



Proyecto GR-1

**El Arco Magmático Cretaceo / Paleogeno,
nuevas Contribuciones Estratigráficas, y
Geoquímicas; Arequipa-Tacna
Sur de Perú**

William MartínezValladares
John Cervantes Garate

Dirección de Geología Regional

Diciembre 2006



Proyecto GR-1

**El Arco Magmático Cretáceo / Paleógeno,
nuevas Contribuciones Estratigráficas, y
Geoquímicas; Arequipa-Tacna
Sur de Perú**

William Martínez Valladares
John Cervantes Garate

Dirección de Geología Regional

Diciembre 2006

Contenido preliminar

- 1 **Introducción**
 - 1.1 **Ubicación**
 - 1.2 **Objetivo del Estudio**
 - 1.3 **Investigaciones Anteriores**
 - 1.4 **Método de Trabajo**
 - 1.5 **Trabajos en Campo y Gabinete**
 - 1.6 **Análisis Químicos**
 - 1.6.1 **Elementos Mayores**
 - 1.6.2 **Elementos Traza**
 - 1.7 **Agradecimientos**

- 2 **ESTRATIGRAFIA**
 - 2.1 **Unidades Estratigráficas de la Región**
 - 2.1.1 **Estratigrafía del Sur Oeste del Perú**
 - 2.1.2 **Paleo-Proterozoica**
 - 2.1.3 **Paleozoica**
 - 2.1.4 **Mesozoica**
 - 2.1.5 **cordillera de la Costa**
 - 2.1.6 **Cordillera Occidental**
 - 2.1.7 **Evolución Sedimentaria del Devoniano – Cretáceo inferior del Sur Oeste Peruano**
 - 2.2 **Unidades Intrusivas de la Región**
 - 2.2.1 **Súper Unidad Linga**
 - 2.2.2 **Súper Unidad Yarabamba**
 - 2.2.3 **Sub-Volcánicos y Diques**

- 3 **TECTONICA**
 - 3.1 **Análisis Estructural**
 - 3.2 **Mapa Tectónico Estructural (falta)**
 - 3.3 **Microtectónica**
 - 3.4 **Geodinámica**

- 4 **DATACIONES ISOTOPICAS**
 - 4.1 **Formación Guaneros Hacienda Chucarapi**
 - 4.2 **Diques que cortan a la Formación Guaneros Quebrada El Bronce**
 - 4.3 **Formación Guaneros Quebrada Honda**

- 5 **RAZONES ISOTÓPICAS**
 - 5.1 **Resultados e Interpretación**
 - 5.2 **Isótopos $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$**

6 PETROGRAFÍA

6.1 Unidades Volcánicas

6.1.1 Formación Chocolate

6.1.2 Formación Guaneros

6.1.3 Formación Matalaque

6.2 Unidades Intrusivas

6.2.1 Batolito Atico - Camana

6.2.2 Súper Unidad Punta Coles

6.2.3 Súper Unidad Ilo

6.2.4 Sub-Volcánicos Asociados

7 GEOQUÍMICA DEL VOLCANISMO JURÁSICO Y PLUTONES ASOCIADOS

7.1 Consideraciones Generales

7.2 Estudios Geoquímicos Anteriores

7.3 Geoquímica del Magmatismo Permiano al Jurásico – Cretáceo

7.4 Volcanismo e Intrusivos – Geoquímica

Parte I – Arequipa – Moquegua

7.5 Volcanismo e Intrusivos – Geoquímica

Parte II – Arequipa – Moquegua – Tacna

7.6 Volcanismo e Intrusivos – Geoquímica

Parte III – Tacna

7.7 Volcanismo e Intrusivos – Geoquímica

Parte IV – Moquegua - Tacna

8 SÍNTESIS GENERAL

8.1 Formación Chocolate: Un Magmatismo de Arco Emplazado en un Rift del Permiano medio

8.2 Geoquímica de las Unidades Jurásicas – Cretáceas en la Cordillera de la Costa (Punta de Bombón – La Yarada). Relación con los Depósitos de Pórfidos de Cobre y Sistemas Vetiformes

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo proporciona una síntesis detallada de nuevos datos estratigráficos, petrográficos y geoquímicos de la secuencias Jurásicas y Cretáceas obtenidos en el marco del proyecto de investigación GR-1 "Estudio de los Arcos Magmáticos Mesozoicos – Cenozoicos en el Sur de Perú", teniendo como producto de la actualización de la Carta Geológica Nacional a escala 1:50,000 en la faja costanera

Las relaciones espaciales demuestran que posiblemente desde el Permiano medio hasta el Jurásico – Cretáceo, existió una sedimentación volcano-sedimentaria cuyas firmas geoquímicas indicarían un magmatismo de Arco. Este magmatismo estaría dividido por lo menos en tres Arcos: Chocolate, Guaneros y Matalaque, cada uno con características estratigráficas y geoquímicas diferentes, que han sido asociados a un sistema de sedimentación de tipo "Rift", Arco insular y Arco continental respectivamente. El Arco Chocolate esta asociado a niveles volcánicos y sub-volcánicos producidos en un ambiente cortical delgado y mas contaminado que el Arco Guaneros, el cual tiene mas firma de manto sin aparente contaminación cortical del Complejo Basal de la Costa (CBC) así como sedimentos aportantes de la placa subductada conocida como Farallón. (MARTÍNEZ, W., ZULOAGA, A. 2002)

La **Formación Chocolate** está expuesta discretamente entre las ciudades de Arequipa y Tacna en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur de Perú, pero se pueden ubicar sus afloramientos hasta la región de Pausa, mas al norte no esta verificada y es posible que los afloramientos asignados a esta unidad (Cora Cora, Chala, Paracas y otros) sean parte del arco Guaneros. Esta unidad fue estudiada inicialmente por **JEKNS (1948)** el cual lo describió como "**Volcánicos Chocolate**" de edad Jurásica, mostrando un conjunto de volcanitas, areniscas, conglomerados y calizas fosilíferas (niveles superiores) de edad Sinemuriana. En Tacna **WILSON Y GARCÍA (1962)** describen como **Formación Junerata** a una secuencia de volcanitas e ignimbritas, posteriormente fue uniformizado por **MONGE Y CERVANTES (2000)** como Formación Chocolate. Estudios recientes sugieren que estas secuencias pueden llegar hasta el Carbonífero (**PINO ET AL., 2002, SEMPERE ET AL., 2004**) ya que se encuentran en conformidad tectónica sobre el Grupo Ambo (Mal Paso – Tacna) **MARTÍNEZ ET AL. (2005)**, propone que este volcanismo se produce en el Permiano medio, en base a litoestratigrafía y fósiles con edad permiana media, que posiblemente sea correlacionable en tiempo con el inicio del rift que originaría el volcanismo Mitu.

La asociación estratigráfica entre el Grupo Ambo y la Formación Chocolate se interpreta como producto de un magmatismo de tras-arco extensional (**SEMPERE ET AL., 2002**), proponiendo que el Grupo Ambo se acumulo en grábenes formados en una etapa temprana en un régimen extensional (**PINO ET AL., 2004**).

BELLIDO Y GUEVARA (1963) describen una secuencia de areniscas y lutitas intercaladas con derrames y brechas volcánicas denominándola como **Formación Guaneros**. Antiguas secuencias volcánicas descritas en los cuadrángulos de Punta de Bombón hasta La Yarada (Faja Costanera), se les denominaba Formación Chocolate ya que su posición estratigráfica se ubicaba directamente sobre areniscas del Grupo Cabanillas y en sectores directamente sobre el CBC. Actualmente se considera de edad Jurásico medio a superior en base a relaciones de campo, bioestratigrafía y edad radiométrica obtenidas entre Punta de Bombón y La Yarada

Este magmatismo se interpreta como un Arco insular del Jurásico medio – superior con la consiguiente formación de una cuenca de tras-arco (parte del Grupo Yura) con una

somerización de la cuenca hacia el Jurasico tardío y la depositación de flujos lávicos e ignimbríticos de composición mayormente riodacítica. Posteriormente al aborto de la cuenca, se construye el Arco Toquepala con características estratigráficas propios de un ambiente continental pero conservando aun una firma geoquímica a fin al manto (BOILY ET AL. 1990).

Con respecto a los cuerpos intrusivos, se diferencian **dos superunidades: Punta Coles e Ilo**, el primero con edades generales entre 150 a 190 Ma (Jurasico inferior-medio) y el segundo entre 100 y 110 Ma (Cretáceo inferior). Estos batolitos están restringido a la faja costanera, y presentan petrografías variadas desde gabros hasta granodioritas. El **batolito Punta Coles** aflora mayormente en la línea de costa desde Punta de Bombón hasta Locumba, compuesta de gabros, dioritas y granodioritas isotrópicas, en algunos casos se encuentra bandeada. Este batolito se encuentra intruido de forma central por el **Batolito de Ilo** de edad Cretácea inferior, estructuralmente se encuentra ligeramente foliado al parecer por efecto de emplazamiento sobre las secuencias sedimentarias de Guaneros o el mismo batolito Punta Coles. Estos grandes cuerpos intrusivos están asociados estratigráficamente y geoquímicamente con el Arco Jurasico medio (Guaneros), y representa la composición plutónica de este volcanismo. Punta Coles de 190 Ma (Litodemos de Punta Coles y Rio Osmore) es anterior a la depositación del Caloviano, indicando que pueda existir una discontinuidad estratigráfica durante la depositación de las facies sedimentarias marinas.

Los rasgos estructurales mas resaltantes en la zona de estudio están estrechamente relacionadas a grandes fallamientos como es el caso del **Sistema de Fallas Incapuquio-Cincha Lluta** que desarrollaron sistemas móviles y complejos desde los inicios del Jurásico, siendo caracterizado actualmente como "**Transpresión sinistral**". Asimismo existen transurrencias paralelas orientales como los de Apurimac – Maure – Titicaca, y Occidentales en la faja costanera (La Yarada). Estas debilidades litosféricas para la zona costanera y cordillera occidental, desarrollaron en conjunto un juego de bloques con movimientos horizontales sinestrales que comenzó sus inicios del jurásico medio (JAILLARD, ET AL. 1990), y que se sobre impusieron a debilidades litosféricas extensionales heredadas desde por lo menos el Carbonífero.

1.1 Ubicación

La zona estudiada se encuentra ubicada políticamente en los departamentos de Arequipa, Moquegua y Tacna entre los paralelos:

16° 00' a 18°30' de Latitud Sur

69°30' a 72°00' de Longitud Oeste

Topográficamente abarcan los cuadrángulos de Arequipa, La Joya, Punta de Bombón, Puquina, Clemesi, Moquegua, Ilo, Locumba, La Yarada, Pachia y Palca con una extensión aproximada de 28,099 Km² de área, ver **Fig. 1**. Fisiográficamente se encuentra en la vertiente oeste de la Cordillera Occidental a lo largo de la faja costanera.

La zona de trabajo es accesible principalmente por vía terrestre: Carretera Panamericana (Lima-Arequipa-Moquegua-Tacna), Binacional (Ilo-Moquegua-La Paz), Costanera (Mollendo-Ilo-Tacna) y vías de acceso secundarias a los diferentes poblados y trochas carrozables que son usadas con motivos de exploración minera. Como vía aérea se cuenta con los Aeropuertos Alfredo Rodríguez Ballón de la ciudad de Arequipa, CrI. FAP Carlos Ciriani Santa Rosa de la ciudad de Tacna y el aeropuerto de la ciudad de Ilo. Vía marítima se cuenta con los puertos de Matarani (Arequipa) e Ilo (Moquegua).

1.2 Objetivo del estudio

El objetivo principal es dar a conocer las características estratigráficas, geoquímicas y estructurales de forma integral del magmatismo asociado a cuencas sedimentarias de tipo rift o tras-arco. Asimismo partir de estos estudios se actualizó el cartografiado geológico a escala 1:50,000 de las unidades Jurasicas-Cretáceas y su relación e integración regional en base a sus correlaciones estratigráficas y geoquímicas. Así mismo los últimos datos obtenidos en geocronología de las unidades volcano-sedimentarias en especial de la Formación Guaneros (antes Chocolate) nos indican que en la faja costanera solo tenemos un arco volcánico de edad Jurásico medio-superior. Como último se presenta un base de datos geoquímicos obtenidos a lo largo de varias transectas estratigráficas que servirán para investigaciones futuras basadas en cristalización fraccionada y contaminación.

1.3 Investigaciones Anteriores

Para el sur peruano (Arequipa-Tacna) toda la secuencia volcano - sedimentaria Permo?-jurásica esta agrupada en las formaciones Chocolate y Guaneros. **La Formación Chocolate** fue descrita en Arequipa por **JENKS (1948)** en las canteras Chocolate, como secuencias de lavas y calizas de edad Jurásico inferior del Liásico al Sinemuriano; **BELLIDO Y GUEVARA (1963)** hojas de Punta de Bombón Y Clemesi; **NARVÁEZ (1964)** hojas de Ilo y Locumba; **GARCÍA (1968)**, hoja de La Joya; **JAÉN Y ORTIZ (1963)** hoja de La Yarada; **VARGAS (1970)** hoja de Arequipa; **WILSON Y GARCÍA (1962)**, hojas de Pachia y Palca describen secuencias volcánicas como la Formación Junerata, posteriormente **MONGE Y CERVANTES (2000)** redefinen como Formación Chocolate **VICENTE (1981)**. La base es discordante sobre el CBC sin datación radiométrica. Estudios recientes consideran que las facies volcánicas iniciales aflorantes en Tacna, puedan corresponder a edades Carboníferas (**PINO, ET AL, 2004; SEMPERE, ET AL. 2002, 2004**), ya que descansan sobre el Grupo Ambo. Estas ideas se basan en que no existe una discontinuidad tectónica que fueron observadas en varios sectores (Palca y Pocoma). Actualmente y basándose en nuevos hallazgos lito-bioestratigráficos, la base de esta unidad sería de edad Permiano medio ya que se encuentra conformes sobre los grupos posiblemente condensados Tarma y Copacabana hoja de Pachia.

La Formación Guaneros, fue descrita en la hoja de Clemesi por **BELLIDO Y GUEVARA, (1963)**, compuesta de areniscas, calizas, limolitas (Miembro inferior) y lavas e ignimbritas (Miembro superior). Su edad va del Bajociano al Calloviano. Esta formación se encuentra en la faja costanera entre las hojas de Punta de Bombón Clemesi, Ilo, Locumba y La Yarada. Al norte del área de estudio (Ica), han sido descritas unidades similares como formaciones Chala y Río Grande (**RUEGG, 1956; OLCHAUSKY, 1980; ROMEUF, ET AL, 1993-1995; SEMPERE, ET AL, 2002**), con un intervalo de tiempo entre el Aaleniano y Tithoniano, siendo estas unidades descritas posteriormente como Formación Guaneros (**LEÓN & PALACIOS, 2001; DÍAZ, G. (2001)**). Entre Ilo y la Yarada se realizaron estudios paleomagnéticos (**ROPERCH & CARLIER, 1992**), considerándola como Formación Chocolate, actualmente se ha comprobado que pertenecen a la Formación Guaneros, basados en dataciones radiométricas, litoestratigrafía y fósiles característicos hallados (**MARTÍNEZ ET AL, 2004**). Datos geoquímicos y radiométricos aislados, fueron trabajados anteriormente en Ilo y la Yarada (**ROMEUF, 1993-1995 Y BOILY ET AL, 1990**) como parte de tesis doctorales. En resumen la Formación Chocolate cartografiada en la costa sur de Perú desde la hoja de La Joya hasta La Yarada no existiría, siendo en realidad parte de la Formación Guaneros. La Formación Chocolate estaría solo restringida al flanco occidental de la cordillera, entre los departamentos de Ayacucho, Arequipa y Tacna.

1.4 Método de trabajo

La presente publicación es producto de un estudio sistemático de las secuencias volcánico-sedimentarias e intrusivas de edad Jurásicas y Cretáceas teniendo como base trabajos anteriores al año 2003. El nuevo cartografiado a escala 1:50,000 de algunas hojas especialmente de la faja costanera fue a través de cartografiado, secciones estructurales, litoestratigráficas, geoquímicos y perfiles geológicos, con un muestreo sistemático de las secuencias sedimentarias, ígneas y cuerpos intrusivos. Se recolectaron 449 muestras de roca, de las cuales 405 fueron para análisis geoquímico y 44 corresponden a estudios petrográficos de sedimentarios y fósiles. Así mismo se incluyen en ellas muestras del Batolito Atico Camana (BAC), del Complejo Basal de la Costa (CBC), batolito de Mal Paso y cuerpos subvolcánicos asociados, que afloran en la región de estudio.

1.5 Trabajos en Campo y gabinete

El presente trabajo se inició el año 2002 con una etapa de reconocimiento en campo de 30 días con la participación del Dr. Juan Carlos López A. y se continuó el año 2003 con trabajos de gabinete y 90 días de campo divididos en 3 salidas de 30 días cada uno, con participación del tesista Percy Obesso M. (UNMSM). El año 2004 se tuvo trabajos de gabinete y 120 días de campo divididos en 4 salidas de 30 días cada uno, con la participación del Ing. Darwin Romero F. (estratigrafía y tectónica) y el tesista Master Christian Vargas S.

Los trabajos de campo constaron principalmente en el reconocimiento, cartografiado, medición de columnas estratigráficas, perfiles y un muestreo sistemático de las unidades Permo-Jurásicas y Jurásicas volcánicas e intrusivas, para el análisis de elementos mayores, tierras raras y datación radiométrica, así como el muestreo de fósiles en unidades sedimentarias para su estudio correspondiente. Se realizaron un total de 400 muestras de elementos mayores, menores y tierras raras y xxxx de fósiles.

En gabinete se realizaron los trabajos de interpretación con la ayuda de los datos de cartografiado, geoquímicos y dataciones radiométricas. Así mismo como parte de la actualización de la carta geológica Nacional se realizó un cartografiado a escala 1:50,000 de las hojas de Ilo, Clemesi y Punta de Bombón

1.6 Análisis Geoquímicos – método usado

Los análisis geoquímicos de rocas intrusivas y volcánicas recolectadas fueron analizadas por elementos menores y tierras raras, realizados en Canadá vía SGS de Perú. El método usado para los análisis geoquímicos de rocas se detalla a continuación:

1.6.1 DETERMINACION DE ELEMENTOS MAYORES -ABSORCION ATOMICA

Este método es adecuado para la delineación de la composición geoquímica de rocas entre los rangos analíticos definidos, donde la mineralización presente requiere de un ataque de ácidos fuertes y las rocas silicatadas de una reacción con el ácido fluorhídrico en vaso cerrado a presión y temperatura con posterior enfriamiento. La solución resultante es analizada por silicio, aluminio, titanio, hierro, manganeso, calcio magnesio, sodio y Potasio.

Rangos Analíticos Aplicables Para Espectrofotometria De Absorción Atomica

ELEMENTO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O
----------	------------------	--------------------------------	------------------	--------------------------------	-----	-----	-----	-------------------	------------------

Límite de detección	0,05	0,01	0,005	0,02	0,005	0,01	0,01	0,01	0,01
Unidades	%	%	%	%	%	%	%	%	%

PRINCIPIO

El Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Fe, y el Mn, son determinados por Espectrofotometría de Absorción Atómica, en una flama de aire/acetileno ligeramente oxidante, después de la adición de soluciones soporte de Lantano (a Ca y Mg), Potasio (a Na), Sodio (a K) ó Cesio a muestras y soluciones estándares de calibración. El Hierro y Manganeso es determinado de una manera similar en una flama de aire/acetileno ligeramente oxidante.

El Silicio, Aluminio, Titanio, Estroncio, Bario, Vanadio, son determinados por espectrofotometría de absorción atómica

Las muestras para la determinación de Calcio, Magnesio, Sodio, Potasio, Hierro, Manganeso, Silicio, Aluminio y Titanio es descompuesta inicialmente con ácidos nítrico y clorhídrico en vaso abierto para disolver las sales, y evaporada primero a sequedad y luego hasta eliminar los gases nitrosos.

1.6.2 ELEMENTOS TRAZA

ICM90A: La determinación de 54 elementos usando el peróxido de sodio pasos a seguir para ICP-OES - ICP-MS.

Parámetros medidos, elementos:

Plata (Ag); Aluminio (Al); Arsénico (As); Boro (B); Bario (Ba); Berilio (Be); Bismuto (Bi); Calcio (Ca); Cadmio (Cd); Cerio (Ce); Cromo (Cr); Cobalto (Co); Cesio (Cs); Cobre (Cu); Disprobio (Dy); Erblio (Er); Europio (Eu); Hierro (Fe); Galio (Ga); Gadolio (Gd); Germanio (Ge); Hafnio (Hf); Holmio (Ho); Indio (In); Potasio (K); Lantano (La); Litio (Li); Lutecio (Lu); Magnesio (Mg); Manganeso (Mn); Molibdeno (Mo); Niobio (Nb); Neodimio (Nd); Níquel (Ni); Fósforo (P); Plomo (Pb); Praseodimio (Pr); Rubidio (Rb); Scandio (Sc); Samario (Sm); Estaño (Sn); Estroncio (Sr); Tantalio (Ta); Terbio (Tb); Talio (Tl); Torio (Th); Titanio (Ti); Tulio (Tm); Uranio (U); Vanadio (V); Tungsteno (W); Itrio (Y); Iterbio (Yb); Cinc (Zn); Circonio (Zr): ppm y %

Tamaño de la muestra tipo: 0.10 gr

Tipo de muestra aplicable (media): Rocas machacadas y pulverizadas, suelos y sedimentos

Técnica de preparación de muestra usada: Roca chancada y pulverizada, son fundidas por el peróxido de Sodio en crisoles de grafito y disueltas usando el HNO₃ diluido. Durante la digestión la muestra es dividida en 2 una mitad se para ICP.OES y la otra mitad al ICP-MS.

Método de análisis utilizado: La solución digerida de la muestra se aspira en el espectrómetro de masa del plasma inductivamente acoplado (ICP-MS) donde los iones se miden y se cuantifican según su masa única y la otra mitad aspirada en el espectrómetro óptico de plasma inductivamente acoplado a la emisión del plasma (ICP-OES) donde los átomos en el plasma emiten luz (fotones) con las longitudes de onda características para cada elemento. Esta luz es registrada por los espectrómetros ópticos y cuando se calibran con estándares la técnica proporciona un análisis cuantitativo de la muestra original.

Reducción de datos por: Los resultados se exportan vía computadora en línea, los mismos que alimentan el sistema de manejo del laboratorio de información (LIMS CCLAS EL) con intervención segura.

Tabla de límite de detección

Elemento	(LD) ppm	Elemento	(LD) ppm	Elemento	(LD) ppm	Elemento	(LD) ppm
Ag	1.00	Er	0.05	Mn	10	Tb	0.05
Al	0.01%	Eu	0.05	Mo	2.00	Th	0.10
As	30	Fe	0.01%	Nb	1.00	Ti	0.01%
Ba	0.50	Ga	1.00	Nd	0.10	Tl	0.50
Be	5.00	Gd	0.05	Ni	5.00	Tm	0.05
Bi	0.10	Ge	1.00	P	0.01%	U	0.05
Ca	0.01%	Hf	1.00	Pb	5.00	V	5.00
Cd	0.20	Ho	0.05	Pr	0.05	W	1.00
Ce	0.10	In	0.20	Rb	0.20	Y	0.50
Co	0.50	K	0.01%	Sc	5.00	Yb	0.10
Cr	10	La	0.10	Sm	0.10	Zn	5.00
Cs	0.10	Li	10	Sn	1.00	Zr	0.50
Cu	5.00	Lu	0.05	Sr	0.10		
Dy	0.05	Mg	0.01%	Ta	0.50		

LD = Límite de detección

ppm = Partes por millón

Control de calidad: El ICP-OES y los ICP-MS fueron calibrados en cada orden de trabajo. Un instrumento en blanco y un control de calibración se analiza con cada corrida. Una preparación en blanco y un material de referencia se analiza cada 46 muestras, un duplicado cada 12 muestras.

Todas las muestras de control de calidad se verifican usando LIMS. Los criterios de aceptación y tablas de control se usan para monitorear la exactitud y precisión. Los datos que caen fuera de los límites de control se investigan y se repiten cuantas veces sean necesarios.

1.7 Agradecimientos

Agradecemos al Presidente del INGEMMET Ing. V. Lay, a su Concejo Directivo al Director Ejecutivo Dr. J. Macharé, Director Geocientífico Dr. V. Carlotto, a los directores de las diferentes áreas y a los colegas de esta institución por haber permitido y colaborado en la culminación de este primer boletín como parte de los estudios realizados por el Proyecto GR1 **Estudio de Arcos Magmáticos Meso-Cenozoicos, sur de Perú**. Así mismo hacemos extensivo nuestro agradecimiento a todos los profesionales por sus comentarios, discusiones y sugerencias en geoquímica, isótopos y tectónica actual: Drs. P. Soler., L. Audin (IRD-Perú); M. Mamani (Universidad de Gottingen); Bach. F. Arcos (UNMSM-Lima).

Por último al Dr. T. Sempere (LMTG-Francia), por las discusiones en campo y gabinete, de las secuencias paleozoicas, jurásicas y cretáceas en el sur de Perú.

ESTRATIGRAFIA

CORDILLERA OCCIDENTAL

La estratigrafía para el Arco Cretáceo Paleógeno localizado en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes Sur de Perú, esta representado por rocas que van desde el Precambriano – Paleo-Proterozoico, hasta rocas Neógenas. Sin embargo, se describirá únicamente las secuencias comprendida entre el Permo?-Triásico hasta el Neógeno - Miocena. La cual comprende a las formaciones Chocolate, Pelado, Socosani, Grupo Yura, Matalaque, Grupo Toquepala, Sotillo, Moquegua, Huaylillas y Millo.

Permo? Triásico-Jurásico inferior

Formación Chocolate (1100 m.)

Jenks, (1848); Monge y Cervantes (2000) y Pino et al (2004). Aflora puntualmente a lo largo del borde oeste de la Cordillera Occidental, en los sectores de Yura, Cerro Verde (hoja de Arequipa), Sahuanay (hoja de Puquina) y entre los cerros Vilaccoto y Junerata (hojas de Pachía y Palca). Los afloramientos mas inferiores de esta secuencia se presentan al sur, en el sector de Pachía, donde las lavas vesiculares sobreyacen en aparente concordancia, a la secuencia Permo-Carbonífera; por otro lado los afloramientos del sector de Yura, se encuentran sobreyaciendo en discordancia al CBC. Litológicamente esta conformada por secuencias de ignimbritas, lavas (vesiculares), areniscas (20 m.), brechas y una secuencia sedimentaria superior conformada por conglomerados arenas y calizas arrecifales (sector de Yura).

El Jurásico

La Secuencia del Jurásico, aflora a lo largo del borde oeste de la Cordillera Occidental, entre los sectores de Arequipa y Tacna.

Formación Pelado (810 m.) Wilson y García (1962).

Compuesto por una secuencia de calizas grises en estratos delgados y gruesos descrita en el sector de Pachia-Palca en el cerro Pelado. En el sector de Yura, lo representa las calizas de la parte superior de la Formación Chocolate (Jenks, 1948 y Salinas, 1977). Sobreyace en discordancia erosional a la Formación Chocolate. Por la fauna encontrada se le asigna una edad del Jurásico inferior Sinemuriano-Pliensbachiano.

Formación Socosani (740 m.)

Jenks, (1948), describe una secuencia calcárea como Formación Socosani (Arequipa-Yura) y Wilson y García (1962) describen como Formación San Francisco redefinidos como Formación Socosani por Monge y Cervantes (2000), a una secuencia calcárea de calizas negras bituminosas en estratos delgados, intercalándose con lutitas negras infrayece concordante al Grupo Yura. Se le asigna una edad Jurásico inferior a medio Toarciano -Bajociano a Bathoniano.

Formación Guaneros

Descrita en la hoja de Clemesi por Bellido & Guevara, (1963). Esta unidad aflora a lo largo de la faja costanera desde la hoja de La Joya Hasta La yarada y hacia el este hasta inicios de la Cordillera de los andes flanco occidental. Compuesta de coladas lávicas de composición andesítica y cuerpos sub-volcánicos andesíticos que anteceden a secuencias sedimentarias de areniscas, calizas, limolitas conformando el miembro inferior del Bajociano al Calloviano. El miembro superior conformado por derrames lávicos de composición andesítica, ignimbritas y algunas secuencias intercaladas de brechas. Se tiene dos dataciones de 98.6 ± 0.6 Ma y 77.8 ± 0.6 Ma en plagioclasa por el método Ar-Ar,

Martinez et al (2005). Esta secuencia volcánica infrayace al Grupo Toquepala en contacto discordante.

Grupo Yura (3500 m.)

Definida en la localidad de Yura (Arequipa) por Jenks (1946), Wilson y García (1962) definen como Ataspaca y Chachacumane redefinidos por Monge y Cervantes (2000) como Grupo Yura dividiéndose en las formaciones Puente, Cachios, Labra, Gramadal y Hualhuani (Cretáceo).

Formación Puente:

Sobreyaciendo concordantemente a la Formación Socosani se tiene una secuencia estrato creciente donde en la parte inferior se tiene una intercalación de areniscas cuarzosas grises y verdosas con lutitas negras; las que pasan hacia la parte superior a areniscas cuarzosas gris claras en estratos de 0.5 - 1 m.

Formación Cachios:

Secuencia monótona compuesta por lutitas negras a veces con nódulos calcáreos, en las que se intercalan delgados estratos (10-20 cm), de areniscas finas. Sobreyace e infrayace en concordancia al miembro superior e inferior respectivamente.

Formación Labra:

La secuencia se halla compuesta por varias secuencias grano y estrato crecientes, cada una de las cuales presenta en su parte inferior una intercalación de areniscas cuarzosas grises con lutitas grises oscuras; mientras que hacia la parte superior se componen por areniscas cuarzosas gris claras con laminaciones oblicuas curvas. Asignada al Jurásico superior.

Formación Gramadal:

Se trata de una intercalación de lutitas grises y areniscas cuarzosas blancas y grises; en cuya parte superior se intercalan dos estratos de calizas de 2 m de grosor, una color gris oscura y la otra una caliza arenosa parda rojiza ferruginosa, yace en concordancia a la Formación Labra perteneciendo al Jurásico superior.

Cretáceo

La secuencia Cretácica del suroeste peruano se inicia con depósitos cilicoclásticos de areniscas cuarzosas, las cuales yacen en discordancia angular al Jurásico superior.

Formación Hualhuani: (miembro superior del Grupo Toquepala).

compuesta por secuencias de menor orden grano y estrato crecientes; cada una de estas secuencias se componen en su parte inferior de lutitas grises intercaladas con areniscas las que pasan hacia la parte superior a areniscas grano medio cuarzosas grises y limpias yace en discordancia angular a las secuencias del Jurásico superior.

Sobre esta unidad se tienen dos diferentes secuencias, las que varían lateralmente; hacia el sector de Arequipa y Moquegua y Tacna:

Formación Murco:

Jenks (1948) describe una secuencia de lutitas de colores rojo, grises y pardas intercaladas con algunos niveles de conglomerados y yeso. Esto en el sector de Arequipa asignándoles una edad Neocomiano superior – Aptiano.

Formación Matalaque:

Marocco y Del Pino (1966). Describe su equivalente lateral de la Formación Murco a una secuencia volcáno sedimentaria compuesta por una secuencia de arenas feldespáticas conglomerados finos seguido de una secuencia de volcanitas andesíticas intercaladas con brechas, aglomerados, ignimbritas con una secuencia sedimentaria media conformada por limolitas gris verdosas intercaladas con arenas de grano medio a fino seguido de una secuencia de conglomerados. Sobreyace en discordancia angular leve a la Formación Hualhuani e infrayace al Grupo Toquepala.

Grupo Toquepala:

definida por E. Bellido y C. Guevara (1963) y W. Martínez y A. Zuloaga (2000) quienes dividen en las formaciones Huaracane, Inogoya, Paralaque y Quellaveco. En el presente trabajo se ha medido columnas litoestratigráficas en los sectores de mayor afloramiento.

Formación Huaracane (antes como Formación Toquepala Bellido y Landa 1965).

Dividida actualmente en siete miembros los cuales se midieron en el curso del Río Torata y Cerro Los Ángeles y es como sigue:

Miembro 1 (300 m).

Toba cristalolítica porfirítica bien soldadas de color gris claro con tono rosado con textura fiamme, con líticos grises de volcanitas (lapilli) polimícticos sin estratificación notoria, se intercalan algunos niveles de brechas; sobreyace a la Formación Guaneros superior en ligera discordancia se puede observar en la hoja de Clemesi sector este. Aflora en la base del Cerro Huaracane y se extiende ampliamente en las hojas de Clemesi y Moquegua así mismo en las hojas de Puquina y Omate (sector sur). Con una edad de 75 Ma. Datado en la quebrada Pachas.



Foto N° 1. Contacto en discordante de la Formación Guaneros con la Formación Huaracane (Miembro 1) Grupo Toquepala. Cerros Trapiche hoja de Moquegua (sector oeste).

Miembro 2 (100 m).

Tobas rosadas soldadas bien estratificadas con textura eutaxítica, lámelas de biotita alteradas, se intercalan con secuencias de tobas cristalolíticas (lapilli) gris claras. Intruidas por cuerpos sub-volcánicos melanocráticos de clasificación vitrófiros. Afloran en la carretera antigua Moquegua – Torata y quebrada Trapiche en la hoja de Moquegua, se extiende a las hojas de Clemesi (sector este), Puquina y Omate Sector sur. Sobreyace conforme al miembro 1.

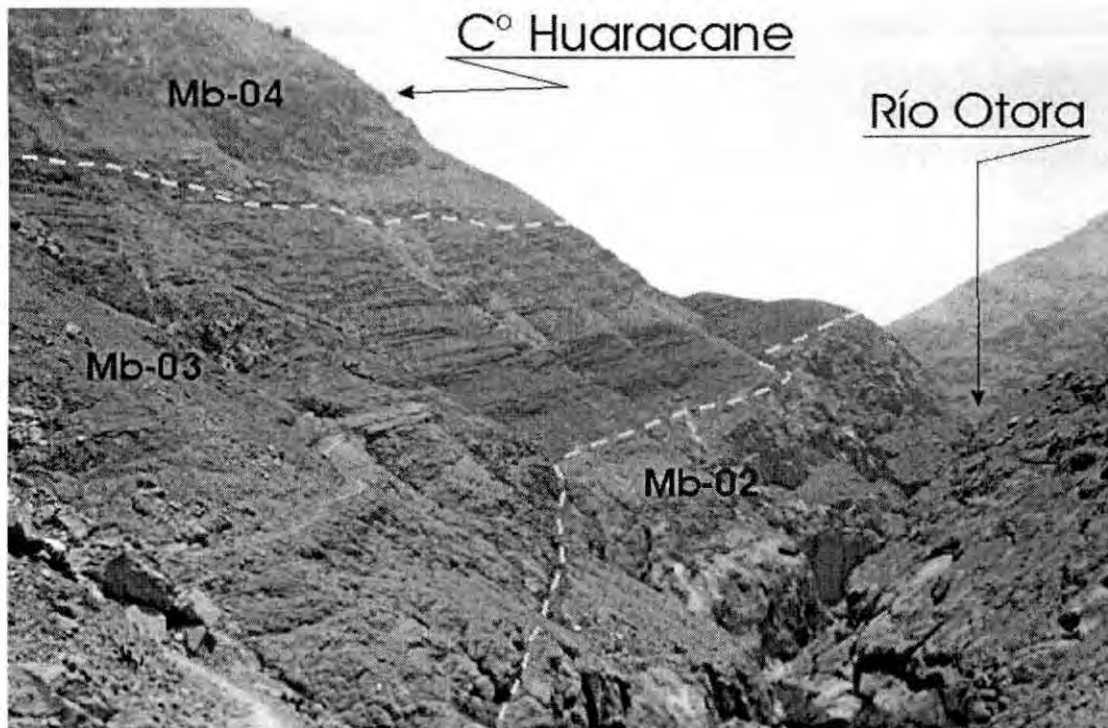


Foto N° 2 Miembros 2, 3 y 4 de la Formación Huaracane. Quebrada del río Huaracane sector de Mollesaja. Sector norte del cerro Los Angeles - Moquegua.

Miembro 3 (200 m).

Secuencia de un sistema de lahares de color marrón violáceo compuesto por clastos

flotantes de rocas volcánicas grises porfíricas sub-redondeadas a sub-angulosos de

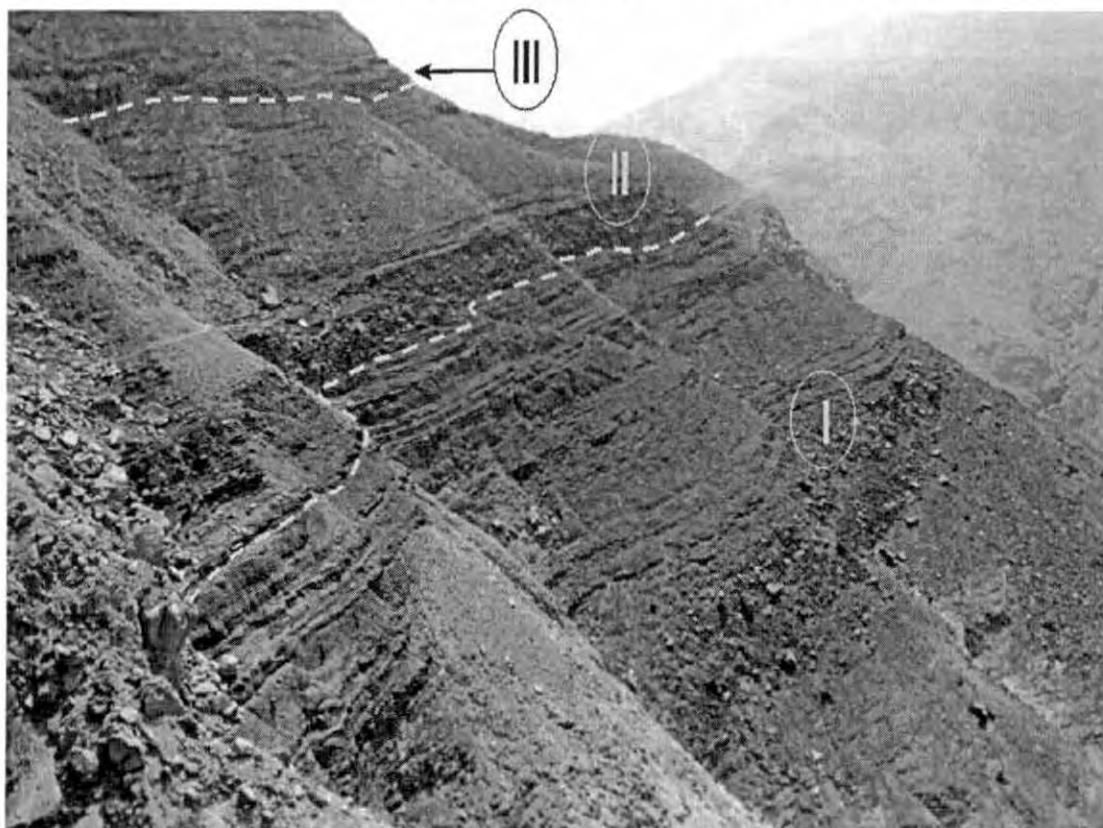


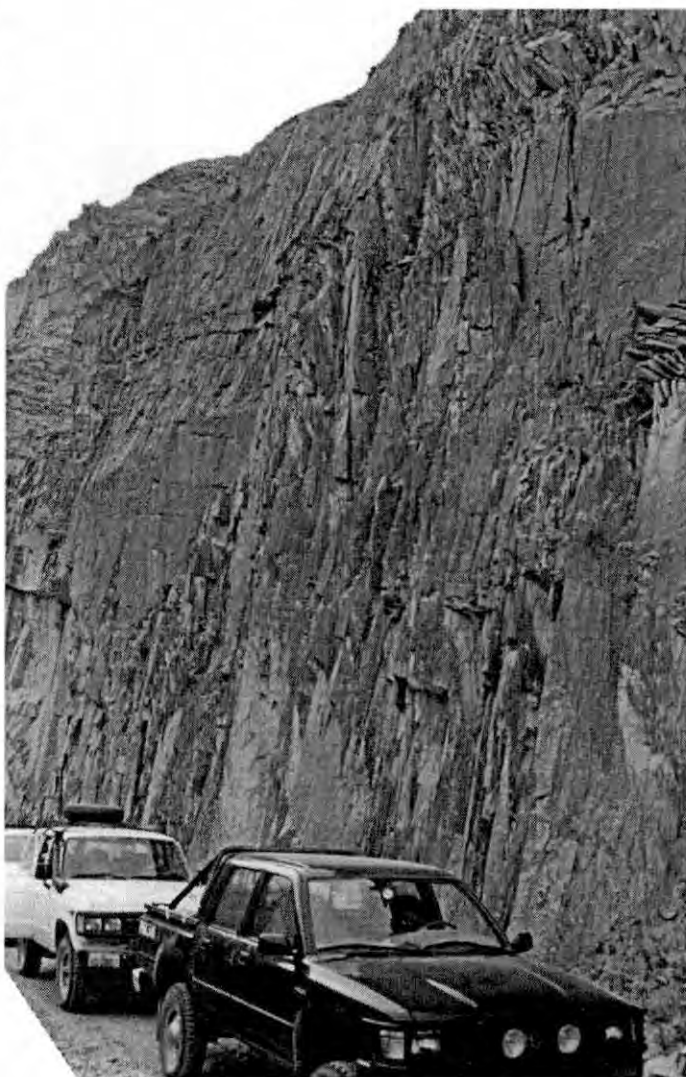
Foto N° 3 Miembro 3 en detalle se observa tres secuencias granodecipientes conformado por conglomerados hasta arenas finas. Sector de Mollesaja norte del Cerro Los Angeles – Moquegua.

variado diámetro de hasta 1.5 m. englobados en una matriz de grava y arena, se sobreponen secuencias de areniscas (origen volcánico), bien estratificadas con estructuras de corriente (sescamiento). Conforman canales de corte y relleno y la secuencia es estrato-deciciente. Su estratotipo aflora en la quebrada del río Torata en el paraje Mollesaja norte del cerro Los Angeles.

