroeste se puede definir que las anomalías geoquímicas irán incrementándose hacia ese sector **(Ver Plano N° 07)**.



7.2 ESTUDIO GEOESTADÍSTICO:

Con los resultados obtenidos del muestreo selectivo, se pudo realizar el análisis geoestadístico, determinado asociaciones y correlaciones mineralógicas de acuerdo a la alteración, mineralización y petrografía de la zona; que se detallan a continuación.

MATRIZ DE COMPONENTES ROTADOS

	Componente					
	1	2	3	4	5	6
Al (%)	-0,131	0,138	0,117	0,785	-0,145	0,188
As (ppm)	0,973	-0,063	0,003	-0,004	0,041	-0,096
B (ppm)	0,712	-0,167	0,065	0,486	-0,106	0,026
Ba (ppm)	-0,071	-0,604	0,093	-0,403	0,276	0,252
Ca (%)	-0,088	-0,765	-0,012	-0,444	-0,120	0,250
Cd (ppm)	-0,100	-0,144	-0,061	-0,042	0,876	0,038
Co (ppm)	0,691	0,473	0,363	-0,044	0,045	0,007
Cr (ppm)	0,160	0,242	0,864	0,016	0,001	0,098
Cu (ppm)	0,796	0,013	0,072	-0,243	-0,063	0,111
Fe (%)	0,885	0,371	0,042	0,037	0,084	-0,020
K (%)	0,458	0,061	0,569	-0,063	-0,084	-0,401
Mg (%)	-0,103	0,686	0,528	0,113	0,044	0,140
Mn (%)	-0,021	-0,024	0,006	-0,822	0,020	0,090
Mo (%)	0,966	-0,062	-0,001	-0,036	0,093	-0,113
Na (%)	0,048	-0,211	0,689	0,008	-0,092	-0,425
Ni (ppm)	-0,015	0,103	0,897	0,075	-0,007	0,062
P (ppm)	0,115	0,508	-0,013	-0,239	0,008	0,008
Pb (ppm)	0,103	0,006	0,060	0,114	0,099	0,538
S (%)	0,201	-0,083	0,180	0,226	0,215	-0,604
Sc (ppm)	-0,086	0,697	0,136	0,065	-0,037	0,274
Sr (ppm)	-0,070	-0,635	-0,122	0,164	0,202	0,085
Ti (%)	-0,124	0,643	-0,175	0,377	-0,049	0,374
V (ppm)	0,500	0,649	0,146	0,343	-0,010	0,215
Zn (ppm)	0,152	-0,005	-0,012	-0,118	0,827	-0,029

Tabla 7.2.- Método de extracción: Análisis de componentes principales.
Método de rotación: Normalización Varimax con Kaiser.
A la conversión ha convergido en 6 iteraciones.

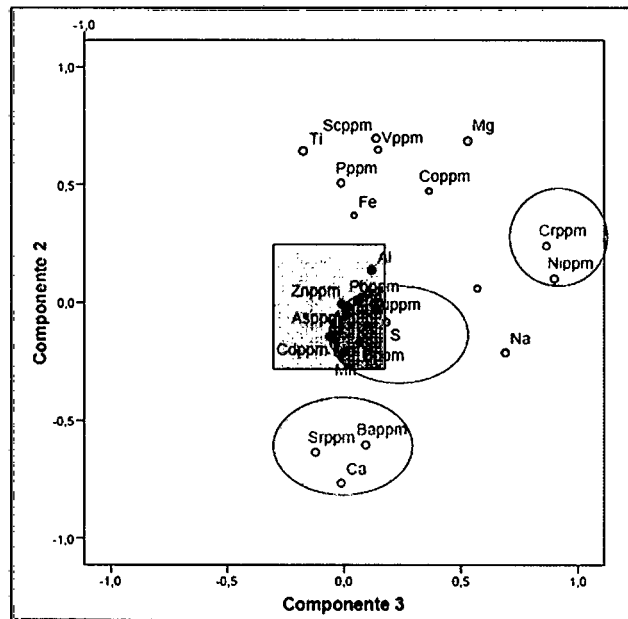


Gráfico 7.3.- Elementos rotados observados desde el componente 1.

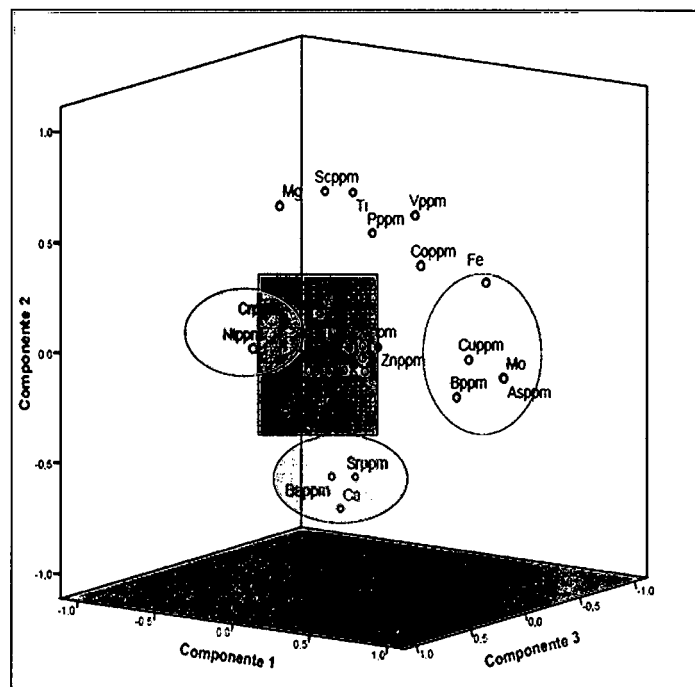


Gráfico 7.4.- Elementos rotados observados en tres dimensiones.



Con los resultados de los 24 elementos para cada muestra, se ha podido determinar 4 familias (**Ver Tabla 7.3**), las cuales han sido analizadas por los métodos de componentes principales y de rotación de elementos (Normalización Varimax con Kaiser). El análisis consiste en ensayar la conversión de 6 interacciones o planos los cuales son observados tridimensionalmente (72.67 % de certeza).

Familia 1.- La primera familia se puede observar tanto en componentes principales como en los de rotación de elementos, enlazando al calcio, estroncio y el bario; elementos que por su afinidad nos determinan que son característicos de magmas máficos. Lo cual nos corrobora que los diques y sills, mapeados y muestreados en superficie son de composición máfica.

Familia 2.- La segunda familia se puede observar tanto en componentes principales como en los de rotación de elementos, enlazando al cromo y níquel; elementos que por su afinidad nos determinan que son característicos de magmas basálticos, correspondientes a las dioritas que se distribuyen en la zona.

Familia 3.- La tercera familia se puede observar tanto en componentes principales como en los de rotación de elementos, al zinc, plomo, azufre, cadmio y manganeso; elementos que por su afinidad nos determinan algún tipo de enlace metálico que haya sido causado por los diferentes eventos que hemos reconocido en la zona de estudio.

Familia 4.- La cuarta familia, nos determina la asociación del arsénico, molibdeno, cobre y boro; elementos que por su afinidad nos puede determinar que son elementos de un segundo enlace metálico.



7.3 ESTUDIO PETROGRÁFICO:

En el presente estudio se recolectaron 12 muestras (**Ver Plano N° 08**), para poder determinar los minerales de cada una de las muestras así como también el tipo de alteración y la diferente clase de asociaciones mineralógicas, texturas, tamaños y porcentajes de los minerales más representativos del área de estudio. A continuación se enumeran las 12 muestras en estudio:

- 1.- Muestra N° Sbt-01
- 2.- Muestra N° Sbt-02
- 3.- Muestra N° Sbt-03
- 4.- Muestra N° Sbt-04
- 5.- Muestra N° Sbt-05
- 6.- Muestra N° Sbt-06
- 7.- Muestra N° Sbt-07
- 8.- Muestra N° Sbt-08
- 9.- Muestra N° Sbt-09
- 10.- Muestra N° Sbt-10
- 11.- Muestra N° Sbt-11
- 12.- Muestra N° Sbt-12

En las siguientes páginas se detalla cada una de las muestras con su respectiva codificación, descripción y problema que presenta dichas muestras y finalmente se presentara los resultados obtenidos por el laboratorio.

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306266.96	Descripción Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629486.14	Roca de composición diorítica ?; presenta	Determinar los minerales en las venillas y
Tipo Muestra	Cota	8	venillas de calcita, prehnita, pumpeyllita, clorita, epidota,	vesículas, y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		cuarzo, adularia ? y arcillas, presenta una	alteración que presenta (Albitización?) Así
Geoquímica	Sondaje	13290	textura porfirítica -vesicular; Las vesículas han sido	como la textura y poder determinar si las
	Prof. Sondaje		reemplazadas por minerales antes mencionados.	plagioclasas originales han sido
				reemplazadas en su totalidad.

Foto:

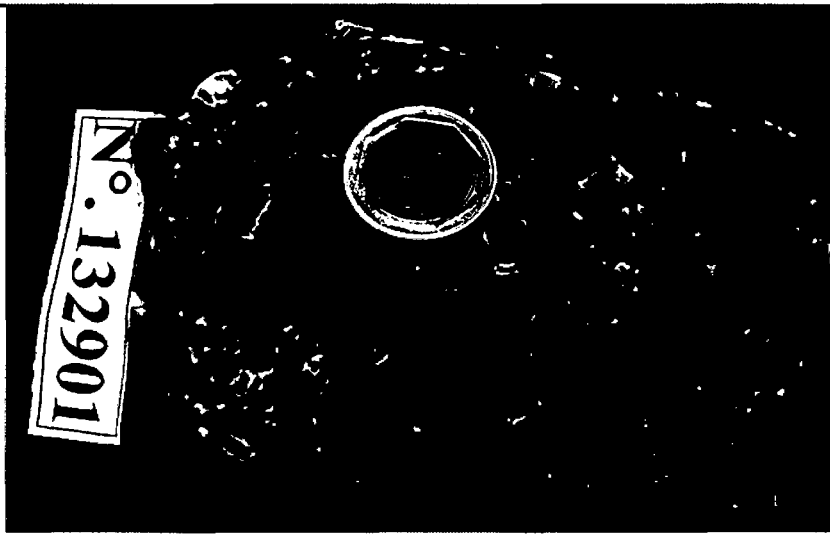


Grafico:



**MUESTRA N° SBT-01**

La muestra corresponde a una roca ígnea intensamente alterada con presencia de cuarzo, prehnita, pumpellyita, clorita, epidota, calcita, albita y plagioclasa.

El **cuarzo** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.5mm. Se encuentra rellenando cavidades en la matriz. Está siendo reemplazada por pumpellyita. Representa aproximadamente el 18% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** se observan moldes de formas tabulares con tamaños hasta de 2mm. Esta reemplazadas por minerales de prehnita y calcita. Representan aproximadamente el 3% del total de la muestra.

La **albita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales de tamaños menores a 0.05mm. Se encuentra rellenando cavidades y microfracturas por toda la muestra. Representa el 2% del total de la muestra.

La **prehnita** es el mineral más abundante en la muestra, se presenta como cristales subhedrales y anhedrales con hábito tabular y de agregados radiales. Se encuentra rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a posibles plagioclasas y a la pumpellyita. Representa aproximadamente el 38% del total de la muestra.

La **pumpellyita** se presenta como cristales subhedrales y anhedrales de hábitos tabulares, aciculares y agregados radiales. Está siendo reemplazada por prehnita. Se encuentra a los bordes de las cavidades y fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra.

La **epidota** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.3mm. Se encuentra rellenando cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

La **clorita** se presenta en agregados microcristalinos, rellenando cavidades y microfracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

La **calcita** se observa en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 1.6mm. Se encuentra rellenando cavidades y fracturas por

toda la muestra. Reemplaza a la prehnita. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

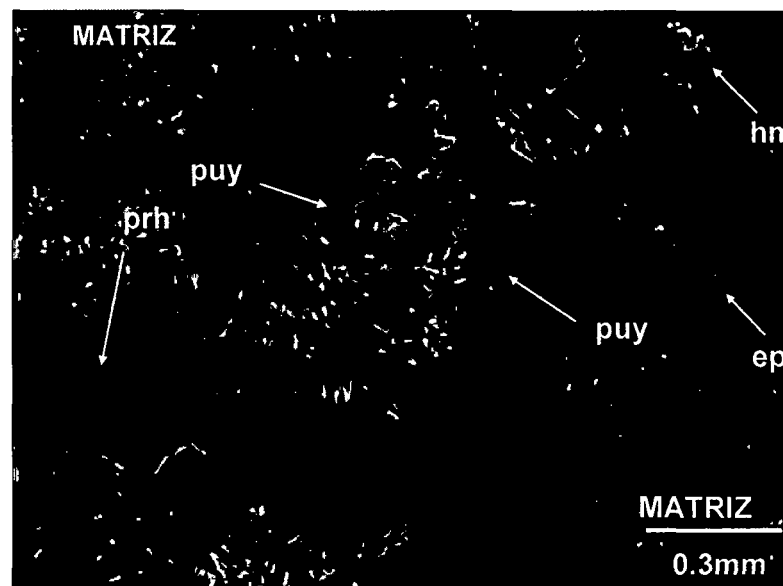
La **hematita** se presenta en pseudocristales de pirita con tamaños menores a 0.3mm. Se encuentra disperso por toda la muestra. Ocurre a nivel de trazas.

La muestra presenta una **matriz** micro a criptocristalina formada de pequeños cristales de prehnita, cuarzo, cloritas, arcillas y óxidos de fierro. Representa aproximadamente el 20% del total de la muestra.

Textura: Porfirítica relíctica

Alteración: Prehnitización y Albitización

Clasificación: Probable roca ígnea Volcánica.



Fotomicrografía N° 7.4.- Se observa una fractura rellena de pumpellyita (puy) y prehnita (prh). La matriz microcristalina está compuesta de cuarzo, prehnita, cloritas, arcillas, hematitas y minerales opacos.