Miembro 4 (250 m.)

Tobas bien soldadas gris claras rosadas dando la impresión de ser lavas coherentes, textura porfírica, (cristales de cuarzo, feldespato y plagioclasa). Forman estructuras macizas y farallones prominentes, con disyunción columnar y lajas. Aflora ampliamente en la hoja de Moquegua (Cerros de Huaracane, Los Ángeles, Mejía y en las Qdas. De Cuculi y Huanacune (SE de Moquegua). Esta unidad fue datada en 59 ± 3.0 Ma. (Bellon-Lefevre, 1976) y en 72.4 ± 0.70 Ma. hasta 71.0 ± 2.0 Ma. por el método Ar-Ar en roca total. En el cerro Los Angeles Martínez et al (2002).

Foto N° 5 Miembro 4 en el cerro Los Angeles se observa la disyunción columnar y se presenta como lajas. Foto de Monge y Cervantes 2000.



Miembro 5 (200 m.)

Tobas de color gris claro con tono rosado, matriz con cristales de cuarzo y biotita. Los líticos son de fragmentos subredondeados y subangulosos de volcánitas, fragmentos de pumita y vidrio. Aflora entre Coplay y Mollesaja presencia de litofisas.

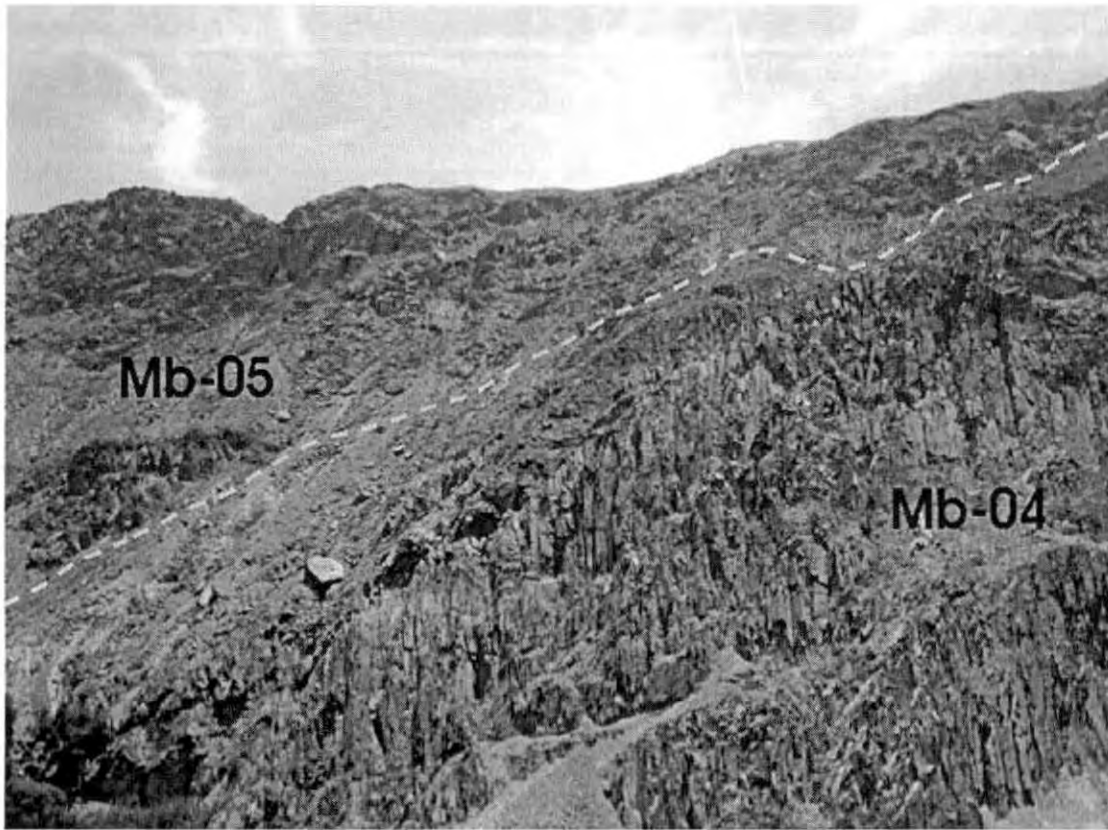


Foto N° 4 miembros 4 y 5 de la Formación Huaracane. Cerro Huaracane.

Miembro 6 (150 m.)

Brechas piroclásticas grises-rojizos con tonalidades pardas, bloques angulosos, monomícticos, porfiríticos, de origen volcánico. Aflora a 5 Km río debajo de la localidad Inogoya.

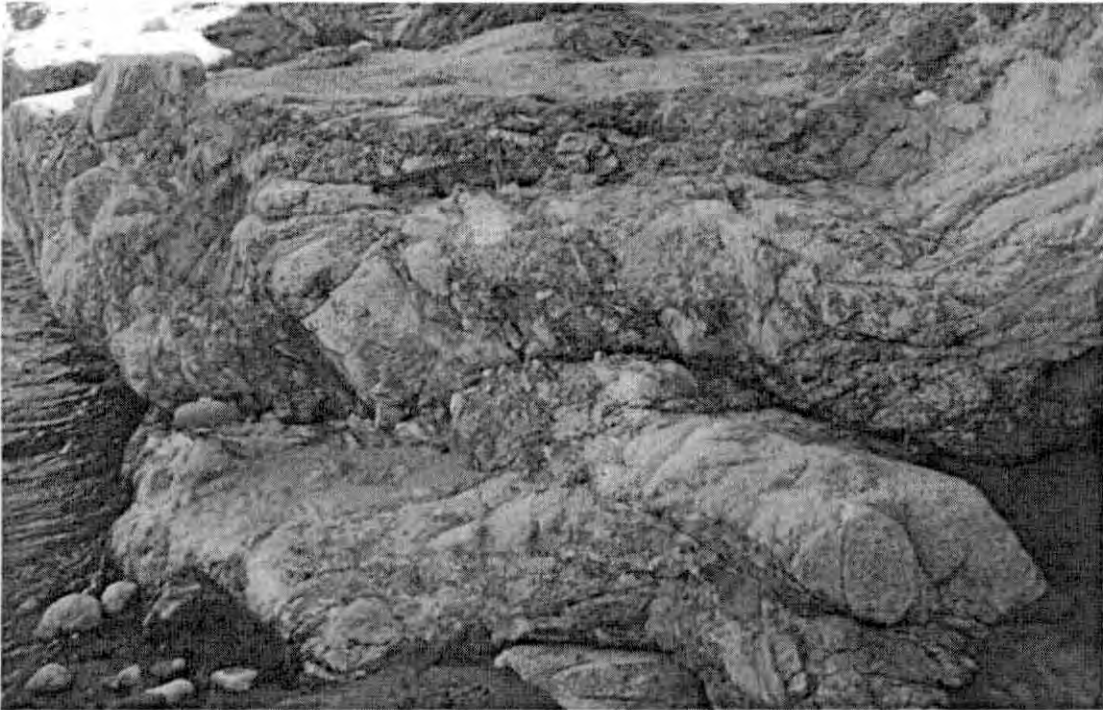
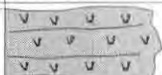
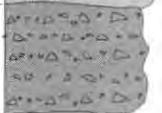

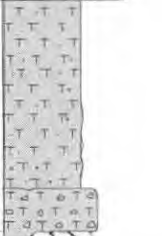

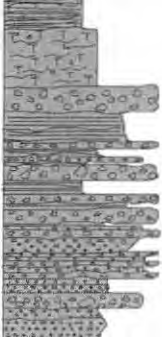

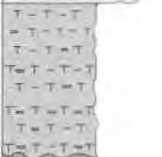



Foto N° xxxx Miembro 6 de la Formación Huaracane aflora en la quebrada del río Otorá. Se observa los bloques angulosos en matriz volcánica andesítica. Foto Martínez y Zuloaga 2000.

Miembro 7 (100 m.)

Lavas grises de composición andesítica afaníticas, parcialmente estratificadas con ligera inclinación al SO. Esta unidad aflora restringidamente en las cabeceras de la Qda. Chilcal al oeste de Otorá.

Columna litoestratigráfica de la Formación Huaracane

SISTEMA	SERIE	Espesor m.	DESCRIPCION
CRETACEO	SUPERIOR	100	 <p>Fm. Huaracane Miembro 7: Secuencia de lavas grises porfíricas de composición andesítica.</p>
		150	 <p>Fm. Huaracane Miembro 6: Brechas piroclásticas gris rojizas con bloques sub-angulosos.</p>
		200	 <p>Fm. Huaracane Miembro 5: Tobas de color gris rosado soldadas. Matriz con cristales de cuarzo y biotita con líticos y pumitas (lapilli) sub-angulosos con presencia de litofisas.</p>
		250	 <p>Fm. Huaracane Miembro 4: Tobas bien soldadas gris rosadas. Con textura porfírica cuarzo flotante. Presenta disyunción columnar y lajas. Datado en 72.4 ± 0.70 y 71.0 ± 2.0 Ma. Por el método K=AR en Roca Total Martínez y Zuloaga (2000). En el cerro Los Angeles Moquegua.</p>
			 <p>Vitrófireo gris oscuro sub-volcánico</p>
		200	 <p>Fm. Huaracane Miembro 3: Secuencia de lahares de color marrón violáceo clasto flotantes sub-angulosos con matriz areno gravosa gradan a arenas finas. Estructuras de canales de corte y relleno.</p>
		200	 <p>Fm. Huaracane Miembro 2: Tobas rosadas bien soldadas con estratificación presenta textura eutaxítica con intercalación de tobas cristalolíticas con biotita.</p>
		300	 <p>Fm. Huaracane Miembro 1: Tobas cristalolíticas (lapilli) gris claro con tono rosado con textura fiamme con algunos niveles de brechas. Datado en $750. \pm 2$. Ma por el método K=AR en roca Total en la Qda. Pachas Quispesivana y</p>
		300	 <p>Formación Guaneros superior?: Lavas e ignimbritas de composición andesítica. Datada en 77.88 ± 06 Ma y 98.6 ± 0.6 Ma. en Qda. Honda y Qda. El Bronce respectivamente. Martínez y Cervantes (2005)</p>

Formación Inogoya : (650 m.)

Definidas por Bellido y Landa (1965), compuestas por una secuencia de conglomerados, areniscas, gravas consolidadas, bien estratificadas de coloración gris verdosas con tonalidades claras, están diferenciadas en varias litofacies que van desde conglomerados gruesos sub-angulosos polimícticos clasto soportados de hasta 1.20 m. de diámetro en una matriz areno limosa (base del cerro Vizcachane), seguido de una intercalación de areniscas y limolitas claras (Hda, Inogoya), con presencia de flujos piroclásticos porfiríticos grises de poco grosor (0.10 m), tabulares (C° Alegoma). Como miembro superior se tiene una secuencia de tobas (ignimbritas) altamente soldadas porfiríticas con textura eutaxítica leve con plagioclasas, cuarzo y biotita, fragmentos líticos vidrio y opacos, color gris rojizo, conforman farallones abruptos y extensas plataformas como las observadas en Otorá. En la secuencia sedimentaria se tiene presencia de óxidos de cobre diseminados de color verdosos. Sobreyace a la Formación Huaracane (miembros 04, 06 y 07), e infrayace disconforme a las sedimentitas de la Formación Paralaque, Su localidad tipo se encuentra en las inmediaciones de la Hda. Inogoya. La edad es asignada al Cretácico superior y se correlaciona tentativamente con parte de la Formación Muñani del altiplano.

Foto N° 5
Formación Inogoya Cerro Vizcachane se observa la secuencia sedimentaria compuesta por conglomerados finos, arenas y limolitas, al tope ignimbritas.



Foto N° 6
Formación Inogoya basal compuesta por conglomerados sub-angulosos (andesitas e ignombritas).



Columna litoestratigráfica de la Formación Inogoya

SISTEMA	SERIE	Espesor m.	DESCRIPCION
CRETACEO	SUPERIOR		<p>Miembro superior compuesto por tobas (ignimbritas) color gris claras rosadas con textura eutaxítica moderada, abundante plagioclasa, minerales máficos (biotita).</p> <p>Vitrófiro gris oscuro de granular con cristales de plagioclasa</p> <p>Secuencias estrato grano decrecientes color gris verdoso con estructuras sedimentarias.</p> <p>Secuencia de lutitas gris verdosas craqueladas intercaladas con arenas finas i conglomerados finos, con estructuras sedimentarias estratificación sesgada y canales de corte y relleno</p> <p>Miembro inferior conformado por conglomerados (tipo debris flow) sub-angulosos soportados en una matriz areno limosa con diámetros de hasta 1.20 m. Presenta imbricación. Los clastos son polimícticos en su mayoría compuesto por ignimbritas.</p>

Formación Paralaque (800 m.?)

Descritas por Bellido y Landa (1965), y en la carretera que va de Torata a Cuajone. En el sector de Otorá afloran secuencias sedimentarias compuestas por lodolitas rojas con tono verdosos intercaladas con areniscas finas rojizas a grises bien estratificados con estructuras sedimentarias de estratificación sesgada y laminar, presencia de algunos niveles de conglomerados finos verdosos con estructuras de corte y relleno. Hacia la parte superior se encuentra conforme una secuencia de ignimbritas gris claras con tonos violados intercalados con derrames lávicos gris oscuros de composición química andesítica. Sobreyace disconforme a la Formación Inogoya e infrayace en igual relación a la Formación Quellaveco. Esta secuencia fue datada en 65.0 ± 2.0 Ma. por el método K-Ar en roca total por W. Martínez y A. Zuloaga (2000), se le asigna al Cretácico superior – Paleoceno inferior.



Foto N° xxxx Formación Paralaque en la quebrada del mismo nombre se observa la secuencia sedimentaria de lodolitas y areniscas finas de color rojizo con tono verdoso.



Foto N° xxx secuencia de lavas andesíticas afaníticas pertenecientes a la Formación Paralaque secuencias superiores. Datadas en 65 Ma. Foto Martínez y Zuloaga 2000.

Columna litoestratigráfica de la Formación Paralaque

SISTEMA	SERIE	Espesor m.	DESCRIPCION
PALEOGENO	PALEOCENA	190	<p>Tobas (ignimbritas) gris violadoporfírica con abundante plagioclasa no presenta cuarzo ni biotita, presencia de líticos (pómez). Datada en 65.0 ± 2.0 Ma. Por el método K-Ar en roca total en las proximidades de Otorá (W. Martínez y A. Zuloaga, 2000).</p>
		150	
CRETACEO	SUPERIOR	100	<p>Conglomerados finos sub-angulosos con estructuras de canales con limolitas rojas afectadas por fallas</p> <p>Intercalación de limolitas rojas (predominante) con niveles de areniscas de grano medio</p>
		50	<p>Conglomerados finos sub-angulosos en una matriz arenosa limosa gris verdosos</p> <p>Intercalación de areniscas de grano medio y fino con limolitas rojas con tonos verdosos con estratificación cruzada. Presencia de niveles de conglomerados finos subangulosos</p> <p>Intercalación de conglomerados finos de clastos sub-angulosos polimícticos en una matriz arenosa limosa con areniscas de grano medio y fino. Estructuras sedimentarias de canales y estratificación cruzada</p> <p>Intercalación de areniscas de grano fino a medio con limolitas rojas. Estructuras sedimentarias de estratificación cruzada</p> <p>Secuencia de conglomerados finos sub-angulosos con areniscas finas con presencia de estructuras sedimentarias de estratificación paralela. Los conglomerados presentan estructuras de canales. De color gris rojizo</p> <p>Areniscas finas intercaladas con limolitas rojas</p>
		0	

Formación Quellaveco

Bellido Y Landa (1965) describen a un conjunto de cinco unidades volcánicas cuya composición química riolítica abarca más del 80% de toda la secuencia. W. Martínez y J. Cervantes (2005), describen cuatro unidades volcánicas uniendo el miembro Asana con el miembro Tinajones perteneciendo estas a una misma secuencia riolítica.

Formación Riolita Asana - Tinajones (300 m.). Antes Pórfido Quellaveco

Secuencia de tobas (ignimbritas) de composición química riolitas, coherentes blanco amarillentas estratificadas, porfíricas con cuarzo hialino flotante en matriz afanítica, se inclinan 15 - 20° en dirección SO, sus afloramiento se encuentra entre la mina de Cuajone, Qda. Charaque y el Proyecto Quellaveco.

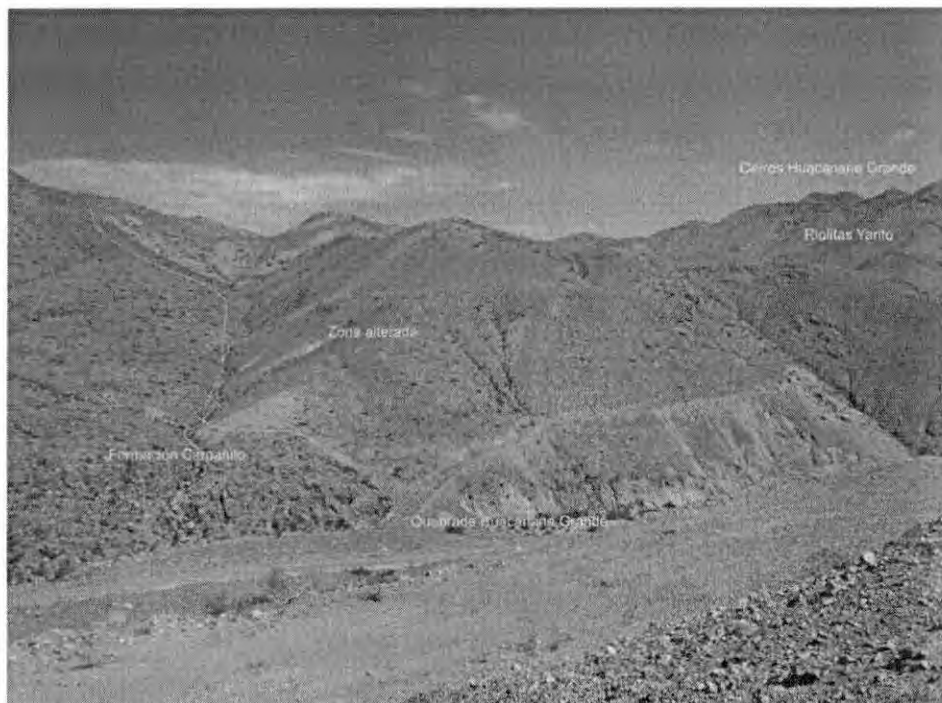


Foto N° xxxx Formación Asana o Tinajones (cerro Tinajones) derrames riolíticos porfíricos con cuarzo flotante, con inclinación de 20° hacia el SO

Formación Carpanito (Doleritas) 300 m. Antes Serie Toquepala.

Lavas coherentes gris oscuras de composición química andesita basáltica a andesita, de textura porfírica seriada con plagioclasas y ortopiroxenos. Afloran en los valles del río Capillune, cerros Carpanito y Pedregal.

Foto N° xxxx Afloramiento de la Formación Carpanito e contacto con las riolitas Yarito e intrusivo Yarabamba que produce zona de alteración en la Qda. Huacanane Grande vista al SE.



Formación Samanape (1000 m.). Antes Serie Alta

Esta dividida en dos unidades:

Miembro inferior: conformada por lavas coherentes de composición química andesítica, porfíricas bien estratificadas color gris en fresco y blanquecino en afloramiento, se intercalan tobas grises con tono violáceo con fragmentos de plagioclasas y cuarzo la mayoría silicificados y sericitizados, se inclinan ligeramente (15°) en dirección SO, encontrándose expuesto a lo largo de la carretera Quellaveco- Qda. Honda, Qda Cocotea. Se cuenta con dataciones radimétricas para esta unidad de 52.3 ± 1.6 ; y 52.43 ± 1.7 ; en la Mina Cuajone, Clark, et.al. (1990), 53.6 ± 3.0 ; 55 ± 1.10 ; y 56.2 ± 2.10 Yacimiento Quellaveco, Zimmermann y Kihien (1983). Sobreyace disconforme a la riolita Asana.

Miembro superior: Tobas lapilli blanquecinos bien estratificados que presentan en afloramiento formas redondeadas. Esta compuesta de fragmentos líticos, pómez en matriz tobácea bastante alterada, en algunos sectores presentan textura eutaxítica y reomórficas, se intercalan sistemas de lahares gris marrones compuestos de guijas polimícticas la mayoría de origen volcánico englobado en matriz de arenas gruesas, intercalándose con estratos de limolitas grises y areniscas finas. Se expone ampliamente a lo largo de la carretera Qda Honda - Mina Toquepala, sobreyace disconforme a la unidad inferior e infrayace a la Formación Huaylillas.



Foto N° xxxx Formación Samanape vista hacia el Sur en el sector de Qda. Honda cerro Isca Ancollo. Tobas blanquesina estratificadas con inclinación hacia el SO.

Columna litoestratigráfica parcial de la Formación Quellaveco

SISTEMA	SERIE	Espesor m.		DESCRIPCION
PALEOGENO		65		Ignimbritas gris claras con tono verdoso pertenecientes a la Formación Asana
		60		Derrames lavicos gris verdoso porfíricos de composición andesítica Eje de sinclinal
		215		Riolitas gris claras con cuarzo libre pertenecientes a la Formación Tinajones o Asana bien estratificadas N155° 20°NE. Sub-volcánico porfírico gris verdoso con homblenda, alterado. Presencia de falla N20° 80°NO
		235		Ignimbritas gris claras con líticos polymícticos con textura en llama (fiamme), estratificadas N160° , 10°NE.
		210		Ignimbritas gris claras (nolíticas) con presencia de litofisas. Zona de transición a facies de la Formación Quellaveco.
		25		Ignimbritas rojizas bien estratificadas en estratos delgados
		40		Areniscas rojas de grano medio bien estratificadas N-S 12°S
		75		Conglomerados gris rojizos con clastos polymícticos sub-redondeados clasto soportado en matriz arenosa.
		45		Brechas polymícticas matriz volcánica con clastos de ignimbritas gris rojizas.
		255		Tobas cristalolíticas (Ignimbritas) gris claras con tono rosado con cuarzo libre, líticos y plagioclasa Sub-volcánico porfírico gris verdoso con homblenda, alterado. Presencia de falla N20° 80°NO

Riolita Yarito (700 m.)

Lavas porfíricas gris claras con tono rosado, matriz fina, silicificadas y muy resistentes, presentan buena estratificación, químicamente son riolitas alteradas a arcillo-sericita, parcialmente afaníticas con matriz holocristalina. Aflora extensamente al NO de la mina Toquepala entre los cerros Yarito y Cruz Laca, regionalmente tiene forma domica e intruye a las secuencias volcánicas Samanape y Paralaque. Presenta contacto fallado (Falla Micalaco) con la Superunidad Yarabamba y las andesitas Carpanito

Formación Sotillo

Descrita por Jenks (1948), en la localidad de Sotillo (Arequipa). En la zona sur entre Moquegua y Tacna se tiene secuencias similares compuesta de areniscas y arcósas volcanoclásticas, grises con tonalidades rojizas. Se encuentra disconforme sobre volcanitas jurásicas (Formación Guaneros superior) e intrusivos cretácicos (Súper Unidad Yarabamba), presentan estratificación paralela y subhorizontal predominando las lodolitas en los niveles superiores así como capas de yeso, las que se incrementan en su tercio superior, la transición con la Formación Moquegua esta señalada por un banco de 15 a 20 cm. de Yeso. Estas facies se ubican al SO de la ciudad de Moquegua, Qdas Seca y Santallana. Asimismo aflora al SO del poblado de Torata (C° San Miguel). En la localidad de Mirave - Ilabaya, esta unidad esta compuesta por conglomerados redondeados con clastos polimícticos, que presentan imbricación al SO, incrementandose la matriz arenosa con reducción de los materiales gruesos en dirección SO, originando un cambio de facies laterales que gradan a las secuencias de arenas medias y lodolitas. Se correlaciona lateralmente con parte de la Formación Huanca, y Grupo Puno del altiplano.

Formación Moquegua

Adams, (1906) describe una secuencia de sedimentitas, conformada por conglomerados polimícticos, redondeados, clasto soportado, guijas y areniscas gruesas, medianamente estratificadas, con intercalación de algunos niveles de tobas grises blanquecinos en las secuencias superiores. Con un espesor aproximado de 1,500 m. Los clastos corresponden a andesitas, riolitas e intrusivos dioríticos. Estas secuencias presentan numerosas estructuras sedimentarias (Estratificación sesgada - gradada, canales de corte y relleno). Las tobas han sido datadas cerca al cerro Baúl en $25,3 \pm 0.8$; Cerro Blanco; 22.7 ± 0.8 (bt); Cerro Purgatorio; 23.25 ± 0.8 (Tosdal, et.al. 1981) Ma. Es asignada al Mioceno.

Formación Huaylillas

Descrita por Wilson y García (1962), en la localidad de Huaylillas (Tacna) compuesta por tobas-lapilli de composición química riolítica a dacíticas de color grises, blanco (inferior) a rosadas (superior). Conformada por feldespatos fragmentados, biotitas con escasas hornblendas, fragmentos de pómez y líticos polimícticos. Los rangos generales van desde tobas blancas friables hasta niveles altamente soldadas, muchas de estas unidades presentan estructuras en fiamme de pómez aplastada y alterada. Debido a su dureza forman farallones y en superficie formas elongadas y redondeadas. Las dataciones (K-Ar), comprenden edades de 22.8 ± 0.7 ; Tala - Coscori; 17.6 ± 0.6 ; Cerro Piedra labrada y Tala 18.4 ± 0.6 (Tosdal, et.al. 1981), Ma. Sobreyace disconforme a la Formación Moquegua e infrayace a la unidad Millo, se le asigna una edad Miocena.

Formación Chuntacala:

Secuencia de flujos piroclásticos compuesta por una sucesión de conglomerados basales sub-redondeados de hasta 1.20 m. de diámetro, que se encuentran en discordancia erosional a las rocas Cretáceo-Paleógenos. Seguidamente se tiene flujos piroclásticos de

tobas cristalolíticas lapilli blanquecinas y amarillentas con biotita y unos aglomerados de color marrón oscuro con clastos sub-redondeados de hasta 40 cm. de diámetro. Aflora principalmente en la quebrada Chuntacala y Torata con edades de 14 Ma y 9 Ma. Tosdal (1990).

Formación Millo

Secuencia de conglomerados (Vargas, 1969), intercalado con niveles de tobas - lapilli, de composición química riólitica, con un espesor de 50 m. los aluviones consisten de clastos subangulosos polimícticos clasto soportado, ligeramente inconsolidado, de grosor variable (50 m). Las tobas de coloración pardas a marrones presentan cristales (plagioclasas), y pómez así como escasos líticos y lámelas de biotitas. Estas tobas fueron datadas en 8.9 (K-Ar); 14.2 (K-Ar); 12.5±0.6, (Tosdal, et.al. 1981), Ma. se asignada a una edad Pliocena - Pleistocena.

Depósitos Aluviales

Son depósitos heterogéneos de gravas, clastos y bloques angulosos polimícticos (volcánicos e intrusivos) soporte de matriz areno arcillosa. Estos sedimentos se encuentran consolidados. Topográficamente formando superficies lenguas suaves y terrazas. Se distribuyen ampliamente en el cauce de los valles.

Unidades Intrusivas de la región

El Batolito de la Costa en el sector sur de Perú es un complejo de intrusiones que fue emplazado durante una etapa de subducción mayor relacionado con eventos de distensión (Megard, 1973) entre 100 y 60 Ma. (Mukasa, 1985) en el borde del Cratón Brasileño. Esta intrusión múltiple y compleja formada predominantemente por Gabrodioritas, dioritas, granodioritas, granitos y tonalitas con una extensión longitudinal a lo largo del flanco occidental de la Cordillera de los Andes. El concepto de súper unidad fue creado para agrupar los plutones del Batolito de la Costa de Perú (PITCHER ET AL., 1985), con el concepto de cosanguineidad, y que está relacionada a una evolución magmática común, con una cierta coherencia química, que puede estar constituida por unidades, cada una de ellas representando un pulso magmático. En cada Súper Unidad hay una variación progresiva en la composición de los pulsos magmáticos pasando de composiciones básicas, intermedias y ácidas. La súper unidad que le sucede en el tiempo repite en forma similar este ciclo. Para la clasificación se tuvo en cuenta consideraciones petrológicas, geoquímicas y parámetros texturales como tamaño, forma y relación de granos. Así mismo el contenido de xenolitos y la relación de diques. Estos parámetros son confirmados con estudios geocronológicos que nos permiten clasificarlos.

Para la evolución del Batolito de la Costa peruana se plantea dos alternativas (ATHERTON, M.P, 1990). El Batolito es producto de un rápido reciclamiento o nueva Corteza originada a partir de un rift continental?. Según las ideas actuales a partir de trabajos relacionados al metamorfismo - volcanismo y su entorno de Evolución Andina (AGUIRRE, L.; LEVI, B. & NYSTROM, J. O., 1989), el Batolito es producto de una cuenca volcánica - metamorfismo (termalismo), extensión, subsidencia y fracturamiento.

En el modelamiento tectónico de subducción a partir del Jurásico (Chocolate - Guaneros) hasta el moderno arco volcánico (Barroso), estarían asociados fuertemente a sistemas de debilidad tectónica de carácter litosférico relacionados al sistema de fallas transpresivas "Incapuquio-Cincha-Lluta" que funcionan al parecer desde tiempos Jurásicos.

La distribución de los cuerpos batolíticos de edades Cretáceas en el flanco occidental de la Cordillera de los Andes Sur se divide en: Las Súper Unidades Linga, Tiabaya, y Yarabamba.

Súper Unidad Linga

Parte del Batolito de la Costa, aflora en el Cerro Linga (hoja de La Joya), es un cuerpo elongado (no continuo) con una dirección NO – SE. Litológicamente varía de gabros, dioritas, tonalita-dioritas, monzodiorita y monzodioritas cuarzosas. Con una longitud de mas de 500 Km. Al Sur de Arequipa no se reportan afloramientos.

Gabros se componen de cuerpos pequeños alineados y que forman el núcleo de esta Súper Unidad a manera de enclaves y techos colgantes intruidos por facies más recientes. Presentan una pseudostratificación o bandeamiento (alternancia de minerales félsicos y máficos) y laminación de los feldespatos. Compuestas por plagioclasa maclada hipidiomórfica, piroxenos y minerales opacos redondeados, reemplazados por biotita y clorita. Algunos gabros presentan textura de grano fino. **Dioritas** están asociadas a los afloramientos de gabro y en contacto con el Grupo Yura. Compuesta por plagioclasas maclada y zonada y feldespatos potásicos de textura peritítica y máficos.

Tonalita – Diorita cuarzosa aflora en las inmediaciones del cerro Alto de la Gloria. Se compone de plagioclasas, cuarzo, biotita holocristalinas equigranulares grises. Las plagioclasas son macladas y zonadas con fenos de anfíboles. Las cuarzodioritas presentan un intercrecimiento micrográfico de cuarzo y feldespato con presencia de relictos de piroxenos reemplazados por anfíboles.

Monzodioritas y Monzonitas, conforman la mayor parte de los afloramientos. Son rocas de grano grueso, color gris oscuro a veces negro. Al intemperismo presenta un color rosado. Se compone de plagioclasa (de hasta de 1 cm.), con presencia de turmalina, la biotita ha sufrido alteración a clorita. Tiene una variación a monzodioritas cuarzosa por aumento del Cuarzo. Se ha datado una muestra de la quebrada Gloria en 66,6 Ma por U-Pb, en circón (Mukasa, 1986). En la quebrada Cerro Verde se tiene una datación con una edad de $63,8 \pm 5$ Ma por Rb-Sr., en roca total (Mukasa y Tilton, 1985).



Foto N° xxxx Cerro Linga vista hacia el NE desde el cerro Tres Damas. Estrato tipo de la Súper Unidad Linga (hoja de La Joya).

Súper Unidad Tiabaya

Aflora en la localidad de Tiabaya (Arequipa), al norte de la mina Cerro Verde, su contacto con la diorita augítica esta bien definida, siendo gradacional con la Súper Unidad Yarabamba, en contacto con la Formación Chocolate desarrolla una textura esquistosa producto del metamorfismo.

En roca fresca es de color gris claro (alterado por intemperismo toma un color rosado), es de grano medio a grueso holocristalino, con plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico y como accesorios biotita, hornablenda, epidota, magnetita; se le clasificándose como tonalitas y granodioritas. Se encuentra atravesada por diques pegmatíticos y aplíticos, son muy comunes los xenolitos en las proximidades de los contactos.

La Súper Unidad Tiabaya cuenta con dataciones por el método Rb-Sr en 78 Ma y 80 Ma. Le Bel (1985), y 4 edades K-Ar cuyo promedio es de 77.3 ± 2.6 Ma. F. Estrada (1977). Por consiguiente la su emplazamiento fue entre los 72 y 83 Ma., con una extensión aproximada de 800 Km. de largo desde Arequipa hacia el norte del Perú.

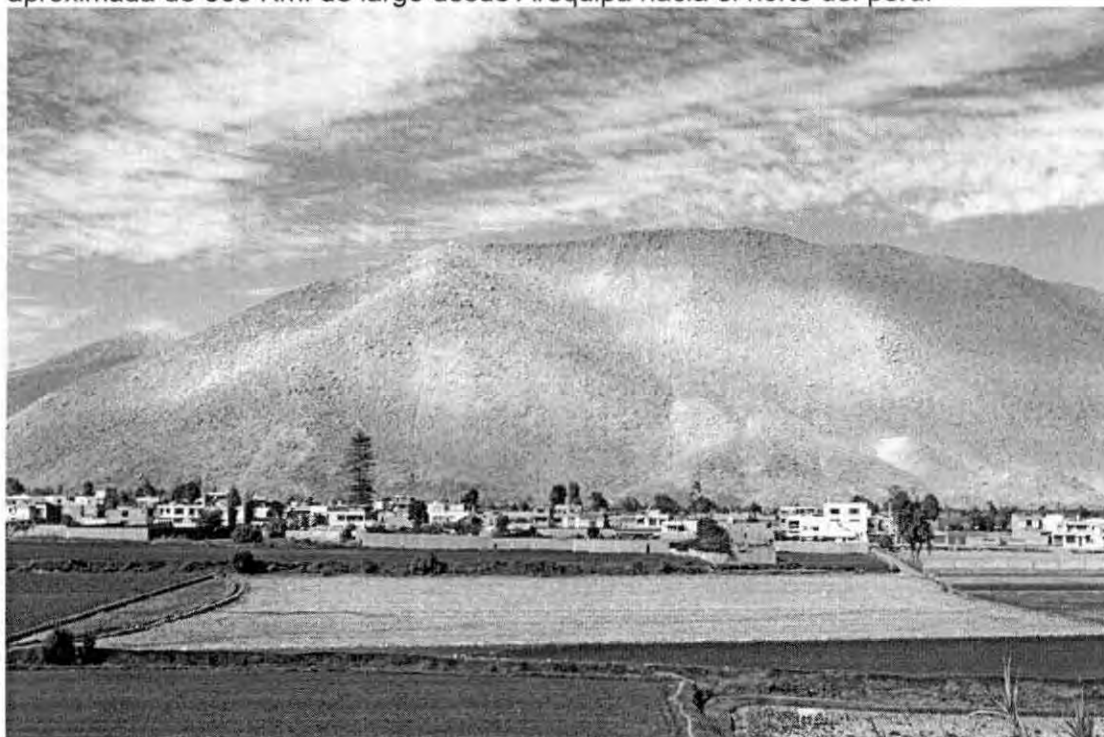


Foto N° XXX Cerro San Ignacio afloramientos de la Súper Unidad Tiabaya claramente en contacto con unidades básicas correspondiente a las dioritas augíticas (en la base).

Súper Unidad Yarabamba (Puquina-La Joya-Omate)

Su estratotipo se ubica en los alrededores del poblado de Yarabamba – Arequipa. Aflora en la hoja de Puquina sector oeste siguiendo una dirección NO – SE. Se encuentra intruido por el plutón Siete Toldos. Así mismo se prolonga hacia el este a las hojas de La Joya y al oeste a la hoja de Omate donde se encuentran intruyendo unidades de la Formación Guaneros, Grupo Yura, Grupo Toquepala e intrusivos más antiguos. Compuesta principalmente por dioritas, granodioritas, monzogranitos. Como minerales principales tiene plagioclasa, cuarzo, feldespato potásico variando según sea el caso y

como secundarios tenemos presencia de hornblenda, biotitas y anfíboles, con intercrecimientos de cuarzo gráfico en feldespatos potásicos y presencia de circones y rutilos. Se cuenta con dataciones en: El Cerro Botija – La Joya, en monzogranito con 84.0 ± 2.0 Ma. método Ar-Ar en roca total (M. Valencia y C. Chacaltana, 2000), lo cual es probable que fuese un pulso tardío asociado a la Súper Unidad Linga que en la región están representados por Monzodioritas. Una muestra datada cerca de Cerro Verde establece una edad de $58,9 \pm 2$ Ma por K-Ar en biotita (Stewart et al, 1974).

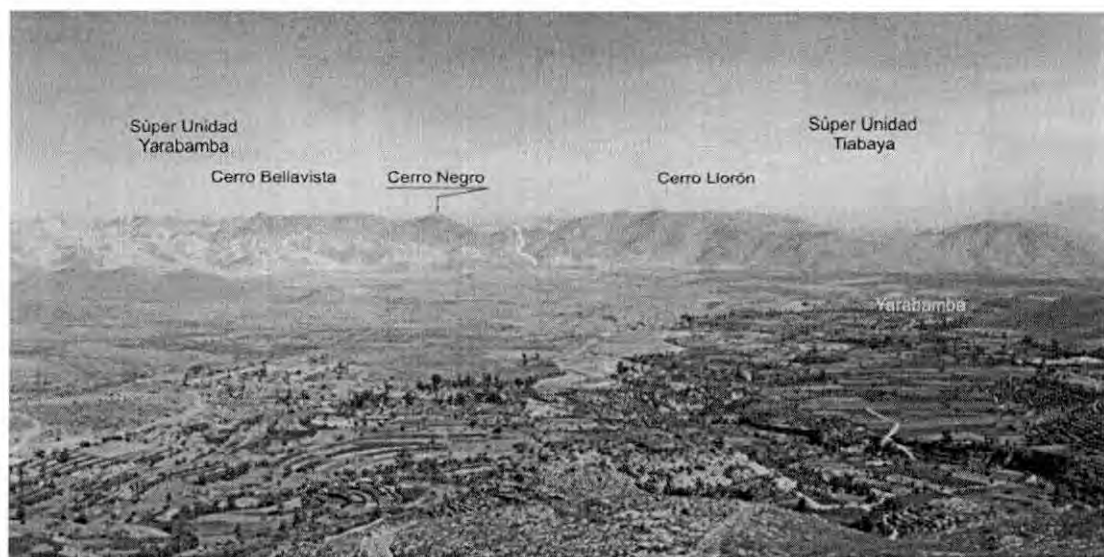


Foto N° xxxx se observa el contacto de las super unidades Yarabamba (cerro Bellavista) y Tiabaya (cerro Llorón) al oeste del poblado de Yarabamba.

Súper Unidad Yarabamba (Clemesi – Moquegua – Tarata)

Litológicamente comprende gabros, dioritas, monzodioritas y cuarzomonzonitas que afloran a lo largo de una franja limitada por los fallamientos Incapuquio y Quellaveco y que ha jugado un rol importante en la mineralización de los yacimientos cupríferos de Cuajone, Quellaveco y Toquepala. La principal exposición de dioritas - granodioritas comprende los cerros El Trebol, Porquene y Cochane, alrededores de la Laguna Aricota y al norte en la hoja de Omate en el cerro Los Calatos. Son de colores gris claro, grano grueso de textura holocristalina, inequigranular minerales esenciales de plagioclasas, cuarzo y feldespatos, estos cuerpos intrusivos ocupan el mayor volumen en la región. En el sector del río Capillune se reconoció un nuevo conjunto de cuerpos intrusivos, litológicamente son cuarzo monzonitas de color gris pardas de grano grueso, holocristalinas, inequigranulares, hipidiomórficas con minerales esenciales de Plagioclasas, feldespatos y cuarzo, esta unidad intruye a las dioritas, granodioritas y Grupo Toquepala en el sector de Coscori y a las Formaciones Matalaque (Norte de Ilabaya) y Quellaveco.