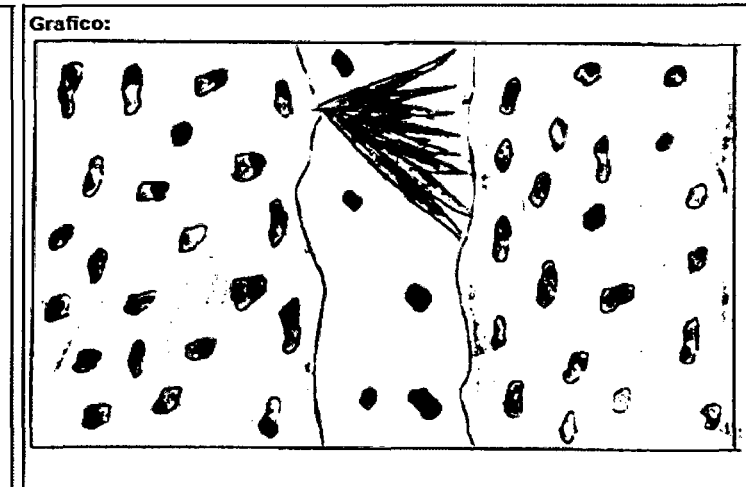
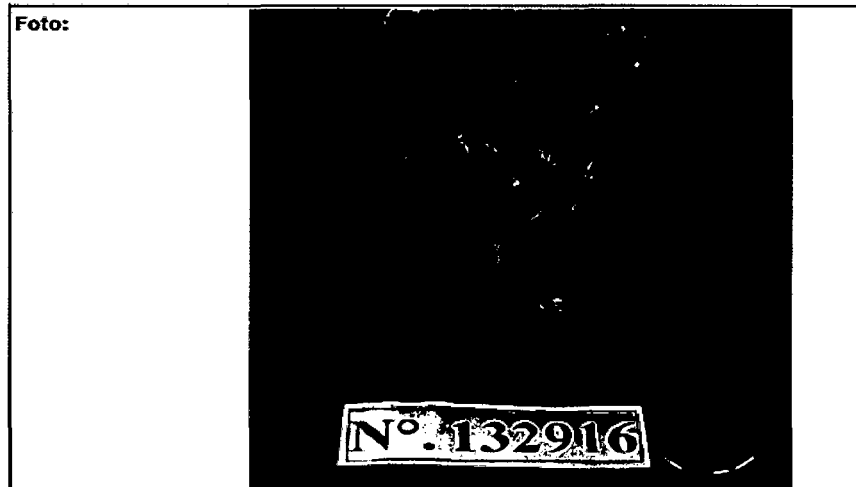
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este <u>306269,89</u>	Descripcion Muestra	Problema
N° Muestra	Norte <u>8629477,32</u>	<u>Roca de composición Diorítica ?;</u>	<u>Determinar los minerales en la venilla y</u>
Tipo Muestra	Cota <u>5</u>	<u>Cortada por una Venilla de Calcita, Prehnita, Pumpeyllita</u>	<u>Vesículas. Y poder definir el tipo de</u>
N° Muestra	Grilla	<u>La Prehnita presenta una cristalización en forma de</u>	<u>Alteración que presenta (Albitización?) Asi</u>
Geoquímica	Sondaje	<u>esferulitos Fibroradiales. La roca presenta Vesículas</u>	<u>como la textura y poder determinar si las</u>
	Prof. Sondaje	<u>Alteradas.</u>	<u>Plagioclasas originales han sido</u>
			<u>reemplazadas en su totalidad.</u>



**MUESTRA N° SBT-02**

La muestra corresponde a una roca ígnea intensamente alterada por minerales como: prehnita, pumpellyita, cuarzo, plagioclasas, calcita, clorita y hematina.

El **cuarzo I (cz I)** ocurre como cristales anhedrales a subhedrales, con playas de tamaños milimétricos. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Está siendo reemplazado por pumpellyita y prehnita. Existe la presencia de un cuarzo II de textura recristalizada o flameante, que se encuentra formando parte del cuarzo I (cz I). Representan aproximadamente el 18% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** ocurren como cristales anhedrales de hábitos tabulares con tamaños menores a 1.2mm. Se observan moldes de ellos reemplazados por albita, calcita y prehnita. Representan aproximadamente el 3% del total de la muestra.

Los **feldespatos (albita)** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.025mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 4% del total de la muestra.

La **prehnita** es el mineral más abundante en la muestra, se presenta como cristales anhedrales a subhedrales de hábitos tabulares y agrupados en agregados radiales tipo "lazo". Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 50% del total de la muestra.

La **pumpellyita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares y agregados radiales, de tamaños menores a 0.1mm. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra.

La **epidota** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.2mm. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

La **clorita** se observa como agregados microcristalinos con agregados fibrosos. Se presenta relleno de cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 4% del total de la muestra.



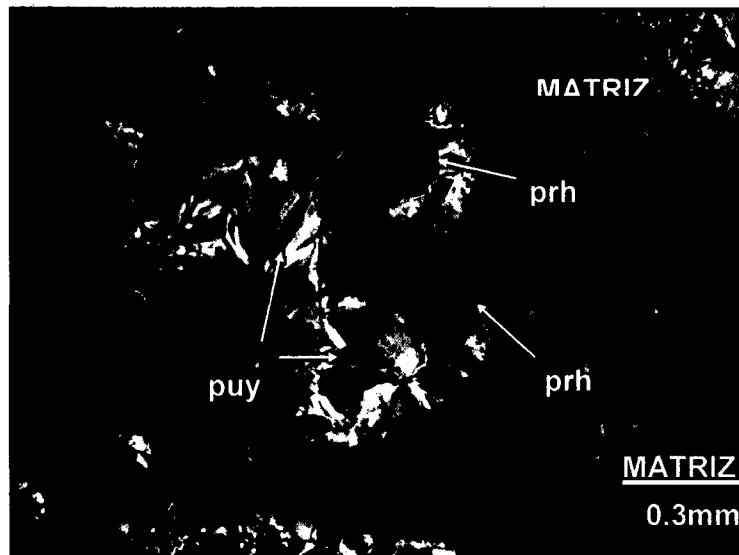
La **calcita** se presenta como agregados microcristalino. Se encuentra relleno de micro fracturas por toda la muestra. Está reemplazando a las plagioclasas y prehnita. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

El talco se presenta como cristales microcristalinos. Se encuentra reemplazando a posibles anfíboles. Ocurre a nivel de trazas. Los óxidos (**hematita y limonitas**) se presentan como cristales anhedrales de tamaños menores a 0.06mm. Se encuentra diseminado por toda la muestra. Tiñen parcialmente a la muestra. Representan aproximadamente el 4% del total de la muestra.

Textura: Porfirítica relíctica

Alteración: Albitización y Prehnitización.

Clasificación: Roca volcánica intensamente alterada.



Fotomicrografía N° 7.5.- Se observa cavidades y fracturas rellenas de prehnita (prh) y pumpellyita (puy) sobre una roca de matriz microcristalina formada de clorita, arcillas, plagioclasas, epidota y óxidos de hierro.

No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometria, Petromineralogía, Estratigraficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

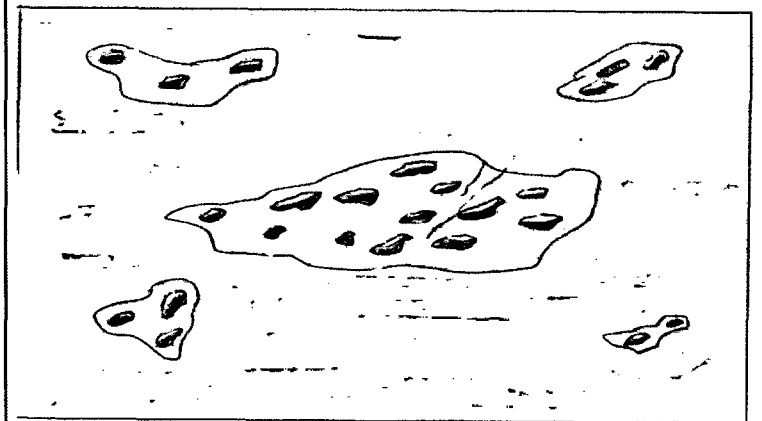
Laboratorio BISA Pais Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306247.19	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629475.96	Roca de composición Diorítica ?;	Determinar los minerales en las venillas y
Tipo Muestra	Cota	10	Cortada por Vnls de Calcita, Prehnita, Pumpeyllita .	Vesiculas. Y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		Roca presenta fuerte presencia de Clorita, Epidota y	Alteración que presenta (Albitización?) Asi
Geoquimica	Sondaje		Arcillas. Presenta también Vesiculas dentro de la roca.	como la textura y poder determinar si las
	Prof. Sondaje			Plagioclasas originales han sido
				reemplazadas en su totalidad.

Foto:



Grafico:



**MUESTRA N° SBT-03**

La muestra corresponde a una roca de matriz microcristalina con microfracturas y cavidades rellenas de cuarzo, prehnita, pumpellyita, carbonatos y epidota. Diseminaciones de minerales opacos por toda la muestra.

El **cuarzo** se observa como cristales anhedrales con tamaños menores a 0.8mm. Se presenta relleno de cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** se presentan como cristales anhedrales con tamaños menores a 0.5mm. Se encuentran como relictos sobre la matriz. Representan aproximadamente el 1% del total de la muestra.

La **prehnita** es el mineral más abundante en la muestra, se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 1.2mm. Se encuentra relleno de fracturas y cavidades por toda la muestra. Está reemplazando a pumpellyita. Representa el 50% del total de la muestra.

La **pumpellyita** se presenta como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos tabulares y aciculares con tamaños menores a 0.6mm. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra.

La **epidota** ocurre como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.2mm. Se presenta relleno de cavidades e intercrecida con los carbonatos. Representa el 8% del total de la muestra.

La **calcita** es el segundo mineral más abundante en la muestra, se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños hasta de 2.8mm. Se encuentran relleno de cavidades y microfracturas por toda la muestra. Reemplaza a la prehnita. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.

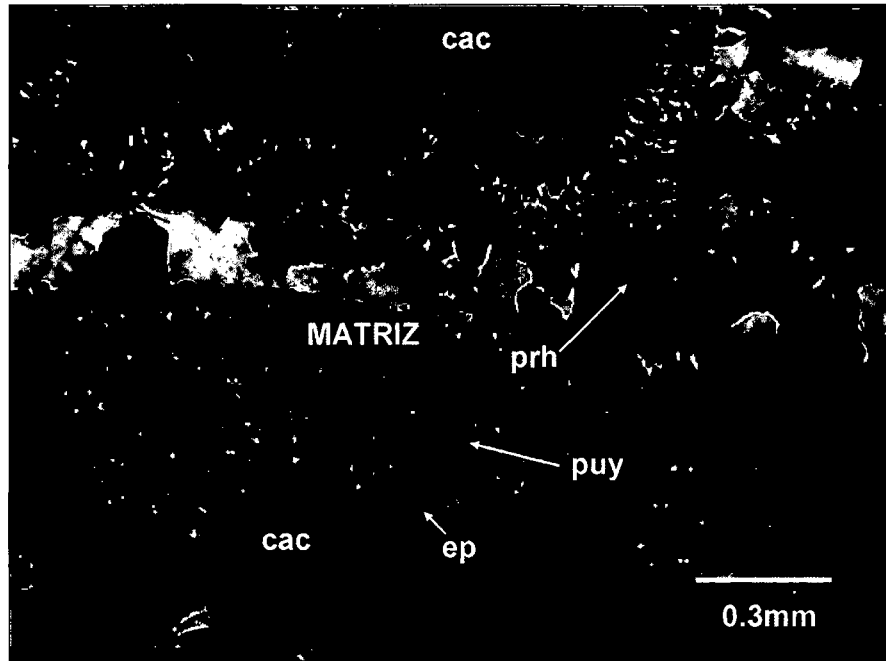
La **matriz** micro a criptocristalina que presenta la muestra está formada de cuarzo, prehnita y carbonatos. Se encuentra con fracturas y cavidades rellenas de prehnita, carbonatos y epidota. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.

Los **minerales opacos** se observa en cristales anhedrales con tamaños menores a 0.04mm. Se presentan diseminados por toda la muestra. Representan aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Textura: Porfirítica relíctica.

Alteración: Carbonatación, epidotización y prehnitización.

Clasificación: Posible roca volcánica alterada a prehnita, pumpellyíta, epidota y calcita.



Fotomicrografía N° 7.6.- Se observa presencia de microfracturas rellenas de prehnita (prh) y pumpellyita (puy). Calcita (cac) rellena cavidades con epidota (ep). Matriz microcristalina formada de prehnita, cuarzo y carbonatos.



B
COMPARA
de Minas **Buenaventura**

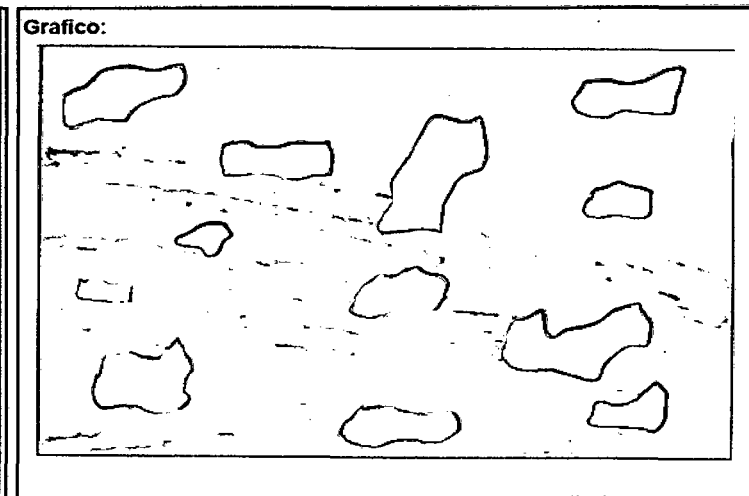
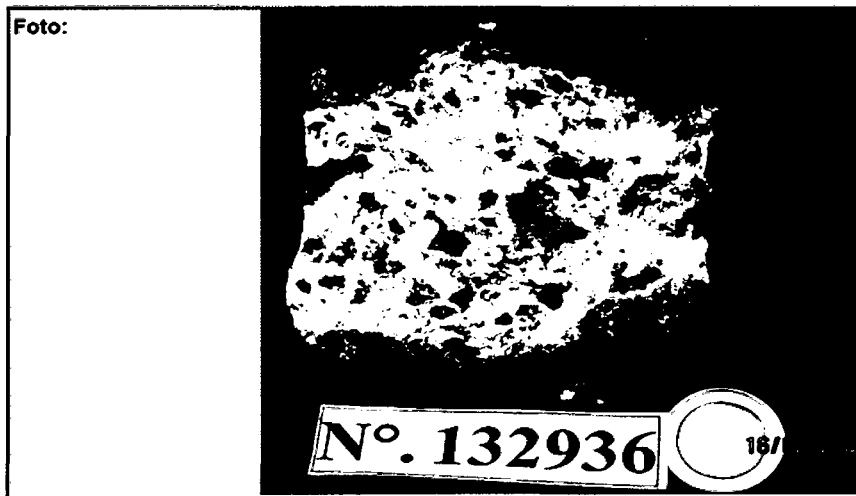
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306169,25	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629451,68	Brecha	Determinar los minerales en La Mtxs. y
Tipo Muestra	Cota	2	Presenta Mtxs. de Calcita, Clorita, Mienerales Rojizos	Clastos. Y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		(Hematita?)Diss + Arcillas Blanquecinas.	Alteración que presenta (Albitización?)
Geoquímica	Sondaje		Clatos de Roca Dioritica (Roca Caja) algunoxs clastos	
	Prof. Sondaje		Cloritizados.	



**MUESTRA N° STB-04**

La muestra corresponde a una roca intensamente reemplazada por minerales como: cuarzo, prehnita, epidota, carbonatos y titanita.

El **cuarzo** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 2mm. Se presenta rellenando cavidades y fracturas junto con epidota y carbonatos. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** se presentan como cristales anhedrales de tamaños menores a 0.3mm. Se encuentran como relictos por toda la muestra. Están reemplazadas por carbonatos y prehnita. Ocurre a nivel de trazas.

La **prehnita** ocurre como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.4mm. Se observa reemplazando a la matriz en su totalidad. Se observa intercrecida con pumpellyita. Representa aproximadamente el 50 % del total de la muestra.

La **pumpellyita** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.3mm. Se presenta rellenando cavidades por toda la muestra. Esta intercrecida con prehnita. Representa aproximadamente el 30% del total de la muestra

La **epidota** se presenta como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos columnares y agregados granulares, de tamaños menores a 0.2mm. Se presenta rellenando cavidades junto con los carbonatos por toda la muestra. Representa aproximadamente el 8% del total de la muestra.

La **clorita** se encuentra como cristales microcristalinos. Se presenta rellenando cavidades por toda la muestra. Ocurre a nivel de trazas.

El **rutilo** se observa como cristales subhedrales de hábitos acicular y fibroso, con tamaños menores a 0.3mm. Se encuentra reemplazando a posibles biotitas. Se observa disperso por toda la muestra. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

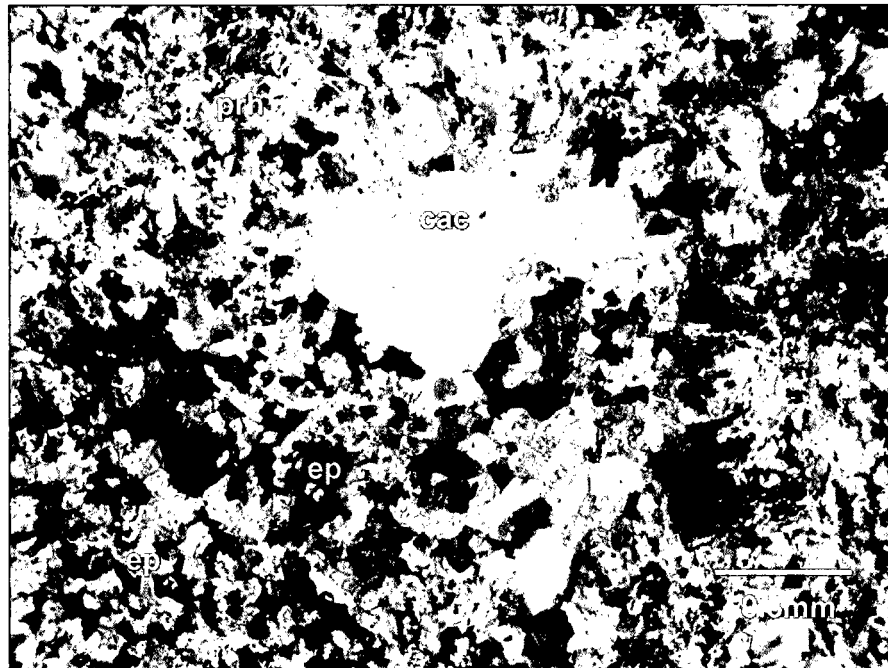
La **calcita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales, con agregados granulares de tamaños menores a 1.2mm. Se encuentra rellenando cavidades y microfracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.



Textura: Porfírica relíctica.

Alteración: Carbonatación, epidotización y prehnitización.

Clasificación: Roca volcánica alterada.



Fotomicrografía N° 7.7.- Se observa prehnita (prh) reemplazada e intercrecida por la calcita (cac) y la epidota (ep).



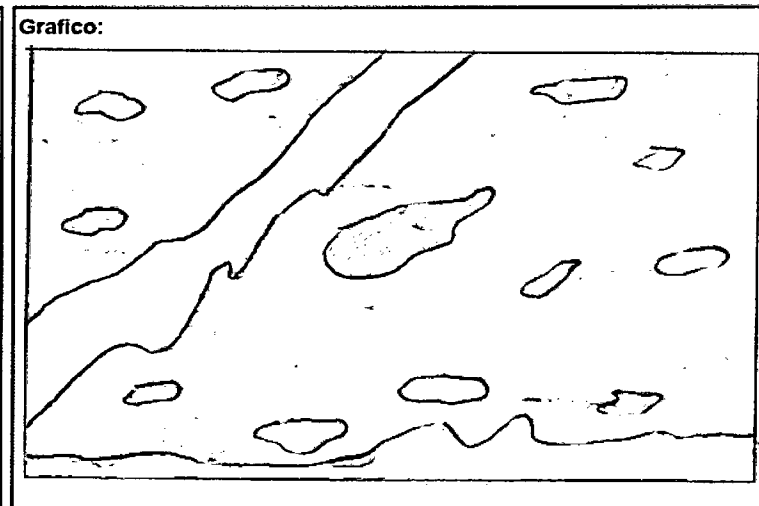
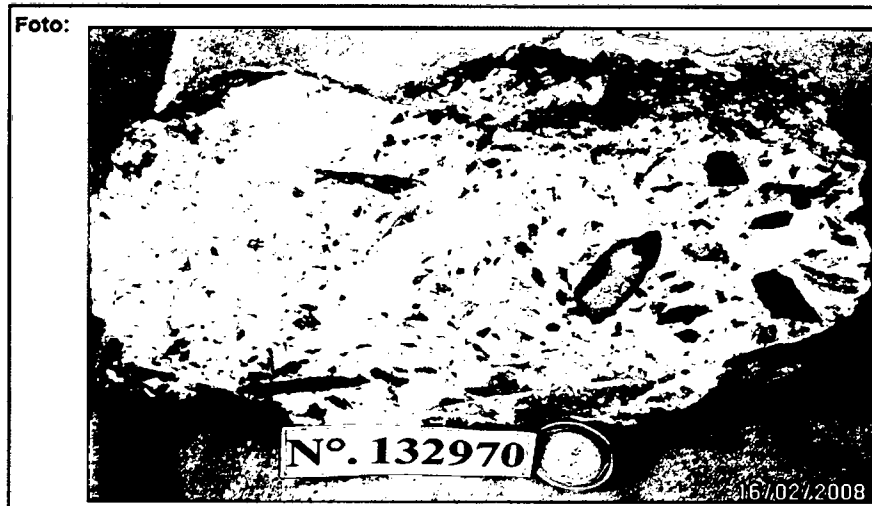
No: ESP0802-02		
DÍA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306733.05	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8628641.02	Brecha	Determinar los minerales en La Mbx. y
Tipo Muestra	Cota	45	Presenta Mbx. de Polvo de Roca, y Calcita.	Clastos. Y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		Clastos de Roca Dioríticas y Grabros Sub Angulosos	Alteración que presenta (Albitización?)
Geoquímica	Sondaje	132970	Algunos clastos estan cloritizados, los bordes de la Bx.	Determinar los minerales que se
	Prof. Sondaje		presenta un contacto con la Roca de Clorita, Calcita	encuentran en el borde de la Brecha.
			y Arcillas.	



**MUESTRA N° STB-05**

La muestra corresponde a una roca brechoide intensamente reemplazada por minerales como: prehnita, pumpellyita, cuarzo, carbonatos, albita, epidota y clorita.

El **cuarzo** se presenta como cristales subhedrales y anhedrales con formas prismáticas y romboédricas, con tamaños menores a 0.5 cm. Se encuentra relleno de cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 4%.

La **prehnita** se encuentra como cristales anhedrales a subhedrales, con formas prismáticas y columnares. Presenta tamaños menores a 0.4mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a la pumpellyita. Representa aproximadamente el 20% del total de la muestra.

La **pumpellyita** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.3mm. Se encuentra relleno de cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.

Los **feldespatos (albita?)** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.9mm. Se encuentran relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra, asociada íntimamente con clorita, calcita y opacos. Representan aproximadamente el 15% del total de la muestra.

La **calcita** se encuentra como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños hasta de 5mm. Se presenta relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra junto a con la epidota. Está reemplazando a la prehnita. Representa aproximadamente el 30% del total de la muestra.

La **epidota** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con formas 0.3mm. Se encuentra relleno de cavidades por toda la muestra. Está reemplazando a prehnita y pumpellyita. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra. La clorita se observa como cristales micro a criptocristalinas. Se presenta relleno de cavidades y microfracturas por toda la muestra acompañado de limonitas. Representa aproximadamente el 5% del total de la muestra.

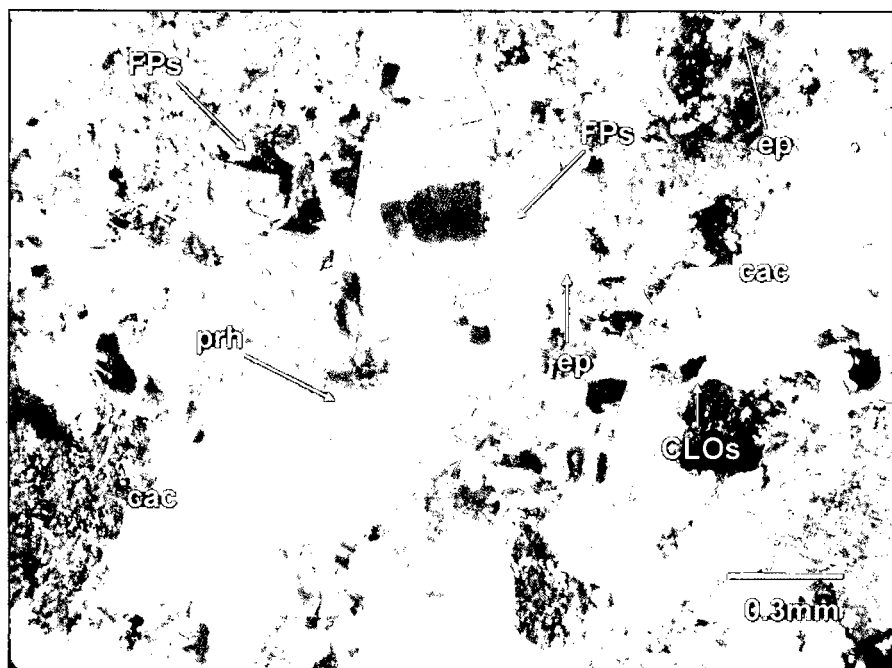


Los **minerales opacos** se presentan como cristales anhedrales de tamaños menores a 0.3mm. Se encuentran diseminados por toda la muestra. Representan aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Textura: Reemplazamiento y relleno de fracturas.

Alteración: Carbonatación, feldespatización, prehnitización y epidotización.

Clasificación: Brecha de fragmentos de rocas volcánicas con material cementante compuesto de prehnita, calcita, arcillas y epidota.



Fotomicrografía N° 7.8.- Se observa presencia de calcita (cac) intercrecida con feldespatos (FPs) y epidota (ep). Microfracturas rellena de prehnita (prh), cloritas (CLOs) relleno de cavidades.



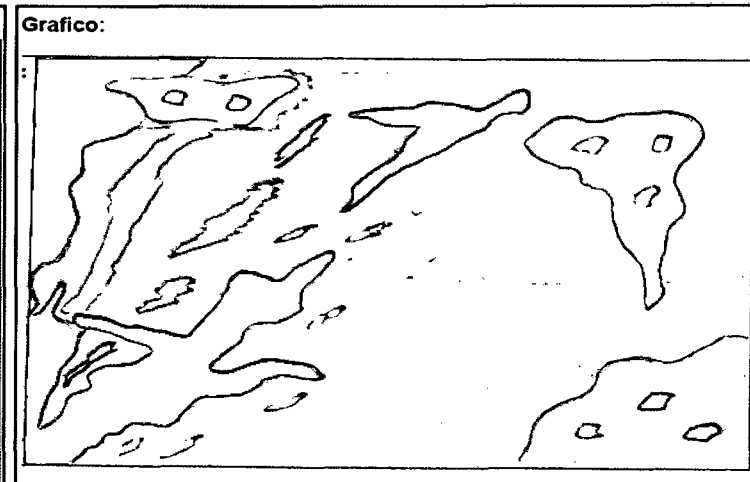
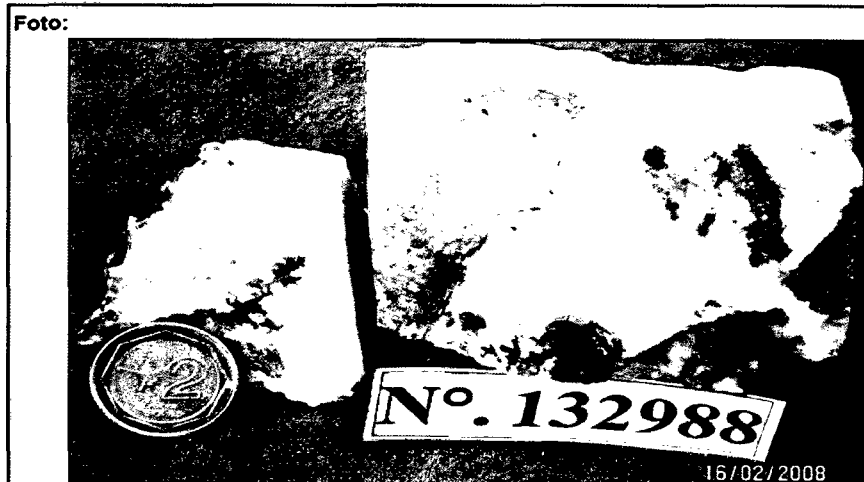
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPECHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometria, Petromineralogía, Estratigraficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz.
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306065,88	Descripción Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629502,16	Roca Dioritica Alterada	Determinar los minerales en las venillas y
Tipo Muestra	Cota	5	Presenta fuerte Alteración Hidrotermal; Calcita, Clorita	Vesiculas. Y poder definir el tipo de
N°Muestra Geoquímica	Grilla		Epidota, Prehinita, Pumpeyllita, Patinas Rojas	Alteración que presenta (Albitización?) Asi
	Sondaje		(Hematita?) + Arcillas.	como la textura y poder determinar si las
	Prof. Sondaje			Plagioclasas originales han sido
				reemplazadas en su totalidad.