Estos intrusivos fueron datados en diversos sectores donde se obtuvieron edades de 81.0 ± 0.2 Ma., en granodiorita por el método K-Ar en roca total en la Qda. Tunaquea – Clemesi (A. Sanchez et al 2000), 60.4 ± 0.70 Ma. Ar-Ar en roca total en aptitas de la mina Tejones – Moquegua (W. Martínez y A. Zuloaga 2000) y edades de emplazamiento comprendidos entre; 45.9 ± 0.30 y 66.3 ± 7.5 Ma., dados en las localidades de Quellaveco y Toquepala (Zimmermann y Kihien, 1983).

Algunas edades superiores a 80 M.a, corresponden a relictos de dioritas y gabros presentes en el núcleo de la Súper Unidad Yarabamba (La Cimarrona) que pueden

corresponder a antiguos cuerpos que fueron refundidos para dar materiales mas diferenciados



Foto N° xxx Monzogranitos de la Súper Unidad Yarabamba en el sector de la Cimarrona (oeste de la Mina Toquepala).

Súper Unidad Yarabamba (Pachia – Palca)

Aflora extensamente entre las quebradas de Palca y Vilavilani. Al sur de la hoja de Pachia tenemos un pequeño plutón en la quebrada Cobani. Están compuestas principalmente por granodioritas, monzodioritas y dioritas, que intruyen a las formaciones Chocolate (en la quebrada Palca y Vilavilani) y Socosani en la quebrada Palca, silicificando los contactos con las formaciones intruidas mayormente a los sedimentarios. Litológicamente está compuesta de plagioclasas, ortosa (dándole un ligero tono rosáceo), cuarzo biotita y horblenda son de color gris claro, grano grueso de textura holocristalina, inequigranular, hipidiomórfica. En la Qda. Quilla se encuentra un pluton que intruye a volcánicos de la Formación Matalaque. Se cuenta con dataciones de 70.1 ± 0.90 Ma. en granodioritas por el método Ar-Ar en roca total en la Qda. Quilla cerro Autencane Palca (R. Monge y J. Cervantes 2000). Otras edades de 60.3 ± 1.3 Ma. en la quebrada de Palca (Clark, et al 1990), dándole una edad : Cretáceo - Paleógeno.

SISTEMA ESTRUCTURAL EN EL SUR DE PERÚ

Introducción:

Tres importantes sistemas transcurrentes, con magmatismo asociado, son identificados en el sur del Perú. Un corredor transcurrente dextral (corredor estructural Cusco – Lagunillas – Laraqueri – Abaroa), orientado N 150° y un ancho de 40 – 80 Km. Se caracteriza por estar asociado a potentes lavas básicas e intrusiones oligocenas. El otro gran sistema de fallas sinistral (corredor estructural Urcos – Ayaviri – Copacabana – Cobiri) con una orientación N 125° - 130° relacionada a magmas básicos miocenas a cuaternarios. Por último hacia el suroeste tenemos el Sistema de Fallas Incapuquio (SFI) con una dirección N 125°. Asociado a este sistema tenemos un abundante magmatismo correspondiente al arco Cretáceo superior – Paleoceno (T. Sempere, et al, 2004).

Este Sistema de Fallas Incapuquio (J. Wilson y W. García, 1962) es de carácter regional se extiende en los departamentos de Tacna (frontera con Chile) y Moquegua al norte con una extensión mayor a los 140 Km.

El SFI regionalmente está afectando principalmente a rocas volcánicas, que suprayacen a rocas sedimentarias más antiguas, que han sido perturbadas por la actividad tectónica del plegamiento Andino y por la intrusión del batolito, dando lugar a estructuras orientadas en dirección NO – SE originadas por fuerzas de deformación que actuaron sobre la dirección SO – NE. Esta aplicación de esfuerzos da como resultado que las unidades aflorantes estén deformadas en pliegues de dirección NO y la presencia de sobre-escurrimientos que determinan el predominio de fuerzas compresivas.

Las fuerzas de deformación SO – NE continúan en forma decreciente y posterior al periodo volcánico. Estas fuerzas originaron la formación de un gran número de fallas generalmente gravitacionales de dimensiones regionales, que están directamente relacionadas con el control de la actividad intrusiva y el emplazamiento de cuerpos mineralizados de tipo pórfido.

El movimiento tectónico que origina el fracturamiento de las rocas volcánicas es producto del encuentro del encuentro de los ejes de compresión y tensión máxima paralelos a la superficie terrestre. En este fracturamiento, el sistema predominante es de dirección NO – SE y prácticamente el movimiento y rumbo resultantes esta acompañado de otro sistema ubicado casi en ángulo recto con el primero (a 90°) aunque en forma incipiente y por ende de menor consideración, como lo demuestra el análisis estructural regional.

En el presente informe se realizará una descripción del SFI por zonas:

Área de Pachia – Palca.

En este sector lo más resaltante de este sistema de fallas es la formación de un rombo estructural asimétrico que corresponde a una estructura en flor positiva (Jacay et al., 2002; Pino et al., 2002, Sempere et al., 2002b) y esta bordeado por tectonitas producidas por la actividad de las fallas asociadas. Este rombo estructural representa un primer bloque con mayor exhumación donde afloran rocas correspondientes al Complejo Basal de la Costa (basamento), Grupo Cabanillas perteneciente al Devoniano. Al este afloran rocas de los grupos Tarma – Copacabana del Carbonífero y la Formación Chocolate del Permo-Jurásico. En un tercer bloque más al sureste existe una serie de pliegues apretados que afectan a unidades litoestratigráficas próximas a alguna falla de este sistema. Estas características estructurales y su asimetría evidencian que se trata de un sistema transcurrente sinistral que funciona principalmente en forma transpresiva (Jacay et al., 2002; Pino et al., 2002; Sempere et al., 2002b).

En la zona depósitos recientes a este SFI se encuentran fallados demostrando que se trata de un elemento estructural activo. En el sector de Vilavilani (carretera Palca – Vilavilani) se observa traza de falla que pone en contacto directo parte de la Fm.

Chocolate del Permo – Jurásico con la Fm. Huaylillas del Mioceno con una falla de bajo ángulo de dirección N350° 38°NE y un pich 35° de componente sinistral inversa así mismo tenemos datos relacionados al sistema con una dirección N° 150 – 160° NE 65° y 75° NE de componente inversa dextral.

Foto N° 1. Sobre-
escurrimiento
de
componente
sinistral
inversa en la carretera
Palca –
Vilavilani.
Contacto entre la Fm.
Huaylillas (Neógeno) y la
Fm. Chocolate (Permo-
jurásico).



Fig. N° 1 imagen satelital mostrando el sistema de Fallas Incapuquio en el sur de Perú hoja de Palca, entre las quebradas Vilavilani y Palca.

Sector Cerro Machani

El sector mas importante pues aquí se observa el sistema de fallas en flor positiva. En la quebrada seca al oeste del Cerro Machani se observa el sobre-escurrimiento de la Fm. Socosani (calizas), sobre la Fm. Moquegua (conglomerados) con espejo de falla de dirección N280° 45°NE con 5° de pich de componente dextral inversa.

Foto N° 2 sobre-escurrimiento de la Fm. Socosani (Jurásico medio) con la Fm. Moquegua (Paleógeno - Neógeno).
Corresponde al sistema de Fallas Incapuquio. Vista hacia el NE en la Qda. Seca, oeste del C° Machani (ubicada en imagen inferior).

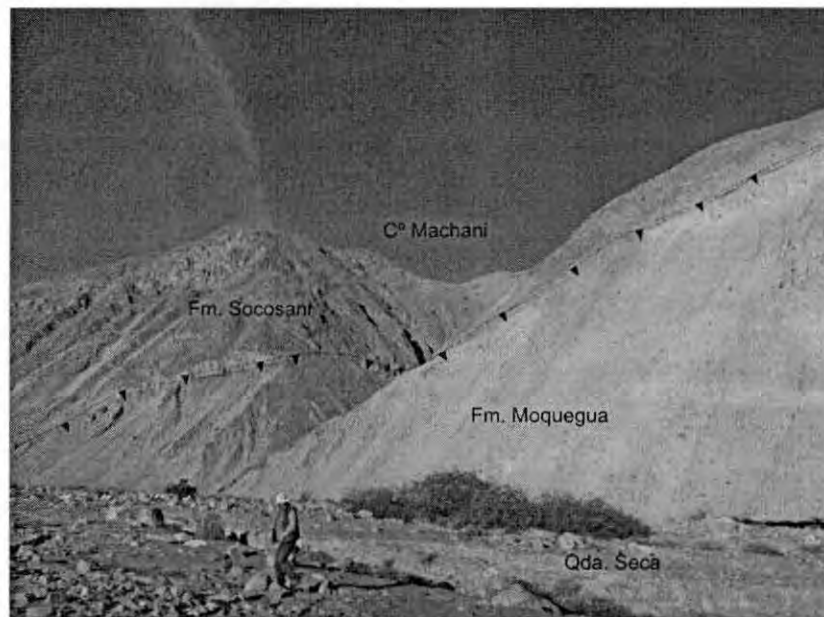




Fig. N° 2: Imagen satelital mostrando el SFI en el sector de Mal Paso hoja de Pacha.

Sector de Toquepala – Ilabaya

Como característica principal de estas fallas separan los volcánicos del Gpo. Toquepala de intrusivos relacionados a la Súper Unidad Yarabamba. Así mismo existen fallas pequeñas que corresponden al mismo sistema.

En este sector el corredor estructural Incapuquio esta conformado por dos fallas paralelas que son la Falla Incapuquio y la Falla Micalaco las cuales tienen un rumbo N120° a 130°. En el sector de Toquepala la falla Micalaco se ubica a 5.5 Km., al norte de la falla Incapuquio. La Falla Micalaco se le ha reconocido con una extensión de 21 Km., de largo con zonas anchas de fracturamientos, brechamientos y cizallamientos.

Como característica principal de estas fallas separan los volcánicos del Gpo. Toquepala de intrusivos relacionados a la Súper Unidad Yarabamba. Así mismo existen fallas pequeñas que corresponden al mismo sistema.

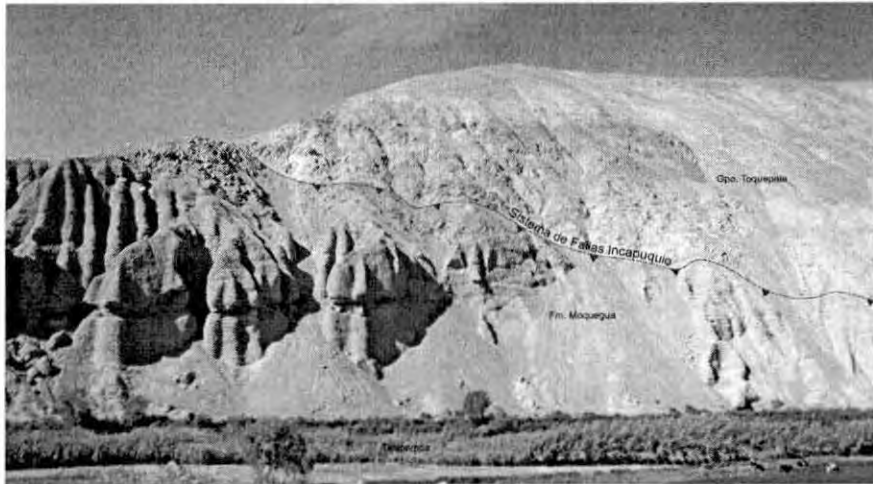


Foto N° 3 Sobre-escurrimiento del Grupo Toquepala sobre la Formación Moquegua. Sector noreste de Ticapampa.



Fig. N° 3 Imagen satelital mostrando la Fallas Incapuquio y Micalaco (rumbo similar). En la Mina Toquepala se ha reconocido la Falla Sargento que corta perpendicularmente al SFI.
Sector Moquegua

En la hoja de Moquegua es donde se puede apreciar en su máxima expresión todo el sistema Incapuquio ya que en este sector entre Otorá y la Mina Toquepala aflora las trazas de fallas con un ancho aproximado de 23 Km. Como consecuencia de este intenso tectonismo se puede observar estructuras mayores paralelas como son:

Falla Incapuquio reconocida desde la frontera con Chile (Palca) con un rumbo N 120° a 130° con buzamientos desde 35° SO llegando hasta la verticalidad. En el sector norte de

Moquegua esta falla toma un rumbo N275° E buzamiento de 65° NE y corta a secuencias de la formación Huaracane. Al sur de este sector pone en contacto secuencias volcánicas con conglomerados de la Fm. Millo. Las medidas principales para este sector son N 340° E 40° NE estrías 50° dextral Normal, N15° E 60° NO estrías 60° inversa sinistral. Foto N° 4.

En el sector de la quebrada Mamarosa sector del cerro Baulito se observa un sobre-escurrimiento de bajo ángulo entre las unidades del Grupo Toquepala y la Formación Moquegua. Foto N° 5



Falla Micalaco: reconocida en más de 21 Km. Presentando una zona ancha de fracturamiento, brechamiento y cizallamiento. Regionalmente con la falla Incapuquio controlan el emplazamiento de cuerpos intrusivos y sub-volcánicos. Tiene movimientos gravitacionales y

transcurrentes. En el sector de Otorá – Torata se observa un sobre-escurrimiento de la Formación Huaracane (cerro Mejía) sobre la Formación Moquegua (cerro Baúl) con un ángulo de N160° y 40° con un pich de 55°



inversa de componente sinestral. Ver Foto N° 6 (1= Zona de intenso fracturamiento, 2= Formación Huaracane).

Existe un dominio de fallas con un rumbo de N 160° a N 170° con buzamiento de 80° y 85° NE y con los mismos rumbos y similares buzamientos pero al SO.



Foto N° 7 vista de norte a sur desde el cerro Vizcachane se observa zona amplia fracturada y cizallada producto del SFI.

Hacia el este del cerro Mejía se observa una amplia zona de fracturamiento y cizallamiento hasta las proximidades de la garita de acceso a la mina Cuajone y hacia el norte se extiende hasta la zona de Otorá.

Se presenta un sistema de fallas normales e inversas de alto ángulo lo cual nos indica el intenso tectonismo ocurrido en el sector y que corresponden a épocas diferentes posiblemente desde tiempos jurásicos. También se tiene la presencia de sigmoides que indican el sistema de esfuerzos y cizallamiento.

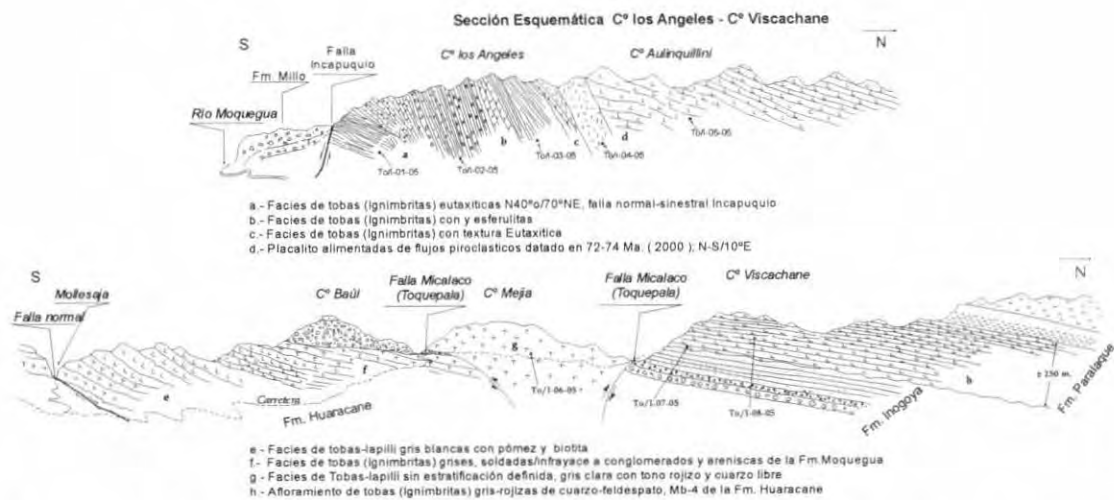


Fig. N° xxx Perfil esquemático entre los cerros Los Angeles y Vizcachane donde se observa el comportamiento del Sistema de Fallas Incahuico. Y su relación con el volcanismo del Grupo Toquepala.



Fig. N° xxx Imagen satelital del sector de Moquegua donde se observa el SFI. Además se la relación existente entre el sistema estructural con los yacimientos de pórfidos de cobre localizados en el sur peruano.

Falla Quellaveco: tiene un rumbo de N 120° con una traza sinuosa y sus buzamientos son casi verticales lo que nos indica que es una falla gravitacional, afecta tanto a rocas volcánicas de la Formación Quellaveco como a rocas intrusivas de la Súper Unidad Yarabamba. Esta falla corta sistema subsidiarios antiguos además estas estructuras han sido aprovechadas por cuerpos de dique de composición cuarzo latita.

Falla Asana: ubicada en el curso del río Asana y la quebrada Altarani. En su extremo este presenta una sinuosidad con un ancho promedio de 70 m., produciendo un intenso fracturamiento esta falla tiene una dirección inicial hacia el este de N120° con buzamientos de 80° NE, en el sector del proyecto Quellaveco toma un rumbo E – O con buzamientos verticales. Esta falla produce zonas de debilitamiento en los volcánicos de la Formación Quellaveco y controla el emplazamiento de la Súper Unidad Yarabamba.

Falla Viña Blanca: ubicada al este de la mina Cuajone, presenta un rumbo de N 125° 85° SO estría de de 60° inversa de composición sinistral. Aflora con una extensión aproximada de 8 Km. Luego es cubierta por depósitos recientes.

Falla Botiflaca: parte de la traza de esta falla cruza el campamento Villa Botiflaca (Mina Cuajone de la Southern Perú), con una dirección N 120 60° NE con estría de 85° inversa de componente dextral. También se observan fallas secundarias con una dirección N 75°, buzamiento de 80° SE, estría de 55° normal con componente dextral. Hacia el norte esta falla posiblemente se una a la falla Micalaco pues desde proximidades del campamento Cuajone hacia el norte se presenta una amplia zona de cizallamiento y fracturamiento complejo.

La descripción del Sistema de Fallas Incapuquio con marcada orientación NO – SE, nos indica que existen otras pequeñas fallas que constituyen un sistema secundario con una orientación predominante NE – SO y N – S, que vienen a complementar la acción de los esfuerzos de deformación que actuaron en el área. El cartografiado detallado de estos sistemas se encuentra estudiado en los yacimientos mineros de Toquepala y Cuajone (informes privados).

Sector Los Calatos: esta afectada por la falla Micalaco, con dirección N 135° de componente transcurrente dextral, pertenece al Sistema de Fallas Incapuquio, también se ha observado antiguos lineamientos de dirección N 50°-70° E, los cuales fueron desplazados por el SFI. La interacción de estas estructuras originó zonas de debilidad estructural, aprovechadas para el emplazamiento de intrusiones magmáticas. En este sector se ha observado dos direcciones de diques que cortan a los intrusivos, el primero con rumbo N320E, con buzamiento 60NE con un grosor de 1 m; el segundo N340° E buzamiento 80°NE grosor 0.2 m. Asociados a estos tenemos venillas de sílice de hasta 0.5 cm. de grosor generando una ligera alteración. Se observa fallas en zonas de cizalla con dirección N320° E y buzamiento 80° SO.

El sistema de fallas tienen un rumbo N110° buzamiento 70° SO estría 50° es inversa con componente dextral. Las fracturas predominantes tienen un rumbo N295°, buzamiento 85° SW.

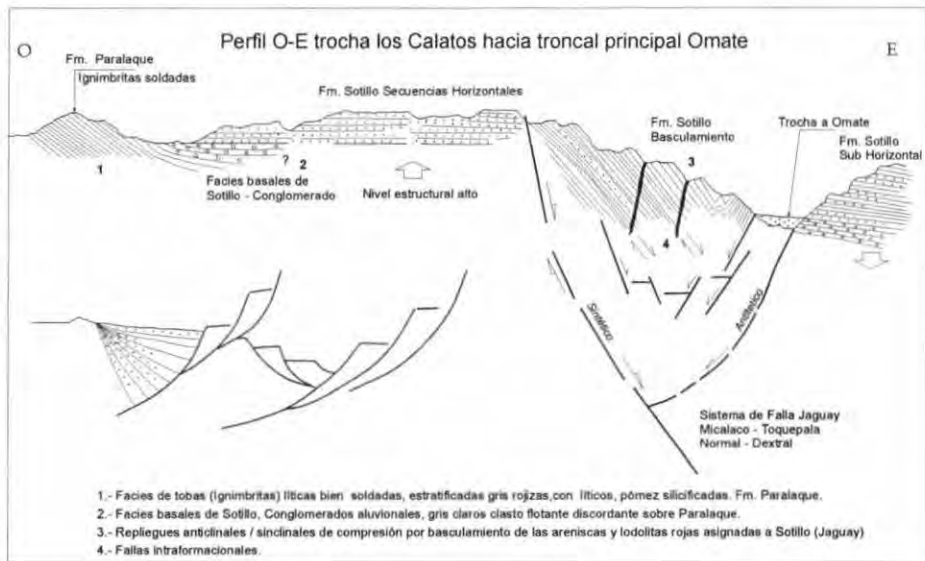
En la zona de estudio se pone en evidencia de que existió una etapa compresiva en el periodo de 70 Ma. y 65 Ma. y una etapa distensiva posterior, hacia el este se ubica la Cuenca Jahuay (intramontana).

Foto N° 8 vista hacia el este desde la trocha al Proyecto Los Calatos se observa secuencias sedimentarias de la Fm. Sotillo (Jaguay). Estratos con



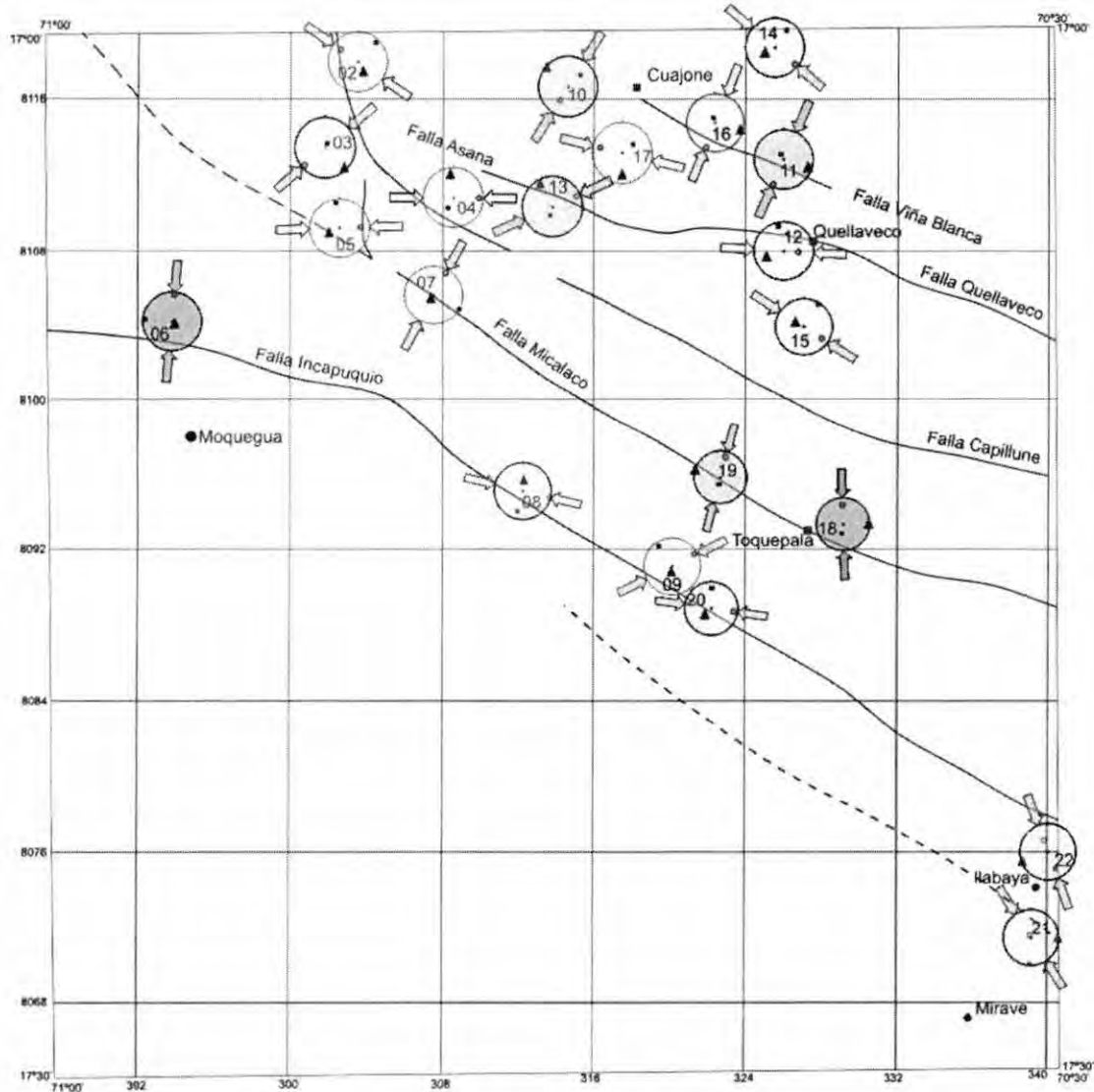
buzamiento de hasta 80° al NE luego se ponen horizontales.

Fig. N° xxx
 diagrama
 esquemático
 donde se
 muestra la
 influencia del
 Sistema de Fallas
 Incapuquio (Falla
 Micalaco), en la
 formación de la
 cuenca Jaguay y
 su deformación
 posterior.



**Descripción
 Microtectónica**

Con la medida de datos microtectonicos



Leyenda

- | | | | |
|--|--|--|--------------------|
| | Dirección de esfuerzos NO - SE desarrolla un sistema de fallas inversas en un sistema compresivo directamente relacionados al sistema Incapuquio | | Poblado |
| | Dirección de esfuerzos NNE - SSO desarrolla un sistema de fallas de rumbo en un sistema compresivo | | Ubicación de Minas |
| | Dirección de esfuerzos N - S pertenece a un sistema compresivo neto generando fallas de rumbo | | Fallas |
| | Dirección de esfuerzos E - O un sistema compresivo desarrollando fallas inversas. | | Sima 1 |
| | | | Sima 2 |
| | | | Sima 3 |

Focos de sismos corticales se ubican sobre el SFI (A. Pino, et al., 2004) y depósitos recientes cercanos a él se encuentran fallados demostrando que se trata de un sistema estructural activo.

De acuerdo a las observaciones realizadas en campo a lo largo del SFI se observó lo siguiente. El SFI, funcionó al menos desde el Paleozoico superior, creando y controlando la cuenca del Grupo Cabanillas (Devoniano) y Ambo – Tarma – Copacabana (Permo – Carbonífera); la cual posteriormente en el Mesozoico correspondería a la Cuenca de Arequipa. Durante el Triásico y probablemente desde el Pérmico medio hasta el Jurásico inferior, se tiene el depósito de importantes flujos de derrames de andesitas basálticas, andesitas y piroclastos (Fm. Chocolate), los que afloran únicamente próximos al SFI (sector oriental), mas no en la zona costanera ni en la Cordillera de la Costa; lo que indicaría que estos depósitos fueron controlados por este mismo sistema. Durante el Jurásico inferior-medio (Sinemuriano a Batoniano), en el borde Oeste de la Cordillera Occidental, se tiene el depósito de una importante secuencia carbonatada que comienza por el Sur con la Formación Pelado, (Tacna) y continua hasta Arequipa por el Norte (techo de la Fm. Chocolate), así mismo se depositó la Formación Socosani. Lateralmente en la Cordillera de la Costa durante el Aaleniano – Caloviano se tiene una sedimentación detrítica y volcánico – sedimentaria (Formación Guaneros). La variación lateral en cuanto a los espesores y a la litología, indicaría que el SFI habría controlado esta sedimentación. A fines del Jurásico medio (Caloviano), se tiene una fuerte subsidencia, debido probablemente a un funcionamiento normal o transtensional del SFI, donde se depositaron turbiditas y lutitas, en la Cuenca Arequipa (Grupo Yura). Mientras que en la zona de la Cordillera de la Costa, continuaba la sedimentación detrítica y volcánico-sedimentaria (Formación Guaneros). En el Jurásico superior la Cuenca de Arequipa es rellenada con depósitos de Areniscas y lutitas, de la Formación Labra y Gramadal. Posterior a la depositación del Jurásico, se tiene una deformación de toda esta secuencia, para luego en el Cretácico inferior pasar a una sedimentación netamente detrítica. Posteriormente en la Cuenca Arequipa durante el Albiano, se tiene el depósito de otra secuencia volcánico-sedimentaria (Formación Matalaque), la cual habría estado controlada por el SFI. La presencia de una gruesa secuencia volcánico – sedimentaria asignada al Grupo Toquepala y la presencia de intrusivos batolíticos sugiere que el ascenso de estos cuerpos aprovecharon las estructuras de este régimen transcurrente que nos indica que el SFI estuvo activo durante el Cretáceo superior. Así mismo la presencia de conglomerados gruesos en la cuenca Moquegua evidencian la continuidad de la actividad del SFI durante el Paleógeno (J. Jacay, et al., 2002). En conjunto los datos disponibles en la zona de estudio indican que el SFI conforma un elemento estructural antiguo, de escala litosférica, que estuvo activo desde tiempos Jurásicos.

Dataciones Isotópicas

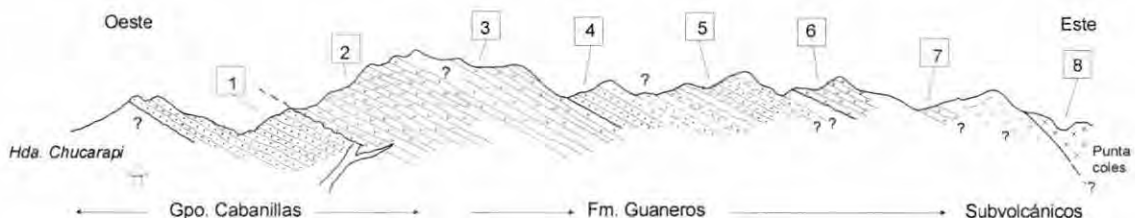
Se han realizado tres dataciones isotópicas por el método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, en la Formación Guaneros, desde las secuencias basales aflorantes en la Hda. Chucarapi en Punta de Bombón, hasta las secuencias finales próximas al contacto con el Grupo Toquepala en la Clemesi. Estas dataciones nos proporcionan valiosas interpretaciones de la evolución de la columna lito estratigráfica compuesta de materiales volcano-sedimentarios y que tienen una continuidad estratigráfica. Las muestras son cristales de actinolita, plagioclasa y masa fundamental.

4.1 Formación Guaneros – Hda. Chucarapi

Muestra Pb/I-03-03; esta roca se recolectó de las secuencias basales de la Formación Guaneros (antes Chocolate), en la Qda. La Horca, corresponde a lavas andesíticas con tendencia basáltica, bien estratificada y discordante sobre areniscas cuarzosas del Grupo Cabanillas. Estas lavas infrayacen a facies sedimentarias bien estratificadas muy similares a las secuencias calovianas de Alto el Meadero y Río Sama. El cristal de Actinolita de las lavas tienen una edad isócrona de 152.9 ± 2 Ma. Calculado usando seis pasos de calor (apéndice analítico), con un nivel de sigma de uno. El plateau más antiguo muestra una edad de 152 ± 4 Ma. Un posible exceso de ^{40}Ar está mostrado por la relación $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ de 294.6 ± 1.8 Ma, calculado del ploteo de la isócrona en el primer paso de calentamiento. En conclusión la edad del plateau se considera como la mejor estimación del tiempo de depositación del flujo lavico.

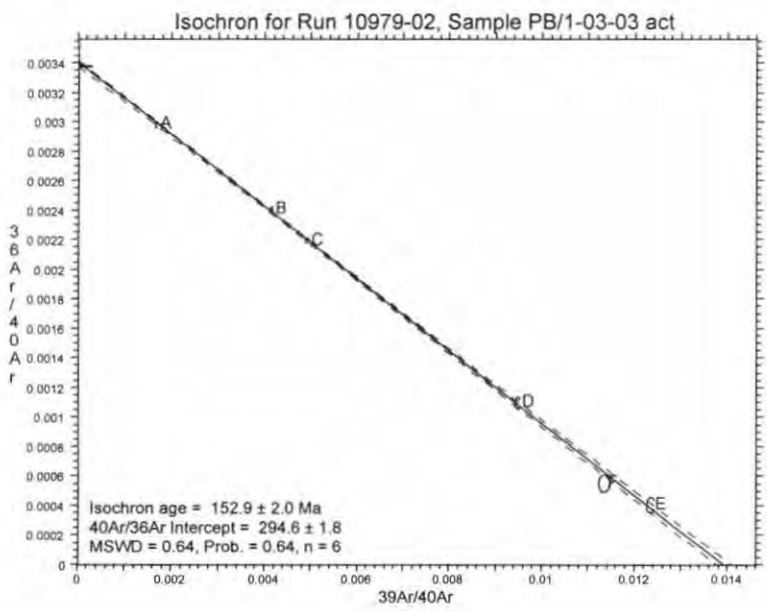
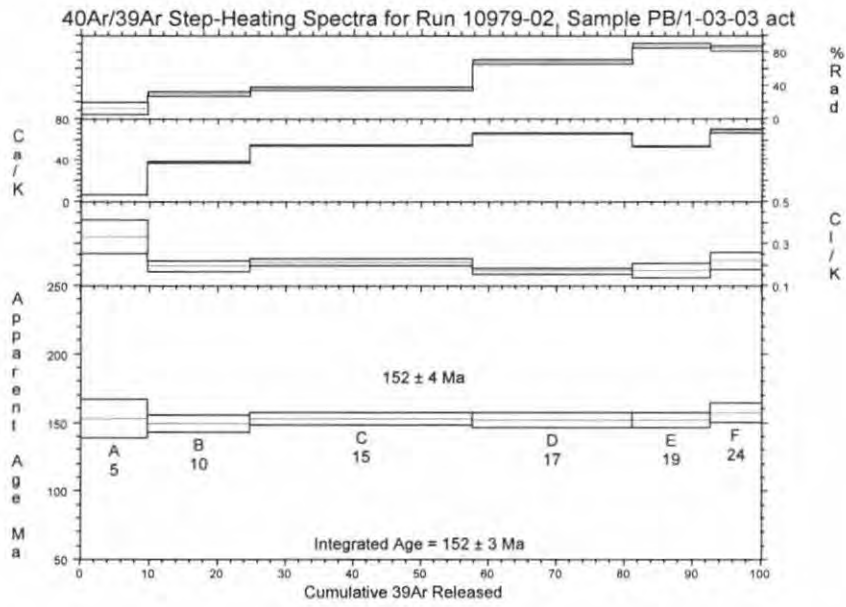
Discusión: la datación en actinolita que es un mineral secundario producto posiblemente de un calentamiento que produjo un "reset" en la región, es muy probable, pero dado las características estratigráficas y algunas dataciones recientes hechas en los yacimientos Cachuyo-Cachuyito-La Llave por **CHANG. X. ET AL, (2005)**, con edades entre 155 y 166 Ma. Sugieren que esta unidad es de edad Jurasica media y los pórfidos de Cu asociados también corresponderían a este tiempo.

Hda. Chucarapi - Cerros Airampai - Punta de Bombón



- 1.- Areniscas finas grs oscuras, bien estratificada afósiles, Grupo Cabanillas
- 2.- Lavas grises porfíricas de grano fino, color marrón en afloramiento
- 3.- 100 m. cuesta arriba misma secuencia para datación : **Pb/I -03 - 03 (Datación realizada; 152 Ma)**, diques ande las secuencias silicástica
- 4.- Areniscas finas gris oscuras
- 5.- Areniscas y limolitas volcánico clásticas y al parecer compuesta por cineritas
- 6.- Lavas grises macizas muy alteradas
- 7.- Lavas? Asociadas a cuerpos subvolcánicos grises verdosa, macizas grano grueso a medio, cristales de Pb + Hb, matriz fina clara tono verdoso
- 8.- Granodioritas a dioritas? Grises holocristalinas

Espectros de incremento de calentamiento y ploteo de isócrona para Actinolita, Fm. Guaneros – Hda. Chucarapi – Punta de Bombón

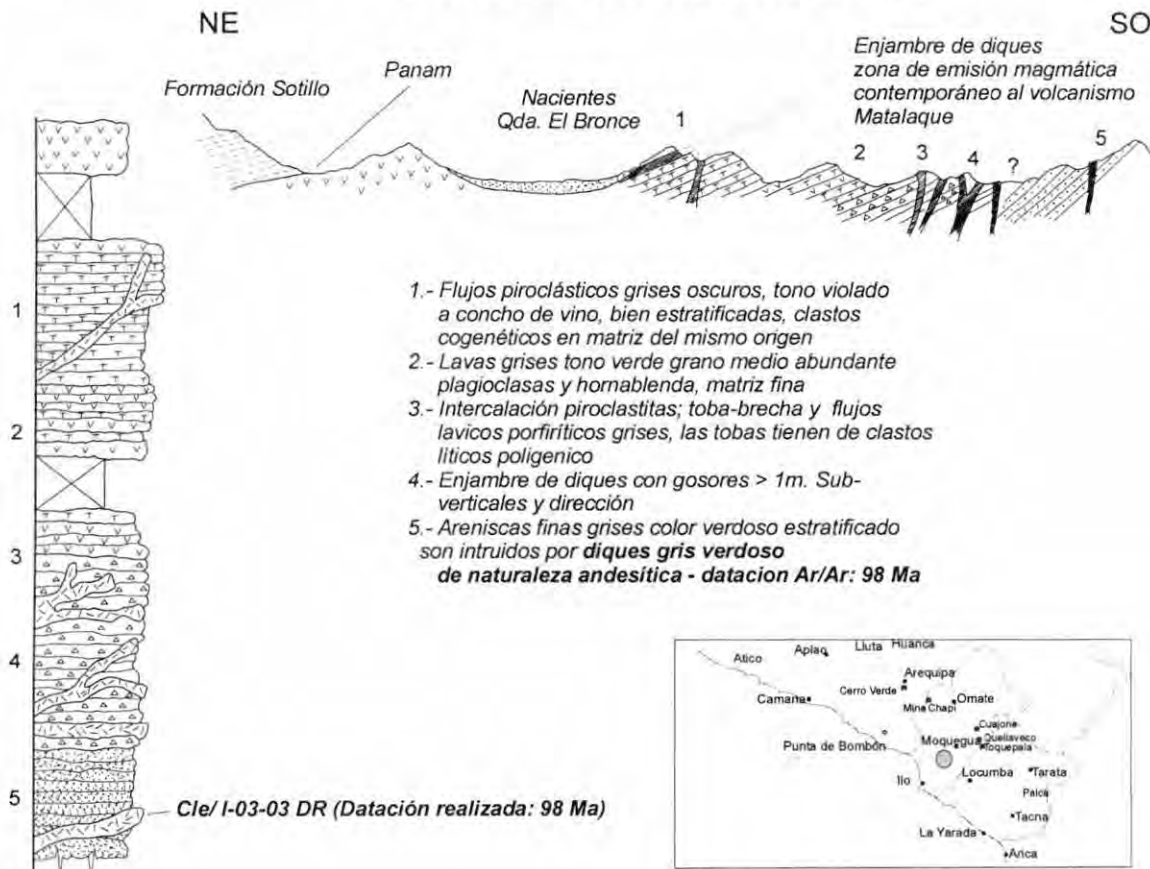


4.2 Diques que cortan a la Formación Guaneros – Qda. El Bronce

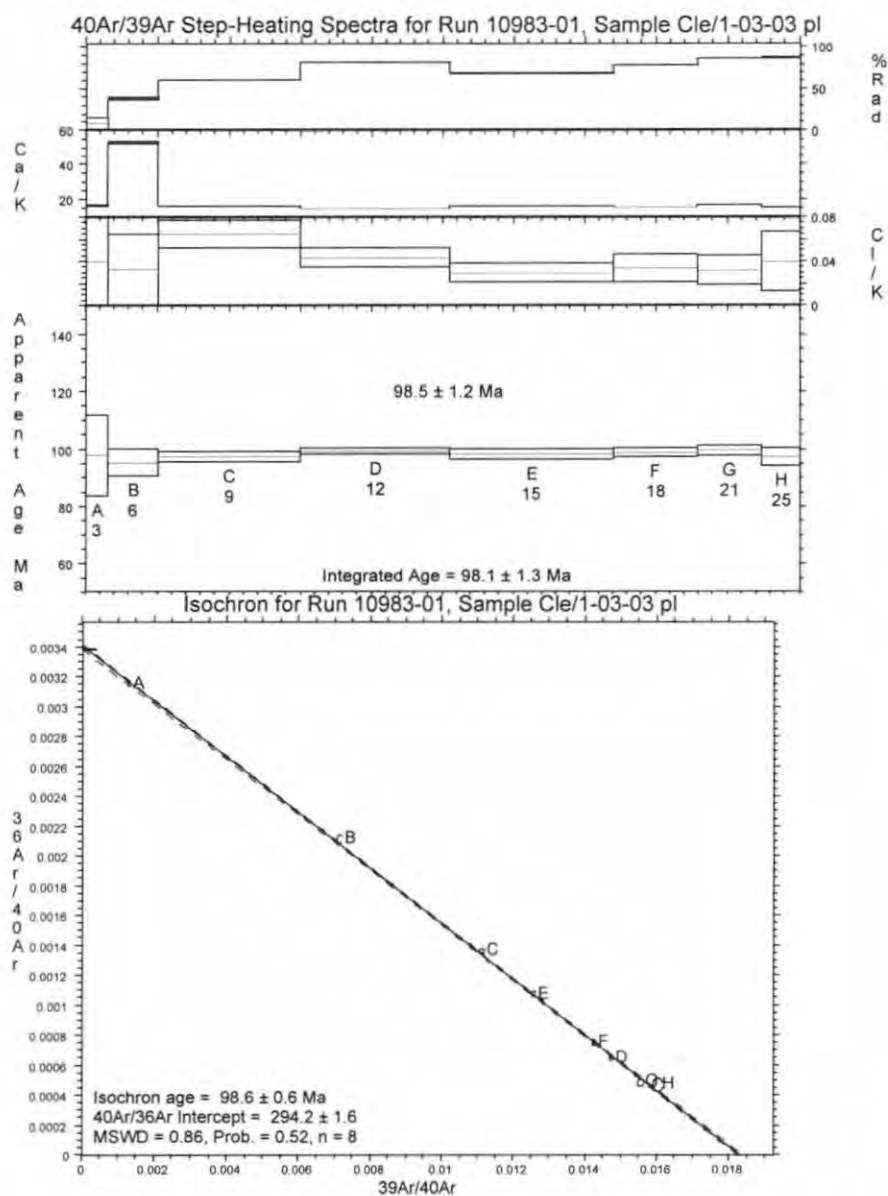
Muestra Cle/I-03-03; esta roca se recolecto de las secuencias medias de edad caloviana (fosiles) de la Formación Guaneros en la Qda. El Bronce- al SE de Clemesi, corresponde diques de composición andesítica, que intruyen verticalmente a secuencias sedimentarias de areniscas y limoarcillitas de edad caloviana asignados a la Formación Guaneros. El enjambre de dique también se comportan con placolitos y muestran grosore mayores a los dos metros. Tienen disyunción columnar perpendicular a la roca caja. El cristal de plagioclasa tienen una edad isócrona de 98.6 ± 0.6 Ma. Calculado usando ocho pasos de calor (apéndice analítico), con un nivel de sigma de uno. El plateau mas antiguo muestra una edad de 98.5 ± 1.2 Ma. Un posible exceso de ^{40}Ar esta mostrado por la relación $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ de 294.2 ± 1.6 Ma, calculado del ploteo de la isócrona en el primer paso de calentamiento. En conclusión la edad del plateau se considera como la mejor estimación del tiempo de intrusión de los diques.