MUESTRA N° STB-06

La muestra corresponde posiblemente a una roca ígnea con matriz microcristalina con cavidades y fracturas rellenas de feldespatos, prehnita, pumpellyita, cuarzo, epidota, carbonatos y mineral de aspecto dendrítico posiblemente pirolusita.

El **cuarzo** se observa como cristales anhedrales a subhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentra reemplazada por prehnita y pumpellyita. Se presenta en forma de relictos relleno de cavidades y fracturas. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Los **feldespatos** se presentan en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.5mm. Se presentan relleno de microfracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 2% del total de la muestra.

La **pumpellyita** es uno de los minerales más abundantes en la muestra, se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares y aciculares con tamaños menores a 0.2mm. Se encuentra reemplazando a la matriz a través de cavidades y fracturas. Esta reemplazada por prehnita. Representa aproximadamente el 35% del total de la muestra.

La **prehnita** se presenta en cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares, agrupados en agregados radiales y "lazo". Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a la pumpellyita, cuarzo y a posibles plagioclasas. Representa aproximadamente el 30% del total de la muestra.

La **epidota** se encuentra como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos columnares a granulares, con tamaños menores a 0.5mm. Se presenta relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza



a prehnita y pumpellyita. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.

La **calcita** se presenta como cristales anhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 0.5% del total de la muestra.

La **titanita** se presenta como cristales subhedrales con hábitos aciculares de tamaños menores a 0.2mm. Se encuentra diseminado por toda la muestra. Representa aproximadamente el 2.5% del total de la muestra.

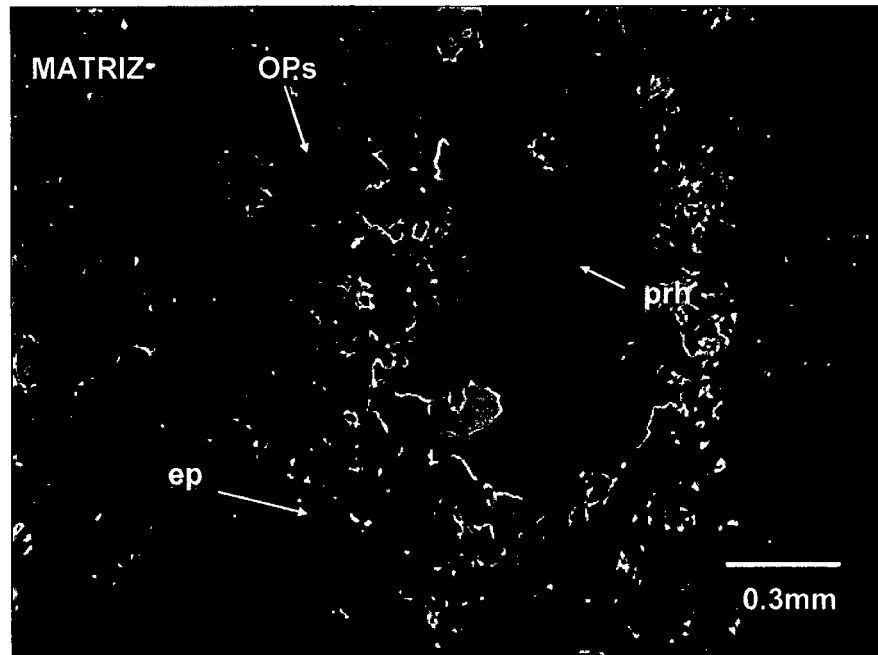
Presenta una **matriz** microcristalina acompañado de pumpellyita, epidota, minerales de titanio (titanita - rutilo) y minerales opacos. También se observa moldes tabulares de posibles plagioclasas rellenas de prehnita y pumpellyita. Representa aproximadamente el 18% del total de la muestra.

Los **minerales opacos** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con formas cúbicas de tamaños menores a 0.6mm. Se encuentran diseminados por toda la matriz. Representan aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Textura: Reemplazamiento.

Alteración: Carbonatación, prehnitización y epidotización.

Clasificación: Roca intensamente alterada.



Fotomicrografia N° 7.9.- Se observa la presencia de cavidades rellenas de prehnita (prh) sobre una matriz compuesta de pumpellyita, epidota, minerales opacos y moldes con relictos de plagioclasas.



No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPECHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306071.78	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629561.61	Roca Dioritica Fuertemenete Alterada	Determinar los minerales en las Venillas y
Tipo Muestra	Cota	8	Presenta Vnlls de Calcita Prehnita, Pumpeyllita, Clorita	Las Escasas Vesiculas. Y poder definir
N°Muestra	Grilla		Minerales Arcillos con tonalidad Rojiza y Arcillas Blanq.	el tipo de Alteración que presenta
Geoquímica	Sondaje		(Hematita?) + Arcillas.	(Albitización?) Asi como Los minerales
	Prof. Sondaje			Rojizos que presenta.

Foto:

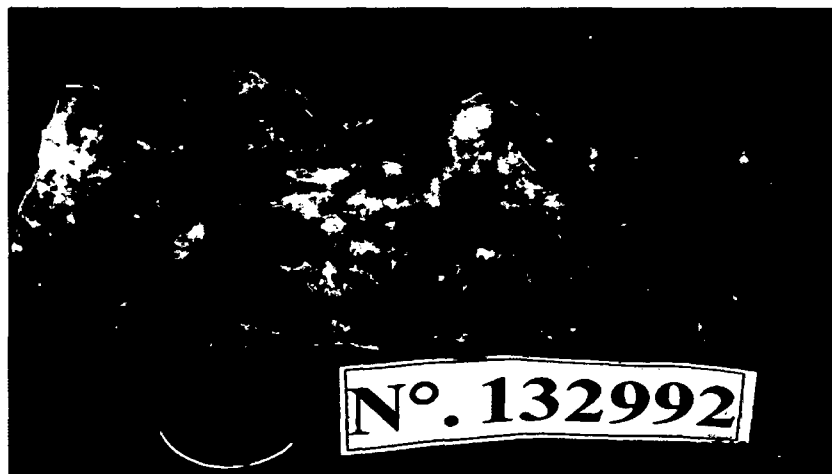
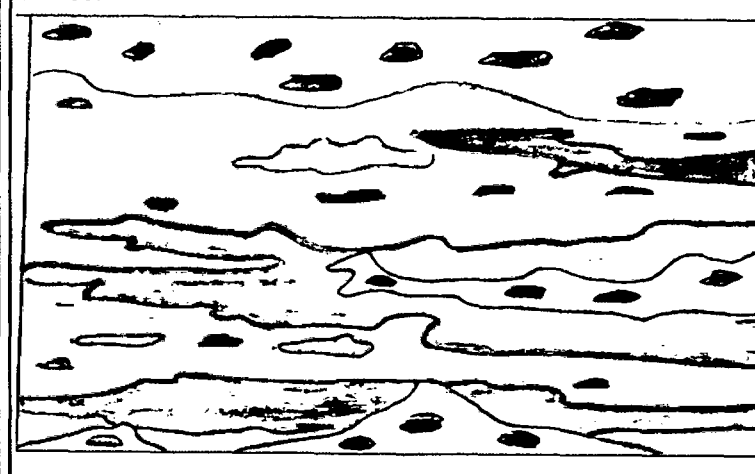


Grafico:





MUESTRA N° STB-07

La muestra corresponde a una roca de matriz ígnea de matriz microcristalina intensamente reemplazada por la prehnita, pumpellyita, epidota, carbonatos y arcillas.

El **cuarzo** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 1.6mm. Se encuentra como relicto en cavidades y fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

Los **feldespatos (albita?)** se presentan como cristales anhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentran rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 5% del total de la muestra.

La **prehnita** es el mineral más abundante en la muestra, se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares y agrupados en agregados radiales, con tamaños menores a 0.2mm. Se encuentra rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza al cuarzo y a la pumpellyita. Representa aproximadamente el 35% del total de la muestra.

La **pumpellyita** ocurre como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares y en agregados radiales, con tamaños menores a 0.3mm. Se presenta rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Esta reemplazada por prehnita. Representa aproximadamente el 30% del total de la muestra.

La **epidota** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos columnares con sección basal en forma de rombo. Se encuentra rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Está reemplazando a la prehnita y cuarzo. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.



La **calcita** se observa como cristales anhedrales a subhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentra rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a la prehnita y la pumpellyita. Representa aproximadamente el 3% del total de la muestra.

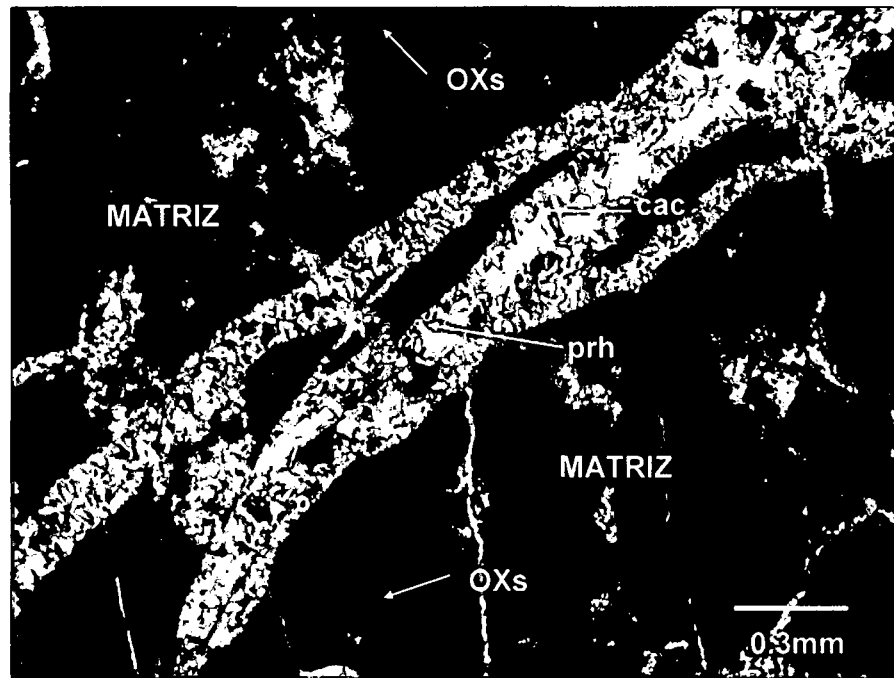
Las **arcillas** ocurren como cristales micro a criptocristalino. Se encuentran rellenando cavidades y fracturas. Están formando parte de la matriz. Producto de la alteración de las plagioclasas. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra. Los óxidos de fierro se presentan en cristales microcristalinos diseminados por toda la muestra. Da una coloración rojiza a la muestra. Representan aproximadamente el 3% del total de la muestra.

Presenta una **matriz** micro a criptocristalina asociada con sericita, arcillas y óxidos de fierro. Se presenta con cavidades y fracturas rellenas de prehnita, pumpellyita, cuarzo, carbonatos y epidota. Representa aproximadamente el 10% del total de la muestra.

Textura: Reemplazamiento.

Alteración: Carbonatación, prehnitización y epidotización.

Clasificación: Roca volcánica intensamente alterada



Fotomicrografía N° 7.10.- Se observa presencia de microfracturas rellenas de prehnita (prh) con calcita (cac), sobre una matriz formada de sericita (ser), arcillas (ARCs) y óxidos de fierro (Oxs).



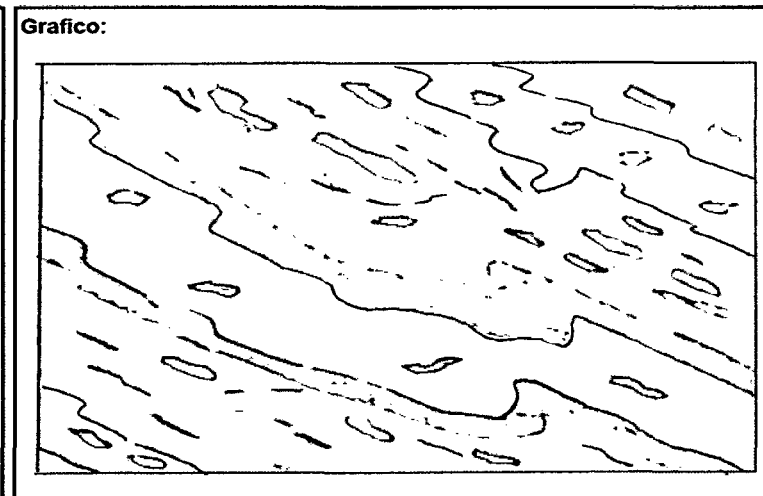
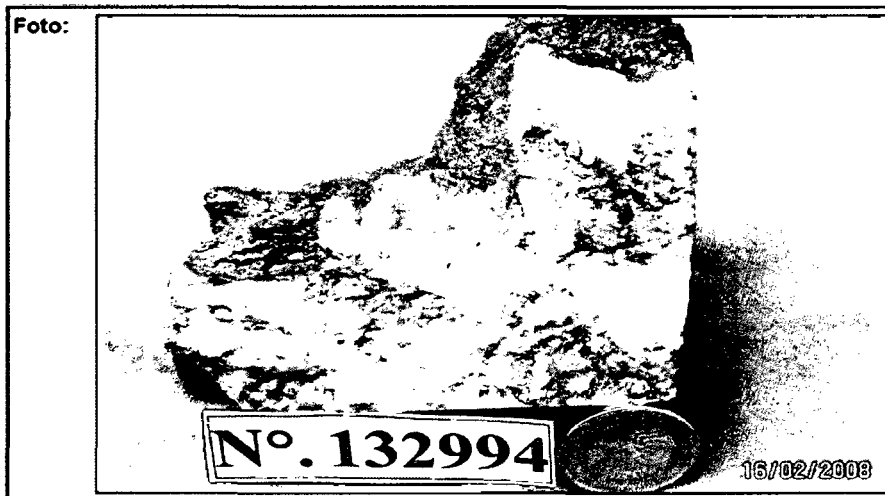
No: ESP0802-02		
DÍA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petromineralogía, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306100.57	Descripción Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629554.07	Roca Diorítica Fuertemente Alterada	Determinar los minerales que se Observan
Tipo Muestra	Cota	8	Presenta Vnlls de Calcita, Clorita, Prehnita, Pumpeyllita,	en la Venilla. Y poder definir
N°Muestra	Grilla		Epidota, Minerales Arcillosos con tonalidad Rojiza	el tipo de Alteración que presenta
Geoquímica	Sondaje		(Hematita). + Arcillas Blanquecinas.	(Albitización?) Asi como Los minerales
	Prof. Sondaje			Rojizos que presenta.





MUESTRA N° STB-08

La muestra corresponde a una roca volcánica de textura porfídica con matriz microcristalina compuesta de plagioclasas y acompañado de clorita, carbonatos, óxidos de fierro y minerales opacos.