Discusión: la datación en plagioclasa muestra un buen plateau y demuestra que un magmatismo efusivo alimentado por sistemas de diques en esta zona tien una edad minima de 100 Ma, esto dique alimentadores se depositaron con flujos lavicos en secuencias superiores y representaría la continuación del volcanismo en esta región sin aparente mayor interrupción. Esta cocina magmática es equivalente en edad a las facies volcano-sedimentarias de la Formación Matalaque y los dique asociados a este aflorantes entre Omate y Quinistaquillas cuyas edades son similares en edad (**SEMPERE CONVERSACIÓN PERSONAL, 2004**)

Qda. El Bronce - Moquegua - Clemesi



Espectros de incremento de calentamiento y ploteo de isocrona para Plagioclasa, Diques del cretaceo inferior que cortan a la Fm. Guaneros media (Caloviano) – Qda. El Bronce - Clemesi

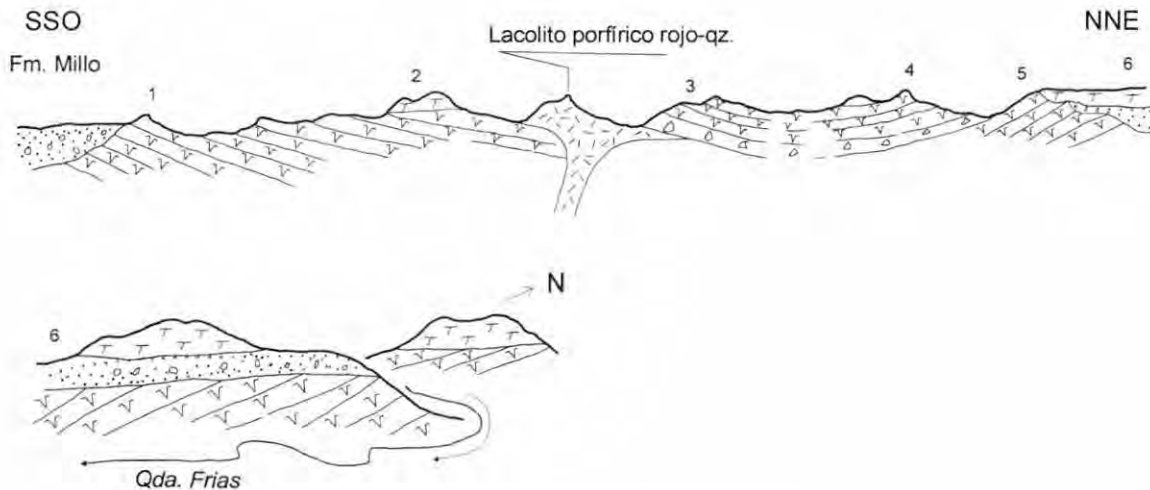


4.3 Formación Guaneros – Qda. Honda

Muestra Cle/I-18-03; esta roca se recolecto de las secuencias superiores de la Formación Guaneros de transición a Grupo Toquepala, en Qda. Honda al norte de Clemesi. Corresponde a lavas de composición andesítica, que se intercalan con Ignimbritas y tobas lapilli, bien estratificadas. Esta secuencia esta próximo al contacto “discordante” con el Grupo Toquepala. La roca fue analizada en masa fundamental, la edad isócrona fue de 77.8 ± 0.6 Ma, calculado usando ocho pasos de calor (apéndice analítico), con un nivel de sigma de uno. El plateau mas antiguo muestra una edad de 78 ± 0.7 Ma. Un posible exceso de ^{40}Ar esta mostrado por la relación $^{40}\text{Ar}/^{36}\text{Ar}$ de 295.5 ± 1 Ma, calculado del ploteo de la isócrona en el primer paso de calentamiento. En conclusión la edad del plateau se considera como la mejor estimación del tiempo de intrusión de las lavas

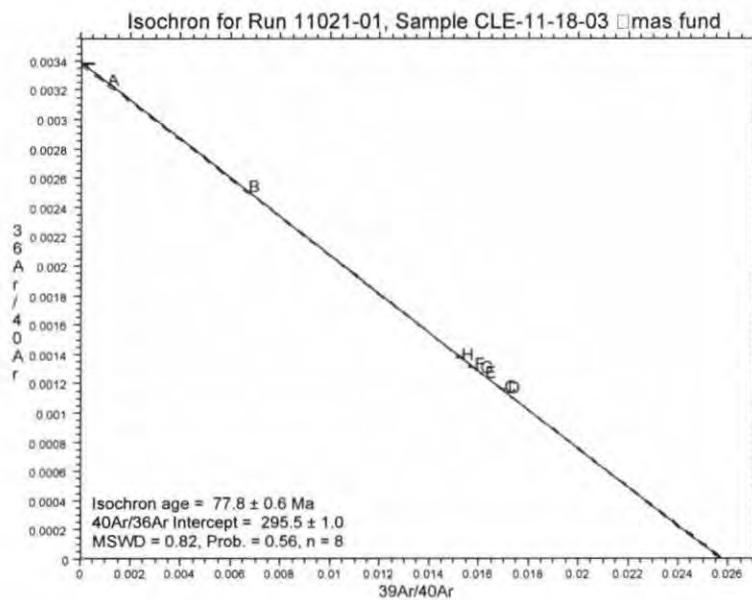
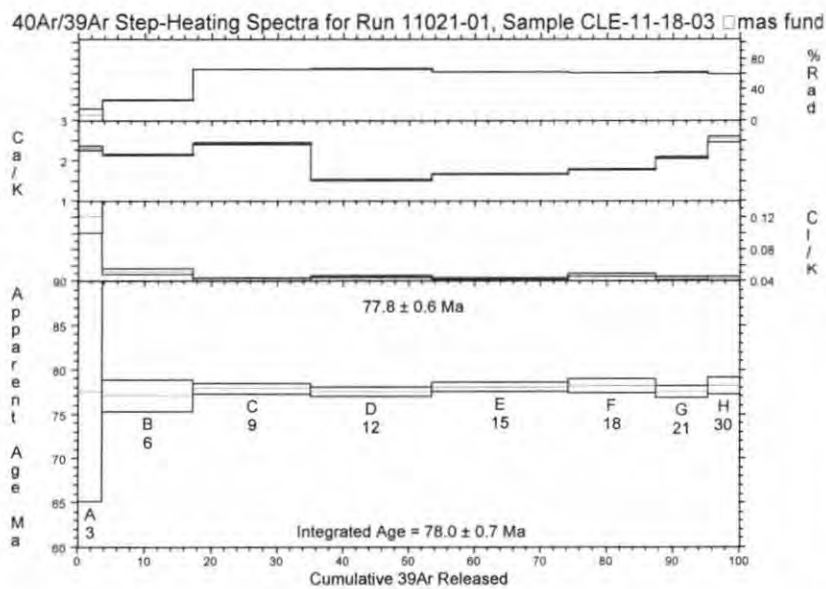
Discusión: esta edad isotópica, con edades próximas a 80 Ma, marca el final volcano-sedimentario de las secuencias de la Formación Guaneros, si es cierto que esta unidad se piensa esta restringido al jurasico medio a tardío, las características geoquímicas y petrográficas muestran que no hay cambios a lo largo de la columna lito estratigráfica, además la tenue presencia de cuarzo en la unidad GT (mayormente ignimbrítico), demuestra la fraccionación hacia condiciones mas felsicas de los Arcos magmáticos. Hay que tener en cuenta que a pocos centenares de metros de esta datación (Cerro Los Angeles), dataciones hechas en Ignimbritas soldadas de la Formación Huaracane tuvieron edades entre 72 y 74 Ma en $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ (MARTINEZ Y CERVANTES 2003), demostrando que la continuidad magmática prosiguió sin mucha interrupción entre el Jurásico medio-superior (Qda. Guaneros-El Bronce) y Cretáceo superior

SECCIÓN QDA. HONDA-QDA. FRIAS- C° CUPINE CLEMESI



- 1.- Afloramientos de lavas grises porfiricas mas plagioclasas cle/I-18-03 datacion: 77.8 Ma
- 2.- Dique afloramiento lavas grises porfiricas, sobreyacen tobas poco soldadas y niveles de conglomerados polimicticos y subangulosos (Fm. Millo)
- 3.- Lavas afaníticas grises mas plagioclasa euهدral
- 4.- Lavas, brechas, tobas grises verdosas polimicticas subangulares
- 5.- Lavas grises afaníticas de plagioclasas Euهدral
- 6.- Tobas sobreyacen conformes a la Fm. Millo

Espectros de incremento de calentamiento y ploteo de isocrona para Masa Fundamental, lavas de la Formación Guaneros superior – Qda. Honda - Clemesi



Razones Isotópicas

Con respecto a isótopos se realizaron algunos análisis desde la década de los setentas (JAMES, 1974., BOILY ET AL, (1983 - 1990), así como en el presente estudio (Tabla 1). Los análisis se realizaron en la Universidad de Gottingen por M. Mamani, totalizando 20 análisis por isótopos de Pb, Sr y Nd. Las unidades analizadas comprenden: Batolitos de Punta coles e Ilo y formaciones Chocolate – Guaneros, así como un dique que corta a secuencias sedimentarias de a Formación Guaneros. El batolito de Torconta, aflorante al NO de Arequipa, continua asignado a Punta Coles.

Resumen de los isótopos ϵNd_i y ϵSr_i realizados en la Universidad de Gottingen y Boily et al (1983)

Formación Guaneros¹ ϵNd_i : +6 +8 y ϵSr_i : -15 +1 (Ilo-Locumba) ϵNd_i : +2 +3 y ϵSr_i : -5 +15 (La Yarada)	Formación Chocolate² ϵNd_i : -8.2 y ϵSr_i : (Pachia) ϵNd_i : -3.8 y ϵSr_i (Palca)
Formación Guaneros³ ϵNd_i : -4.3 y ϵSr_i : (Punta de Bombón) ϵNd_i : +0.1 y ϵSr_i : (Clemesi) ϵNd_i : +0.6 y ϵSr_i : (Punta de Bombón) ϵNd_i : -0.4 y ϵSr_i : (GT-Clemesi) ϵNd_i : +0.2 y ϵSr_i : (La Yarada)	
Batolito Punta Coles⁴ ϵNd_i : y ϵSr_i : () ϵNd_i : y ϵSr_i : ()	Batolito Torconta⁵ ϵNd_i : -1.8 y ϵSr_i : (Arequipa)
Batolito de Ilo⁶ ϵNd_i : +0.6 y ϵSr_i : (Ilo)	Diques cortan a Guaneros⁷ ϵNd_i : +1.5 y ϵSr_i : (Clemesi)

5.1 Resultados e interpretaciones

¹ Datos de James (1974) y Boily et al (1983), consideraron en aquella época a las facies volcánicas aflorantes en la faja costanera con "Volcánicos Chocolate". Actualmente esta unidad pertenece a la Formación Guaneros, restringiendo la Formación Chocolate solo a la cordillera occidental y de edad pre-sinemuriana.

² Muestras obtenidas en Tacna, en las secuencias superiores e inferiores; edad pre-sinemuriana.

³ Análisis realizados en la Universidad de Gottingen por M. Mamani.

⁴ Muestras de la faja costanera; gabrodioritas a dioritas

⁵ Muestra obtenida al NO de Arequipa, batolito de Torconta compuesto de granodioritas foliadas

⁶ Muestra de la faja costanera; granodioritas del cretáceo inferior

⁷ Muestra de diques básicos que cortan a secuencias callovianas de Guaneros; Qda. El Bronce

Formación Chocolate. Tiene valores de ϵNd negativos (-3.8 a -8.2) sugieren que hay contaminación con una componente cortical, esto es propio de ambientes de cuenca de trasarco, y posiblemente contaminado con parte del CBC o el Paleozoico superior. Las facies de esta unidad son mayormente marinas (lavas almohadilladas y chert), y algunos niveles de Ignimbritas basales y terminales, siendo posible que estas facies se desarrollaron en una extensión cortical lenta que permitió la acumulación de material magmático en niveles de una corteza antigua. **Las secuencias inferiores de la Formación Guaneros** tienen mas afinidad al manto y geográficamente se distribuyen entre Ilo y Locumba, mientras que las **secuencias superiores** distribuidos en La Yarada, muestran posiblemente mas contaminación de sus magmas?

Si se toma en cuenta las edades se observa que las secuencias inferiores de la **Formación Guaneros** muestran edades de 185 Ma (BOILY, ET AL 1983), mientras que las superiores están en el rango de 150 Ma, las dos secuencias tienen valores de ϵNd_i diferentes, implicando que tienen 2 fuentes isotópicas distintas en un lapso de aproximadamente 30 - 35 Ma. (ver Fig. 1-2). *En síntesis las diferentes firmas isotópicas sugieren diferentes fuentes de magma, e indican que derivaron de fuentes homogéneas y primitivas de origen mantélico.* Las posibles causas de los cambios isotópicos serian discontinuidades abruptas en las zonas de fusión parcial a profundidades de 100 Km.

El batolito de Torconta (Punta Coles), presenta $\epsilon Nd_i = -1.8$, interpretándose con un ligero nivel de contaminación cortical superior?. Esto es debido posiblemente a su posición a lo largo del Batolito de la costa y los extensos afloramientos del CBC a los cuales intruye. Lo que se puede notar es su diferencia con los plutones aflorantes en la línea de costa y con similares edades radiométricas (cerca de 190 Ma), esto sugiere que existe dos fuentes isotópicas para cada plutón e implicaría que existieron dos magmatismos en el mismo periodo separados por mas de 50 Km. Posiblemente la placa subductada tendría diferentes ángulos⁸ y estaría controlada por el alto de Cocachacra-Omate?.

El batolito de Punta Coles (faja costanera), tiene valores $\epsilon Nd_i =$

El batolito de Ilo (faja costanera), tiene valores $\epsilon Nd_i = +0.6$, interpretándose como de baja contaminación y con firma de manto. El batolito de Ilo se encuentra emplazado en el mismo arco volcánico, y la explicación de sus valores positivos se enmarca en una rápida extensión cortical que construyó el arco Guaneros y el emplazamiento de sus cuerpos intrusivos asociados (Ilo). La Formación Guaneros y el batolito son cogenéticos en elementos traza (ver capítulo de geoquímica), y tienen una tendencia isotópica parecida.

PRELIMINAR

⁸ El plutón de Torconta (bloque norte) se habría emplazado con un plano de subducción mas somero, y mas alejado del arco volcánico, variando a mayor ángulo (tipo Mariana) hacia el bloque sur (Batolito de Punta Coles ss.)

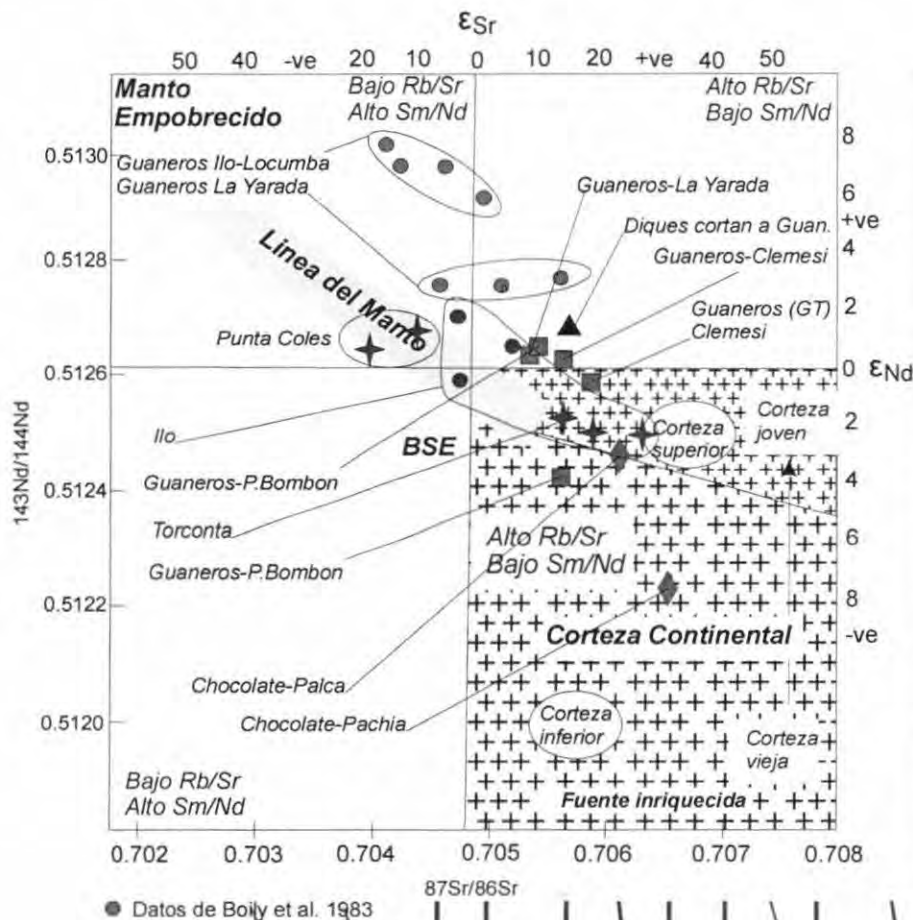


Fig.1 Diagrama de correlación isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Nd vs Sr), mostrando las relativas posiciones de los datos isotópicos de las unidades Guaneros, Ilo, Punta Coles, Torconta Chocolate y diques. Observe que la Formación Guaneros en la faja costera no muestran signos de contaminación cortical, estando al parecer mas contaminada en dirección sur?. La Unidad Torconta (190 Ma), tiene firma de corteza, a diferencia de Punta Coles (190 Ma), de la costa. La Fm. Chocolate se encuentra muy contaminada. Diagrama de Rollinson, H. 1993.

PRELIMINAR

5.2 Isótopos de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$

En las tablas 3 y 4, se han recolectado muestras isotópicas de $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, tomadas en los batolitos de Ilo y Punta Coles (hoja de Ilo), realizadas por BECKINSALE ET AL. (1985), CLARK ET AL (1990), BOILY, ET AL (1989) & SÁNCHEZ, (1983). Se puede observar que los valores se encuentran entre: **0.70455-0.70522 (batolito Punta Coles)** y **0.70426-0.70619 (batolito Ilo)**, interpretándose que el **batolito Punta Coles** con edades de 144-190 Ma cerca de la ciudad de Ilo, tiene una componente mantelica, sin contaminación y próximo a la línea del manto, y los intrusivos asignados a esta misma unidad aflorantes mas al norte y este (Punta de Bombón) con edades de 156 Ma (CLARK, ET AL 1990) tienen firma de contaminación (corteza superior) ver fig. 1-2. Por otra parte **el plutón de Torconta** (NO de Arequipa) con edades entre 184 -188 Ma (MUKASA, 1986., STEWART, ET AL 1974) se encuentra contaminado y cae también en el campo de corteza superior. **El batolito de Ilo** tiene por lo general una componente próxima al manto, similar a los campos isotópicos de Punta Coles y Formación Guaneros aflorantes en Punta de Bombón, Clemesi e Ilo.

En síntesis se puede interpretar que el batolito de Punta Coles con edades mas antiguas (190 Ma) son menos contaminados, restringidos a la faja costanera y al sur de Punta de Bombón, mientras que los plutones de 156 Ma entre Punta de Bombón y la Joya se encuentra contaminados por una componente de la corteza superior. *Otro problema por resolver es el plutón de Torconta* (190 Ma), que al no compartir firmas isotópicas similares

con la faja costera, supone que existía a este nivel otro arco volcánico coetáneo construido sobre una corteza continental dominada por el CBC y Paleozoico, su origen y emplazamiento puede ser debido a los diferentes planos de inclinación de corteza oceánica y que fue controlado por el fallamiento Cocachacra-Omate. Este control estructural (ver capítulo de tectónica), jugó un papel importante en la contaminación de los magmas: hacia el norte domina el CBC y secuencias paleozoicas (componente cortical) y al sur e dominio de una corteza delgada que no proporciono una firma contaminante en los magmas que construyeron el arco volcánico.

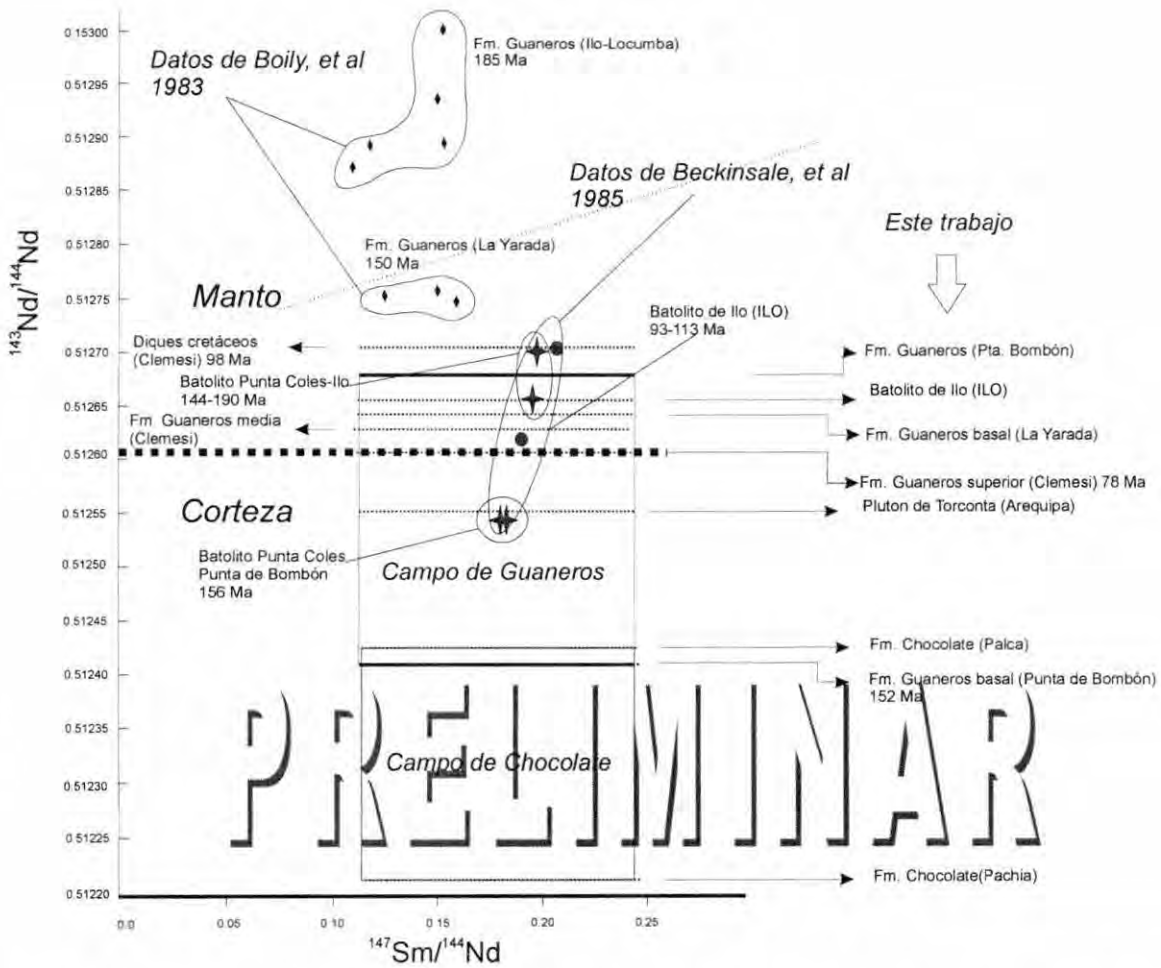


Fig. 2 Diagrama $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs $^{147}\text{Sm}/^{144}\text{Nd}$, para secuencias de la Formación Guaneros. De acuerdo a las edades proporcionadas por Boily et al (1983), al parecer las unidades mas antiguas se encuentran entre Ilo y Locumba variando a edades mas modernas hacia el sur (La Yarada).

Tabla 1. Isótopos Sr-Nd-Pb para las secuencias Jurásicas de la faja Costanera y Cordillera Occidental – Análisis realizados en la Universidad de Gottingen

Muestra	Hoja	Unidad	143Nd/144Nd	error	147Sm/144Nd)s	87Sr/86Sr	eNdi	eSri	206Pb/204Pb	e
Ar/I-05-03	Arequipa									
Ilo/I-12-04	Ilo	<i>Punta Coles</i>								
Ilo/I-01-04	Ilo	<i>Punta Coles</i>								
Ilo/02-02	Ilo	<i>Batolito Ilo</i>	0.512669	0.00004			0.6			
Ilo/I-04-03	Ilo	<i>Punta Coles</i>								
Ar/I-17-05	Arequipa	<i>Batolito Torconta</i>								
Ar/I-23-05	Arequipa	<i>Batolito Torconta</i>	0.512546	0.00005			-1.8			
Pal/II-07-04	Palca	<i>Chocolate basal</i>								
Pb/I-03-03	Pta de Bombón	<i>Guaneros Basal</i>	0.51242	0.00003			-4.3			
Cle/I-03-03	Clemesi	<i>Diques cortan a Guaneros</i>	0.512715	0.00004			1.5			
Cle/II-23-03	Clemesi	<i>Guaneros media</i>	0.512642	0.00002			0.3			
Ar/I-04-03	Arequipa	<i>Chocolate</i>								
Pb/I-12-03	Pta de Bombón	<i>Guaneros media</i>	0.512667	0.00004			0.6			
Cle/II-18-02	Clemesi	<i>Guaneros superior (GT)</i>	0.512617	0.00006			-0.4			
Ilo/I-17-04	Ilo	<i>Batolito Ilo</i>								
Pb/II-01-03	Pta de Bombón	<i>Punta Coles</i>								
Ly/II-04-03	La Yarada	<i>Guaneros Basal</i>	0.512646	0.00004			0.2			
Pb/I-15-03	Pta de Bombon	<i>Punta Coles</i>								
Pal/III-08-03	Palca	<i>Chocolate media</i>	0.512442	0.00004			-3.8			
Pa-04-02	Pachia	<i>Chocolate basal</i>	0.512219	0.00005			-8.2			

Tabla 2. Ubicación de las Muestras isotópicas – Universidad de Gottingen

Muestra	Localidad	Age real (Ma)	Edad relativa	Unidad Litoestratigrafica/Litodémica	Huso S	UTM-Este
VOLCANICAS						
Pa-04-02	Pachia		Paleozoica?-Jurásico	Chocolate	19	389307
Ar/I-04-03	Arequipa		Paleozoica?-Jurásico	Chocolate	19	208112
Ar/I-05-03	Arequipa		Paleozoica?-Jurásico	Chocolate	19	208597
Pb/I-03-03	Punta de Bombón	152	Jurásico	Guaneros basal	19	209107
Pb/I-12-03	Punta de Bombón		Jurásico	Guaneros medio	19	229678
Cle/I-03-03	Clemesi	98.5	Cretácico	Diques	19	274596
Ly/II-04-03	La Yarada		Jurásico	Guaneros basal	19	322851
Cle/II-18-03	Clemesi	77.8	Cretácico	Guaneros (GT)	19	253856

Cle/II-23-03	Clemesi		Jurásico	Guaneros medio	19	241053
Pal/III-08-03	Palca		Paleozoica?-Jurásico	Chocolate medio	19	398138
Pal/II-07-04	Palca		Paleozoica?-Jurásico	Chocolate basal	19	398788
INTRUSIVOS						
Ar/I-17-05	Arequipa		Jurásico inf	S.U. Punta Coles	19	193006
Ar/I-23-05	Arequipa		Jurásico inf	S.U. Punta Coles	19	200834
Pb/I-15-03	Punta de Bombón		Jurásico med	S.U. Punta Coles	19	221486
Pb/II-01-03	Punta de Bombón		Jurásico med	S.U. Punta Coles	19	206327
Ilo/I-04-03	Ilo		Jurásico med	S.U. Punta Coles	19	268618
Ilo/I-12-04	Ilo		Jurásico med	S.U. Punta Coles	19	248533
Ilo/I-01-04	Ilo		Jurásico med	S.U. Punta Coles	19	253945
Ilo/I-17-04	Ilo		Cretáceo	S.U. Ilo	19	267877
Ilo/02-02	Ilo		Cretáceo	S.U. Ilo	19	262206

Tabla 3. Datos isotópicos Sr - Nd, para los Batolitos de Ilo - Punta Coles - varios Autores

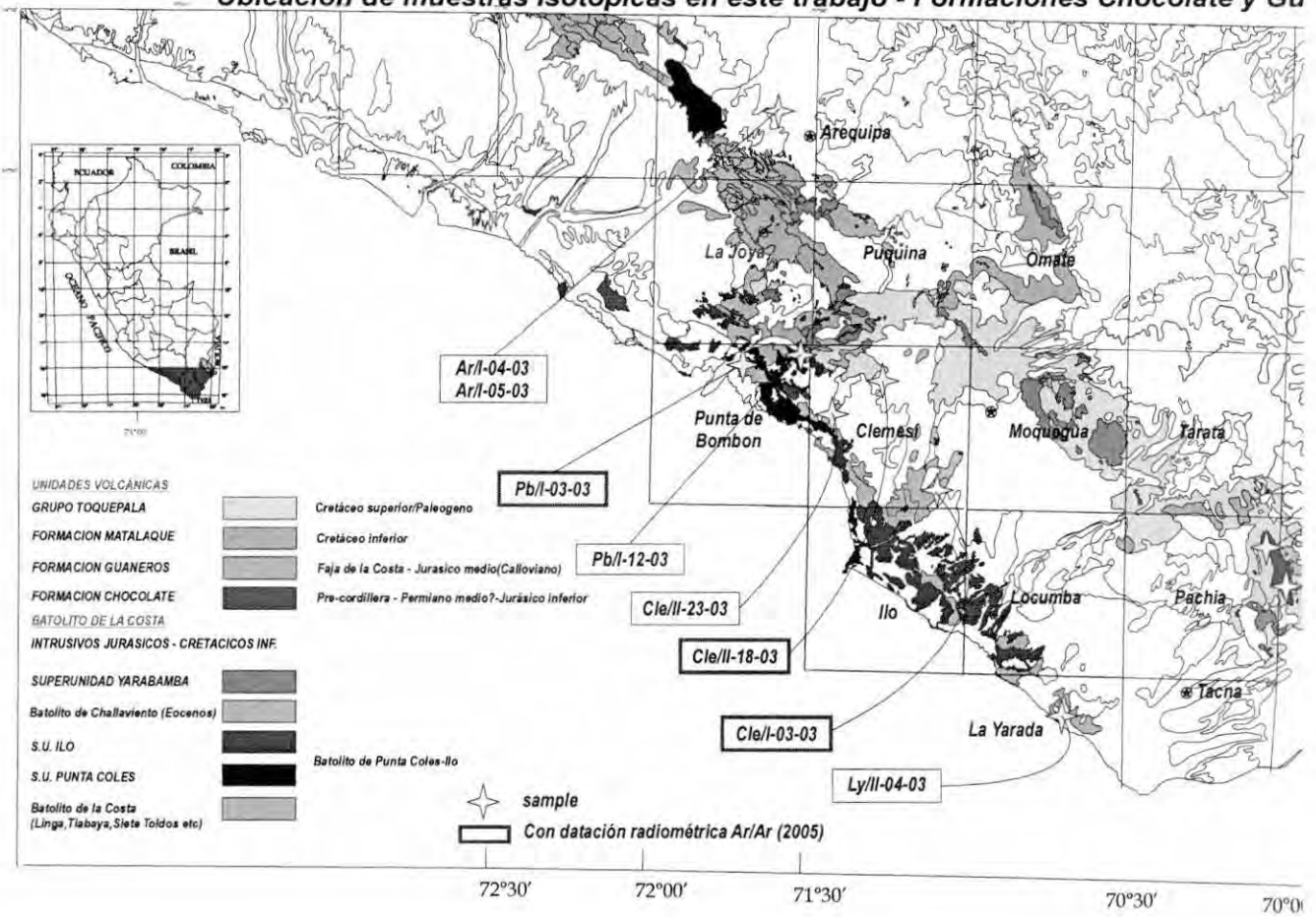
Muestra	Localidad	Eda G	(±) error	Unidad	Huso S	Este	Norte	Tipo de Roca	87Sr/86Sr	143Nd/144Nd
SP-149	Punta de Bombón	156.4	4.6	Punta Coles	19	212618	8115204	granodiorite	0.705894	0.512533
PE-164	Punta de Bombón	156.4		Punta Coles	19	212618	212618	Cuarzodiorite	0.706194	0.512535
PE-165	Ilo	96	2.9	Ilo	19	271581	8052555	Cuarzodiorite	0.70471	0.512720
PE-166	Ilo	103	2.3	Ilo	19	269831	8050813	granodiorite		
PE-167	Ilo	108	6.91	Ilo	19	268093	8050689	granodiorite	0.704776	0.512623
PE-162	Locumba	190		Punta Coles	19	289867	8021605	Cuarzodiorite	0.704005	0.512654
PE-168	Punta-Coles	190		Punta Coles	19	252000	8046976	Cuarzodiorite	0.704446	0.512654

Tabla 4. Datos de Beckinsale et al 1985: en Magmatism at a Plate Edge (Pitcher, W., Beckinsale, Cobbing, J. & Atherton, M)

16	Sur de Ilo	182+4		Punta Coles	19	250000*	8045800	dioritas	0.70455	
17	Sur de Ilo	196+4		Punta Coles	19	250000*	8045800	dioritas	0.70522	
10	Este de Ilo	106+2		Ilo	19	272700*	8053800	granodiorite	0.70449	
11	Este de Ilo	100+2		Ilo	19	272700*	8053800	granodiorite	0.70494	
12	Este de Ilo	103+2		Ilo	19	267300*	8049700	granodiorite	0.70483	
13	Este de Ilo	99+2		Ilo	19	258000*	8043500	granodiorite	0.70496	
14	Este de Ilo	109+2		Ilo	19	258000*	8043500	granodiorite	0.70428	
15	Este de Ilo	104+2		Ilo	19	258000*	8043500	granodiorite	0.70426	
18	Este de Ilo	97+2		Ilo	19	260100*	8050200	granodiorite	0.70440	
*Ubicaciones aproximadas										

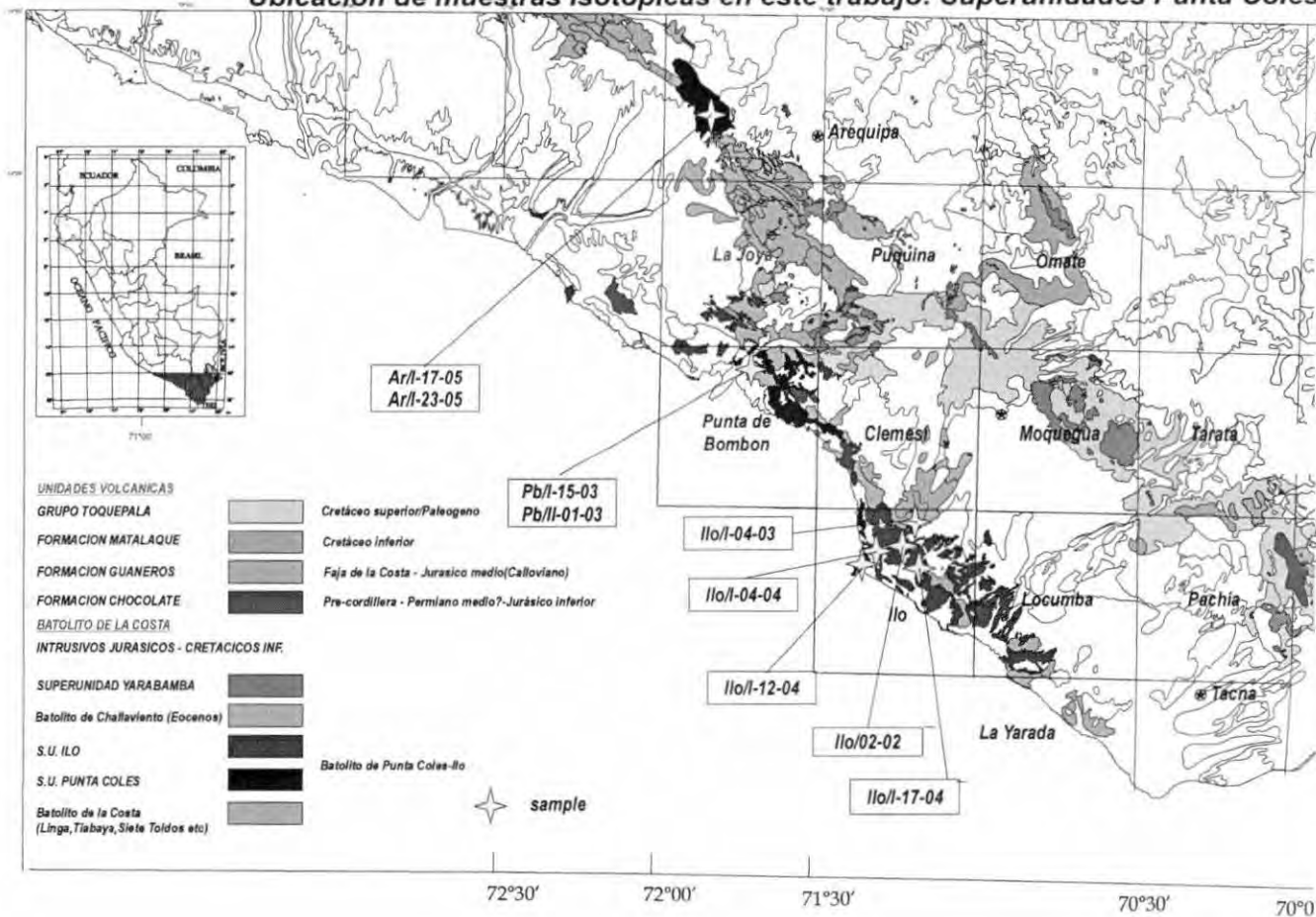
**“ESTUDIO DEL ARCO MAGMATICO EN EL SUR DE PERU”
PARALELOS 16° - 18° LATITUD SUR**

Ubicación de muestras Isotópicas en este trabajo - Formaciones Chocolate y Gu



**“ESTUDIO DEL ARCO MAGMATICO EN EL SUR DE PERU”
PARALELOS 16° - 18° LATITUD SUR**

Ubicación de muestras isotópicas en este trabajo: Superunidades Punta Coles



PETROGRAFIA

Los estudios realizados en microscopio de las diferentes unidades ígneas en el sur de Perú ha sido clasificado en productos piroclásticos y flujos lavícos y cuerpos intrusivos con edades entre el Paleozoico superior y el Jurásico/Cretáceo. La clasificación se estableció en base a la presencia o ausencia de ensambles minerales, tanto en materiales volcánicos como intrusivos. Para los flujos lavícos se tomó en cuenta la presencia de:

Clinopiroxenos-Olivinos: Basaltos

Clinopiroxenos-anfibola: Andesitas

Hornablendas-biotita: Dacitas/Traquidacitas

Hornablenda-cuarzo-biotita: Riolitas

Para los cuerpos intrusivos:

Ensamblados de cuarzo-feldespatos-plagioclasas (AQP), en porcentajes según **STRAKEISEN (1976)**, desde componentes gabroicos hasta monzogranitos, las unidades menos diferenciadas como cuerpos subvolcánicos han sido estudiados en base a sus composición mineralógica (fenos) y la matriz

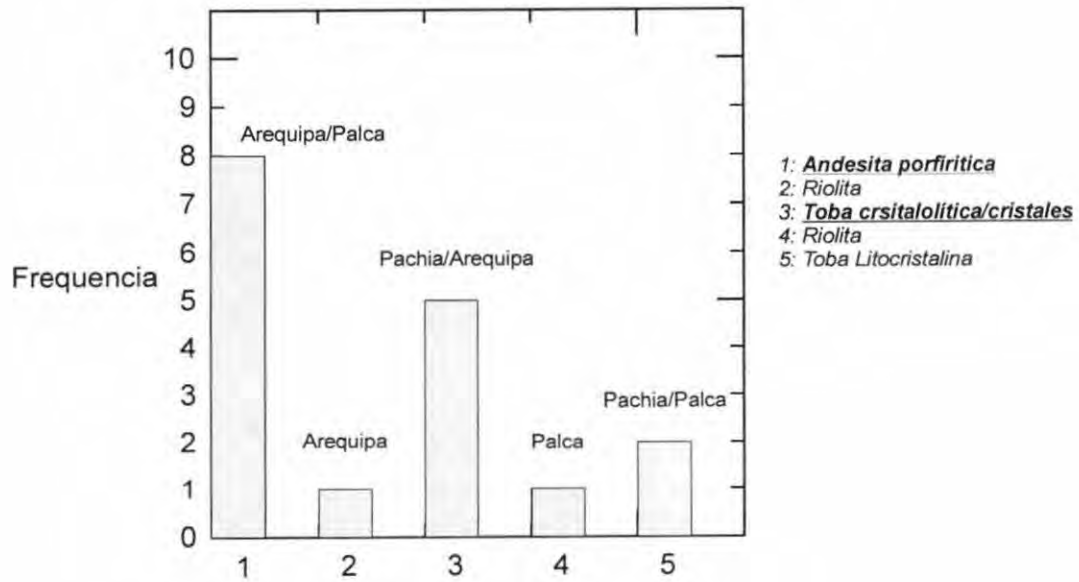
Los estudios petrográficos han clasificado unidades volcánicas desde basaltos hasta composiciones riolíticas y desde gabros hasta monzogranitos. Los resultados geoquímicos realizados a la mayoría de estas muestras (flujos lavícos e intrusivos) en muchos casos ha sido compatible con las descripciones mineralógicas. Para mayor detalle en estas descripciones, el lector puede revisar el anexo petrográfico adjunto detallado de todas las unidades ígneas descritas entre los años 2003 y 2004.

6.1 UNIDADES VOLCÁNICAS

Las unidades volcánicas están representadas por las formaciones Chocolate y Guaneros cuyos materiales extrusivos corresponden a flujos lavícos y piroclásticos, extendiéndose entre los departamentos de Arequipa y Tacna. La Formación chocolate se encuentra restringida a la Precordillera aflorando en las ciudades de Arequipa, Pachia y Palca, algunas secciones se pueden observar en el río Huanca Huanca al SE de Pausa (Ayacucho). La Formación Guaneros aflora entre la Joya y La Yarada, mayormente a lo largo de la faja costanera y parte de las cuencas de antearco (Moquegua)

La mayor frecuencia de litologías en las formaciones Chocolate y Guaneros son las Andesitas porfiríticas, seguidas de los flujos piroclásticos: Tobas cristalíticas y de cristales teniendo las menores rocas entre basaltos, riolitas y tobas. Esto sugiere una intercalación de flujos lavícos y piroclásticos durante la edificación del arco volcánico desde el paleozoico hasta el Jurásico inferior (sinemuriano), siendo el mayor porcentaje correspondiente a los eventos efusivos. Para Chocolate: las facies piroclásticas corresponden a sus niveles inferiores (Pachia/Arequipa), mientras que para la Formación Guaneros construye un arco con facies efusivas basales terminando con piroclásticas soldadas (Ignimbritas). (ver Fig. II.1)

Frecuencia litológica de la Fm. Chocolate



Frecuencia litológica de la Fm. Guaneros

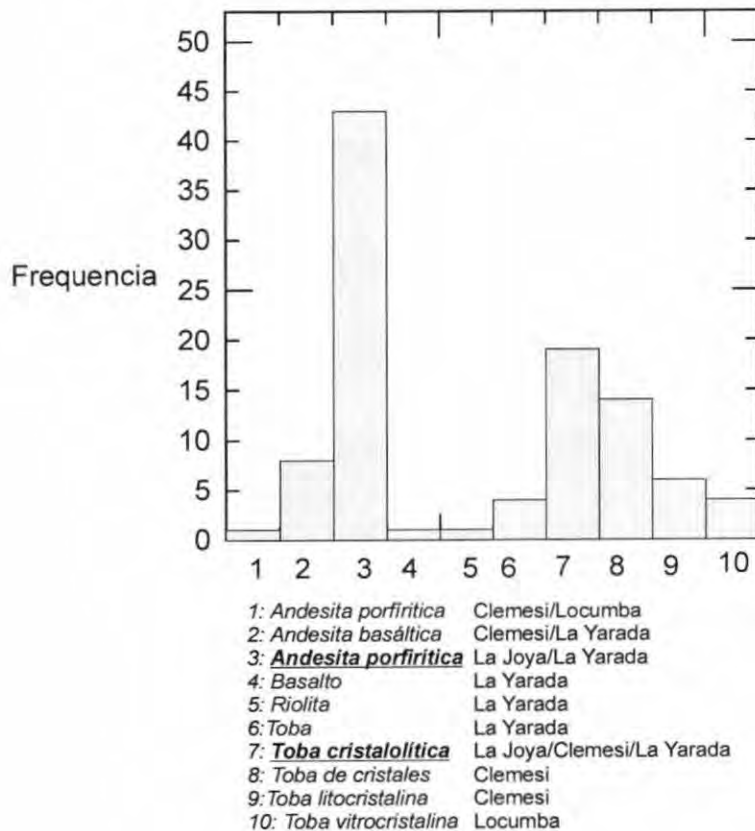


Fig. I-1

6.1.1 FORMACIÓN CHOCOLATE

FLUJOS LAVICOS A INTERMEDIOS

Flujos lavicos extraídos (**Ar-04-03**) en los alrededores del **Cerro Yanacoto** al norte de la ciudad de Arequipa, corresponden a lavas andesíticas porfíricas con fenos de plagioclasas con vidrio en la matriz. Presenta alteración ligera que genera arcillas. Se presenta moldes de fenos maficos y remplazados por calcita, la matriz es criptocristalina. La alteración en general corresponde a carbonatación, silicificación y argilización, debido a esto ha sido imposible de realizar una datación geocronométrica de las secuencias medias a inferiores (Minas de Chocolate – Rio Socosani)

Región de Pachia (Pa/III-01-03), cerca al cruce hacia Palquilla, las rocas corresponden a lavas andesíticas porfíricas con fenocristales de plagioclasas, subhedrales presentando una ligera alteración de sericita y epidota. Las microfracturas rellenas de calcita esta distribuido por toda la muestra, siendo la matriz microgranular. La alteración es argilica.

Quebrada Tinaaguirre (Pa/III-06-03), las secuencias basales corresponden a lavas porfíricas de composición andesítica, con escasos componentes de plagioclasas, matriz microgranular que simula una petrofabrica microdiorítica?. Presenta moldes de minerales maficos posiblemente de anfíboles o piroxenos. La alteración principal de las muestras son la carbonatación.

Cerro Vilcacoto (Pa/III - 09-03) las secuencias medias a superior corresponden a lavas porfíricas andesíticas con predominio de fenocristales de plagioclasas subhedrales con felcitas de piroxenos la mayoría fuertemente alterado por cloritas (cloritización y argilización). Otros niveles (Pa/III - 10-03) muestran cavidades rellenas de cuarzo, calcedonia o epidota, moldes de piroxenos y posiblemente olivino se encuentran distribuidas por toda la roca. En general las cavidades rellenas con cuarzo, actinolita y/o epidota representan más Del 60% de la roca (Pa/III - I - 14-03).

Región de Palca - Cerro Junerata (Pa/III - 02-03) las secuencia finales son lavas porfíricas andesíticas, con abundantes cristales de plagioclasas, la mayoría alteradas por calcita. Los moldes de posibles minerales máficos están distribuidas ampliamente. El cuarzo esta como relleno intersticial. Se han ubicado trazas de circones diseminadas. La alteración general es la carbonatación y cloritización. Las secuencias medias (**Pa/III - 03-03**) se encuentran muy alteradas con metasomatismo y alteración retrógrada con relleno de cuarzo y epidota en cavidades al parecer existen moldes de minerales remplazados por piroxenos. La alteración en general es la epidotización y silicificación, es posible que correspondan a flujos lávicos metasomatizada.

FLUJOS PIROCLASTICOS

Los flujos piroclásticos representan una gran proporción de las seuencia en esta unidad y generalmente se encuentran en los niveles inferiores.

Región de Arequipa (Rio Sihuas) en las secuencias basales próximo al CBC (**Ar/I - 02-03**) se presntan flujos piroclasticos grises, que presentan fragmentos de cristales alterados englobados en matriz criptocristalina. La sección muestra cristales de cuarzo diseminados en toda la muestra, las plagioclasas se encuentran alteradas hacia

arcillas. En general es de textura tobácea y con alteraciones de carbonatación y argilización moderada. Se clasifica como una toba de cristales. En los alrededores de las canteras "Chocolate" (Ar/I - 05-03) los flujos piroclásticos presentan fragmentos de rocas de variada litología (volcanicas porfíricas, pomez, afaníticas) con matriz criptocristalina y alterada hacia arcillas, los minerales opacos son escasos y deseminados. Cristales de plagioclasas se encuentran alteradas en arcillas y calcita. Se clasifican como tobas líticas.

Región de Pachia, flujos piroclásticos se presentan en el cerro Chare paraje Palquilla (Pa/III-05-03) consisten en tobas cristalolíticas de textura tobácea, con fragmentos de rocas. Cristales rotos de plagioclasas son comunes y alterados hacia arcilla. Los moldes rellenos, por calcita puede sugerir la alteración de minerales máficos la matriz es microgranular a criptocristalina.

Cerro Vilcacoto, en este sector antes fue cartografiado como formación Matalaque (MONGE Y CERVANTES 2000), las secuencias basales son ignimbritas intercaladas con sedimentos de areniscas y lodolitas que hacen recordar al Grupo Ambo, las secuencias son tobas cristalolíticas (Pa/III - 08-03) con abundantes fragmentos de cristales de plagioclasas y cuarzo y algunas biotitas, opacos y anfíboles. Se observaron fragmentos de tobas de grano muy fino. La matriz es vidrio parcialmente divitrificada a feldespato potásico. La alteración de la muestra es la cloritización y argilización (Pa/III - 11a-03).

6.1.2 FORMACION GUANEROS

FLUJOS LÁVICOS

Niveles de lavas porfíricas-andesíticas están representadas en **la Joya - Qda. El Toro** (Lj/I - 09-03) con textura porfírica con abundantes fenocristales englobadas en una matriz microgranular. Los minerales principales son plagioclasas macladas y piroxenos. Las alteraciones son hacia arcillas y calcita. El cuarzo está ausente y abundan los minerales opacos diseminados en la muestra. Es posible que la matriz sea feldespática. Cristales de olivino pueden inferirse ya que la mayoría se encuentra alterado a minerales opacos y con microfisuras de calcita. La cristalización y carbonatación son incipientes.

Niveles de lavas porfíricas -andesíticas más superiores (Lj/I -02-03) corresponden a un estadio de rápido enfriamiento existiendo un corto tiempo en la cristalización, sin llegar a formarse los cristales, la presencia de moldes de formas tabulares que corresponden a feldespatos y olivinos u otros minerales máficos. Matriz compuesta de vidrio con minerales opacos y óxidos diseminados.

El Fiscal - Cerro Puerto Viejo, lavas andesíticas porfíricas (Lj/I - 16-03) con fenos feldespáticos y minerales máficos grandes, los feldespatos tienen formas subhedrales, tabulares maclados y zonados con diámetros cercanos a los 3.2 mm. Cristales de hornablenda están presentes con formas subhedrales (6mm). Los piroxenos son más escasos que anfíbola con tamaños de 1.5 mm. Escasos cristales de cuarzo están diseminados en la roca, la matriz es criptocristalina y de composición cuarzo-feldespática.

Pampa de Chagllando - Qda. Huayrando - El Toro (Lj/I - 17-03) rocas lávicas porfíricas andesíticas presentan fenos de plagioclasas subhedrales, tabulares macladas y zonadas con tamaños hasta 1.4 mm, se encuentran corroídas por vidrio. Los minerales máficos consisten en hornablendas, piroxenos y olivino. Estos últimos son subhedrales con tamaños hasta 0,6 mm, la matriz es microgranular a criptocristalina y composición feldespática. La alteración es de carbonatación.

Punta de Bombóm - Had. Chucarapi (Pb/I - 03-03) facies de lavas porfíricas hornblendicas sobreyacen al Devoniano (Gpo. Cabanillas) presentan fenos de plagioclasas subhedrales, tabulares y tamaños menores a 2 mm, con alteración hacia sericita. Los minerales máficos son más abundantes que las plagioclasas siendo subhedrales a euhedrales de hasta 2.5 mm la matriz es microgranular compuesta por minerales máficos, plagioclasas, minerales opacos y micas. Por sectores se presentan acumuladas de piroxenos y anfíboles.

En el sector de Uchar - Río Tambo (Pb/I - 12-03) son lavas andesíticas porfíricas con abundantes cristales de plagioclasas con piroxenos. Las plagioclasas son cristales subhedrales, macladas y debilmente alteradas por arcillas y calcita llegando hasta 2.5 mm. Los cristales de piroxenos son subhedrales a euhedrales con tamaños de 1.4 mm algunos de ellos se encuentran alterados a calcita (superficie). La matriz es microgranular a criptocristalina, de posible composición feldespática y alterada por arcillas. La alteración es la carbonatación y argilización.

Clemesi - Qda. El Brance (Cle/I - 01-03) estas facies corresponden a las partes inferior inmediatamente después de la sedimentación silicoclástica calloviana de esta misma unidad. Son lavas afaníticas grises con microfenocristales de minerales máficos y feldespatos, varias cavidades rellenas por cuarzo en tamaños promedio de 0.06 mm y se encuentran dispersas en toda la muestra. Microfracturas de cuarzo (< 0.01 mm) cruzan secciones de la roca. Existen moldes de piroxenos alterados por cloritas/sericita, así como abundantes cristales de minerales opacos. La alteración es argilización cloritización y sericitización en el mismo sector se presentan calendas de andesitas basálticas (Cle/I -02-03), porfírica con fenocristales de plagioclasas y minerales máficos. Estas plagioclasas son subhedrales, tabulares, macladas con rango de tamaño 3 mm, cristales de piroxenos (clinopiroxenos y ortopiroxenos) se presentan como mayoría y ocurren como cristales subhedrales a euhedrales. Cristales de olivino son escasos con típicos microfracturas alteradas por serpentinas/cloritas.

Sector Qda. Huaneros - Cerro de Osmore, muestras de andesita basáltica (Cle/I - 07-03) (Cle/I -08-03) también están presentes y son equivalentes a los aflorantes en la Qda. El Brance, de textura porfírica y abundantes cristales de plagioclasas con escasos minerales máficos. Olivinos se encuentran alterados por serpentina e iddingsita. La relación piroxeno/olivino es 8/4 respectivamente, los piroxenos están alterados a cloritas y la matriz microgranular en arcillas. Hay que resaltar que los piroxenos presentan coronas de magnetita en sus bordes y la alteración en general es propilítica. Niveles sobreyacentes corresponden a composiciones similares (Cle/I-12/13/14-03) siendo andesitas basálticas porfíricas, con cristales de piroxenos olivinos y máficos en general alterados por cloritas. Las plagioclasas son más escasas presentándose como fenocristales y abundantes como matriz. Minerales opacos son abundantes y disseminados en toda la matriz. La alteración en general es argilización y cloritización.

Sector La Yarada, en dirección sur cerca a la frontera con Chile las facies de flujos lávicos corresponden a andesitas basálticas y porfíricas que afloran a lo largo de la faja costanera. En cerro Punta Colorada y Moreno son rocas lávicas con textura porfírica con fenocristales de plagioclasas alteradas a cloritas (Ly/II - 01/04 - 03). Como minerales máficos se presentan el piroxeno y olivino, siendo este último el más abundante. Piroxenos se encuentran alterados por cloritas, olivino se encuentra alterado a serpentina e iddingsita, la matriz es microgranular a criptocristalina encontrándose poco alterada en arcillas. La alteración es sericitización moderada. Una muestra de basalto (Ly/II -05-03) está presente con abundantes cristales de plagioclasas alteradas a calcita y micas, se encuentran corroídas por vidrio. La matriz es de piroxenos, plagioclasas y opacos. La presencia de olivino no está comprobado.

aunque existen moldes y alteración a serpentinas. El contenido de piroxenos es de 25 % aproximadamente, olivino 5%, plagioclasas 55% y vidrio 15%. Cabe recalcar que las plagioclasas están alteradas en superficie por sericitas. Las alteraciones son sericitización, carbonatación y serpentización. Muestras de andesitas porfíricas con tendencia basáltica han sido extraídas en la sección Vituña - Boca de Río (**Ly/II - 09/19-03**) a lo largo del río la Yarada consistiendo de lavas con textura porfírica con muchos cristales de plagioclasas alteradas a micas y arcillas y corroídas por vidrio, algunas llegan a medir hasta 7 mm dando la apariencia de niveles de oacitas, la mayoría de los minerales máficos han sido alterados por calcitas, los moldes posiblemente corresponden a biotitas y anfíboles, la matriz es microgranular a vítrea estando el vidrio alterado hacia arcillas. Los olivinos si existieran se encuentran alterados por serpentina / iddingsita, los minerales opacos se presentan diseminados y como parte de la matriz. Estas facies volcánicas anteriormente descritas se encuentran intercaladas a secuencias de areniscas, limoarcillitas/carbonatos con fauna calloviana, lo cual sugiere la continua intercalación de petrofacies entre el Arco Insular y el tras Arco.

Para la región de estudio estas secuencias de andesitas basálticas corresponden a los niveles más inferiores de la Formación Guaneros.

FLUJOS PIROCLÁSTICOS

Los flujos piroclásticos están mayormente concentrados en las secuencias superiores, inmediatamente después de las facies de flujos lávicos andesita/basalto y corresponden a ignimbritas de cristales muy soldados en su mayoría grises. Se encuentran distribuidas entre las regiones de Punta de Bombóm, La Clemesi (Qda. Huaneros), Locumba y la Yarada.

Estos niveles piroclásticos pasan conforme al Grupo Toquepala con incremento paulatino de concentración de sílice y feldespatos descrito como la zona de transición (GT). La diferencia con niveles más inferiores es la presencia de cuarzo flotante que es una de las características del Gpo. Toquepala.

HOJA LA JOYA

Sector La Joya - Cerro Tres Damas, varias muestras tomadas en una sección hecha en el cerro Tres Damas (norte hoja la Joya) muestra facies de flujos piroclásticos, cristalolíticas, vitrocristalinas y litocristalinas (**Lj/I 01/07-03**), corresponden a piroclastos con fragmentos de rocas y cristales dichas facies corresponden a rocas volcánicas porfíricas y afaníticas, los fragmentos de cristales son feldespatos y biotitas oxidados, la matriz es vidrio devitrificado a feldespato potásico y alterado por arcillas, la mayoría de los fragmentos corresponden a arcillas, epidota y cuarzo. Minerales opacos diseminados se encuentran en la mayoría de las muestras. En varios fragmentos se puede reconocer su característica andesítica. En general la alteración en las muestras corresponden a argilización avanzada, cloritización y epidotización.

En la Qda. Huayrondo (oeste de la Joya), flujos piroclásticos se intercalan con facies lavicas. Las piroclásticas son tobas cristalolíticas con fragmentos de cristales; cuarzo y feldespatos estas últimas son las más abundantes encontrándose alterados por calcita (**Lj/I -18-03**). Los minerales opacos son relativamente abundantes y las cloritas rellenan cavidades, la matriz en general es microgranular a criptocristalina con arcillas

y micas. En este sector las relaciones con facies silíceas marinas es ya evidente dado que comienzan a intercalarse niveles de areniscas y limarcillitas oscuras.

Hoja Punta de Bombón - Had. Chucarapi - Cerro Ayrampai, en discordancia angular sobre areniscas asignadas al Devoniano (Gpo. Cabanillas) en los alrededores de la Had. Chucarapi, se encuentran flujos lávicos (Basal) y piroclásticos (**Pb/I -02-03**) estas últimas presentan a la sección fragmentos de rocas y cristales, son grises y bien estratofocadas. Los fragmentos corresponden a rocas porfíricas y afaníticas con matriz oxidada. La mayoría de estos se encuentran alteradas por calcita y arcillas. Entre los fragmentos de cristales se encuentran plagioclasas alteradas por calcita. La alteración que presenta son la sericitización, carbonatación y argilización. En el mismo sector diques de andesitas cortan a las areniscas (**Pb/I - 04-03**) abundantes fragmentos de cristales rotos (1.5 mm) y parcialmente alteradas hacia arcillas. El cuarzo está disperso con tamaños hasta 0.8 mm, los clastos son mayormente lavas porfíricas, epidota en cristales y opacos están dispersos en la matriz siendo esta última microgranular y alterada en arcilla y epidota.

Hoja Clemesi - Qda. Guaneros, en esta sección varios niveles de flujos piroclásticos están intercalados en las facies lávicas sobreyacentes a secuencias marinas (miembro intermedio de la Fm. Guaneros). Estas son tobas litocristalinas con fragmentos de rocas y minerales, los clastos corresponden a lavas porfíricas con matriz criptocristalina. Los fragmentos de cristales corresponden a plagioclasas con poco cuarzo, siempre están presentes minerales opacos en toda la muestra.

En niveles más superiores las tobas (**frente cerro Osmore**) (**Cle/I -09-03**) presentan las mismas características, pero con abundantes cristales de plagioclasas pero siempre en relación menor a los fragmentos de rocas, igualmente la matriz es microgranular y alterada en arcillas y cloritas. Subiendo en el nivel estratigráfico (frente cerro Alto Terrones) los niveles piroclásticos dominan el sistema depositacional, abundan las tobas de cristales y cristalíticas (**Cle/I -16/17-03**) grises a oscuras, bien soldadas masivas con abundantes cristales rotos de feldespato potásico y alterados por arcillas y cuarzo.

Carretera costanera Had. Pocoma (Cle/II -07-03) los flujos piroclásticos presentan abundantes fragmentos de fenocristales de plagioclasas y escasos fragmentos de lavas. Las plagioclasas son macladas, zonadas y parcial alteración hacia arcillas. Existe biotita secundaria que alteran a minerales máficos y como relleno de microfracturas. En general la alteración es potásica. Igualmente al SO de la Hoja Clemesi cerro Monton de Trigo, facies de piroclásticos soldados, están presentes (**Cle/II -05-03**) son tobas lapilli con fragmentos de rocas también piroclásticas y cristales de plagioclasas, la mayoría alteradas por epidota y arcillas, los minerales máficos son escasos. Una matriz microgranular a criptocristalina predomina en la sección. Similares litologías en las secuencias inferiores se presentan en Locumba (**Lo/II -04/05-03**) pero con presencia de pomez y cristales, estos pomez se encuentran dispersos en la roca y alteradas por cloritas, al igual que el vidrio.

ZONA DE TRANSICION PETROGRÁFICA - GUANEROS (GT)

Esta zona de transición ha sido llamada así porque las facies petrográficas asociadas a las secuencias terminales de la formación Guaneros, presentan características propias de facies Del Gpo. Toquepala inferior preliminarmente dado sus características de relaciones minerales, geoquímica y de formación estratigráfica.

Esta secuencia de **transición aflora muy bien en la Qda. Guaneros** con la intersección de la Panamericana Sur. Su afloramiento es gris oscuro descartándose la ligera discordancia con el basal de tobas lapilli Del Grupo Toquepala (Cerros de

Putelle). Esta zona de transición se llegó a datar en 78 Ma en la Qda. Frias (Cllemesi)

Hoja Clemesi - El Pacae a 20 Km. al Sur de la ciudad de Moquegua a lo largo Del río Osmore (Villalobos) afloran facies piroclásticas originadas a la zona transicional "GT" consiste de flujos piroclásticos presentando fragmentos de rocas volcánicas con texturas porfíricas englobados en matriz afanítica y microgranular. Los fragmentos de cristales consisten en cuarzo corroídos y .

Plagioclasas con alteración hacia arcillas, calcita y sericita. Existen cristales rotos de feldespatos calcico-sódicos alterados superficialmente en arcillas. Existen escasos piroxenos parcialmente alterados en sericita (Cle/II -06/07-03) se clasifican como tobas litocristalinas.

En estas secuencias también se intercalan niveles de lavas ansidita porfíricas (Cle/II - 08-03). Lo particular es que también presentan cristales de cuarzo corroído posiblemente por la matriz, esta última tiene una ligera textura fluidal.

Río abajo los flujos piroclásticos son verdaderas ignimbritas soldadas (Cle/II - 09-03) con abundantes cristales y en menor cantidad de rocas. Entre los cristales se aprecian cuarzo corroídos por la matriz, plagioclasas y feldespatos potásicos los cuales se encuentran débilmente alterados por arcillas, los minerales máficos se encuentran direccionados de acuerdo a la dirección de flujo siempre la matriz es microgranular y compuesto por los mismos minerales.

Sector cerro de Putelle - Qda. Guaneros. Representa los niveles terminales de la zona de transición "GT" son solo flujos piroclásticos (Cle/II - 13/15 - 03), corresponden a tobas de cristales vitrocristalizados y cristalotíticos fuertemente soldados que se pueden considerar ignimbritas, en todas las muestras se puede observar la característica de cuarzo corroído , fragmentos de cristales con escasa biotita, pomez y opacos en algunas secciones el contenido de pomez puede ser abundante. las plagioclasas se presentan en gran mayoría, en varios casos existen alternancia de capas de diferentes grosores (posiblemente cenizas). Existen limolitas que tiñen la roca por sectores minerales opacos alterados por clorita y epidota. La alteración en la mayoría de las muestras son argilización, cloritización y epidotización.

Sector de Qda. Honda - Qda. Frias, facies de flujos piroclásticos y lávicos se intercalan próximos al contacto con el flujo Toquepala, es precisamente en esta zona que se data una muestra de andesitas porfíricas en 78 Ma. Aquí existen flujos piroclásticos (Cle/II-21/22-03) con abundantes fragmentos de rocas de cristales en una matriz microgranular, los cristales de plagioclasas abundan en referencia a las de cuarzo, estos se encuentran generalmente alterados por muscovita-sericita. Por otro lado los fragmentos de rocas corresponden a andesitas porfíricas y afaníticas las cuales se encuentran alteradas y teñidas por limolitas. De acuerdo al contenido de líticos y cristales varios niveles aflorante en la Qda. Honda y Frias son clasificados como tobas litocristalina y cristololíticas. Asimismo en la faja costera de Locumba se presentan flujos piroclásticos donde predominan los fragmentos de cristales versus rocas , la relación de abundancia sería plagioclasas/feldespatos/cuarzo. Existen piroxenos alterados a cloritas, mientras que los escasos fragmentos líticos son de lavas porfíricas. Se clasifican como tobas cristololíticas.

La Yarada - Playa Vila Vila, dentro de facies marinas de areniscas calcáreas y limolitas se encuentran flujos piroclásticos soldados de colores grises a rosados bien estratificados, los fragmentos de cristales son predominantes (plagioclasas) mientras que los fragmentos de rocas son tobas y pocas lavas , la matriz es microgranular a criptocristalina con minerales opacos diseminados en la matriz. Existen carbonatos

dispersos que se interpreta por alteración posible de los máficos, se clasifican como tobas de cristales, iguales reacciones petrográficas pueden observarse en Punta Colorada (Ly/I-05-04) y la Cantera Norte de Vila Vila (Ly/I - 06ab-04) y facies de arenitas bien estratificadas (Ly/I -07-04). Se han registrado varios niveles piroclásticos en esta sección, que representaría la verdadera interacción entre una sedimentación marina y esporádicas paroximas marinas con depositación de ignimbritas, brechas y cineritas. Para mayor detalle de varias láminas delgadas extraídas de estos niveles puede revisar el anexo petrográfico.

6.1.3 FORMACION MATALAQUE

La Formación Matalaque representa lateralmente la depositación de un arco Volcánico/continental especialmente de facies de lavas, piroclásticos, conglomerados y areniscas inmaduras están bien representadas a lo largo de la cordillera occidental entre Puquina y Palca, la edad de esta unidad es Albiano-Turoniano (mas o menos 100 Ma?). Esta unidad depositada en una cuenca continental tiene su correlación en tiempo con las facies depositadas al occidente; las facies piroclásticas/lávicas que se preservaron en las hojas de Clemesi y Moquegua, el complejo enjambre de diques que cortan a las facies de edad Calloviana tienen una edad de 88 Ma muy similares a los diques datados entre Quinistaquillas y Omate (Sempere. Conv. Per.)

Esta unidad consta mayormente de secuencias fluviales, abanicos y flujos piroclásticos y lavicos, las diferentes litologías y petrofacies demuestran variados complejos de aportes y cuencas de sedimentación, las muestras obtenidas corresponden a los flujos tanto lávicos como piroclásticos obtenidos entre Puquina y Palca.

Palca - Cerro Chulluncane, empieza con areniscas oscuras finas en gruesos niveles con abundantes clastos de cuarzo y líticos redondeados a subredondeados, estos son los más abundantes, en menor relación se encuentran la plagioclasa y el feldespato potásico. Existen escasos fragmentos de rocas de formas subangulosas a subredondeadas (rocas volcánicas), la matriz esta compuesta por micas, arcillas y cloritas. Se interpreta que las facies basales de esta unidad conservara parte de las características petrográficas heredadas del Grupo Yura terminal, representadas por gruesos niveles de areniscas finas oscuras depositadas en un medio marino/lagunar somero que rápidamente evoluciono en facies netamente continentales (conglomerados, brechas, areniscas feldespáticas) con régimen y firma de arco volcánico. Es en esta sección Del Cerro Chulluncane donde se comprobó su edad inferior al Cretáceo ya que es intruida en forma de placolito por la super unidad Yarabamba datada en 70 Ma (MARTÍNEZ - CERVANTES 2003).

Quebrada Puquina – Chipispaya – Suroeste de Tarata (Pa/III-17-03), a lo largo del río Puquina que baja de Tarata, afloran rocas piroclásticas, apreciándose fragmentos de cristales de cuarzo y plagioclasas, fragmentos de rocas porfíricas y afaníticas. Los minerales máficos como las biotitas y piroxenos son escasos y alterados a cloritas. La matriz es microgranular a criptocristalina con inclusiones de minerales opacos, cloritas y fragmentos de cristales irreconocibles. La alteración es cloritización.

FLUJOS PIROCLASTICOS/SEDIMENTARIOS

Varias secuencias de flujos piroclásticos han sido muestreados entre Tarata y Palca.

En el Río Sama-Tala, afloran rocas piroclásticas con abundantes fragmentos de cristales de plagioclasas, minerales máficos (biotitas y hornablendas) y opacos las biotitas presentan una corona de posible magnetita y las cuales se encuentran alteradas a cloritas. El cuarzo es escaso, la matriz es microgranular

Relaciones petrográficas AQP/FVC de las Formaciones Chocolate - Guaneros

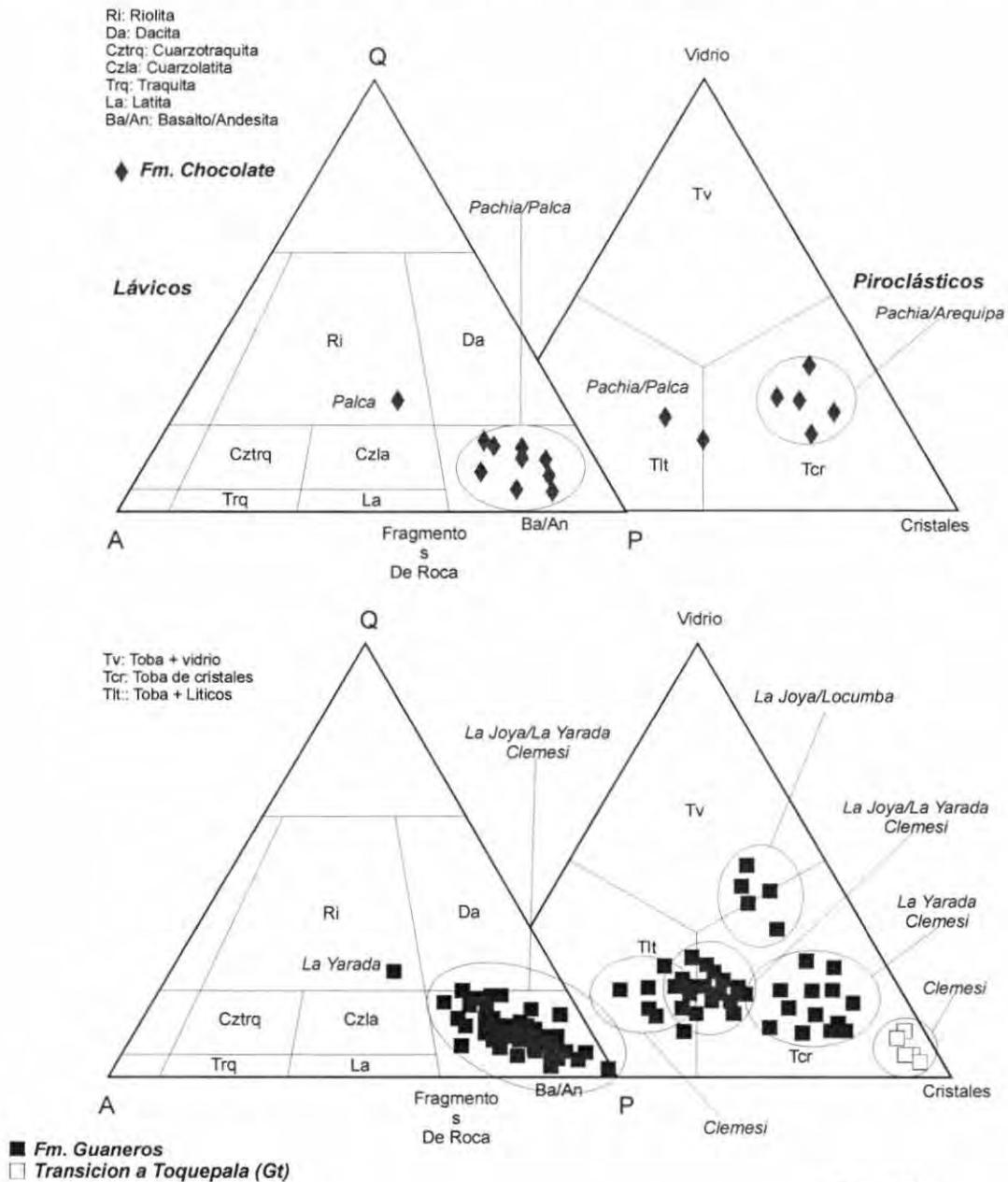


Fig.II-2

con diminutos cristales de plagioclasa, cuarzo, hornablenda y biotitas, acompañan minerales opacos y arcillas. Se clasifican como toba de cristales.

En Pachia, flujos piroclásticos con fragmentos de cristales de cuarzo y plagioclasas predominan sobre rocas porfíricas y afaníticas. Minerales de piroxeno y biotita son

escasos alterandose a cloritas, amplios sectores se encuentran diseminados por minerales opacos. Entre los fragmentos de rocas volcánicas las texturas porfíricas son las más abundantes, se clasifican como toba cristalolítica.

En el sector de Palca - Cerro Chulluncane, flujos volcánicos y sedimentarias se encuentran ligeramente discordantes (10° a 15°) sobre el grupo Yura, los flujos piroclásticos son tobas vitrocrystalolíticas, bien estratificadas con fragmentos de rocas porfíricas con matriz vítrea, los fragmentos de cristales de cuarzo son mayormente los feldespatos potásicos y menor a las de plagioclasa, la matriz es vítrea, se presenta en sección fragmentos de pómez devitrificados con cuarzo y feldespato potásico (**Pal/III - 15-05**) similares litologías pueden observarse próximos al contacto con el Grupo Yura flujos de tobas cristalolíticas con fragmentos de cristales y de rocas (porfíricas, afaníticas posiblemente andesitas). Los cristales lo componen plagioclasas frescas y alteradas (sericita) cuarzo y máficos, así como fragmentos de pómez (devitrificados a feldespato potásico) la alteración predominante es argilización. Secuencias de tobas litocristalinas se presentan en las facies medias/superiores donde los cristales son escasos en comparación con los fragmentos de roca (80) (de composición andesítica-riolítica). En los cristales (20%) el cuarzo es el que predomina frente a los feldespatos y plagioclasas (**Pal/III - 16-03**). Facies de areniscas líticas se intercalan en la secuencia (**Pal/III -17-03**), con abundantes fragmentos de rocas y menor cantidad de cristales, estas últimas tienen formas subredondeadas a redondeadas, las plagioclasas tienen formas angulares (0,1 a 0.25 mm) y representa menos del 5 %. Los líticos están compuestos en su mayoría por rocas volcánicas y areniscas de cuarzo. La matriz consiste en abundantes cristales de sericita, arcillas, clorita y opacos.

6.2 UNIDADES INTRUSIVAS

Los cuerpos intrusivos están representados por el Batolito compuesto de Punta Coles-Ilo de edad Jurásico inferior a Cretáceo inferior respectivamente. Estos cuerpos plutónicos están distribuidos entre Punta Bombón y La Yarada en la Faja costanera. En la cordillera occidental (Arequipa) se considera al Plutón Torconta como asociado a este magmatismo sobre la base de dos dataciones realizadas por **MUKASA (1986)** en 184 y 188 Ma. En la faja costanera las dataciones fluctúan entre 196 y 156 Ma (**BECKINSALE ET AL 1985; CLARK ET AL 1990, SÁNCHEZ 1983, BAILY 1989**) cuerpos intrusivos asociados a las unidades volcánicas jurásicas se distribuyen a lo largo de la faja costanera estas son porfíricas y de composición mayormente andesítica (Punta de Bombón, Locumba, Ilo y La Yarada). Se ha tomado muestras del Batolito de Atico -Camana de posible edad Ordoviciense, dado la cercanía espacial y sus relaciones estratigráficas ya que se encuentra intruido por la Superunidad Punta Coles e Ilo en Punta de Bombón, y asimismo comparar sus relaciones geoquímicas con los batolitos jurásicos. Este batolito jurásico se encuentra restringido a la faja costanera (Punta de Bombón) y depresiones del antearco (Camana). Un cuerpo intrusivo con relaciones petrográficas similares ha sido cartografiado en la hoja de Pachia (Tacna), tentativamente se le asignó una edad cretácica/paleógena (**MONGE Y CERVANTES 2000**), una datación por confirmar (**PINO ET AL 2004**) sugiere una edad Triásica superior, es posible según los autores que este cuerpo represente la facies plutónica del volcanismo Chocolate superior para esta región.

En resumen las unidades jurásicas/cretácicas están representadas por las siguientes relaciones petrográficas:

Super Unidad Punta Coles

Arequipa: (monzotonalitas, tonalitas, dioritas)

Punta de Bombón: (dioritas, dioritas cuarcíferas, granodioritas, cuarzodioritas, tonalitas, monzogranitos y pórfidos)

Super Unidad Ilo

Ilo: dioritas, cuarzodioritas, microdioritas, metagronodioritas y granodioritas foliadas.