Las **plagioclasas** son los minerales más abundantes en la muestra, se presentan como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos tabulares de tamaños menores a 3.2mm. Se encuentran diseminados por toda la muestra. Están reemplazados por calcita y clorita. Representan aproximadamente el 32% del total de la muestra.

La **albita**? Se presenta en cristales anhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentra relleno de pequeñas fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 5% del total de la muestra.

Los **feldespatos potásicos** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.8mm. Se encuentran diseminados por toda la muestra. Representan aproximadamente el 8% del total de la muestra.

Los **piroxenos** (diopsido, augita) ocurren como cristales subhedrales y anhedrales con tamaños menores a 1.5mm. Se encuentran reemplazados por cloritas y epidota, quedando relictos de estos. Representan aproximadamente el 5% del total de la muestra.

Las **cloritas** se presentan como agregados microcristalinos y fibrosos. Se encuentran reemplazando a minerales ferromagnesianos. Se observan relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 10% del total de la muestra.

La **epidota** se observa en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.4mm. Se encuentran reemplazando a minerales ferromagnesianos y relleno de cavidades y microfracturas acompañado de cloritas. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.



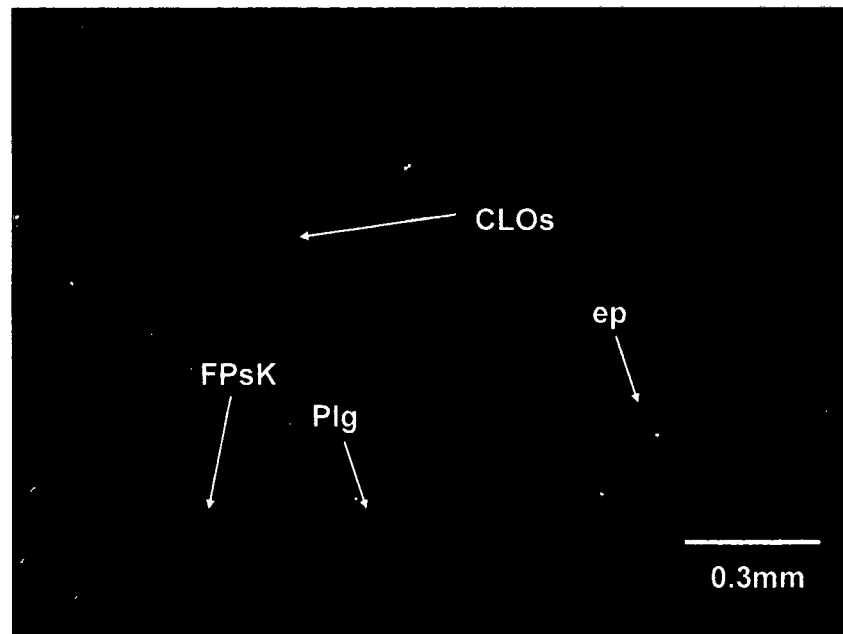
La **calcita** se observa en cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 1mm. Se presenta rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a las plagioclasas. Representa el 1.5% del total.

Los **minerales opacos** (magnetita?) se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.02 mm. Se encuentran diseminados por toda la muestra. Representan aproximadamente el 1.5% del total de la muestra. La **matriz** microcristalina está formada de pequeños cristales de plagioclasas acompañados de clorita, arcillas, minerales opacos y limonitas. Representa aproximadamente el 35% del total de la muestra.

Textura: Porfídica, reemplazamiento y relleno de fracturas.

Alteración: Cloritización, albitización y carbonatación débil.

Clasificación: Andesita.



Fotomicrografía N° 7.11.- Se observa cristales de plagioclasas y moldes de posibles minerales ferromagnesianos reemplazados por cloritas. Microfracturas rellena de epidota y calcita.



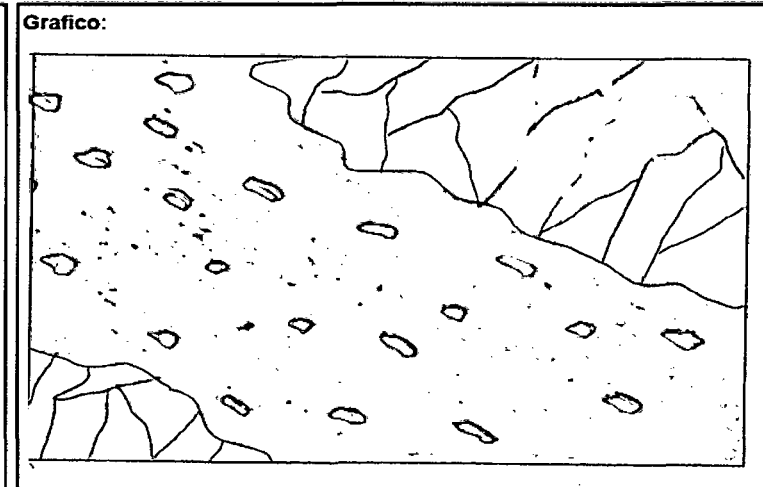
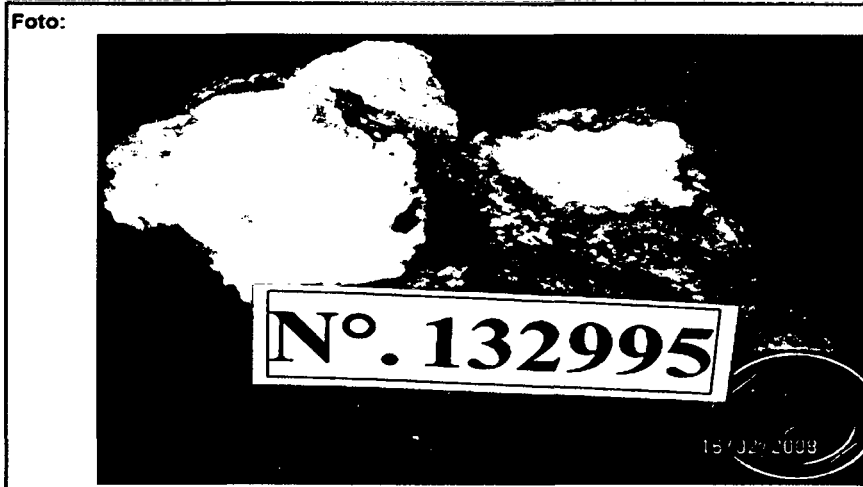
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometría, Petrominerología, Estratigráficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306104,54	Descripción Muestra	Problema
N°Muestra	SBT-09	Norte 8629548,61	Roca Diorítica Fuertemente Alterada	Determinar los minerales que se observan
Tipo Muestra		Cota 12	Presenta Calcita cristalizada, Clorita, Epidota, Prehnita,	en las Venillas. Y poder definir
N°Muestra Geoquímica	132995	Grilla	Pumpeyllita y Minerales Arcillosos	el tipo de Alteración que presenta
		Sondaje		(Albitización?)
		Prof. Sondaje		



**MUESTRA N° STB-09**

La muestra corresponde a una roca intensamente alterada con una matriz reemplazada por epidota, carbonatos.

El **cuarzo** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 1mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

Los **feldespatos** se encuentran como cristales anhedrales en forma de playa de tamaños milimétricos. Se presentan relleno de fracturas por toda la muestra. Se observa reemplazada por prehnita y pumpellyita. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

La **prehnita** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con hábito tabular agrupados en agregados radiales. Se presentan relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza al cuarzo y pumpellyita. Está siendo reemplazada por carbonatos y epidota. Representa aproximadamente el 33% del total de la muestra.

La **pumpellyita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos aciculares y tabulares de tamaños menores a 0.4mm. Se encuentran relleno de cavidades y microfracturas por toda la muestra. Esta reemplazada por prehnita. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra.

La **epidota** es una de los minerales más abundante en la muestra, se presenta como cristales subhedrales y anhedrales de hábito columnar, con sección basal en rombo de tamaños menores a 0.35mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Esta intercrecida con calcita. Representa aproximadamente el 32% del total de la muestra.

La **calcita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se observa relleno de cavidades y



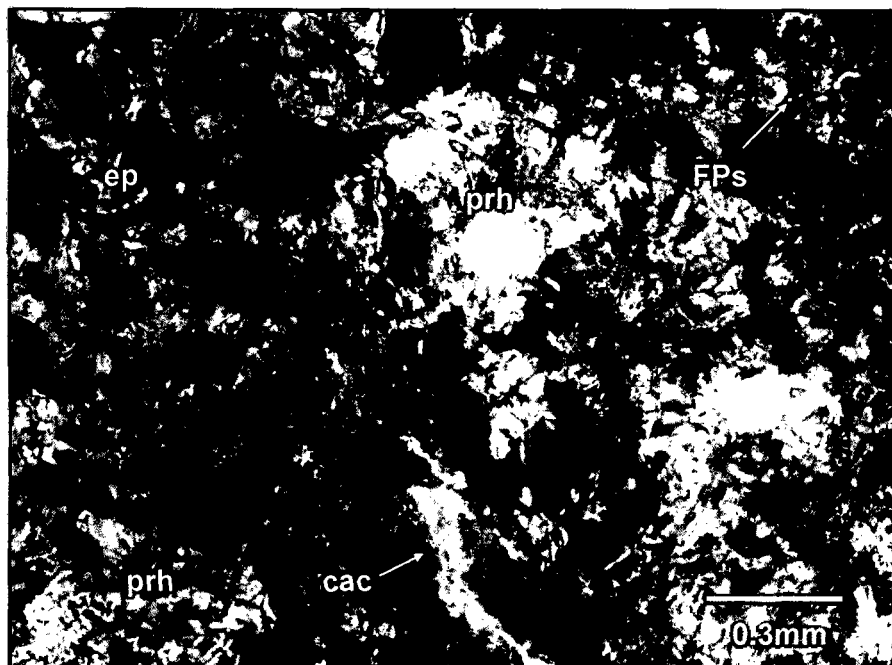
fracturas por toda la muestra. Se encuentra intercrecida con epidota y reemplaza a la prehnita. Representa aproximadamente el 15% del total de la muestra.

El **rutilo** se presenta como pseudocristales de posibles ferromagnesianos. Ocurre diseminado por toda la muestra. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

Textura: Porfírica y reemplazamiento.

Alteración: Prehnitización, epidotización y carbonatación.

Clasificación: Roca intensamente alterada.



Fotomicrografía N° 7.12.- Se observa cristales de epidota (ep) acompañado de carbonatos (CBs). Prehnita (phn) reemplazada por carbonatos.



B
COMUNIDAD
MUNICIPAL
Buenaventura

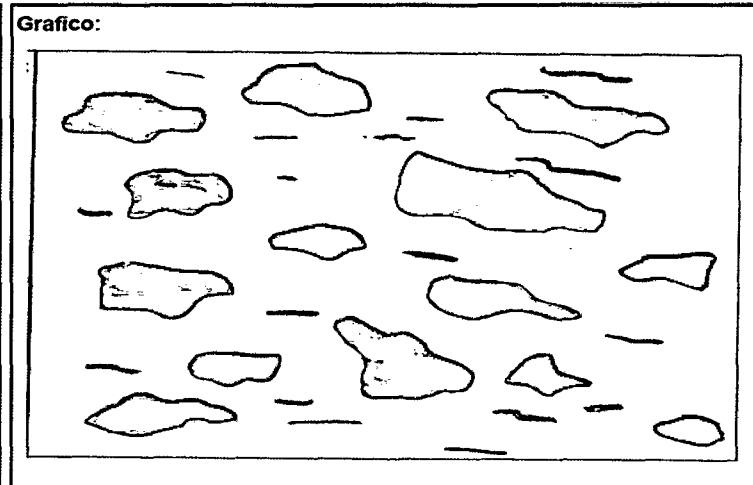
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometria, Petromineralogía, Estratigraficos, Metalurgia y Pruebas fisicas)

Laboratorio BISA Pais Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306096.88	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629556.30	Brecha	Determinar los minerales en La Mtxs. y
Tipo Muestra	Cota	15	Presenta Mtxs. de calcita Prenita y algo de Cuarzo	Clastos. Y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		Clatos de Roca Dioriticas y Grabros Sub Angulosos	Alteración que presenta (Albitización?)
Geoquimica	Sondaje		Algunos clastos estan cloritizados.	
	Prof. Sondaje			



**MUESTRA N° STB-10**

La muestra corresponde a una brecha que presenta clastos de roca volcánica, con material cementante de calcita y prehnita. Existen diseminaciones de óxidos de Fe que dan una coloración rojiza a todos los clastos.

Los **fragmentos de roca** están formados de roca volcánica, con texturas porfídica compuestos de una matriz microcristalina que se encuentra acompañada de minerales como clorita, plagioclasas, ferromagnesianos, feldespatos, carbonatos, minerales opacos y óxidos de hierro. Los fragmentos están clasificados como andesitas. Representan aproximadamente el 62% del total de la muestra.

La **prehnita** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares agrupados en agregados radiales tipo "lazo". Se presentan relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Esta es reemplazada por carbonatos. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

La **clorita** se observa en cristales anhedrales agrupados en agregados fibrosos. Se presenta relleno de cavidades y fracturas. Reemplazan a los minerales ferromagnesianos de los fragmentos de roca. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

La **calcita** es el mineral más abundante en la muestra, se presenta en cristales anhedrales a subhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentra como parte de la matriz de la roca. Reemplaza a las plagioclasas y prehnita. Representa aproximadamente el 30% del total de la muestra.

Los **minerales opacos (magnetita?)** se presentan en cristales anhedrales a subhedrales con hábitos cúbicos y en agregados granulares de tamaños menores a 0.25mm. Se encuentran diseminados por todos los

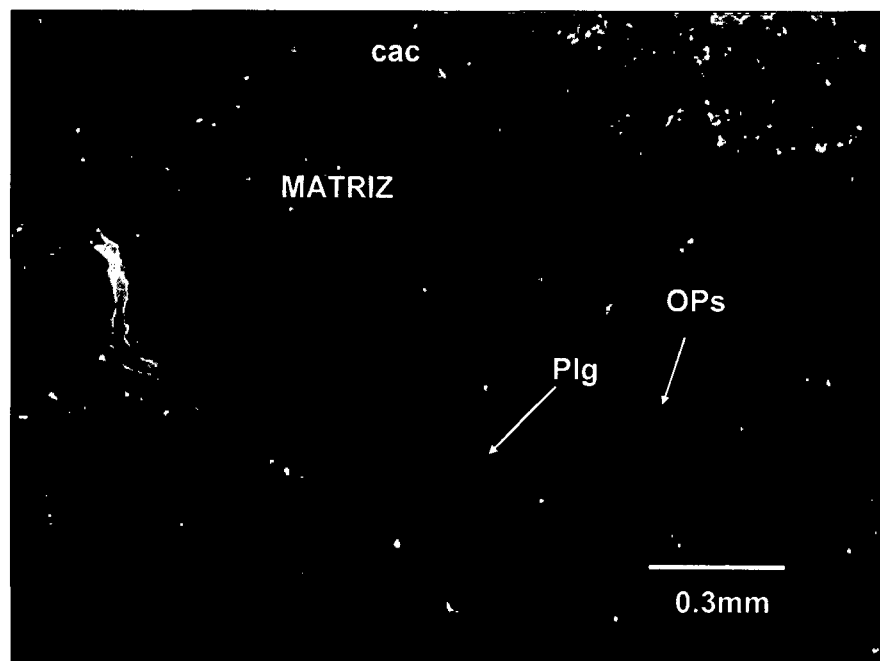


fragmentos de roca, acompañados de óxidos de hierro. Representan aproximadamente el 4% del total de la muestra.