Subvolcánicos asociados

- Punta de Bombón: pórfidos andesíticos asociados a Guaneros.
- Ilo: pórfidos dioríticos asociados a la SU Punta Coles.
- Clemesi: diques andesíticos que cortan a secuencias jurásicas
- placolitos cretácicos (vitrofiros).
- La Yarada; cuerpos subvolcánicos riolíticos, andesíticos

Batolitos Paleozoicos y Mesozoicos afloran en el arco jurásico/cretáceo: faja costanera (Punta de Bombón) y precordillera (Pachia)

Paleozoico inferior: Batolito Atico – Camana - Mejia

- Punta de Bombón
- Mejia
- Atico
- Camana

Triásico: Batolito de Mal Paso

Las unidades intrusivas jurásicas a lo largo de la pre-cordillera no se encuentran, salvo en Arequipa (Cerro Torcontá), la gran mayoría está limitado a la Faja costanera.

Petrográficamente son diferenciadas: La Superunidad Punta Coles la componen mayormente dioritas, gabrodioritas y gabros, mientras que la Superunidad Ilo, esta compuesta de granodioritas y dioritas con media a fuerte foliación producto del emplazamiento en la corteza y a través de las unidades volcánicas asignadas a Guaneros, en algunos sectores pueden presentar litologías de metagranitos (Río Osmore – Ilo)

Descripción petrográfica de las unidades intrusivas

6.2.1 BATOLITO ATICO – CAMANA - MEJIA

Muestras del Batolito de Atico Camana se han obtenido entre Mollendo y Mejia, corresponden mayormente a monzogranitos feldespáticos muy similares a los aflorantes en Camana, de grano grueso y alterados en su mayoría corresponden posiblemente a magmatismo originado en un ambiente de subducción (ver análisis de REE) y de edad posiblemente Ordoviciense?. No se cuenta con estudios detallados en esta región de

estudio, solamente un intento de interpretar su origen en base a resultados geoquímicos de 9 muestras en el batolito de San Nicolas puede verse en **MUKASA (1995)**.

Cerro Buena vista – Punta de Bombón (Pb/II-04-03), aflora un cuerpo plutónico Meta Monzogranito de textura granular, con cristales de plagioclasas y feldespato potasico alteradas a sericita. Las plagioclasas y microclina se encuentran algo deformadas pudiendo observarse a traves de su maclado, asimismo el cuarzo presenta una extinción ondulante y una aparente recristalización. Los minerales maficos incluyen biotitas hornablenda y piroxenos. Los anfíboles remplazan a los piroxenos y las biotitas a los dos. Tanto las plagioclasas como los feldespatos representan el 35% de la muestra. La alteración es la argilización y sericitización.

Cuerpos de Metadacitas y Dacitas porfíricas (**Pb/II-06-03 y Pb/II-07-03**) también afloran en este sector al parecer intruyendo a los cuerpos graníticos. Son rocas volcánicas a metavolcanicas con abundantes cristales de plagioclasas y en menor cantidad cuarzo. Las biotitas siguen un alineamiento subparalelo dando la característica de foliados. La matriz es micogranular compuesta de plagioclasas y cuarzo sin feldespato potasico. Los minerales maficos incluye biotita (mayor abundancia), piroxenos y anfíboles. Los fenos de cuarzo están corroídos por la matriz y es posible que sea debido a las diferencias de presión y temperatura. Los feldespatos potasicos se encuentran alterados a sericita y arcillas siendo la alteración en general la argilización y sericitización.

Sector de Mejía – Punta de Bombón (Pb/II-08/09-03), afloran al pie de la carretera costanera y estribaciones andinas Meta Monzogranitos granulares, con cristales de plagioclasas alterados a arcillas y sericita. El feldespato potasico esta representado por microclina desarrollados con poca alteración. El cuarzo es anhedral y rellena intersticios, estos presentan extinción ondulante al igual que deformaciones en las maclas de las plagioclasas y feldespatos lo que sugiere un metamorfismo de presión. Biotitas y esfena están diseminados en la muestra. Las plagioclasas representan el 25%, microclina 35% y minerales opacos, máficos y alteración el 15%. La alteración general es la Argilización y Sericitización.

Atico

Playa Bandurria - Atico (At-01-03), en la linea de costa afloran Tonalitas de textura granular, cristales de plagioclasas, maclados y parcialmente alterados por sericita. Cristales de cuarzo y feldespato rellenan intersticios siendo este ultimo alterado por arcillas. Se reconocio solo biotita parcialmente remplazado por flogopita y alterados a epidota. Existen escasos granos euhedrales de circon ocurriendo de forma diseminada. Los cristales de cuarzo se encuentran algo deformados. La alteración es la sericitización y epidotización.

Quebrada Atico – carretera a Caraveli (At-02-03), un cuerpo intrusivo de Diorita hornblendica de grandes dimensiones se encuentra bajo facies sedimentarias del Grupo Mitu (inconforme). Presenta textura granular, cristales de plagioclasas y anfíboles, menores cantidades de piroxeno y biotitas, las plagioclasas estan alteradas por sericita y arcillas. Los anfíboles y biotitas se encuentran parcialmente alterados a cloritas y los piroxenos estan uratizados. Existe poca cantidad de actinolita producto de alteración de los piroxenos. La alteración es en general

Camana

Carretera Camana – El Toro (Ca-02-03 y Ca-02-03), rocas intrusivas del tipo Monzogranitos afloran en la carretera Camana – Arequipa (Qda. El Toro), presentan textura granular, con abundantes cristales de feldespatos potasico sobre las plagioclasas, forman en varios sectores una textura peritica. El feldespato y las plagioclasas se encuentran ligeramente alterados en arcillas/sericita. Los minerales máficos representan a las biotitas y trazas de anfíboles alterados por cloritas. El cuarzo es relativamente mas abundante que las plagioclasas y se presenta de forma intersticial. Escasos cristales deserrrollados de rutilo y esfena se encuentra diseminados. Alteración: Argilización y cloritización.

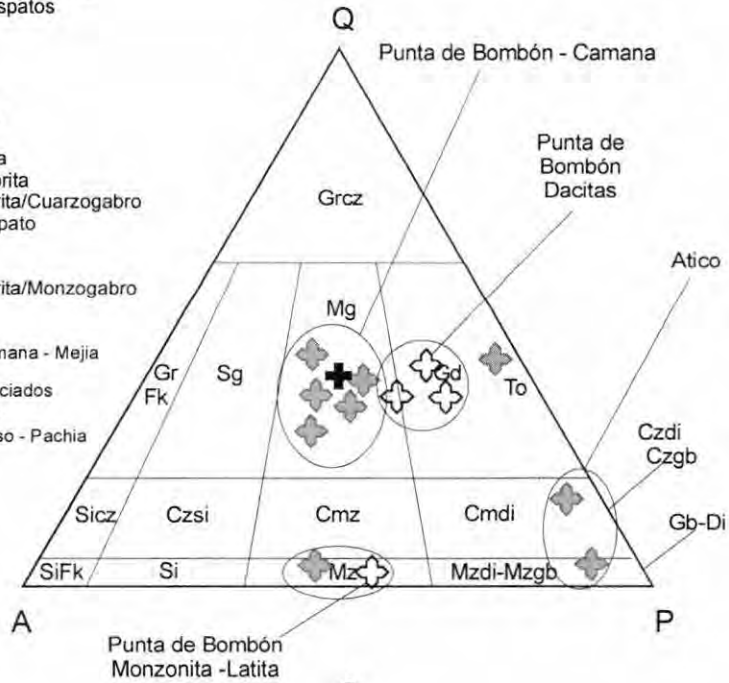
Pachia

Batolito Triasico de Mal Paso (Pa/III-04-03), un cuerpo monzogranítico aflorante en la localidad de Mal Paso (carretera Tacna – Tarata), corta a las metamorfitas del CBC aflorante producto de un sistema en flor positiva asociado al Sistema de Fallas Incapuquio (SFI), este granito es de textura granular con abundantes cristales de feldespatos potasico débilmente alterados en arcillas. La plagioclasa se encuentran en cristales subhedrales, tabulares y maclados, estos se encuentran ligeramente alterados hacia arcillas/sericita. El cuarzo es anhedral y rellena los intersticios entre los feldespatos. Los minerales máficos (biotitas) están alterados a cloritas y el feldespato potasico presenta una textura aplítica y albitización. La alteración en general es argilización y cloritización.

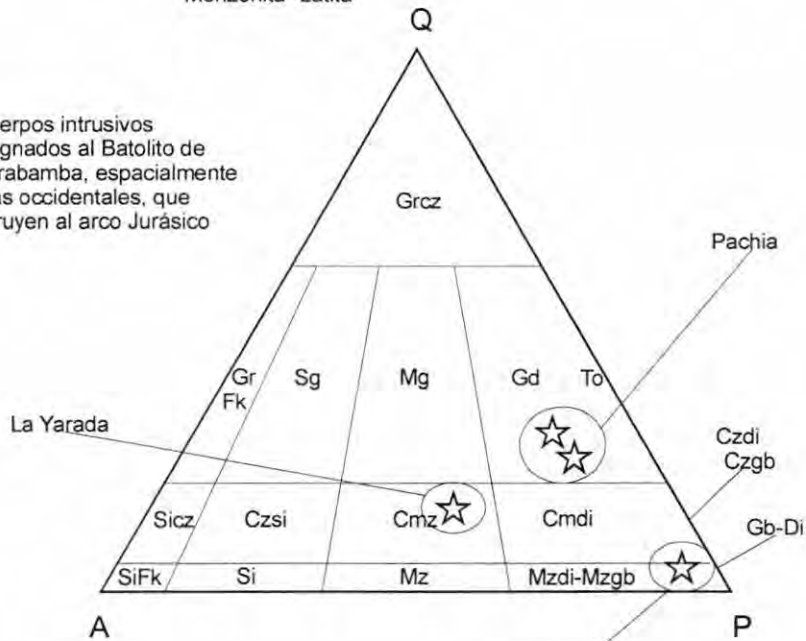
Relaciones petrográficas AQP del Batolito Atico-Camana / Yarabamba, Mal Paso y cuerpos subvolcánicos

- Grcz: Granitoides ricos en cuarzo
- GrFk: Granito de feldspatos
- Sg: Sienogranitos
- Mg: Monzogranitos
- Gd: Granodioritas
- To: Tonalitas
- Sicz: Sienita cuarzosa
- Czsi: Cuarzosienita
- Cmz: Cuarzomonzonita
- Cmdi: Cuarzomonzodiorita
- Czdi-Czgb: Cuarzodiorita/Cuarzogabro
- SiFk: Sienita de feldspato
- Si: Sienita
- Mz: Monzonita
- Mzdi-Mzgb: Monzodiorita/Monzogabro

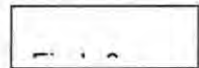
- ⊕ Batolito Atico - Camana - Mejia
- ⊕ Subvolcanicos asociados cortan a Guaneros
- ⊕ Batolito de Mal Paso - Pachia



Cuerpos intrusivos asignados al Batolito de Yarabamba, especialmente mas occidentales, que intruyen al arco Jurásico



☆ S.U. Yarabamba



6.2.2 SUPER UNIDAD PUNTA COLES

En Arequipa - Cerro Torconta, la roca consiste de granodioritas grises de grano grueso foliadas con minerales de biotita, hornablenda bien cristalizadas, plagioclasas, feldespato y cuarzo, las relaciones entre sus componentes hace recordar a la super unidad Ilo (hoja de Ilo) que a lo largo del río Osmore tienen similares características.

Hoja de Ilo

Afloran varias unidades atribuidas a este batolito, en la Qda. Guaneros en la desembocadura al río Osmore, existen rocas dioríticas (Ilo/I-01c-03), holocristalinas con predominio de plagioclasas, con escaso feldespato y cuarzo, los piroxenos están presentes en menor cuantía. Los minerales de alteración lo conforman cloritas, calcita y muscovita (<15%). En algunos sectores bordes de albita rodean a las plagioclasas. El tamaño de los piroxenos es en promedio 5 mm al igual que las plagioclasas, iguales características se presentan en la muestra (Lo/I - 01b-03) solo que esta con mayor alteración a manera de remplazamiento metasomáticos que originan una alteración potásica. Existe cuarzo secundario presentándose como agregados de granos y que remplazan a algunos minerales (posiblemente hornablendas). La presencia de actinolita sugiere que la muestra se encuentra al borde la zona de alteración potásica con gradación a una zona propilítica, la secuencia de alteración es Biotita-cuarzo-sericita-actinolita-opacos.

En la Transecta Peña Blanca a Sacramento (Río Osmore), se tiene una excelente sección que corta a este batolito en dirección SO-NE, la mayoría son dioritas y gabrodioritas grises oscuras. Las rocas presentan textura granular, holocristalina, con abundantes plagioclasas y escasos minerales máficos (hornablendas y piroxenos) las biotitas son escasas, las plagioclasas presentan alteración por sericita y arcillas, los minerales máficos se alteran a cloritas y el cuarzo inalterado se presenta como relleno intersticial y es bastante escaso. La alteración en general es sericitización, argilización y cloritización.

En la desembocadura de la Qda. Guaneros, se tiene un cuerpo diorítico con características foliadas y que ha sido asignado a esta super unidad (datación de 186 mas o menos 8.95 CLARK ET AL 1990); ha sufrido un proceso de metamorfismo, los minerales máficos están direccionados y las plagioclasas y feldespatos potásicos deformados (Ilo/I - 02a-03). Se observa que los granos de cuarzo se encuentran recristalizados y como agregados de granos. Los anfíboles (hornablenda) se encuentran bastante desarrolladas. Con relación a los feldespatos las plagioclasas predominan. El cuarzo en promedio está entre 20 y 30% en las muestras.

En otros sectores próximos al sector anterior se componen de cuarzo dioritas y algunos pórfidos cuarzo dioritas, similarmente las cuarzodioritas están alteradas, conservando su textura granular-holocristalina de grano medio con cristales de plagioclasas, cuarzo y escaso feldespato potásico, los agregados de biotitas alteran a los minerales máficos (anfíboles), minerales secundarios como la actinolita están presentes en cantidades menores, esto puede indicar que la muestra haya sufrido un proceso de alteración hidrotermal de alta temperatura, esto se traduce en una alteración potásica (biotita-cloritas, actinolita, opacos, arcillas, epidota).

Cuerpos de pórfidos (Ilo/I 01c-03; Ilo/I - 03-03) cuarzo dioríticos se encuentran asociados a los cuerpos dioríticos; de textura porfírica, con fenos de plagioclasas como las más abundantes, escasa participación de feldespato potásico y cuarzo, la matriz es microgranular y escasa. Los minerales máficos se aprecian fenos de piroxenos (augita, dióxido) alterados a cloritas. Los minerales opacos están diseminados en toda la

muestra. La alteración es la argilización y cloritización. Estos cuerpos subvolcánicos por el gran contenido de plagioclasas y poco o casi ausencia de anfíbola indican magmas anhidros lo cual también está indicado por la escasa alteración de sus propios fluidos ($Eu/Eu < 1$)

En Pozo de Liza, al sur de la ciudad de Ilo, se presentan cuerpos dioríticos (Ilo/I -11-04) con textura granular, holocristalina, abundantes plagioclasas alteradas parcialmente a sericita. El feldespato potásico y cuarzo es muy escaso presentándose como relleno intersticial. Las hornablendas son más abundantes que las biotitas, la alteración está dada por sericitización y cloritización débiles.

Más al norte en Cata Cata continúa el mismo cuerpo diorítico granular y holocristalino, abundancia de plagioclasas así como las hornablendas, augitas, diópsidos y biotitas destacando entre los máficos las hornablendas. Las plagioclasas se encuentran frescas, siendo solo las de mayor tamaño las que presentan alteración en los sectores centrales a sericita. Los minerales máficos tienen una ligera alteración a cloritas y arcillas. Los minerales opacos se encuentran diseminados y en algunos casos como remplazamientos de los minerales máficos (anfíboles). El remplazo parcial de piroxenos por anfíboles también se observa en algunos sectores. En toda la faja de afloramientos de esta unidad se presenta como alteración la sericitización, cloritización y argilización.

En los alrededores de la ciudad de Ilo, y con dirección a la fundición de Ilo (Pocoma) afloran rocas dioríticas y cuarzodioritas en su mayoría alteradas pero con relaciones petrográficas similares a los aflorantes en Punta Coles (Pozo de Liza y Cata Cata). El feldespato potásico se encuentra alterado, en pequeña cantidad y como relleno intersticial. Los minerales máficos (hornablenda y piroxenos) están alterados a cloritas y en menor proporción epidota.

Hoja Punta de Bombón

En esta hoja afloran unidades compuestas de dioritas, dioritas cuarcíferas, granodioritas y tonalitas distribuidas longitudinalmente y afectadas por un sistema de fallamientos transcurrentes dextrales.

En el Cerro Ayrampal, al sur de Cocachacra cuerpos de dioritas con textura granular con abundantes cristales de plagioclasas macladas, estas tienen una ligera alteración de sericita (1.8 mm), los minerales máficos están representados por piroxenos (diopsido) en tamaños de 1.2 mm. El cuarzo es anhedral y ocurre como relleno intersticial entre los fenos de plagioclasas y piroxenos. La alteración en general es de arcillas, sericita y cloritas.

En los alrededores Del Puente Fiscal, las rocas son dioritas cuarcíferas con abundancia de plagioclasas subhedrales, tabulares y con leve alteración hacia arcillas. Estas plagioclasas llegan a los 3 mm, los minerales máficos están compuestos por piroxenos subhedrales de 1.2 mm y alterados débilmente a cloritas, el mineral máfico más abundante es la biotita subhedral y alterada por clorita. Al igual que la muestra anterior el cuarzo se presenta como relleno intersticial (5%). En esta localidad la alteración es argilización y cloritización.

Afloramientos en la Qda. Iñane, consiste mayormente de granodioritas con plagioclasas (3.2 mm) subhedrales, tabulares con ligera alteración de arcilla y sericita. Los minerales máficos son los piroxenos anhedrales a subhedrales (0.9 mm), son posibles diópsidos, el cuarzo rellena intersticios y representa el 20% en promedio, los feldespatos potásicos (1.2 mm) representan el 35% de la muestra. Las alteraciones son la argilización y cloritización.

Al sur de Cocachacra en Qda. Honda, existen dioritas cuarcíferas, tonalitas, cuarzodioritas y granodioritas representado por cuerpos alargados (Pb/I - 18/22-03), todas

son de textura granular holocristalinos la mayoría con dominio de plagioclasas cuarzo y feldespatos. Las plagioclasas tienen entre 2.8 a 3.5 mm tabulares y escasamente alteradas hacia arcillas. Los minerales máficos están representados por piroxenos (augita) y en algunos remplazados por anfíboles. Estos minerales llegan a tener hasta 5.4 mm siendo más abundantes que los anfíboles. La proporción de biotitas en algunas muestras llega a ser importante habiendo desarrollado como cristales subhedrales con tamaños variados de 0.8 mm a 1 mm. Por otro lado siempre el cuarzo se presenta como cristales anhedrales (menores a 0.2 mm) intersticiales al igual que el feldespato potásico. La alteración general en varias muestras son la argilización y cloritización.

En el Cerro Morrito, afloran monzodioritas (Pb/II-10/12-03), de textura granular con abundantes cristales de plagioclasas con formas subhedrales a euhedrales con tamaños menores a 5 mm. El cuarzo es escaso y está como relleno intersticial. El feldespato ocurre como cristales anhedrales rellenando intersticios y parcialmente alterados por arcillas. Como minerales máficos tenemos a los piroxenos alterados por sericita. Las rocas están alteradas hacia la argilización y cloritización.

Escasos cuerpos de monzogranitos afloran al este de Cocachacra (trocha hacia la antigua estación Cachendo). Está constituido por plagioclasas y feldespatos potásicos alterados por arcillas, el cuarzo está como relleno intersticial (**Pb/II-01-03**). Los minerales máficos se encuentran representados por 8% de la muestra consistiendo de biotita (más abundante), piroxeno y anfíboles. Los minerales opacos se encuentran diseminados en toda la sección. Las plagioclasas representan el 30% de la muestra, feldespato potásico 20% y el cuarzo el 30%, los minerales de alteración arcillas y cloritas son el 10%.

La Yarada

Cerros Punta Colorada y Moreno (Ly/II-07b-03), afloran cuarzo dioritas de textura granular, con cristales de plagioclasas alterados a sericitas en los sectores centrales de los granos. El feldespato potásico es muy escaso, y el cuarzo rellena intersticios siendo muy escaso. Los minerales máficos están representados por biotita, hornablenda y piroxenos siendo la mayoría de estos minerales alterados por clorita y epidota. La alteración general es la sericitización, cloritización y epidotización.

6.2.3 SUPER UNIDAD ILO

Hoja de Ilo

En la desembocadura de la Qda. Guaneros afloran niveles de plácólitos granodioríticos a dioritas cuarcíferas holocristalinos (**Ilo/I-04-03**) con cristales de plagioclasas, biotitas, piroxenos, cuarzo intersticial y anfíboles. Muchos de los cristales de plagioclasa se encuentran alterados a sericita en diversos niveles. El piroxeno es el mineral máfico más abundante de las muestras.

Hoja Clemesi

En la Playa Pocoma (Cle/II-01-03), al borde de la playa afloran cuerpos intrusivos a manera de metagabros o metagranodioritas?, que intruyen al posible CBC. Son de textura granular, granoblastica con cristales de plagioclasas con las maclas difusas y deformadas. Los cristales de cuarzo están como relleno intersticial al igual que el feldespato y con cierta deformación óptica. También se puede observar una textura mirmequitica entre la

relacion cuarzo/plagioclasa. Los minerales maficos estan representados por las biotitas bastante abundante encontrándose alterado por cloritas. Se puede diferenciar que los anfiboles están remplazando a los piroxenos. Las plagioclasas representan el 45%, cuarzo 30% y feldespato potasico 10%. Los minerales maficos y opacos el 15%. La alteración que domina son la argilizacion, sericitizacion y cloritizacion.

Hoja Locumba

En Pampa Pie de Candela – Qda. Los Burros (Lo/II-01-03), aflora rocas subvolcanicas porfiricas con cristales de plagioclasas, feldespato potasico y maficos con tamaños similares. La diferencia entre la matriz microgranular y los microfenocristales no existe. Los feldespatos se encuentran alterados por arcillas y las plagioclasas por sericita y calcita. Los anfiboles y piroxenos estan alterados a cloritas y los circones y opacos se encuentran diseminados. La alteración en general es cloritizacion.

Hoja La Yarada

En Boca de Rio al sureste del Cerro Llostay (Ly/III-01-03) aflora un stock diorítico de textura granular con abundantes cristales de plagioclasas (2-0.5 mm), alteradas por epidota y sericita. Los piroxenos dominan sobre las biotitas las cuales estan alteradas hacia cloritas y serpentina. Muchos minerales opacos se encuentran diseminados en la muestra. El feldespato potasico es escaso ocurriendo en cristales intersticiales. La alteración que presenta es la cloritizacion, sericitizacion y serpentinizacion.

Hoja de Ilo

Al NE de la ciudad de Ilo (Ilo/I-04-04), afloran metadioritas, granulares granoblasticas, holocristalinas, que al parecer a sufrido un proceso de metamorfismo de presion, con deformación de los cristales y una ligera recristalizacion de los mismos. Las biotitas se encuentran flexionadas por este mismo mecanismo. Las plagioclasas tienen las maclas difusas y en algunos casos borradas, mientras que el feldespato potasico se encuentra alterado hacia arcillas. La hornablendas estan débilmente cloritizadas. La alteración de la muestra es mayormente la cloritizacion-argilizacion y sericitizacion.

En el río Osmore cerca de Hernández (Ilo/I-07-04), afloran cuarzo dioritas que cortan a facies de edad Devoniana y asignadas preliminarmente a Grupo Cabanillas. Es una roca plutónica de textura granular, holocristalina con abundantes plagioclasas las cuales se encuentran débilmente alteradas por sericita y en menor cantidad arcillas. Como minerales maficos se encuentran las hornablendas con escasas biotitas ambos alterados a cloritas, al igual que muchas unidades la presencia de feldespato es escasa y alterado hacia arcillas. El cuarzo se presenta como cristales anhedrales y rellenando intersticios. La alteración en general es sericitizacion y cloritizacion.

En el Cerro Canicora al sur de Ilo (Ilo/I-15-04) afloran cuerpos granodioriticos holocristalinos, las plagioclasas abundan en mayor porcentaje que el cuarzo y los feldespatos potasicos. Las plagioclasas presentan una moderada alteración hacia sericitas. El cuarzo se presenta como relleno intersticial con dimensiones entre 0.1 a 0.85 mm. El feldespato se presenta como relleno intersticial y alterado por arcillas. Como mineral mafico se encuentra las hornablendas con tamaños de 4 mm (alteración a

cloritas/calcita) y biotitas siendo esta última la más abundante. La alteración de la muestra son la sericitización y carbonatación.

En el Cerro Alto las Salinas (Ilo/I-17-05), afloran metagranodioritas?, granoblasticas holocristalinas y de textura granular. Las plagioclasas son abundantes y se presentan con formas subhedrales, tabulares y débilmente alteradas por arcillas, el cuarzo es abundante y en forma de agregados de granos relleno los intersticios, además presenta extinción ondulante al igual que los feldespatos, esto indicaría una etapa de presión. El feldespato potásico es muy escaso y rellena intersticios. Biotitas y escasas hornablendas se presentan deformadas y alteradas por cloritas. La alteración general consiste de sericitización y cloritización.

Hoja Locumba

En Punta Alfarillo (Lo/I-01-04), cerca de la línea de costa afloran cuarzo dioritas, con abundantes cristales de plagioclasas y menores cantidades de cuarzo y feldespato potásico. Como minerales máficos se encuentran las biotitas y escasos piroxenos con débiles alteraciones hacia cloritas. Los feldespatos presentan una alteración incipiente de arcillas y no supera el 10%, el cuarzo 20% y las plagioclasas más del 50%. La alteración general es la argilización.

6.2.4 SUBVOLCANICOS ASOCIADOS

Hoja Ilo

Quebrada Guaneros cerca de la desembocadura al río Osmore (Ilo/I-03-03), afloran cuerpos subvolcanicos de tipo Porfido Andesítico, que se intruyen a las facies de areniscas de la Formación Guaneros, presentan textura porfirica con fenocristales de plagioclasas, alterado a sericita/arcillas, que en algunos casos la cubren totalmente, siendo reconocido solo por sus formas tabulares y maclado. Los minerales flotantes máficos son los piroxenos alterados hacia cloritas y actinolita-tremolita. La matriz es microgranular y compuesta en su mayoría por plagioclasas. Los minerales opacos son abundantes y diseminados en la muestra.

Quebrada la Horca

Loreto Viejo (Ilo/I-02-04), diques de andesita, con textura porfirica y escasos cristales de plagioclasas se encuentra alterada por albitización, estos cristales se encuentran en una matriz microgranular compuesta de plagioclasas y alteradas hacia arcillas y cloritas. Existen solo moldes de posibles minerales máficos (piroxenos?), alterados completamente hacia cloritas. La alteración es la cloritización y albitización.

Cerro Canicora (Ilo/I-20-04), en este sector aflora un cuerpo subvolcanico andesítico porfirico de grandes dimensiones y a manera de techo colgado en el batolito de Ilo. Presenta abundantes plagioclasas alteradas en arcillas/calcita, constituyendo una parte importante de la matriz a manera de microcristales. Los moldes de minerales máficos domina la muestra encontrándose totalmente alterados a cloritas. Hay escaso cuarzo con cloritas relleno cavidades, la matriz es microgranular a criptocristalina y alterada parcialmente hacia arcillas. En afloramiento se encuentra alterado hidrotermalmente, siendo explorado recientemente por compañías mineras, esta alteración es la argilización y silicificación.

Hoja Punta de Bombón

Quebrada la Horca (Pb/I-04-03), afloran diques de andesitas porfíricas, que cortan a la Formación Guaneros, fenos de plagioclasas dominan sobre los feldespatos y maficos. Las plagioclasas tienen formas subhedrales, tabulares y tamaños de 1.5 mm. La cual se encuentran alteradas hacia sericitas. Los minerales maficos son piroxenos con tamaños de 1.8 mm. Y se encuentran alterados por cloritas. La matriz en general es microgranular compuesta por minerales de plagioclasas, opacos y micas. La alteración es la sericitización.

Cerro Ayrampai (Pb/I-07-03), cuerpos subvolcánicos de porfidos andesíticos colgados sobre el batolito de Punta Coles, se presentan con textura porfírica, con fenos de plagioclasas en una matriz microgranular. Las plagioclasas son subhedrales, tabulares y tamaño en promedio 1 mm. Se encuentran alteradas hacia arcillas y epidota. Fenos de biotitas se presentan diseminadas y alteradas a cloritas y epidota. Se puede diferenciar moldes de anfíboles con tamaños de 1.5 mm, y alterados por cloritas-epidota-cuarzo y otros remplazados por leucoxenos y rutilo. Matriz en general microgranular compuesta de plagioclasas y minerales opacos. La alteración es cloritización, epidotización, cuarzo y leucoxeno.

Hoja Cemesi (Complejo de diques)

Qda El Bronce (Cle/I-03-03), diques andesíticos/basálticos cortan subverticalmente a las facies sedimentarias de la Formación Guaneros, es un emjambre de diques que representa una zona de emisión volcánica. Consiste de andesitas de textura microporfírica con cristales de plagioclasas y minerales maficos. Los fenos de plagioclasas tienen formas subhedrales a euhedrales con tamaños menores a 0.6 mm, algunos pueden medir 1.5 mm presentando una débil alteración hacia arcillas, entre los cristales se pueden apreciar piroxenos subhedrales y tamaños menores a 0.4 mm. Los minerales opacos están diseminados en toda la muestra. Existe una débil alteración de los piroxenos por calcita y cloritas. Estos diques han sido datados en 98.5 ± 1.2 Ma, y sería equivalente al magmatismo producido en el valle de Quinistaquillas – Omate asignados a la Formación Matalaque.

La Yarada

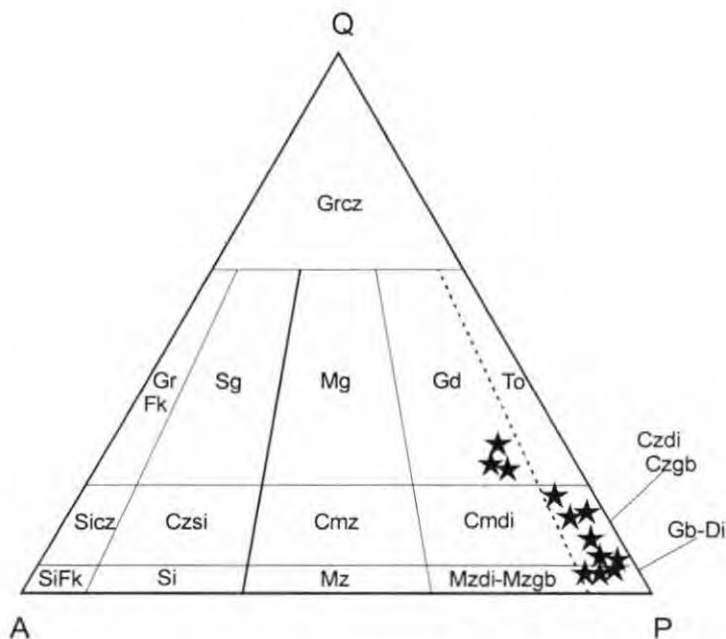
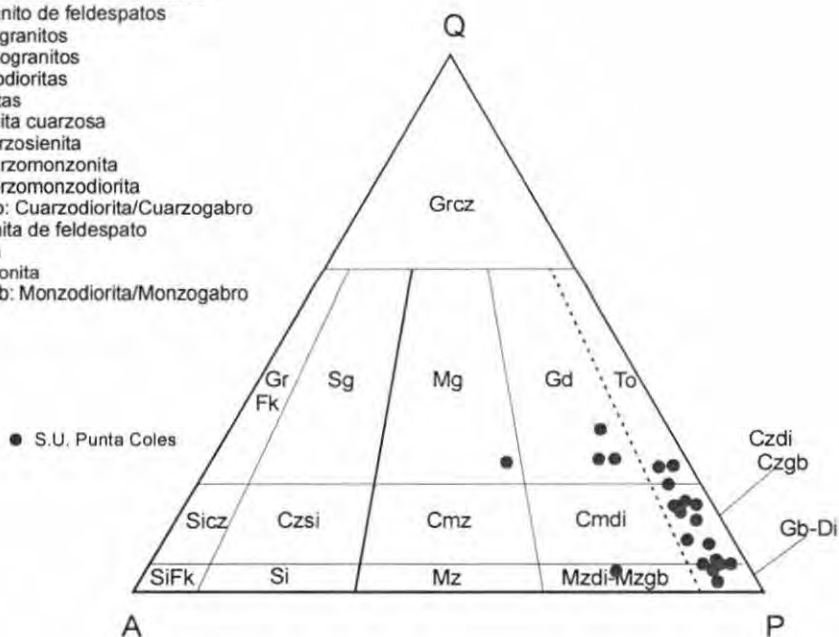
Cerro Los Pabellones (Ly/II-26-03), un cuerpo subvolcánico de riolita porfírica gris claro con características similares al Grupo Toquepala aflora en este sector intruyendo a las facies sedimentarias callovianas de la Formación Guaneros. Consiste en un cuerpo subvolcánico con textura porfírica, con fenos de cuarzo flotante, redondeados y moldes tabulares rellenos con calcita (posiblemente plagioclasas o piroxenos). La matriz fue vítrea, devitrificada por feldespato potásico radial y cuarzo intersticial. Existe fracturas rellenas por cuarzo/calcita alterados ligeramente en arcillas. La alteración es la argilización y carbonatación.

Vila Vila – Punta Gentilar (Ly/I-13-04), cuerpo subvolcánico que corta a las facies sedimentarias de la Formación Guaneros, en realidad es un porfido diorítico de textura porfírica, con abundancia de plagioclasas (labradorita) alteradas a sericita y moldes de minerales maficos de posibles piroxenos están alterados a cloritas/epidota. La matriz es microgranular compuesta de plagioclasas, piroxenos y cloritas con arcillas. Se observa

cristales de rutilo en toda la muestra. En general se aprecia una mayor proporción de fenos que matriz. La alteración esta dada por cloritización, argilización y epidotización.

Relaciones petrográficas AQP de las Superunidades Punta Coles - Ilo

- Grcz: Granitoides ricos en cuarzo
- GrFk: Granito de feldespatos
- Sg: Sienogranitos
- Mg: Monzogranitos
- Gd: Granodioritas
- To: Tonalitas
- Sicz: Sienita cuarzosa
- Czsi: Cuarzosienita
- Cmz: Cuarzomonzonita
- Cmdi: Cuarzomonzodiorita
- Czdi-Czgb: Cuarzodiorita/Cuarzogabro
- SiFk: Sienita de feldespato
- Si: Sienita
- Mz: Monzonita
- Mzdi-Mzgb: Monzodiorita/Monzogabro



★ S.U. Ilo

Fig. II-4

GEOQUÍMICA DEL VOLCANISMO JURASICO Y PLUTONES ASOCIADOS

7.1 Consideraciones generales

Después de revisar las diferentes características petrográficas de las unidades volcánicas e intrusivas entre Arequipa y Tacna, abordaremos en este capítulo el estudio de la composición química que fueron obtenidas mayormente a través de secciones litoestratigráficas en el Arco Jurásico de la faja costanera y la cordillera occidental.

El estudio geoquímico está basado en el análisis de 140 afloramientos a lo largo de 12 hojas geológicas entre Arequipa y Tacna. Los análisis geoquímicos de elementos mayores y trazas suman más de 400, estos fueron realizados en los laboratorios del Ingemmet (mayores) y SGS de Canadá (Traza). Para los elementos traza incluido las tierras raras (REE), fue analizado por el método ICP+MS90 con ataque de peróxido de hidrógeno (N₂O₂H) con un barrido de 54 elementos (menores + lantanidos).

Las muestras obtenidas en lo referente a secuencias volcánicas fueron muestreadas en secciones litoestratigráficas a lo largo de transectas de dirección SO-NE en las unidades Guaneros de la faja costanera, Chocolate y Matalaque de la cordillera occidental. Las rocas obtenidas abarcan una variedad entre andesitas basálticas y riolitas. Los cuerpos intrusivos representados por el batolito de Punta Coles e Ilo fueron muestreados también en dirección mayormente transversal al batolito de la costa.

7.2 Estudios geoquímicos anteriores

Estudios geoquímicos preliminares fueron realizados por **JAMES (1974-75)**, Boily et al (1984), **AGUIRRE & OFLER (1985)** y Aguirre (1985) entre ellos **BOILY ET AL (1984)** muestra las primeras comparaciones entre secuencias jurásicas (Chocolate) y cretáceas (Toquepala), estudio que lo realizó en la faja costera entre Ilo y La Yarada y en la cordillera; Cuajone Quellaveco. Esta comparación geoquímica – isotópica muestra una diferenciación marcada entre estas dos unidades y plantea un posible "gap volcánico" entre los 180-150 Ma y los 70 Ma (inicios del arco Toquepala), evidentemente en esa época se consideraba que afloraba la Formación Chocolate en esta región y que actualmente es asignada a la Formación Guaneros. Se postula actualmente que la sucesión estratigráfica es continua entre el jurásico y el cretáceo por lo menos a lo largo de la transecta Ilo – Moquegua - Quellaveco (río Osmore). Posteriormente **BOILY ET AL (1990)** realiza un estudio enmarcado mayormente en el pre y post-oligoceno (Toquepala/Tacaza-Huaylillas) y en el cual analiza elementos de REE e isótopos de Sr, Nd y Pb. **ROMEUF ET AL (1993-1995)** estudian entre Ecuador y Perú, secuencias jurásicas (formaciones Misahualli, Colan, Chala y Río Grande) sobre la base de estudios petrológicos, mineralógicos, geoquímicos y geocronológicos, pero sus estudios solo llegan a la región de Río Grande (Ica).. Los pocos estudios realizados de manera preliminar por **BOILY (1984)**, muestran comparaciones geoquímicas de elementos mayores, trazas e isotópicas concluyendo que existe una afinidad geoquímica de las secuencias Chocolate (hoy Guaneros), y volcánicos Toquepala con los volcánicos jóvenes calcoalcalinos y con poca contaminación cortical (CBC). Por otro lado **ROMEUF (1993)**, muestra análisis litoestratigráficos en las secciones de Pocoma y Vila Vila, mostrando afloramientos de la unidad Chocolate (hoy Guaneros). Pero los análisis geoquímicos solo eran restringidos a las áreas de Chala y Río Grande. Se puede mencionar estudios paleomagnéticos

realizados en Ilo y la Yarada (ROPERCH & CARLIER 1992), sobre secuencias asignadas a la Formación Chocolate (Guaneros), donde no encuentran una magnetización secundaria fiable. Estos últimos autores ya mencionan que la Formación Chocolate podría tener una edad entre el Permiano superior y el Hettangiano?, sin especificar la fuente o porque llegaron a esta conclusión. Resumiendo se tienen pocos análisis, estudios e interpretación geoquímica de los arcos Permiano - Jurasico en la cordillera (Chocolate); Jurasico de la costa entre Arequipa y Tacna (Guaneros) y de las secuencias del cretáceo inferior (Matalaque)

7.3 Geoquímica del magmatismo Permiano?- Jurásico/Cretáceo

A lo largo de faja costanera y la cordillera occidental se han estudiado decenas de afloramientos de unidades volcánicas y plutónicas asignadas a las formaciones: Chocolate, Guaneros y Matalaque, asimismo los cuerpos intrusivos del batolito de Punta Coles e Ilo. Afloramientos de cuerpos subvolcánicos asociados al Jurasico entre Punta de Bombón y La Yarada también fueron muestreados y analizados. Las muestras para sucesiones volcano-sedimentarias fueron tomadas preferentemente a lo largo de secciones lito estratigráficas compuestas, estas secciones fueron a lo largo del río Tambo, Osmore-Moquegua, Locumba y Sama. Los cuerpos intrusivos fueron muestreados desde Arequipa hasta Tacna, a lo largo del batolito costanero entre Punta de Bombón y la Yarada. Para la pre-cordillera los cuerpos intrusivos de Torconta (Arequipa), y Mal Paso (Pachia, también fueron analizados. Entre Cocachacra y Mollendo los cuerpos intrusivos paleozoicos asignados al batolito de Atico- Camana – Mejia, fueron analizados geoquímicamente, así como parte del CBC. Por ultimo algunas muestras extraídas de Pausa el año 2001 de secuencias asignadas a la Formación Chocolate (sobre el CBC, bajo Socosani), y que afloran en el río Huanca Huanca (afluente del Ocoña), han sido comparadas químicamente con sus equivalentes de Arequipa y Tacna.