Textura: Brechoide, reemplazamiento y relleno de fracturas.

Alteración: Carbonatación.

Clasificación: Brecha con clastos de roca volcánica.



Fotomicrografía N° 7.13.- Se observa fracturas rellenas de calcita (cac), presencia de plagioclasas (plg) alteradas moderadamente por calcita.



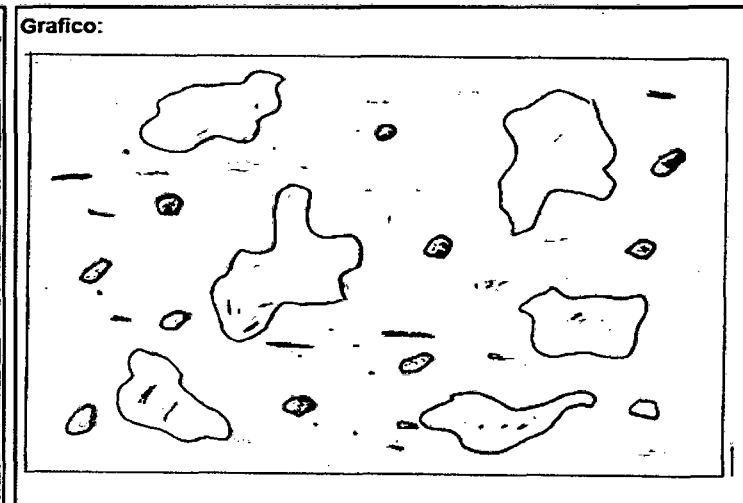
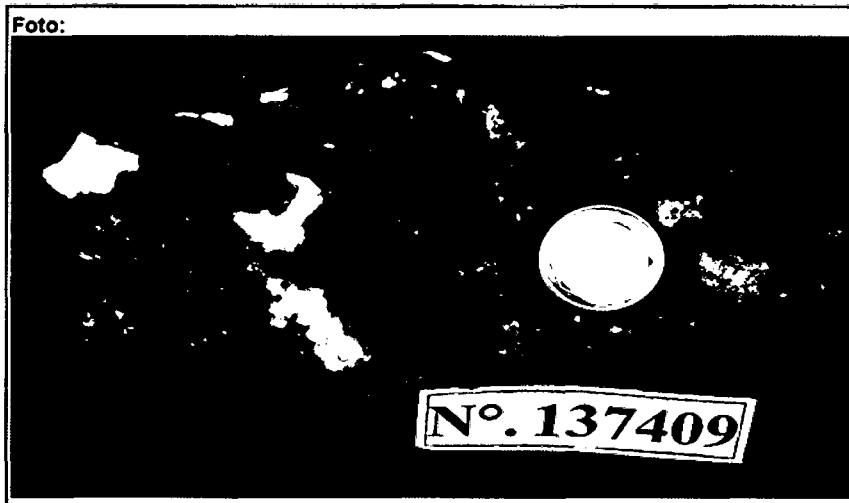
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometria, Petromineralogía, Estratigraficos, Metalurgia y Pruebas físicas)

Laboratorio BISA País Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306094,70	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	Norte	8629548,62	Brecha Volcanoclastica Alterada	Determinar los minerales en La Mtxs. y
Tipo Muestra	Cota	15	Presenta Mtxs.de Cenizas	Clastos. Y poder definir el tipo de
N°Muestra	Grilla		Clatos Que han sido Reemplazados por Calcita, Clorita,	Alteración que presenta (Albitización?)
Geoquímica	Sondaje		Prehnita, Pumpeyllita y Arcillas.	
	Prof. Sondaje			



**MUESTRA N° STB-11**

La muestra corresponde a una roca volcánica formada de plagioclasas, feldespatos potásicos, prehnita, clorita, epidota y diseminaciones de minerales opacos.

El **cuarzo** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos prismáticos y romboedros agudos de tamaños menores a 2mm. Se encuentra relleno de cavidades por toda la muestra. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** son los minerales más abundantes en la muestra, se presentan en cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares de tamaños hasta de 5.5mm. Se presentan dispersos por toda la muestra. Están alterados por carbonatos. Representan aproximadamente el 35% del total de la muestra.

Los **feldespatos potásicos** se observa en cristales anhedrales con tamaños menores a 2.5mm. Se encuentra relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 5% del total de la muestra.

La **prehnita** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.5mm. Se observa relleno de cavidades por toda la muestra. Esta es reemplazada por epidota y clorita, quedando relictos de ella. Representa aproximadamente el 1% del total de la muestra.

La **calcita** ocurre como cristales anhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se presenta relleno de cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplaza a las plagioclasas. Está asociada a clorita y epidota. Representa aproximadamente el 7% del total de la muestra.

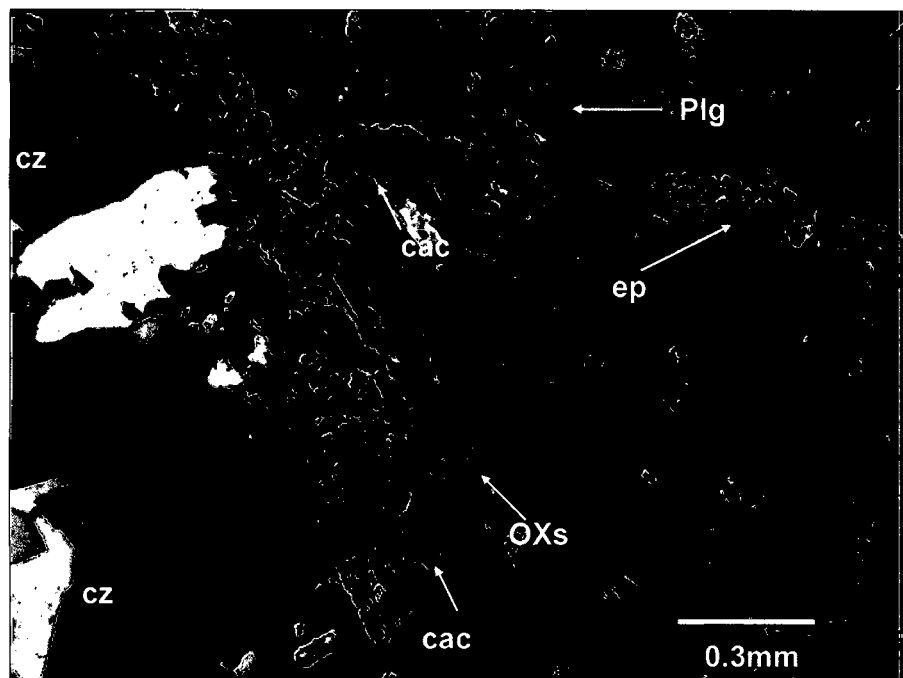
Las **cloritas** se observan como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares, agrupados en agregados radiales. Se presentan relleno de fracturas y cavidades. Reemplaza a la prehnita. Representa aproximadamente el 13% del total de la muestra.

La **epidota** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con habito columnar y agregados radiales, de tamaños menores a 0.4mm. Se encuentra rellenando cavidades y microfracturas por toda la muestra. Representa apro

Textura: Porfídica, reemplazamiento y relleno de fracturas.

Alteración: Cloritización, carbonatación y epidotización moderada a débil.

Clasificación: Roca volcánica de textura porfídica.



Fotomicrografía N° 7.14.-Se observa una cavidad rellena de cuarzo (cz) y óxidos de hierro (Oxs). Existe presencia de plagioclasas (plg) y feldespatos (FPs) como parte de la roca intrusiva, con presencia de microfracturas rellenas de calcita y epidota (ep).




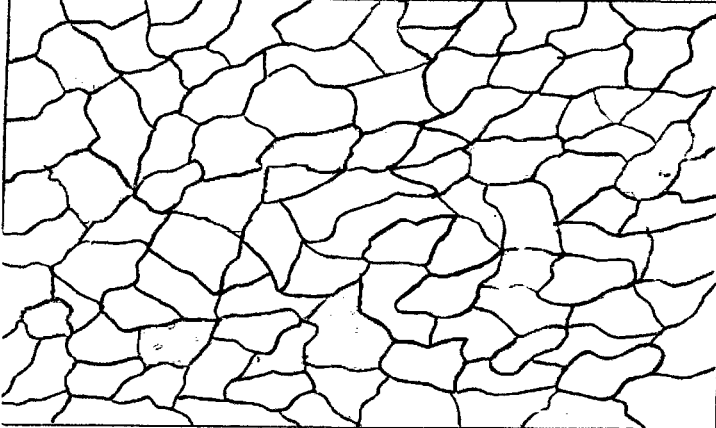
No: ESP0802-02		
DIA	MES	AÑO
20	2	2008

DESPACHO DE MUESTRAS ESPECIALES

(Espectrometria, Petromineralogia, Estratigraficos, Metalurgia y Pruebas fisicas)

Laboratorio BISA Pais Perú
 Enviado por Oficina de Lima Departamento/Estado Lima Responsable Omar Cerna Muñoz
 Proyecto EXPLORACIONES GENERALES Localidad San Bartolo

ID	Este	306094,70	Descripcion Muestra	Problema
N°Muestra	SBT-12	Norte	8629548,62	Determinar los minerales que se encuentra
Tipo Muestra		Cota	15	y minerales Oscuros interlazados con los
N°Muestra		Grilla		cristalizados tanto los minerales Claros
Geoquimica	137409	Sondaje		como Los Oscuros (Olivinos Desarrollados?)
		Prof. Sondaje		

Foto:		Grafico:
		

**MUESTRA N° STB-12**

La muestra corresponde a una roca plutónica moderadamente alterada que presenta una mineralogía de: plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y minerales de alteración como: sericita, cloritas, arcillas, carbonatos y limonitas. Este intrusivo se encuentra en contacto con roca sedimentaria formada de calcita recristalizada, posiblemente mármol, con intercrecimientos de minerales opacos.

El **cuarzo I (cz I)** se presenta como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.6mm. Se presentan intercrecidos con plagioclasas y feldespatos. Se observa en forma de relictos. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra.

El **cuarzo II (cz II)** ocurre como cristales anhedrales a subhedrales con tamaños menores a 0.7mm. Se presenta rellenando cavidades y microfracturas por toda la roca intrusiva. Representa aproximadamente el 4% del total de la muestra.

El **cuarzo III (cz III)** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos prismáticos de tamaños menores a 0.8mm. Se encuentra entre el contacto del intrusivo con la roca carbonatada. Se encuentra relacionado con minerales opacos. Representa aproximadamente el 5% del total de la muestra.

Las **plagioclasas** son los minerales más abundantes en la muestra, se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares de tamaños menores a 4mm. Se encuentran alterados por sericita, arcillas y carbonatos. Representan aproximadamente el 35% del total de la muestra.

Los **feldespatos** se observan como cristales anhedrales con formas redondeadas de tamaños menores a 0.5mm. Se observa reemplazado por arcillas y sericita. Representan aproximadamente el 7% del total de la muestra.



Los **minerales ferromagnesianos** se presentan como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos tabulares. Se encuentran reemplazados por cloritas y limonitas. Representan aproximadamente el 5% del total de la muestra.

Las **cloritas** se presentan como cristales microcristalinos en agrupados en agregados escamosos. Se encuentran reemplazando parcialmente a los minerales ferromagnesianos, junto con los óxidos de hierro. Representan aproximadamente el 4% del total de la muestra.

La **muscovita y sericita** se presentan como cristales subhedrales y microcristalinos con hábitos tabulares y en agregados escamosos. La muscovita se observa formando parte de la roca intrusiva, mientras que la sericita se encuentra reemplazado a las plagioclasas. Ambas representan aproximadamente el 10% del total de la muestra.

Las **arcillas** se observan como cristales micro a criptocristalina. Se presentan reemplazando parcialmente a las plagioclasas y feldespatos. Se observan relleno de cavidades. Representan aproximadamente el 2% del total de la muestra.

Los **carbonatos (calcita)** se observa como cristales anhedrales en forma de playas de tamaños milimétricos. Se encuentran reemplazando parcialmente a las plagioclasas. También se observan relleno de cavidades y microfracturas por toda la muestra. Representan aproximadamente el 4% del total de la muestra.

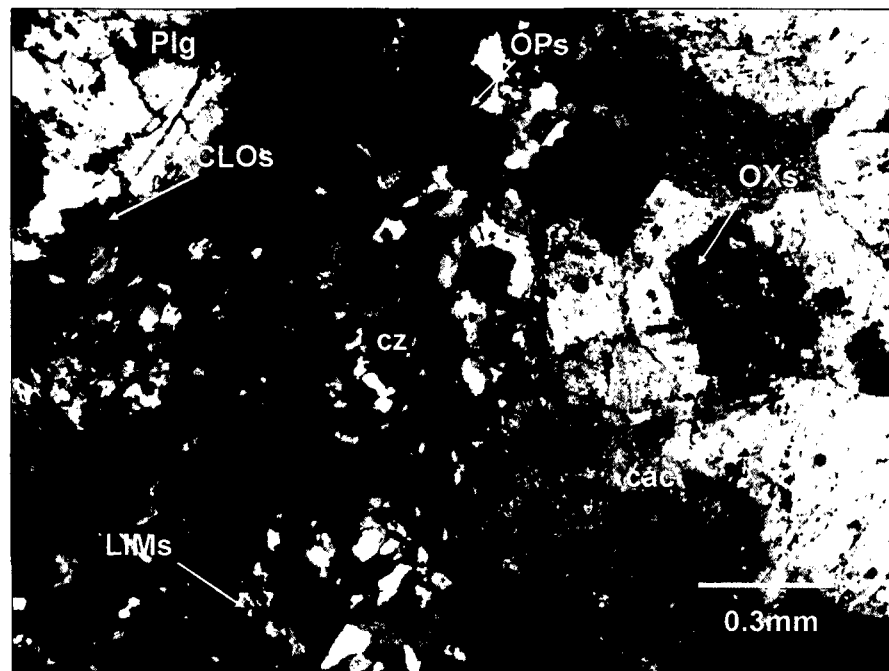
Los **minerales opacos** se observa como cristales anhedrales a subhedrales con hábitos cúbicos de tamaños menores a 0.5mm. Se encuentran diseminados por toda la muestra. Se observan reemplazados por hematita y limonitas. Representa aproximadamente el 2% del total de la muestra. Los **óxidos (hematita y limonitas)** se presentan con rellenos de intersticios y cavidades. Se formaron por alteración de los minerales ferromagnesianos y minerales opacos (pirita). Algunos moldes o pseudoformas de hematita aún conservan relictos de minerales opacos.