El numero de muestras analizadas de las unidades jurásicas volcánicas e intrusivas fueron 405, realizándose para cada una de ellas análisis por óxidos mayores y trazas. En total se realizaron 19 693 análisis geoquímicos que fueron utilizados para caracterizar las diferentes unidades en sus marcos tectonomagmáticos y evolución en el tiempo.

Para mayor comodidad y entendimiento al lector, las diferentes muestras obtenidas tienen su representación esquemática y litoestratigráfica general, cuyo objetivo es posicionar en el espacio y tiempo las diferentes sucesiones volcánicas e intrusivas. Las normalizaciones a las condritas efectuadas en REE, pueden encontrarse en el anexo adjunto. Los gráficos geoquímicos e interpretaciones, van acompañadas al final de cada conjunto de áreas estudiadas (parte I – IV) entre los años 2003 y 2004, las muestras obtenidas también tienen un código de acuerdo al área y tiempo de muestreo:

Ar; Arequipa	Pal; Palca
Lj; La Joya	Om; Omate
Pb; Punta de Bombón	I; Primera etapa de campo
Pq; Puquina	II; Segunda etapa de campo
Cle; Clemesi	III; Tercera etapa de campo
Ilo; Ilo	IV; Cuarta etapa de campo
Mo; Moquegua	
Lo; Locumba	
Ly; La Yarada	
Pa; Pachia	

Ejemplo; Ar/I-01-03; significa que fue obtenida en Arequipa (Ar), primera etapa de campo (I), muestra numero 01 y en el año 2003 (03).

7.4 Volcanismo e Intrusivos - Geoquímica

PARTE I – AREQUIPA-MOQUEGUA

Hoja de Arequipa

En la región de Arequipa se tomaron muestras de la Formación Chocolate sobre el río Sihuas a la altura de Murco y en las canteras de Chocolate a pocos kilómetros al norte de la ciudad.

Sector de Huanca: **Formación Chocolate**

En este sector se reviso la sección en el río Chucarna, con el fin de observar las relaciones estratigráficas/geoquímicas entre el Complejo Basal de la Costa (CBC) y las formaciones Chocolate y Socosani/Gpo.Yura.

Sección parcial de la Qda. Lapayna:

- *Areniscas y limolitas oscuras, en forma rítmica, estratos medios (Formación Puente)*
- *Calizas grises, en estratos gruesos a medios estratificación ondulada, en afloramiento de tonos anaranjados (Formación Socosani sup.)*
- *Calizas y limoarcillitas bien estratificadas de colores gris oscuros en afloramiento y de arreglo muy rítmico (Formación Socosani media.)*
- *Calizas gruesas y medias recristalizadas, se encuentra deformada contra la Formación Chocolate (pliegues y repliegues) (Formación Socosani inf.)*
- *Toba de cristales, grano medio, estratos delgados y aparentemente estratificados con pelitas, estas unidades se encuentran silicificadas, N35°O/65°NE (Formación Chocolate)*
- *Toba de cristales, tono verdoso, bien estratificadas y delgados (Formación Chocolate)*
- *Neises grises grano grueso, con esquistocidad, macizos (CBC)*

Muestras tomadas: Ar-01-03, Ar-02-03 y Ar-03-03

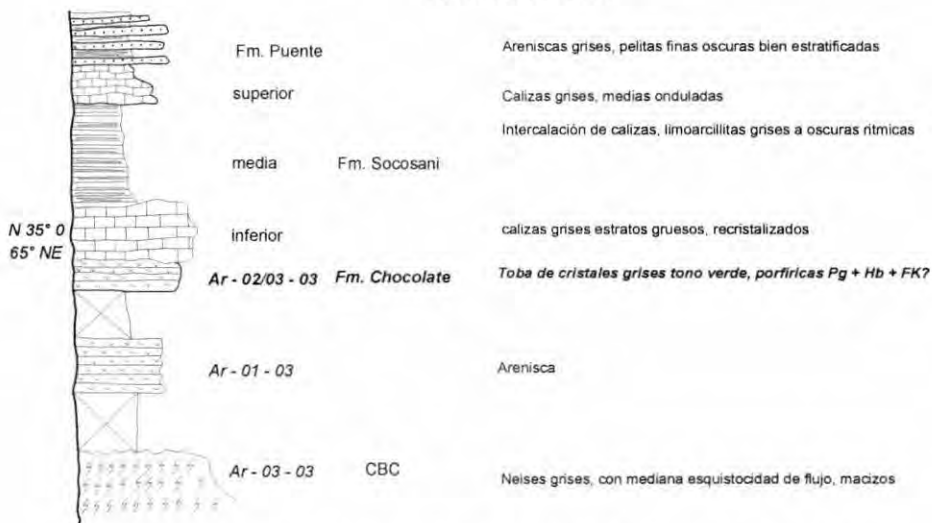
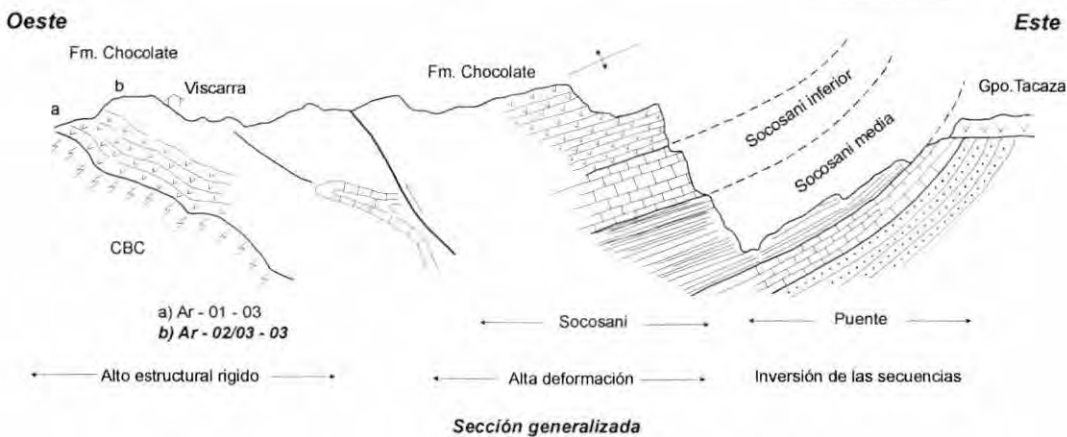
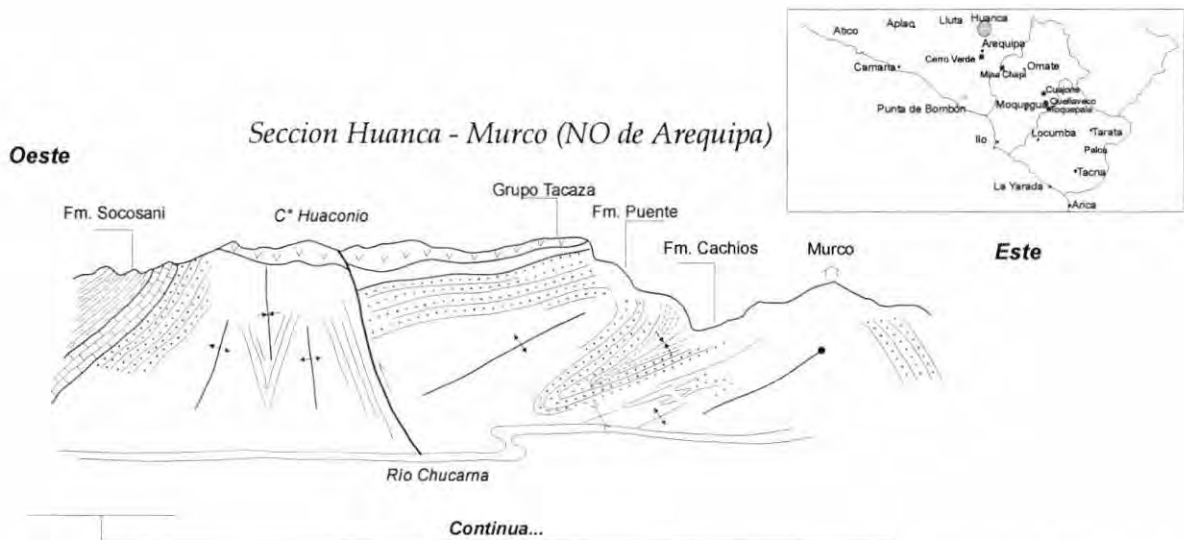
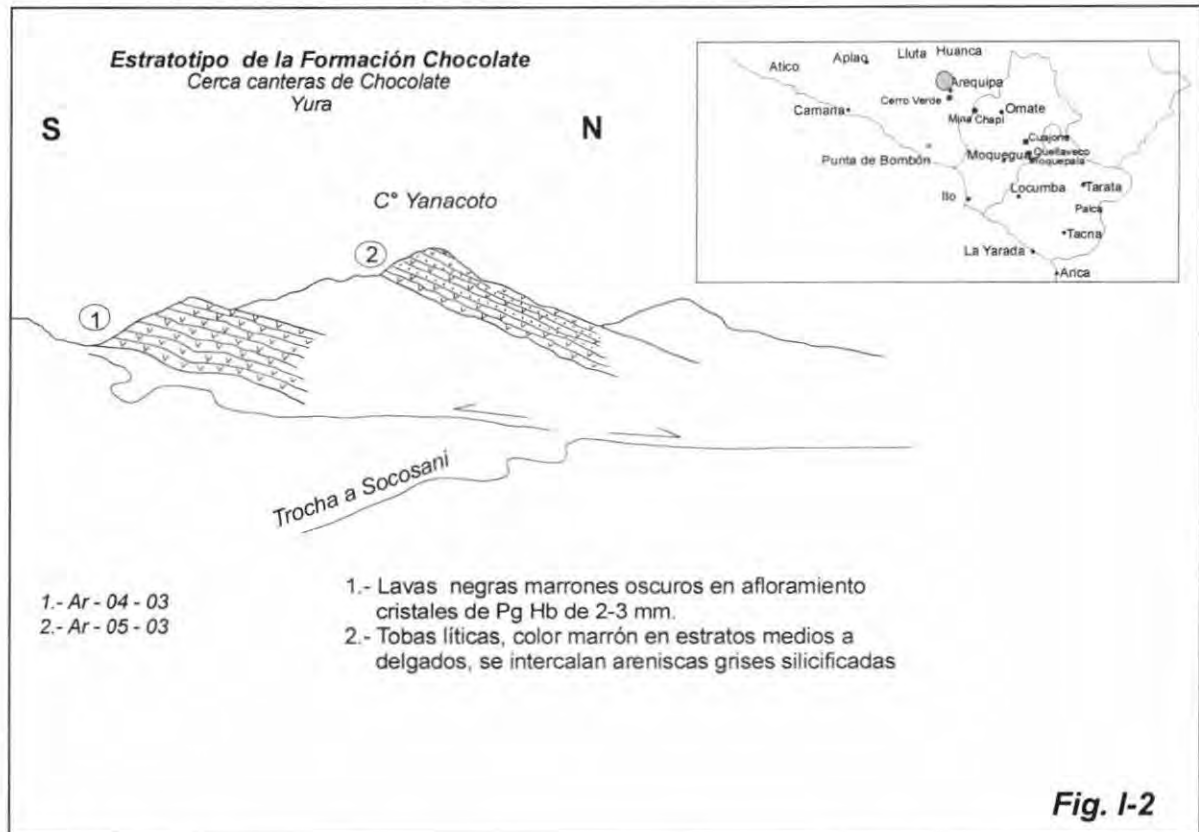


Fig. 1-1. Corte esquemático y sección general de la relación espacial de las sucesiones piroclásticas de la Formación Chocolate, en el sector del río Chucarna -Huanca

Sector de Yura
C° Yanacoto: Formación Chocolate

- *Lavas negras*, cristales de pg + Hb + Fk, de 2-3 mm, color marrón, estratificación aparente NO-SE, (Formación Chocolate inferior)
- *Tobas* color marrón porfíricas de grano medio en estratos medios a delgados, al parecer se intercalan areniscas silicificadas (Formación Chocolate media)

Muestras tomadas: Ar-04-03 y Ar-05-03



Hoja La Joya

En esta zona se tomaron muestras de la zona de transición del volcanismo Guaneros con las facies siliciclásticas del Grupo Yura. El objetivo es caracterizar las sucesiones de lavas y brechas volcánicas de carácter distal con el mismo arco que se cree es parte de la faja costanera (véase la lito estratigrafía de La Yarada)

Qda. Linga - C° Tres Damas

Formación Guaneros

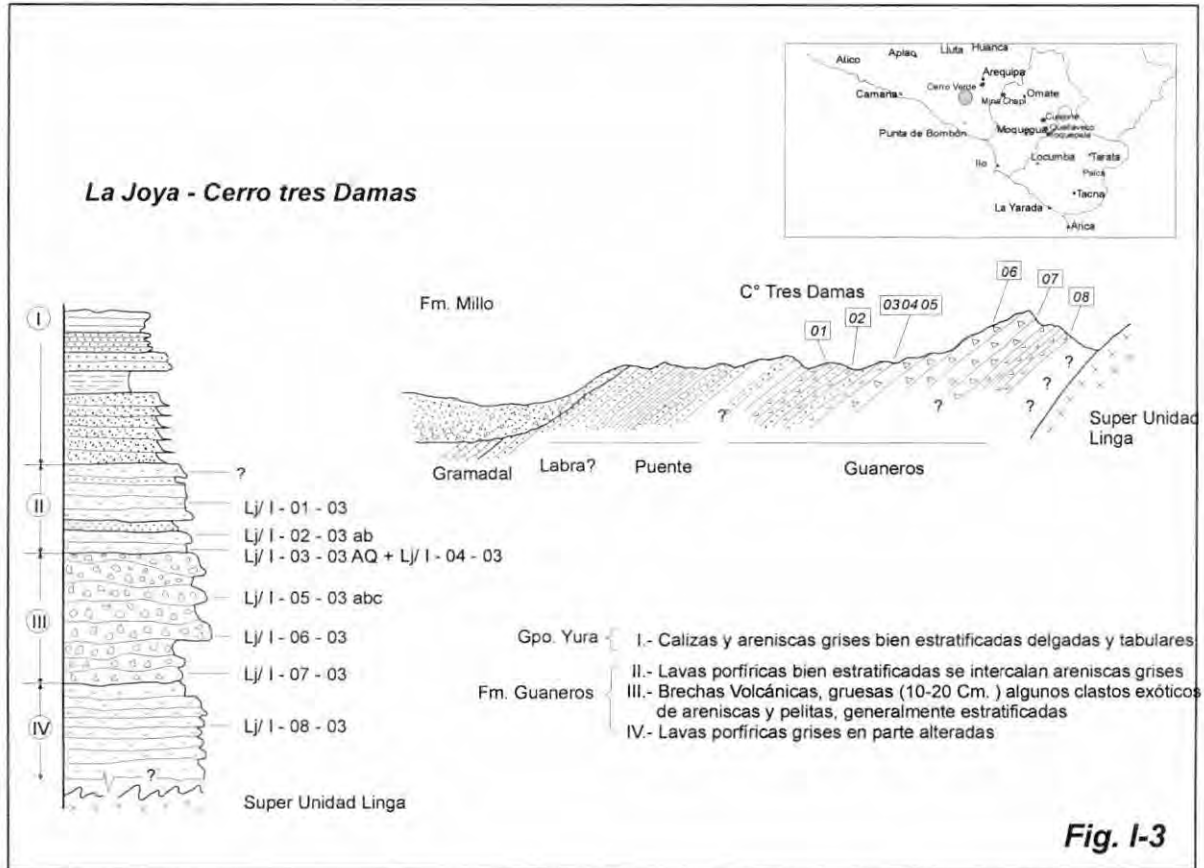
- **Base:** Intrusión de la S.U. Linga
- *Lavas* porfíricas, gris oscuras, groseramente estratificadas
- *Brechas* gruesas a medias (10-20 cm) subangulosas, ligeramente estratificadas, otros niveles con clastos de 2 cm en promedio, la composición en su mayoría es equivalente a la matriz
- *Brechas* grises con clastos angulosos entre 2 y 20cm, muy restringidos los subredondeados dando la impresión de "pseudolavas", algunos clastos de areniscas aunque la mayoría son similares a la matriz
- *Brechas* grises con inclinación de 20 a 25°SO
- *Lavas* grises color "Chocolate" en húmedo algo porfíricas
- *Lavas* con estructuras "fiamme" por lo que pueden ser ignimbritas

- Lavas grises oscuras porfíricas con abundante plagioclasa de 1-2 mm.

Techo: Fm. Puente*

*Esta unidad esta poco diferenciada no es típica ya que nos ubicamos próximo al borde occidental del "**Arco volcánico Jurásico**" donde las facies son muy distintas es así que la secuencias superiores de la Formación Guaneros es volcano clástico (lavas/areniscas)

Muestras tomadas de techo a base: Lj/I-01-03, Lj/I-02-03, Lj/I-03-03, Lj/I-04-03, Lj/I-05abc-03, Lj/I-06-03, Lj/I-07-03 y Lj/I-08-03



Qda. El Toro

Formación Chocolate

- Lavas grises tono verdoso, cristales de Hb+Pg, R: N20°O/25° NE
- Brechas volcánicas de clastos subangulosos, macizos, muy alterados, clastos en su mayoría monogenéticos con la pasta envolvente
- Lavas grises porfíricas R: N50°O/35NE
- Lavas grises tono verdoso, cristales de Hb+Pg R: N40°O/35°NE
- Intercalación de lavas grises, matriz fina color chocolate y areniscas gris oscuras de grano medio-grueso, groseramente estratificadas
- Lavas grises porfíricas R: N40°O/25-15°NE

Muestras tomadas: Lj/I-09-03, Lj/I-10-03, Lj/I-11-03, Lj/I-12-03, Lj/I-13-0

Qda. El Toro - Formación Chocolate - la Joya

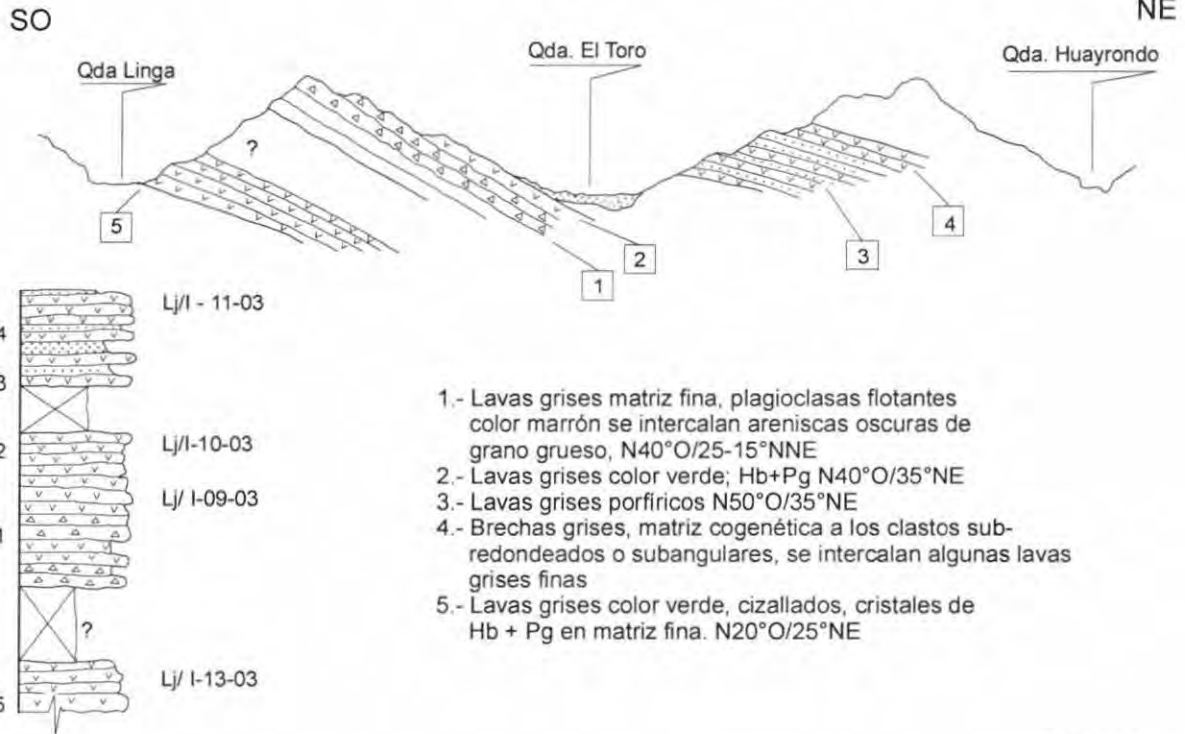


Fig. I-4

**El Fiscal - C° Puerto Viejo - intersección Km. 1034 (Panamericana)
Formación Chocolate y Subvolcánicos asociados**

- Lavas y brechas volcánicas color gris. N60°O/55°SO
- Lavas grises verdes, macizas sin estructura, posible subvolcanitas?
- Subvolcánico gris tono verdoso porfírico,
- Según las observaciones de campo esta secuencia puede ser incluida dentro de la Formación Chocolate, asimismo la presencia de cuerpos subvolcánicos (sector occidental) poco evolucionados, afaníticos para ser incluidos dentro de la denominación de "dioritas"

Muestras tomadas: Lj/I-14-03, Lj/I-15-03, Lj/I-16-03

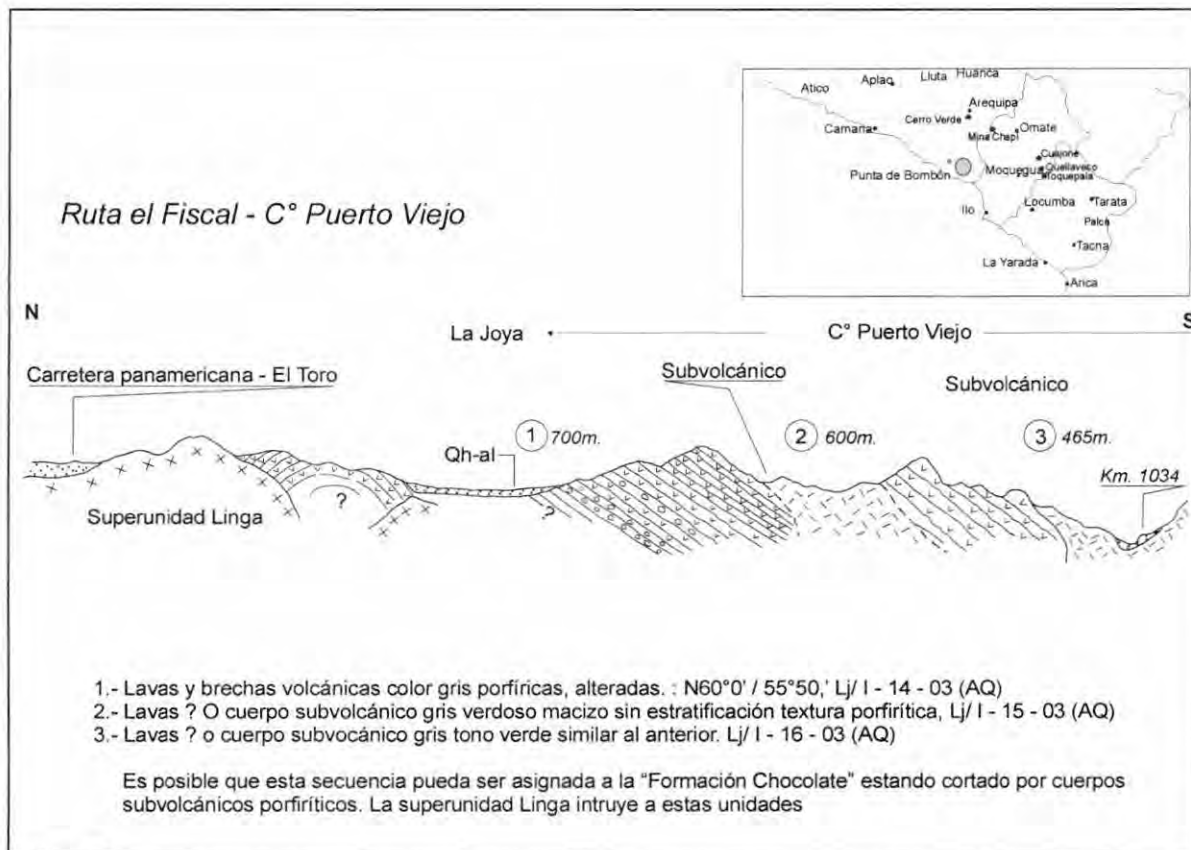


Fig. I-5

Pampas de Chagllando - Qda. Huayrondo -El Toro

Formación Guaneros

- Brechas con clastos subangulosos, grises, estratificación grosera, R: N20-10°O/20°NE (Formación Chocolate)
- Areniscas grises de grano medio
- Areniscas grises a tonos rojos de grano fino
- Lavas grises, macizas con estratificación poco definida
- Lavas grises y brechas de posición subhorizontal en estratos gruesos y ondulados
- Areniscas grises bien estratificadas N35E/35NO
- Lavas grises tono verdoso faneríticas con cristales de plagioclasa
- Lavas grises tono chocolate, estratificadas

Muestras tomada: Lj/-17-03, Lj/-18-03, Lj/-19-03, Lj/-20-03

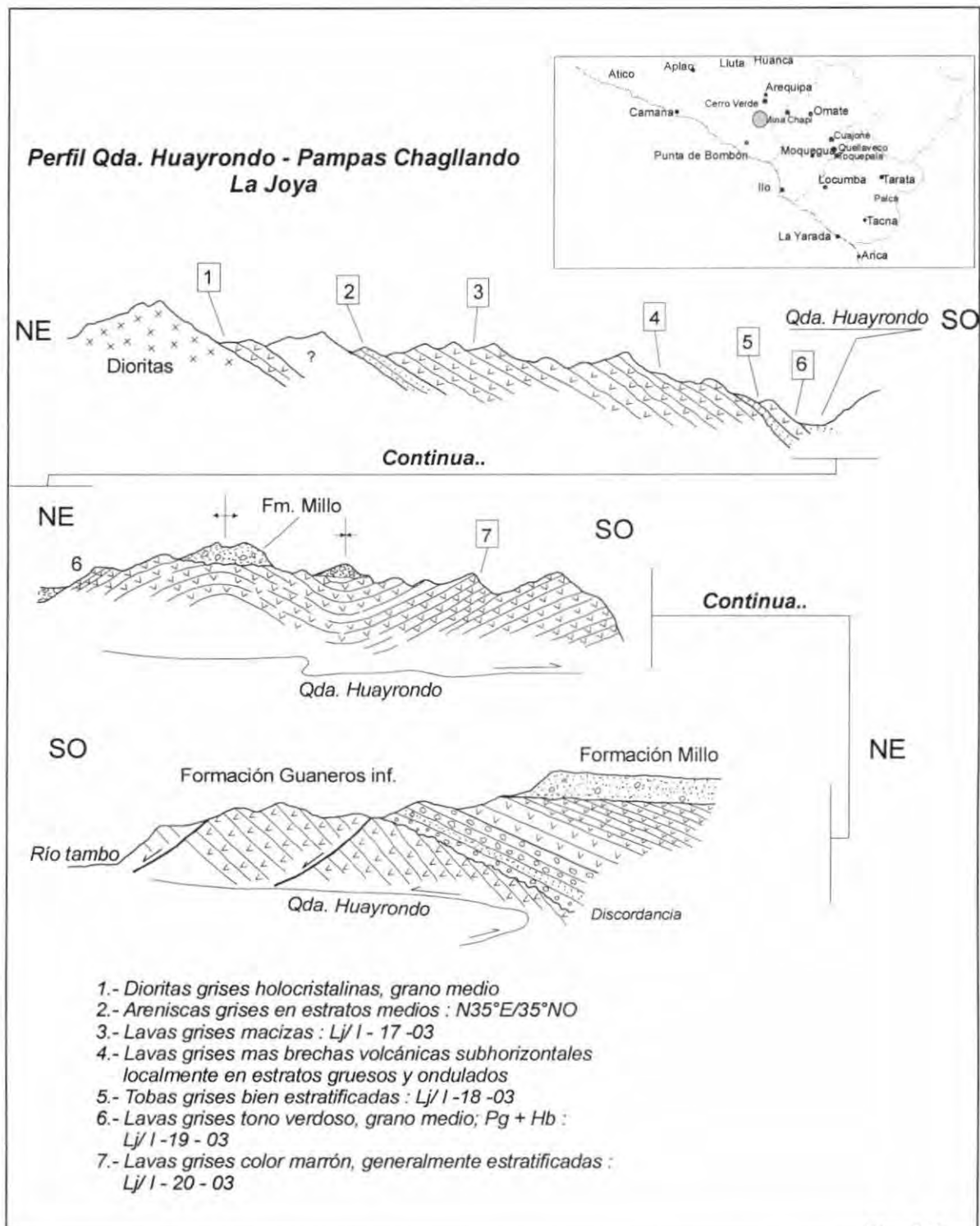


Fig. I-6

Hoja Punta de Bombón

En esta localidad se tomaron muestras de la Formación Guaneros, intrusivos de Punta Coles y cuerpos subvolcánicos asociados al jurásico. Las relaciones de yacencia de facies volcánicas discordantes sobre el devoniano conocido como Grupo Cabanillas y que afloran ampliamente en el distrito de Cocachaera y la hacienda Chucarapi. Dada las evidencias estratigráficas similares con otras áreas y de edad radiométrica (152 Ma) tomada en la base de las facies lávicas (Chucarapi), se postula que nunca se depositó la

Formación Chocolate en esta región, y que las unidades cartografiadas como ellas en realidad son parte de la Formación Guaneros inferior.

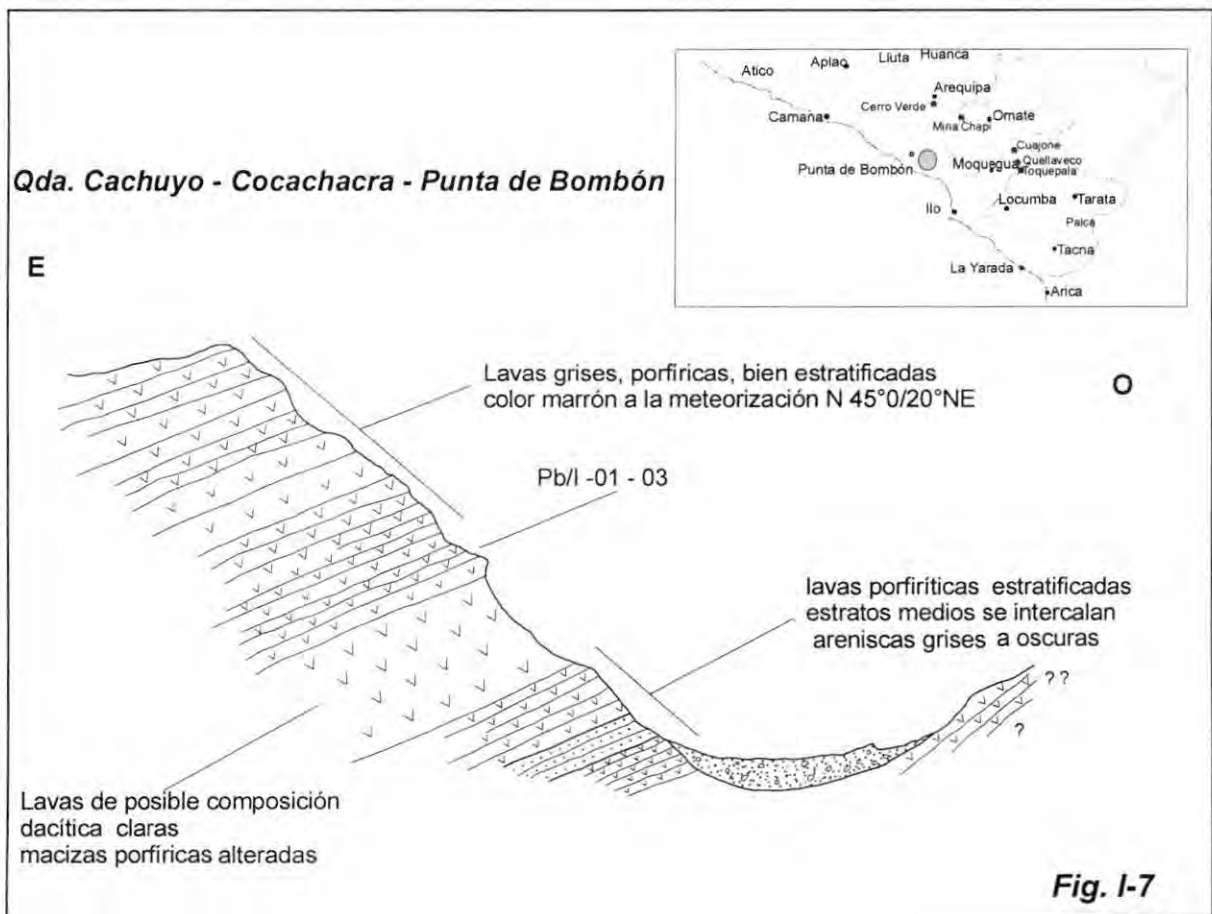
Cocachacra - Qda Cachuyo - Sector oriental del C° Yamayo
Formación Guaneros

Tope

- Lavas bien estratificadas, gris verdosas, en estratos medios, contacto ondulante, se intercalan niveles de areniscas finas próximo a la base
- Lavas beige de posible composición dacítica siguen lavas bien estratificadas en estratos medios, ondulante, de grano medio. porfíricas con plagioclasas y hornablendas, rumbo general: N45°O/20°NE
- Areniscas grises finas en estratos medios a delgados generalmente en las secuencias basales,

Base

Muestra tomada: Pb/I-01-03



Hda, Chucarapi

Basal: Grupo Cabanillas

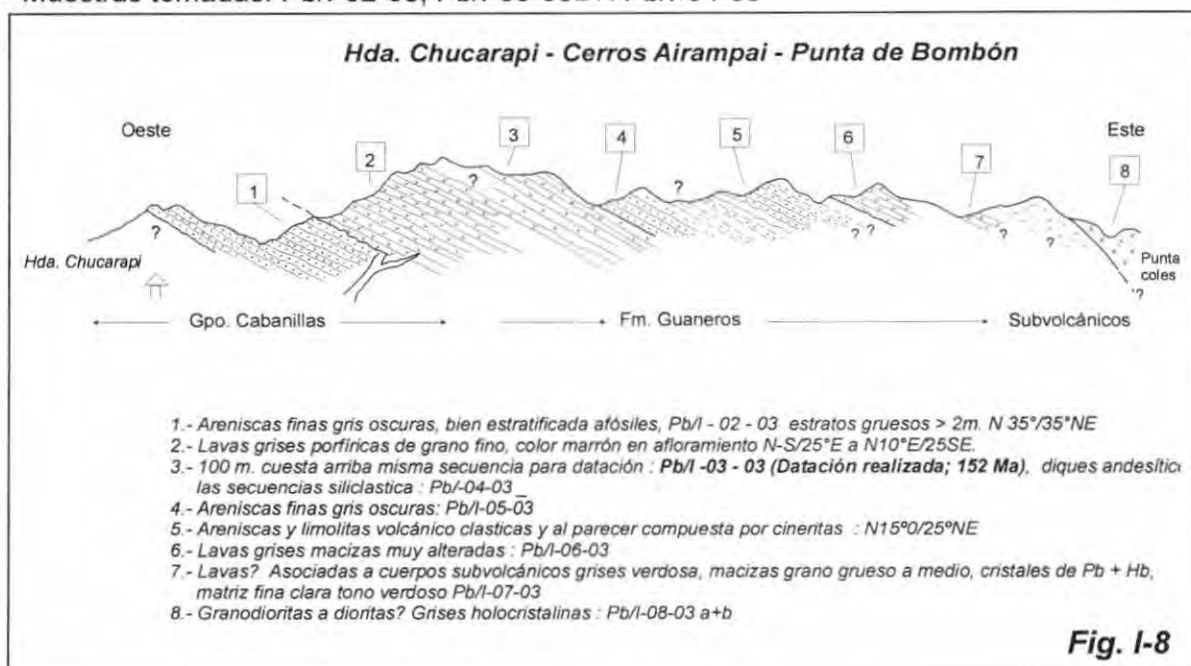
- Areniscas grises, silicificadas en algunos niveles y compactas, en estratos gruesos (> 2 m), en estrato decreciente a estratos medios R: N35O/35NE, conforma el núcleo de un anticlinal (Grupo Cabanillas). Se intruyen diques gris verdosos de 1 m en promedio de grosor, posiblemente de composición andesítica, se especula que sean

los alimentadores de la Formación Chocolate dada la similitud de las litologías de ambas estructuras

Tope: Formación Guaneros

- Paraconformidad de contactos el cual presenta areniscas y pelitas silicificadas y caolinizadas que pasan a lavas muy fracturadas porfíricas que serian la parte basal de la Formación Guaneros. Diferencias de rumbo entre el Grupo Cabanillas (N35°O/35°NE) y Fm. Chocolate (N10°E/25°SE) podrían indicar la presencia de una discordancia aunque el contacto es conforme? en todo sentido.
- Lavas grises porfíricas bien estratificadas y en estratos medios a gruesos (>1 m) N-S/20-30°E
- Lavas grises porfíricas y finas, color chocolate en afloramiento R: N-S/25°E a N10°E/25°SE

Muestras tomadas: Pb/I-02-03, Pb/I-03-03DR Pb/I-04-03



C° Airampai

Formación Chocolate

Basal: (Continua las facies de volcanitas Hda. Chucarapi)

- Intruye cuerpo subvolcánico gris verdoso, porfírico con cristales de pg+hb+fk y algunos líticos, formas macizas, subredondeada a manera de erosión catafilar, pudiendo ser posibles almohadillas?
- Areniscas finas gris oscuras en estratos medios - gruesos, algo silicificadas, R: N15-20°O/25-35°NE
- Areniscas y limolitas de posible origen volcánico, debido a su composición de cenizas como matriz, R: N15°O/25°NE
- Lavas grises macizas, muy fracturadas
- Lavas?, gris verdosas, porfíricas, se distinguen cristales de Hb+Pg en matriz fina, puede ser parte de un cuerpo subvolcánico a manera de placolito asociado al jurásico

Tope: intruye granodioritas a dioritas de la SU. Punta Coles

Muestras tomadas: Pb/I-05-03, Pb/I-06-03, Pb/I-07-03, Pb/I-08-03, Pb/I-09-03, Pb/I-10-03

Río Tambo - Uchas

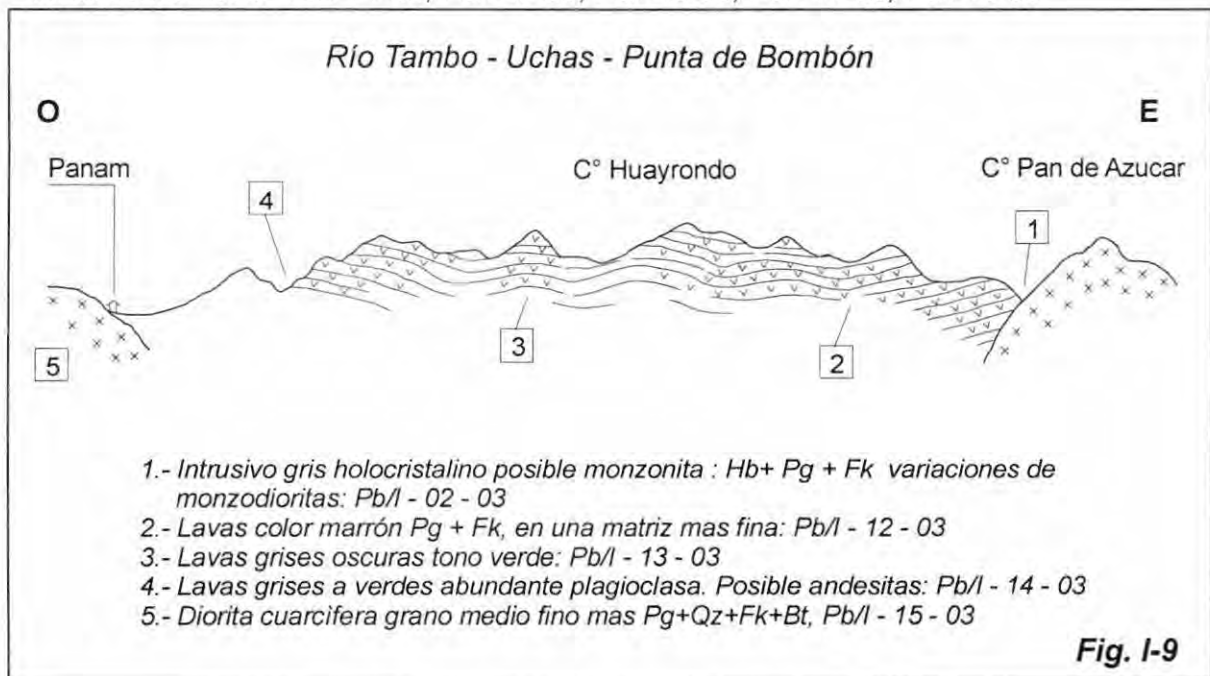
Formación Guaneros - S.U. Yarabamba/Punta Coles