Mientras que las limonitas se presentan tiñendo parcialmente a la muestra. Dando una coloración amarillenta. Ambos representan aproximadamente el 20% del total de la muestra.

Textura: Porfídica y reemplazamiento.

Alteración: Sericitización.

Clasificación: Monzodiorita.



Fotomicrografía N° 7.15.- Se observa el contacto entre la roca intrusiva y la roca sedimentaria. Presencia de fracturas rellenas de cuarzo (cz) con minerales opacos (OPs). Calcita (cac) con presencia de minerales opacos oxidados. Cloritas (CLOs) alterando minerales ferromagnesianos acompañados de limonitas (LIMs).



CONCLUSIONES

Al término de la investigación, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

- El mapeo detallado y las tendencias estructurales demuestran que la evolución tectónica determina que las estructuras hipabisales en el área de estudio, se formaron en un ambiente de esfuerzos tensionales y manifestaciones de un centro exhalativo asociado a vulcanismo submarino de tipo fisural. Dicho centro habría estado en actividad dentro de una cubeta encratónica de sedimentación y vulcanismo nerítico ubicada en el margen continental.
- La clara zonación que presentan los enjambres de diques en el área de estudio nos determina que estamos en un ambiente encratónico de separación cortical incipiente que se abortó cuando se activó la subducción entre la placa de Nazca y la sudamericana. Entre el Aptiano y el Albiano del cretáceo inferior (Edad 99.6 +/- 0.9 M.A a 125+/- 1.0 M.A)
- El estudio geoquímico de 82 muestras analizadas, indica anomalías de elementos metálicos: cobre hasta 1120 ppm y 1420 ppm; plomo hasta 1220 ppm y zinc hasta de 851 ppm y 1185 ppm; dichas anomalías se podrían incrementar hacia el sector oeste y noroeste ya que la zonación de diques y sus alteraciones hidrotermales se incrementan hacia ese sector.
- Con el estudio petromineralógico se ha determinado que la prehnita y pumpellyíta son minerales producto de la generación metasomática hidrotermal, ligada al emplazamiento de diques altamente vesiculares. El balance metasomático en las zonas alteradas habría consistido en la hidratación, concentración de calcio y lixiviación de sodio.



RECOMENDACIONES

- Extender los estudios de mapeo geológico a los balnearios de Punta Hermosa, Punta Negra y Pucusana que están alrededor del área de estudio para lograr inventariar los stocks de dioritas y diques similares.
- Debido a la escasa bibliografía existente en nuestro país sobre este tipo de ambientes, se debe seguir desarrollando estudios y mapeos en el litoral peruano.
- Realizar estudios de elementos traza y elementos mayores de los diferentes eventos magmáticos del área de estudio con el fin de determinar la evolución y composición de los mismos.
- Realizar Dataciones a los stocks de dioritas para poder determinar la edad de las intrusiones.
- Desarrollar más estudio de exploración de este tipo de ambientes, considerando que los recursos minerales en la actualidad están siendo agotados.

**BIBLIOGRAFÍA**

- AGUIRRE, L.; LEVI, B. y OH-LER, R (1978): " Uncon-formities as mineralogical breaks in the burial meta-morphis of the Andes". Contrib. Mineral. Petrol, Vol 66, p. 361-366.
- ALEMAN, A.; V. Benavides y W. León (2006).- Excursión Geológica "Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima".
- ATHERTON, M.P.; PICTCHER, W.S Y WARDEN, V. (1983): "The Mesozoic marginal basin of central Perú". Nature, vol. 305, Nbr. 5932, p. 303-306.
- BOILLOT, G. (1984): Geología de los márgenes continentales. Caps. 1, 2 y 3. DEWEY, J.F. 1972. Tectónica de Placas. En: Deriva Continental y Tectónica de Placas. Selecciones de Scientific American.
- DÁVILA, JORGE. (2011): Diccionario Geológico – Ingemmet.
- BUSSELL, M.A. (1983): "Timing of tectonic and magmatic events in the central Andes of Perú". Geol. Soc. London, Vol. 140, p. 279-286.
- HERRON, E.M.(1972): "Seafloor spreading and the Cenozoichistory o the East-Central Pacific". Geol. Soc. Am. Bull., Vol.83, p. 1671-1692.
- JOLLY, W.T. (1974): "Behavior of Cu, Zn and Ni during Prehnite-pumpellyite rank metamorphism of the Kee-weenawan Basalts, northern Michigan". Econ. Gel. Vol. 69, p. 1118-1125.



- LARSON, R.L.; PITTMAN.W.C. (1972): "World-wide correlation of Mesozoic magnetic anomalies, and its implications" Geol.. Soc. Bull., Vol. 83, p. 3645 3662.
- LEVI, B. Y AGUIRRE, L. (1981): "Ensialc spreading subsidence in the Mesozoic and Palaeogene Andes of Central Chile". Geol. Soc. London, Vol. 138, p. 75-81.
- MARTÍNEZ C., J. (2002): "Deriva Continental y Tectónica de Placas", Universidad de Salamanca Curso Capitulo 8 y 9.
- MIRANDA, C; INJOQUE, J.; OSTERMANN, G.; OHNS-MANN, M. Y ANTUNEZ DE MAYOLO, E. (1983): "Mineralización singenética en volcánicos submarinos del grupo casma: Punta Atahuanca, Playa Paraíso Lima". Bol. Soc. Geol. Perú, T. 70, p. 35-46.
- OSTERMANN, G.; CARDOZO, M. Y WAUSCHKUHN, A. (1983): "Descripción y correlación de los depósitos volcánicos sedimentarios del Cretáceo inferior en la región Lima cañete".
- THIERRY, J. (2005): Las dorsales oceánicas: vulcanismo, hidrotermalismo y yacimientos de metales de mañana. Revista científica Dyna, ISSN 0012-7361, Vol. 80, Nº 9, 2005 , pags. 65-70; España.}
- Wegener, Alfred (1966). The Origin of Continents and Oceans. New York: Dover. ISBN 0486617084. tradujo de la 4ª ed. revisada del alemán John Biram.



PÁGINAS WEB

- <http://www.cte.edu.uy/materiales/powerpoint/tierra/introducción%20a%20la%20geotectonica.pp>.
- <http://www.dialnet.unirioja.es/servlet/listaarticulos?tipoDeBusqueda...437...2005>
- <http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/geogenap.html>
- <http://www.glosarios.servidor-alicante.com/geologia/sill-dique-estratiforme>
- <http://www.rekursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/alumno/.../contenido3.htm>
- http://www.unsa.edu.ar/introgeo/.../tectonica_de_placas_fundamentos.pdf



GLOSARIO

1. **Cratónico:** Región, donde aflora o se tiene conocimiento de la existencia de rocas precámbricas o paleozoicas antiguas.
2. **Metasomática:** Reemplazamiento de un mineral por otro de composición diferente; supone una reacción química entre los minerales que forman la roca y el medio que le rodea. De esa forma, la caliza carbonata (CaCO_3) se convierte en espato de hierro (FeCO_3). Consecuencia de los procesos de metasomatismo son los yacimientos metasomáticos.
3. **Tectónica:** Parte de la geología que estudia los plegamientos, las deformaciones y las fallas de la corteza terrestre y las fuerzas internas que los originan.
4. **Exhalativo:** Son depósitos de mineral que se han formado por la liberación de fluidos hidrotermales portadores de mineral en un ambiente submarino o continental, lo que resulta en la precipitación de mineral de tipo estratiforme.
5. **Dioritas:** es una roca plutónica de composición intermedia compuesta generalmente de dos tercios de plagioclasa y un tercio de minerales oscuros como hornblenda, biotita y a veces piroxeno. El equivalente volcánico de la diorita es la andesita. Comparado con otras rocas ígneas la diorita y el magma diorítico-andesítico es rico en agua (H_2O) como se refleja en el 1.15 wt% de agua que las dioritas tienen en promedio. Las dioritas son comunes en zonas de orogenia. Se suelen considerar como las rocas más primitivas de la familia de los granitoides.
6. **Gabros:** Roca ígnea básica (plutónica) de grano grueso formada por plagioclasas básicas (de labrador a anortita; feldespato), un piroxeno (augita y/o hiperstena) y, muy corrientemente, olivino, en



proporciones considerables. La hornblenda, la biotita y el cuarzo pueden aparecer como accesorios. La magnetita, la ilmenita, son accesorios comunes. Con el aumento de minerales ferromagnesianos los gabros pasan a picritas y otros tipos ultrabásicos; pueden convertirse en anortositas con el aumento de feldespato; y con la introducción de feldespatos alcalinos y/o feldespatoides, los gabros pueden derivar a monzonitas-olivínicas y en gabros alcalinos. (Para el límite diorita - gabro, diorita).

Los gabros son los equivalentes de grano grueso de los basaltos volcánicos y de las doleritas.

Desde el punto de vista químico, los gabros tienen poca sílice y mucho Mg y Ca. Tienen muy poco Na y K. El Fe varía desde valores bajos, en los tipos feldespáticos, a valores extremadamente altos, en los ferrogabros ricos en Fe.

7. Hipabisales: Son rocas ígneas formadas en el interior de la corteza terrestre, a decenas o centenares de metros, y a menos profundidad que las rocas plutónicas o abisales. Sinónimos: subvolcánica, hipabismal.

8. Metamórficas: Las rocas metamórficas son el resultado de la transformación de cualquier otro tipo de rocas, ígneas, sedimentarias e, incluso, metamórficas, mediante fenómenos de metamorfismo.

Estos fenómenos debidos al cambio de las condiciones físico-químicas a que estaban sometidas las primitivas rocas, modifican en ellas no sólo su composición mineralógica, sino también la composición química, así como la estructura y la textura.

El grado de metamorfismo de las rocas puede ser distinto, por eso existen transiciones graduales a las rocas metamórficas desde las correspondientes ígneas y sedimentarias.

Los tipos de metamorfismo son: dinámico, cuando la causa de la transformación de las rocas son grandes presiones; de contacto, si la causa ha sido una alta temperatura por proximidad de un magma; y regional, cuando concurren las dos causas anteriores.



Estas especiales condiciones que inciden en la formación de las rocas metamórficas hacen que todas ellas se encuentren cristalizadas. Las presiones, que de una manera constante y con mayor o menor intensidad, siempre se producen en los fenómenos de metamorfismo, hacen que las rocas de este tipo, normalmente, presenten cierta pizarrosidad.

El tamaño de los cristales dependerá de los minerales existentes en la primitiva roca y de los procesos de neoformación y recristalización. Los minerales que componen las rocas metamórficas pueden formarse en el metamorfismo o bien ser los mismos existentes antes de la iniciación del proceso.

9. Máficas: Máfico es un adjetivo que se aplica a un silicato o roca que es rico en magnesio y hierro. La palabra deriva de la contracción de "magnesio" y "férico". La mayoría de los minerales máficos son de color oscuro y su densidad relativa es mayor que 3. Son ejemplos de minerales máficos el olivino, el piroxeno, el anfíbol y la biotita. Son rocas máficas el basalto y el gabro.

10. Lacolito: Masa de roca ígnea, intrusiva, concordante, en forma de cúpula que arquea los sedimentos suprayacentes y presenta una base más o menos plana. Puede ser, compuesto o múltiple, pero este último tipo (algunas veces denominado lacolito cedriforme) se utiliza habitualmente para una serie de lacolitos «apilados» uno sobre el otro en una compleja unión.

11. Isostacia: Tendencia de la corteza terrestre a mantenerse en equilibrio mediante movimientos compensatorios.

El equilibrio isostático se puede romper por:

- Al formarse una cordillera
- Al erosionarse un bloque montañoso, y acumularse estos materiales sobre otro bloque.



- Al aumenta la temperatura y fundir un casquete glaciario que recubre un bloque.

El equilibrio tiende a restablecerse mediante movimientos verticales, que se llaman movimientos epigenéticos.

La idea de que las montañas no son un exceso de carga situado sobre la superficie, sino que su masa visible es compensada por un defecto de masa en profundidad se llama Teoría Isostática.

Actualmente, a la luz de los nuevos datos sobre la estructura y dinámica del manto, los geólogos suponen que el nivel de compensación isostática se debe situar en las zonas profundas del manto, posiblemente en el límite manto/núcleo.

12. Graníticas: Es el adjetivo utilizado para describir a rocas intrusivas de grano grueso, mediano o fino; sus principales elementos son el feldespato, el cuarzo y la mica. Generalmente son de color gris con tonos rosas, verdes y amarillos.

13. Albitización: Proceso de transformación que sufren las ortoclasas, por pérdida de potasio y ganancia de sodio, convirtiéndose de feldespatos potásicos en sódicos.

14. Corteza Sialica: Parte fundamental de la corteza continental, situadas sobre rocas más oscuras y densas que afloran además en el fondo oceánico y que forman el sima. El término alude a que son rocas basadas en silicatos caracterizados por la abundancia de aluminio, en lugar del magnesio que distingue a las rocas del sima.

15. Pizarra: Roca metamórfica, producto del metamorfismo dinámico regional de las argilitas y lutitas, presenta clivaje lamelar o pizarroso. Se forma en ambientes metamórficos de facies de las pizarras. Se caracteriza por su alta resistencia a los esfuerzos perpendiculares a los planos de exfoliación o clivaje. Pizarras se encuentran en formaciones antiguas desde el Cretáceo las más modernas hasta el Ordovícico,



Cámbrico y Pre-Cámbrico. En Lima se observa afloramientos pizarrosos en el Cerro Arrastre (UNI), Morro Solar, Atocongo y Las Casuarinas.

16. Monzódiorita: Roca plutónica, principalmente contiene pagioclasas, y en menores cantidades feldespatos alcalinos, algunas veces puede contener clastos de roca extraños llamados xenolitos.

17. Textura Ofítica: Textura característica de algunas rocas ígneas básicas, especialmente doleritas, que consiste en grandes cristales de augita que encierran, parcial o totalmente, cristales alargados de plagioclasa. El término se aplica raras veces a la aparición similar de otras parejas de minerales, aunque en ciertas doleritas metamorizadas se mantiene esta denominación textural con la hornblenda que sustituye a la augita. Es muy parecida a la textura poiquilítica.

18. Dendritica: Término utilizado para cualquier forma que esté subdividida, ramificada o dicotomizada, dando por tanto la apariencia de una silueta de árbol. Se puede aplicar al drenaje (configuración de avenamiento), ciertas formas minerales, perforaciones orgánicas, etc. Los minerales dendríticos comprenden agregados ramificados de cristales, como, por ejemplo, elementos metálicos, tales como plata, oro, cobre, etc.; sin embargo, aparecen más frecuentemente en forma de depósitos peliculares en grietas, diaclasas, fisuras, etc., depositadas por aguas infiltradas.

19. Fenocristales: Los cristales relativamente grandes que se encuentran en una pasta de grano más fino, constituyendo la denominada textura Porfídica. Los fenocristales son generalmente idiomórficos (euhedrales).

20. Andesina: Es un elemento intermedio en la serie de solución sólida de las plagioclasas, por lo que se compone de un 50 - 70% de albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), y el restante porcentaje de anortita ($\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$).



- 21. Horblenda:** Mineral del grupo de los anfíboles, $\text{NaCa}_2(\text{Mg,Fe}^{2+})_4(\text{Al,Fe}^{3+})(\text{Si, Al})_6\text{O}_{22}(\text{OH,F})_2$, muy extendido en rocas metamórficas o ígneas.
- 22. Labradorita:** Feldespato-plagioclasa de la serie calco-sódica de Tschermak, es un silicato de alúmina calcosódico. Presenta la macla polisintética. Aparece en las rocas ígneas intermedias a básicas, sienitas, traquitas, dioritas, doleritas, gabros, basaltos. Isla Paul, Nain, Labrador, Canadá. Las rocas con alto contenido de labradorita son usadas como rocas ornamentales en fachadas de edificios. Ejm. Edif. del Banco Continental, Jr. Lampa, Lima especialmente las sienitas labradoríticas (laurvickita). El yacimiento más famoso es el de Oslo-Noruega. En el Perú existen sienitas labradoríticas en Ollahecha, San Gabán-Macusani, Puno.
- 23. Augita:** La augita forma parte de una importante serie de solución sólida dentro del grupo de los piroxenos. Los extremos de esta serie son los minerales hedenbergita, $\text{CaFeSi}_2\text{O}_6$, y diópsido, $\text{CaMgSi}_2\text{O}_6$, siendo la augita el mineral intermedio entre ambos. La serie tiene lugar cuando los iones hierro y magnesio son sustituidos por otros iones que varían dando lugar a las distintas variedades de augita.
- 24. Textura pilotaxítica:** Textura de rocas holocristalinas porfídicas con una masa básica esencialmente de microlitos de forma tabular y de listón y a menudo alineados en consecuencia del movimiento de la lava.
- 25. Sincrónica:** Simultaneo, algo que ocurre o se desarrolla al mismo tiempo que otro evento.
- 26. Xenolitos:** Inclusión de una roca preexistente en una roca ígnea. El fragmento puede proceder de la roca encajante, o puede ser un fragmento de roca ígnea que se ha solidificado tempranamente; teniendo así una composición ligeramente distinta. Los xenolitos pueden



presentar reacción extensiva con la roca ígnea y haber padecido una asimilación parcial.

27. Melanocráticos: Término utilizado para describir rocas ígneas constituidas principalmente por minerales oscuros, sobre todo minerales ferromagnesianos. El índice de color correspondiente varía de 60 a 90 en la escala de Shand.

28. Olivino: Se conoce como olivino a un grupo de minerales constituyentes de roca, aunque el nombre se suele ocupar con especial referencia a la principal solución sólida del grupo que es entre forsterita (Mg_2SiO_4) y fayalita (Fe_2SiO_4). Los olivinos son de los minerales más importantes en la clasificación de rocas ígneas. El olivino rico en magnesio destaca por ser el componente principal del manto superior de la Tierra.

En cuanto a su química y estructura los olivinos son nesosilicatos que cristalizan en el sistema cristalino ortorrómbico. La fórmula química de los olivinos es A_2SiO_4 donde A puede ser hierro, magnesio, manganeso o níquel entre otros. Mientras más hierro contiene más denso es el olivino. El color del olivino varía desde verde amarillento, a café y verde oliva siendo este último color la razón de su nombre que viene del latín. Contenidos bajos de hierro (12-15%) le dan al olivino colores verdes y claros, mientras que olivinos ricos en fayalita suelen ser de color café a negro.

29. Serpentina: Las serpentinas constituyen un grupo de minerales que se caracterizan por no presentarse en forma de cristales, excepto en el caso de pseudomorfismo. Son productos de alteración de ciertos silicatos magnésicos, especialmente olivino, piroxenos y anfíboles.

Existen tres formas polimorfas que cristalizan en el sistema monoclinico: La lizardita, la antigorita y el crisotilo. Las dos últimas poseen, además, polimorfos ortorrómbicos.



La antigorita y la lizardita son por lo general macizos de grano fino, mientras que el crisotilo es fibroso de aspecto asbestiforme.

Existen cinco tipos de serpentina, con los ejemplos más importantes en la tabla inferior:

- Antigorita: de color verde oscuro, translúcida.
- Crisótilo o asbesto: formado por fibras finas y paralelas, que se separan fácilmente. (aislante térmico).
- Serpentina corriente: de color oscuro, a veces mineral multicolor.
- Serpentina noble: el color varía entre verde y amarillo.
- Serpentina masiva verde antrico; verdosa jaspeada, utilizada para decoración.

30. Pseudomorfizado: Se llama pseudomorfo al mineral que se presenta bajo la forma cristalina de otro. Los procesos de formación son los siguientes:

- La conversión de un polimorfo, de un compuesto determinado, en otro; p. ej., pseudomorfos de calcita después de aragonito, pirita después de marcasita. Este tipo de pseudomorfo se llama paramorfo.
- La alteración de un mineral; p. ej., yeso procedente de anhidrita (por hidratación), malaquita de azurita (por sustitución de CO_2 por oxidrilo), limonita de pirita (oxidación e hidratación), caolín de feldespato y serpentina de olivino (acción hidrotermal), y cuarzo de fluorita, casiterita de feldespato (sustitución total por sustancias sin relación; posiblemente el relleno de un pseudomorfo negativo: ver más adelante).
- El revestimiento o incrustación de un mineral por otro. Posteriormente se extrae el primer mineral, que deja un molde o pseudomorfo negativo; puede éste rellenarse por otro mineral sin relación alguna con el primero. Se conocen pseudomorfos negativos de cuarzo después de fluorita, calcita y barita, los cuales pueden rellenarse por calcita, pirita, cuarzo, etc.
- La formación por evaporación de una solución salina de cristales de minerales solubles, tales como sal de roca y yeso (evaporitas), que



pueden encajarse fácilmente en lodo. Posteriormente, al secarse el lodo y endurecerse para formar arcilla o lino, puede disolverse el mineral soluble dejando un molde de cristal que se llena a continuación, durante la deposición de las capas posteriores de sedimentos; Debe tenerse en cuenta que este tipo de pseudomorfo se encuentra en las superficies inferiores de los planos de estratificación.

31. Prehnita: La prehnita es un mineral del grupo de los silicatos, subgrupo filosilicatos. Es un aluminosilicato de calcio y aluminio, aunque parte del aluminio puede estar sustituido en hasta un 7% por hierro. Casi siempre se presenta en masas con esferulitos fibroso-radiados, en otras ocasiones como cristales tabulares en crestas. Puede aparecer también como agregados o costras botroidales, globulares, etc. En todos los casos de un bello color verde que es único.

32. Textura porfíritica: Algunos minerales se presentan en forma de grandes cristales (fenocristales) embebidos en un conjunto de elementos de menor tamaño, también llamado matriz, que puede incluso ser de naturaleza vítrea.

33. Microcristalina: Término utilizado para describir una textura que tiene el grano tan fino que se necesita un microscopio para ver los cristales individuales.

34. Pumpellyíta: La pumpellyíta es un grupo de cinco minerales con el mismo nombre, de la clase de los sorosilicatos, y dentro de esta pertenece al llamado "grupo de la pumpellyíta".

- **Pumpellyíta-(Al):**² $\text{Ca}_2\text{Al}_3(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH},\text{O})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- **Pumpellyíta-(Fe2+):**³ $\text{Ca}_2\text{Fe}^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- **Pumpellyíta-(Fe3+):**³ $\text{Ca}_2(\text{Fe}^{3+}, \text{Mg})\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH},\text{O})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- **Pumpellyíta-(Mg):**⁴ $\text{Ca}_2\text{MgAl}_2(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$
- **Pumpellyíta-(Mn2+):**⁵ $\text{Ca}_2\text{Mn}^{2+}\text{Al}_2(\text{SiO}_4)(\text{Si}_2\text{O}_7)(\text{OH})_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$



- 35. Plagioclasa:** Los feldespatos sódicos y cálcicos forman una serie continua de soluciones sólidas que se denominan plagioclasas. Son triclinicos. El escalafón va desde pura plagioclasa sódica (albita, en forma abreviada Ab) hasta plagioclasa cálcica pura (anortita, en forma abreviada An).
- 36. Clinoperoxeno:** Grupo de piroxenos que cristalizan en el sistema monoclinico.
- 37. Pilotáxico:** Textura de las rocas volcánicas definida por el contenido alto de vidrio con diminutos cristales.
- 38. Cataclásticas:** Textura que presentan las rocas metamórficas y fragmentarias desarrolladas en la catazona.
- 39. Calcáreos:** Roca compuesta esencialmente por carbonato de calcio (calcita). Las rocas calcáreas se forman generalmente de la precipitación química del CaCO_3 carbonato de calcio o de la acumulación de fragmentos de conchas calcáreas. Las primeras son inorgánicas, las segundas orgánicas. Las rocas calcáreas al erosionarse presentan un paisaje muy peculiar denominado paisaje cárstico. Esta erosión da formas de relieves superficiales hermosas y variadas, (ver Carst), tanto en superficie como en subterráneo (cavernas). Las rocas calcáreas son usadas en la producción de cemento, calcificación de suelos y en metalurgia como fundente. El mármol que es una roca calcárea se utiliza como roca ornamental.
- 40. Basalto:** Roca ígnea volcánica básica. Contiene esencialmente minerales ferromagnesianos (augita, hornblenda), feldespatos, plagioclasas y olivino. Se solidifica presentando prismas hexagonales "basalto columnar". Se erosiona dando la impresión de tener la morfología tipo carst. Su alteración da lugar a la formación de suelos calco-sódicos o magnesianos. Se le usa como roca ornamental.



- 41. Subhedral:** Dícese del mineral que está limitado parcialmente por facetas racionales y parcialmente por superficies formadas por minerales preexistentes. Mineral que posee caras o facetas euhedrales y anhedrales.
- 42. Anhedrales:** Ver alotriomórfico. An = sin, Edro = cara. Mineral que no posee sus caras definidas.
- 43. Criptocristalina:** Minerales que no presentan estructura cristalina definida, es decir que son amorfas. Su solidificación ha sido bastante rápida y generalmente se halla relleno los espacios libres de las rocas.
- 44. Esferulitos:** Cristal esferoidal componente de una roca, en agregados de diferentes formas. Ejm. pórfido esferolítico.
- 45. Titanita:** Nesosilicato de titanio y calcio, $\text{CaTi}(\text{O}, \text{SiO}_4)$, cristaliza en el sistema monoclinico, cristales de forma de cuña, el color varía de blanco a amarillo verdoso, y de castaño oscuro a negro. Es mineral accesorio de las rocas ígneas ácidas, en algunas cantidades es mena del titanio. Sinónimo: Esfena.
- 46. Rutilo:** Oxido de titanio, TiO_2 , cristales prismáticos con terminaciones bipiramidales del sistema tetragonal, presenta la macla en "Codo del rutilo". Se encuentra en granitos, pegmatitas, gneis, esquistos micáceos, calizas y dolomitas metamórficas, color rojo, rojizo o negro, se le usa como gema, en soldadura, en electrodos de los arcos voltaicos, para dar color amarillo a los dientes postizos y a la porcelana y en aleaciones.
- 47. Ferromagnesianos:** Minerales componentes de las rocas ígneas en los cuales predominan los elementos hierro y magnesio. Tienen generalmente colores oscuros y son densos. Ejm. el grupo de las micas (biotita, lepidolita), el grupo de los anfíboles (hornblenda, antofilita,

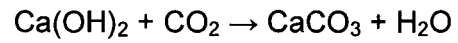


tremolita, etc.) el grupo de los piroxenos (augita, enstatita, espodumena, etc.)

- 48. Clorita:** Silicato de magnesio, $(\text{Si}_4\text{O}_{10})\text{Mg}_3(\text{OH})_2.\text{Mg}_3(\text{OH})_6$, cristales pseudo hexagonales tabulares primstáticos del sistema monoclinico, parecida a las micas. Producto de la alteración de los silicatos aluminicos y de metamorfismo (esquistos cloriticos), clorita significa verde. Pertenecen al grupo de las cloritas: Clinocloro, pennina y proclorita.
- 49. Epidota:** Sorosilicato, cristales prismáticos columnares del sistema monoclinico color verde oscuro, se presenta en masas fibrosas. Se forma en las rocas metamórficas entre las facies de esquistos verdes y anfibolitas. A veces se le usa como gemas. Epidosis = incremento.
- 50. Calcita:** Mineral cuya fórmula es CO_3Ca . Cristaliza en el sistema romboédrico, es uno de los minerales más comunes de la superficie terrestre. Es el mineral esencial de las rocas calcáreas (caliza, mármol, travertino, toba calcárea, etc.). Efervece fácilmente con HCl, tiene dureza 3 y peso específico 2.7 La variedad límpida y perfectamente cristalina recibe el nombre de Espato de Islandia y sirve para medir el índice de refracción de los minerales. La calcita cristaliza en las cavernas por precipitación química de las aguas cargadas de carbonato de calcio formando las estalactitas, estalagmitas, etc.
- 51. Textura porfídica:** Son rocas con cristales grandes (llamados fenocristales) incrustados en una matriz (llamada pasta) de cristales más pequeños. Se forman debido a la diferente temperatura de cristalización de los minerales que componen la roca, con lo que es posible que algunos cristales se hagan bastante grandes mientras que otros estén empezando a formarse. Una roca con esta textura se conoce como pórfido.



52. Carbonatación: La carbonatación es una reacción química en la que el hidróxido de calcio reacciona con el dióxido de carbono y forma carbonato cálcico insoluble:



53. Brechoide: Estructura de una roca que toma el aspecto de una brecha.