Basal: Intrusivo gris, holocristalino, posiblemente monzonitas a monzodioritas, cristales de $fk+pg+qz+hb$ (SU. Yarabamba)

- Lavas color chocolate porfíricas $pg+fk$ en matriz fina
- Lavas gris oscuras con tono verde
- Lavas gris verdosas con abundante plagioclasa lo que le da el carácter andesítico

Topo: Intruye granodioritas de grano fino, abundante biotita fina y distribución equigranular (SU. Punta Coles)

Muestras tomada: Pb/I-11-03, Pb/I-12-03, Pb/I-13-03, Pb/I-14-03, Pb/I-15-03



EL Fiscal - Qda. Honda - Pampa Colorada - C° Sillón - Costanera

Super Unidades Punta Coles/Ilo, Subvolcánicos asociados a la Formación Guaneros

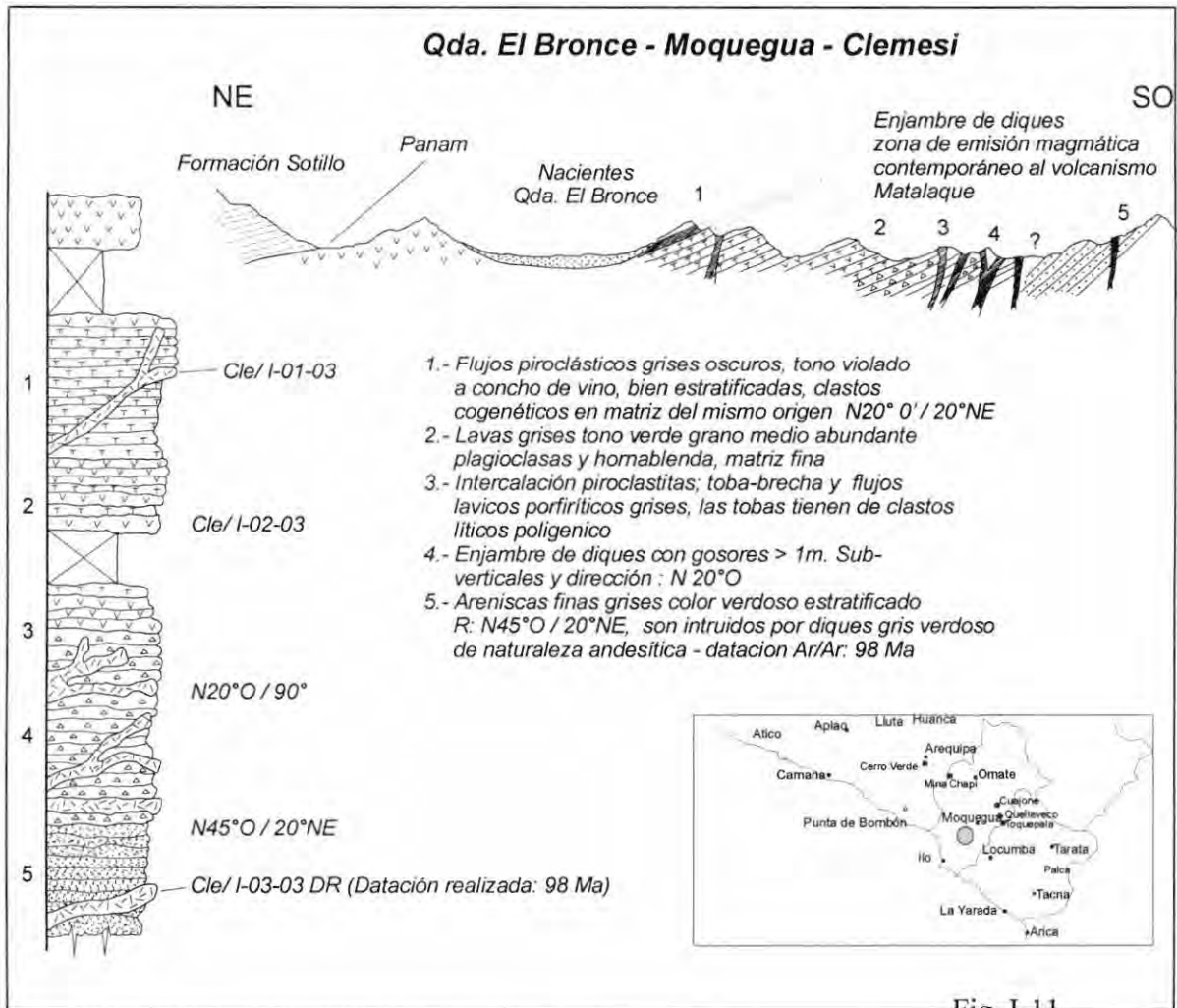
Tramo Este/Oeste (Panamericana-Costanera)

- Subvolcánico gris rosado, porfírico $hb+bt+qz$, similar a los afloramientos del C° Airampai
- Monzodioritas de $qz+fk+hb$, algo cloritizadas (SU. Punta Coles)
- Granodioritas-dioritas, gris oscuras muy similares a la muestra N°15 (Fiscal) (SU. Punta Coles)
- Granodioritas gris rosadas, grano grueso-medio, similar a las muestras N°15,18

Tramo Sur / Norte (carretera Costanera)

- Granodioritas grises grano medio
- Granodioritas grises grano fino-medio, similar N°15 (Fiscal) (SU. Punta Coles)

- Diques gris verdosos porfíricos de plagioclasas
- Basal: Guaneros inferior - Complejo de Diques (Antigua Mina el Bronce)



Qda. Guaneros, Sección Parcial

Formación Guaneros/S.U.Punta Coles/Yarabamba

Basal: Próximo a la intersección con el río Osmore (sección Sur/Norte)

Formación Guaneros inferior

- Intrusivo gris tono verdoso, holocristalino con bt+hb+pg+qz, varias muestras presentan evidencias de metamorfismo con foliación única mayormente de las biotitas
- Areniscas grises grano fino en estratos medios se intercalan lavas grises muy alteradas y tectonizadas, algunos diques grises muy alterados
- Areniscas y limolitas silicificadas gris oscuras, cuerpos subvolcánicos a manera de placolitos y diques, vetas de hematita y sílice cortan a las sedimentitas
- Intrusivo granodiorítico? Gris holocristalizado, equigranular muy diaclazado
- Areniscas y lavas cortan subvolcánicos sin estructura definida
- Lavas y areniscas grises tono rojo de grano fino

- Diques (N15°O) e intrusivo menores grises y porfíricos

Formación Guaneros media (Calloviano)

- Areniscas finas gris oscuras en estratos delgados y finos, algunos fósiles mal conservados de bivalvos posibles *Inoceramus*?
- Lavas grises bien estratificadas en estratos < 20 cm
- Intrusivo diorítico gris oscuro
- Areniscas y limolitas gris oscuras, restos de bivalvos y ammonites en fragmentos
- Areniscas y limolitas grises tonos rojos bien estratificados R: N50°O/50°NE
- Lavas porfíricas grises tonos rojos macizas

Discordancia? Formación Guaneros superior

- Conglomerados polimícticos (clastos mayormente de volcanitas diversas) color rojo y areniscas gruesas a mal seleccionados, conformando niveles bien estratificados y con baja inclinación R: N-S/25°E, se encuentran "discordante" sobre la secuencia anterior lo cual marcaría el paso al volcanismo "Toquepala"
- Ignimbritas grises a rojizas bien soldadas con pg-fk+qz libre, estructuras tipo fiamme, muy característicos del las secuencias del Grupo Toquepala
- Lavas grises tono azulado de pg+fk
- Lavas grises tono rojo a verdoso bien estratificados, diques R: NO-SE/ 25°NE
- Subvolcánicos gris porfírico
- Lavas grises verdosas

Discordancia, cambio de régimen tectónico : Grupo Toquepala basal

- Conglomerados rojos bien compactos, subredondeados buena esfericidad, polimícticos
- Ignimbritas bien soldadas, gris tono rojizo con pg+qz (este ultimo conteniendo cristales de cuarzo flotantes)

Tope: Discordancia con las formaciones Sotillo/Millo

Muestras tomadas: Ilo/I-01-03, Ilo/I-02-03 Ilo/I-03-03 Ilo/I-04-03, Cle/I-04-03 , Cle/I-05-03, Cle/I-06-03, Cle/I-07-03, Cle/I-08-03, Cle/I-09-03, Cle/I-10-03, Cle/I-12-03, Cle/I-13-03, Cle/I-14-03, Cle/I-15-03,

Qda. Guaneros - Nacientes Intersección con La Panamericana

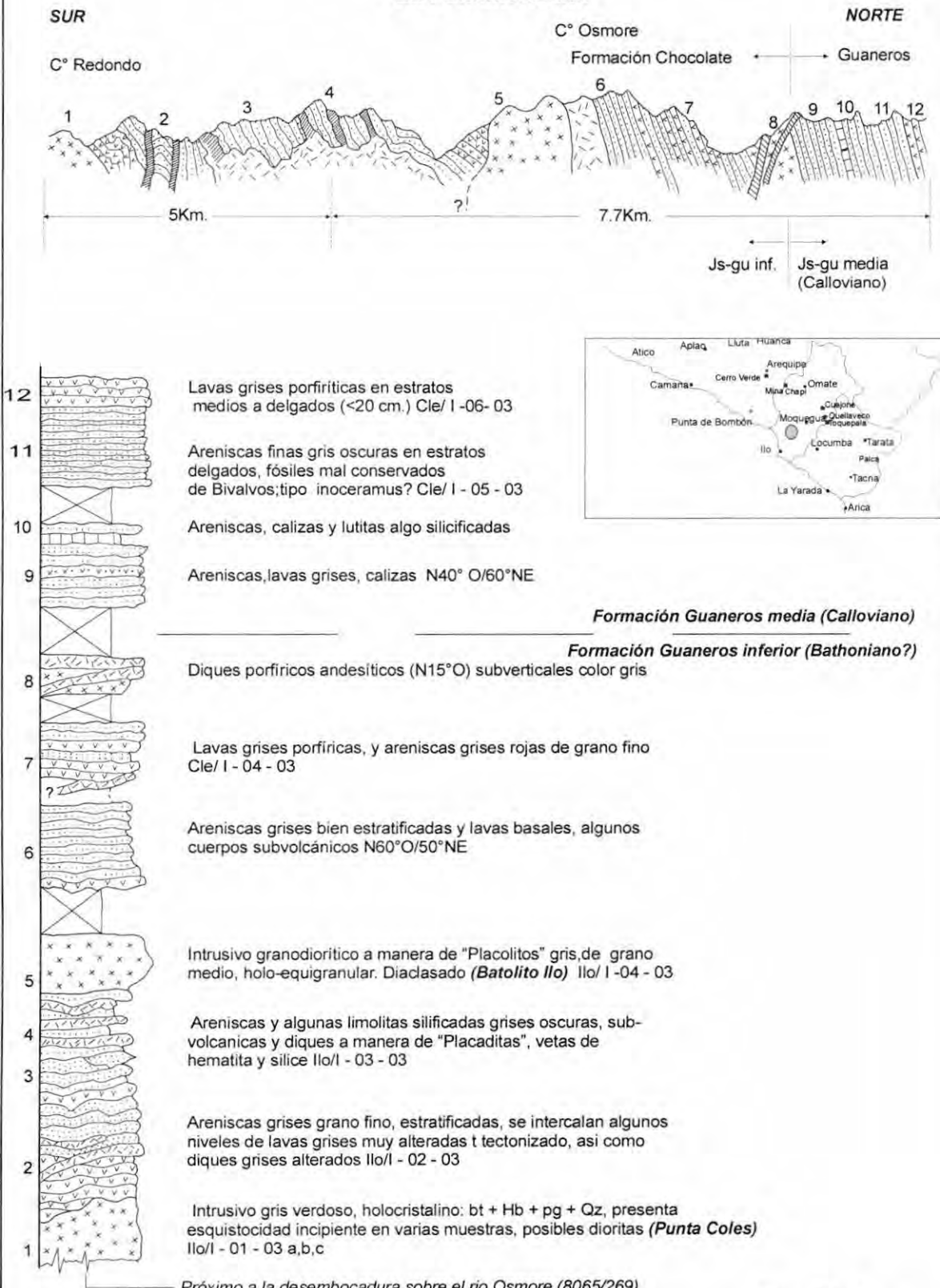


Fig. I-12

**Continuación - Qda. Guaneros - Próximo a la intersección
con la Carretera Panamericana**

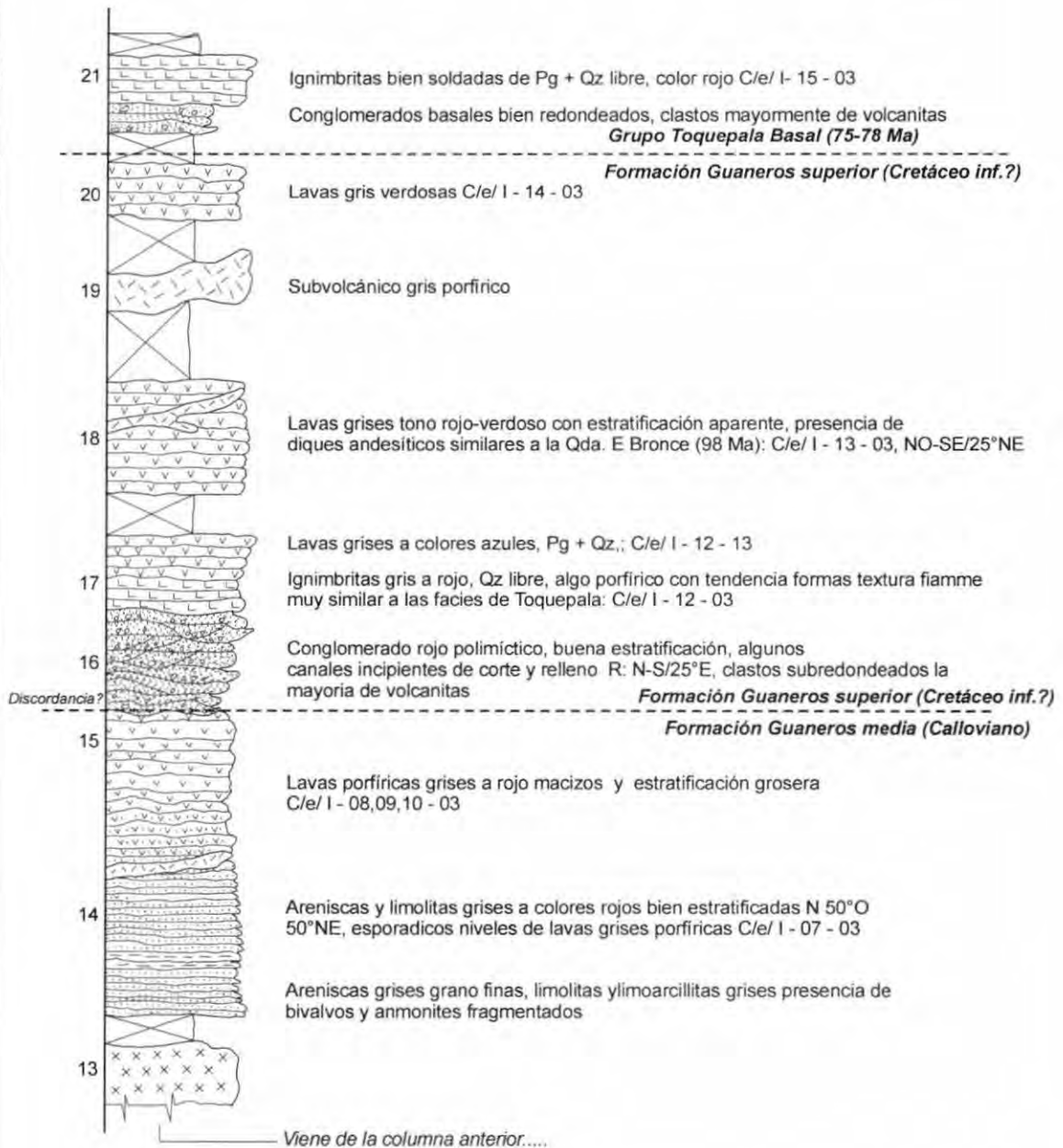
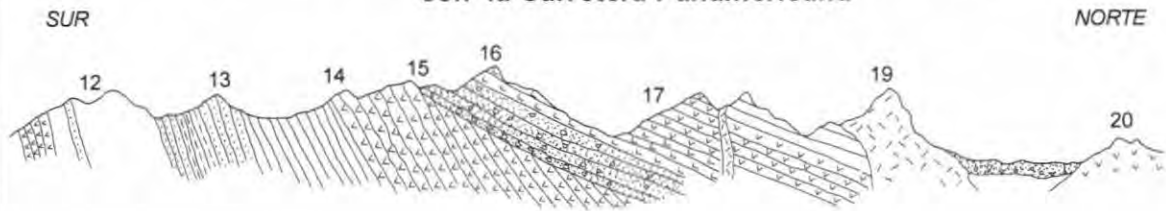


Fig. I-13

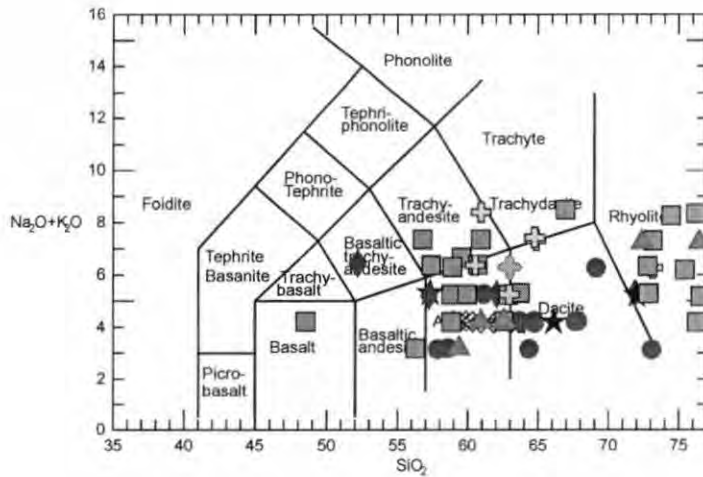
7.5 Elementos mayores

En las localidades mencionadas los análisis de óxidos mayores plotados en el diagrama TAS, muestran para la Formación Guaneros dos campos diferenciados: Basaltos a andesitas para la zona de Clemesi – Punta de Bombón (Cocachacra - Qda. Guaneros), con 50 – 65 % de SiO₂ y dacitas a riolitas con 70 – 75% de SiO₂, para la Qda. Linga en la Joya (Fig. IV-14), esto supone que las facies occidentales son menos evolucionadas y mas afines con el arco central. Las facies orientales están en interacción con la cuenca de trasarco representado por el Grupo Yura, la sección del cerro Tres Damas es un excelente ejemplo de la transición de las facies volcánicas Guaneros a secuencias siliciclásticas. Todas las muestras caen en el campo subalcalino y calcoalcalino (AFM), las afinidades geoquímicas entre las unidades volcánicas e intrusivas muestran buena correlación geoquímica. El batolito Punta Coles (la mayoría granodioritas) en Punta de Bombón e Ilo es equivalente geoquímico y temporal de las sucesiones andesíticas a las cuales intruye durante el jurasico medio. Esto sugiere que las intrusiones batolíticas fueron coetáneas con la depositación volcanoclástica del arco mismo. Cuerpos subvolcánicos aflorantes en Punta de Bombón y la Joya, muestran campos entre traquiandesitas y andesitas (60 – 65% de SiO₂) siendo cogenético con las sucesiones volcánicas de la Formación Guaneros.

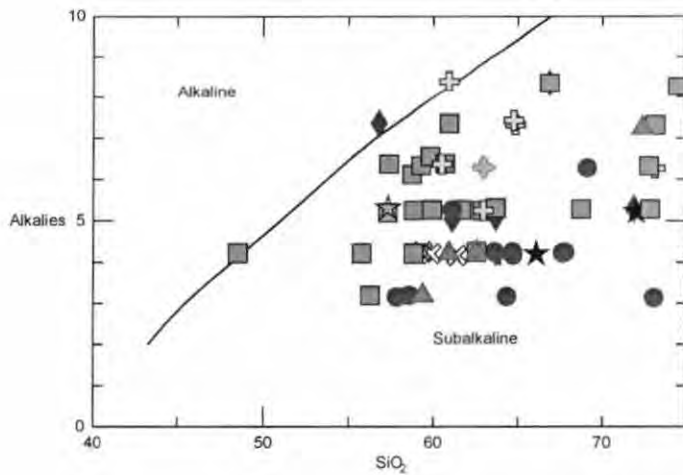
Los diques que cortan a la unidad Guaneros media en las Qda. Guaneros y el Bronce, son de composición andesítica (58 – 63% de SiO₂) y están ampliamente desarrollados en el sector sur de Clemesi, se piensa que fue una zona de emisión magmática alimentadora de sucesiones equivalentes a los diques de la región de Quinistaquillas-Omate (95-100 Ma, Sempere, conv. Pers.), y que proporcionaron el material para el arco Matalaque?

La Formación Chocolate de Arequipa (Huanca – río Chucarna) muestra rocas bastante diferenciadas entre andesitas y riolitas? con (52 – 65% de SiO₂ para flujos lavicos y de 70% de SiO₂ para piroclástitas (tobas). La presencia de tobas en las secuencias basales muestra una actividad piroclástica bastante importante en esta región. Similares relaciones petrográficas se encontraron en la región de Pachia y Palca (Tacna).

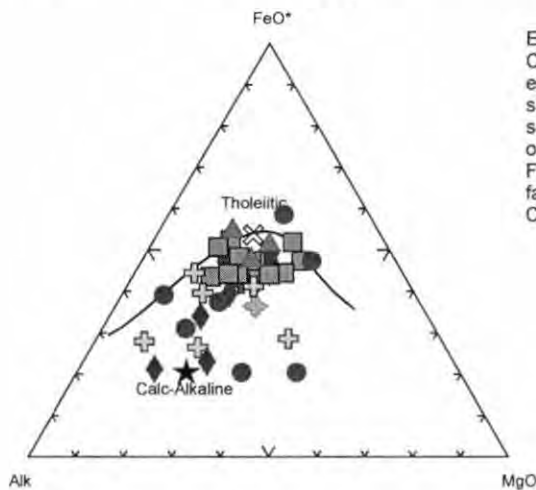
Se tomaron algunas muestras de las unidades Toquepala basal (Huaracane) y de la Superunidad (S.U.) Yarabamba a modo de comparación, véase que la afinidad con las unidades jurasicas es concordante, es posible que la variación geoquímica entre el jurásico y cretáceo superior no haya tenido mucha diferenciación, incluso a lo largo de la Qda. Guaneros, las facies de Ignimbritas grises de Guaneros datadas en 78 Ma (este estudio), cambian gradualmente a las primeras facies de Ignimbritas rojas típicos del Grupo Toquepala. Esto hace pensar en una continuidad geoquímica entre estos dos importantes Arcos volcánicos.



El campo TAS, muestra las relaciones químicas entre las unidades Jurásicas y Cretáceas. Para la Formación Guaneros, existen dos campos muy diferenciados: Las facies que afloran en La Joya (C° Tres Damas) son químicamente más diferenciadas (campo riolítico) que las unidades aflorantes en la Clemesi (Qda. Guaneros), las primeras se encuentran 25 Km, mas al Este conformes bajo las facies del Grupo Yura, sugiriendo que las facies orientales son petroquímicamente más evolucionadas. Los campos para la Formación Guaneros se encuentran entre las Traquiandesitas y Andesitas Basálticas, tanto para los sectores de la Joya, Arequipa y Punta de Bombón, los cuerpos subvolcánicos, asociados a esta última unidad son cogenéticos así como la S.U. Punta Coles.



- ★ S.U. Yarabamba
- S.U. Punta Coles
- ⊗ Diques andesíticos asociados a Guaneros?
- ⊕ Subvolcánicos asociados a Chocolate
- ▲ Formación Huaracane (Grupo Toquepala)
- Formación Guaneros
- ◆ Formación Chocolate
- ◇ CBC



El diagrama AFM, muestra una afinidad entre las unidades Chocolate y los cuerpos subvolcánicos que cortan a esta unidad en el sector de Punta de Bombón, la S.U. Punta Coles muestra similar relación con este volcanismo. Asimismo notese la fuerte separación entre los campos más orientales (la Joya) y occidentales (Punta de Bombón) las muestras preliminares de la Formación Matalaque, están químicamente relacionadas con las facies volcanoclasticas de las formaciones Guaneros y Chocolate.

Fig. 1-14

7.6 Elementos tierras raras (REE)

Los análisis de elementos traza fueron normalizadas la condrita de Nakamura (1974) y muestran las siguientes características:

La Formación Chocolate de Arequipa (Rio Chucarna, Minas de Chocolate), muestra una buena correlación entre las dos áreas muestreadas, de baja pendiente $(La/Yb)_N$ entre 1-6, lo cual indica una fuerte afinidad con el manto. Se nota una ligera anomalía de Eu en todas las muestras, esto podría indicar una ligera fraccionación de plagioclasa en la fuente, o un fundido parcial con plagioclasa residual?. Por otra parte la Formación Guaneros de la Joya, Punta de Bombón y La Clemesi muestran espectros parecidos una pendiente $(La/Yb)_N$ entre 4-10, los diferentes espectros muestran buena correlación y paralelismo, lo cual indica posiblemente buena fraccionación del sistema magmático. La presencia somera de una anomalía de Eu, solo se observa en La Joya. Esta unidad ya muestra un ligero incremento de corteza, con un empobrecimiento de las tierras pesadas (HREE), atribuido a la formación de granate en la fuente.

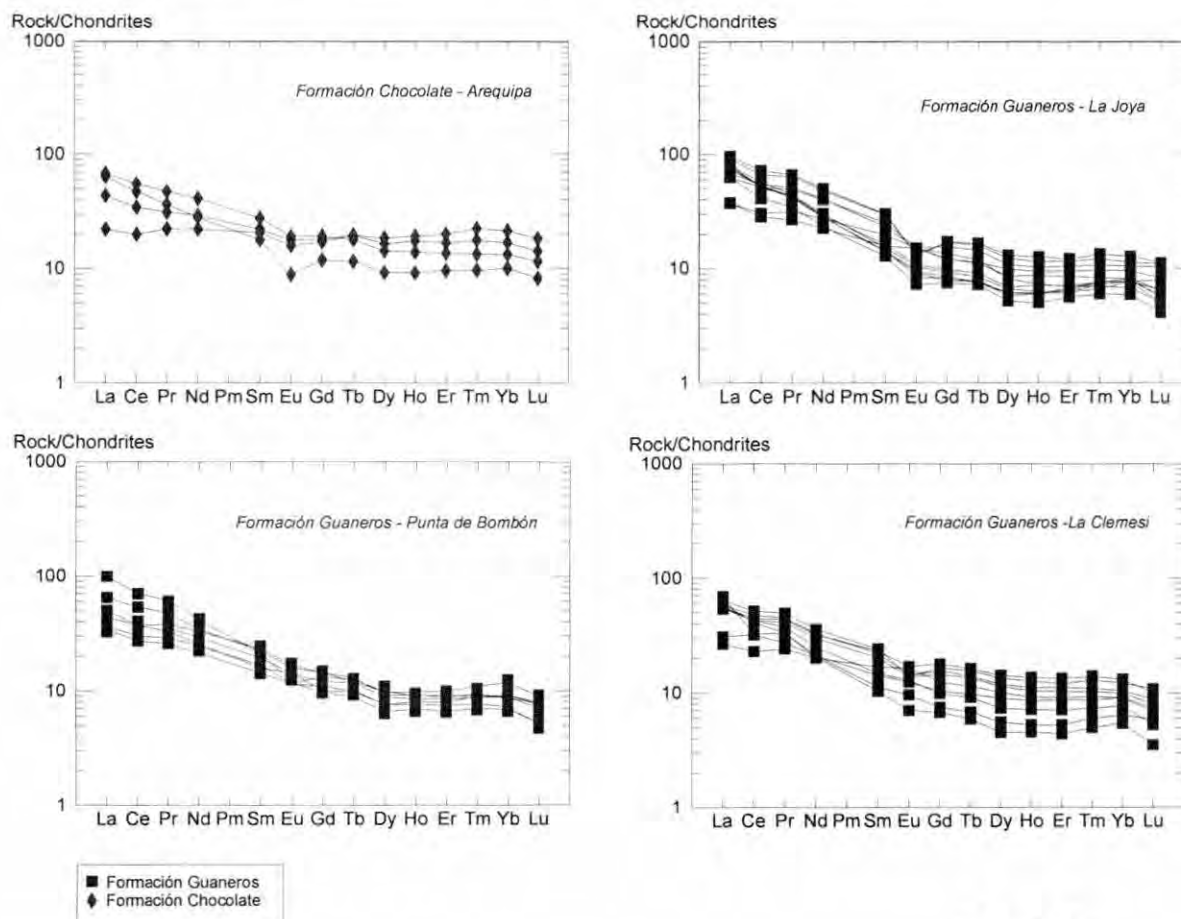


Fig. I-15

Para las muestras del batolito de Punta Coles, Ilo y los cuerpos subvolcánicos muestran las siguientes características: en Punta de Bombón los batolitos de Punta Coles e Ilo tienen características similares, buena correlación, paralelismo y de baja pendiente $(La/Yb)_N$ entre 3-6 sugieren una cristalización fraccionada continua. Los cuerpos subvolcánicos que intruyen a la Formación Guaneros en varios sectores presentan similares espectros, salvo algunas muestras que parecen estar enriquecidas en LREE (Punta de Bombón). Una comparación con los diques andesíticos muestreados en la Formación Guaneros muestran correlación con las unidades extrusivas, con baja pendiente y paralelismo, esto puede sugerir una cristalización fraccionada del sistema siendo los diques y cuerpos subvolcánicos coetáneos en tiempo y características geoquímicas. Una incipiente anomalía de Eu en todas las muestras de Punta de Bombón indicaría participación de plagioclasa en la fuente. Esta

característica esta ausente en las muestras de La Joya y parte de los cuerpos subvolcánicos y diques asociados. Dado la baja pendiente entre LREE y HREE (en promedio sobre 10 veces), se piensa que la participación de granate en la fuente ha sido mínima, debido posiblemente a que la corteza continental para ese periodo haya sido inferior a 50 Km (ver Fig. IV-16).

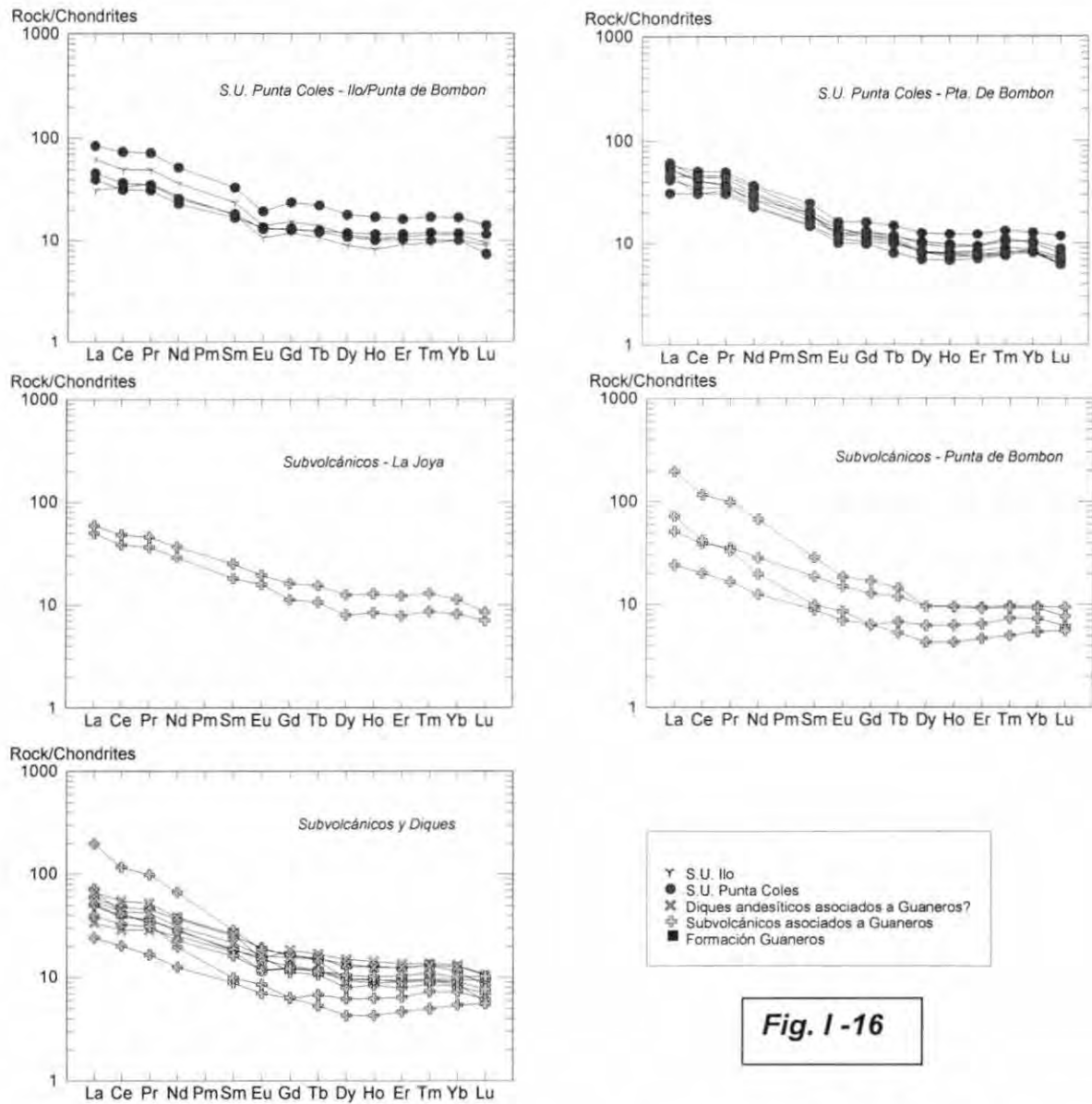


Fig. I -16

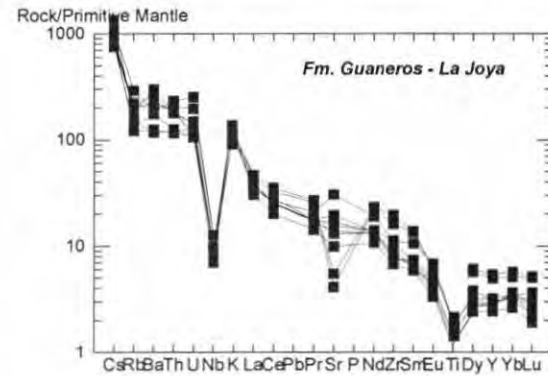
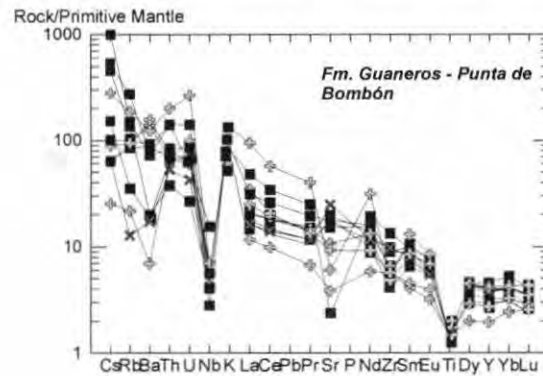
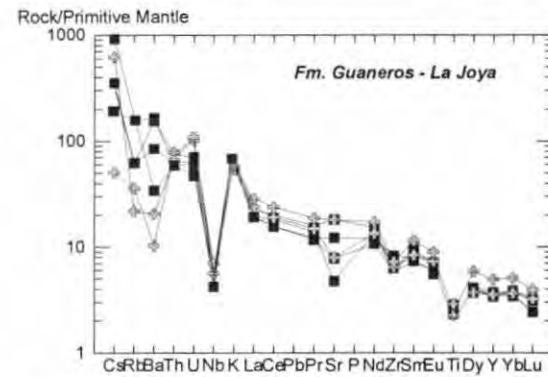
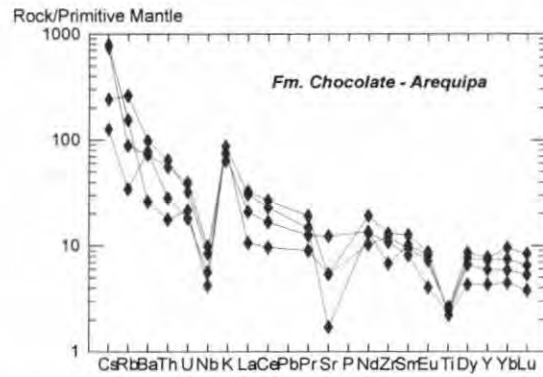
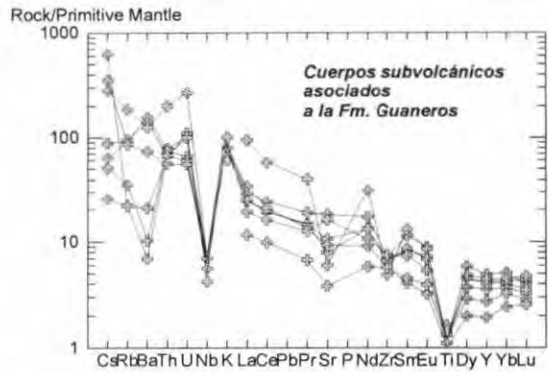
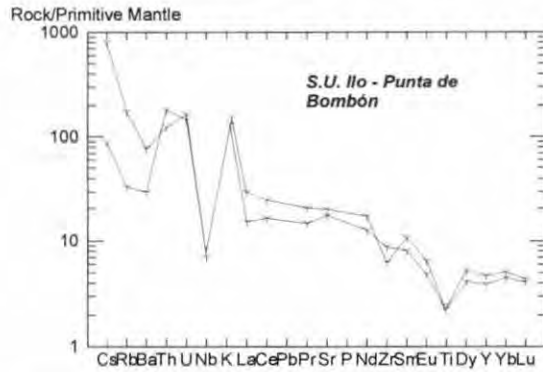
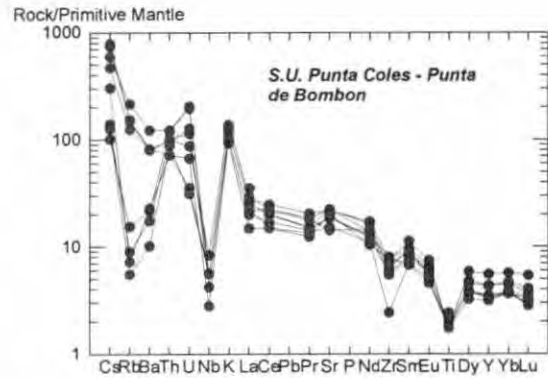
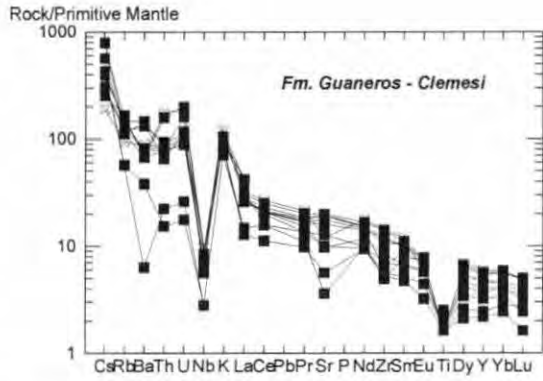
Diagramas REE para los cuerpos intrusivos del batolito de Punta Coles, Ilo y cuerpos subvolcánicos asociados a la Formación Guaneros

7.7 Diagramas Multielemental (LILE / HFSE)

Multielemental: (Spider). Estas fueron normalizadas al manto primitivo. Según las gráficas para todas las unidades analizadas muestran un típico espectro de marco tectónico por subducción (Margen Convergente) con altos contenidos en *K*, *Rb*, *Th* y *Ba* (LILE) y bajos valores en *Nb*, *Zr*, *Ti*, y relativamente *Sr* e *Y* (HFSE) la anomalía negativa de *Nb* y mayor que "1" (Guaneros y cuerpos intrusivos) es muy típica por estos tipos de marcos (WILSON,

M. 1995., WINTER, J. D 2001), para $Nb > 1$ (próximo a 10 veces) se piensa que es evidencia de contaminación cortical, esto se puede observar en las secuencia de Chocolate de Arequipa y Guaneros de La Joya, asimismo en los cuerpos subvolcánicos asociados a Guaneros. Para Nb próximo a "1" puede indicar poca contaminación cortical en los procesos magmáticos, las secuencias extrusivas de la Formación Guaneros y los cuerpos intrusivos de Ilo y Punta Coles, aflorantes entre Punta de Bombón e Ilo propios del mismo arco volcánico se encontrarían menos contaminados que las facies orientales.

Es notorio la concentración LILE en fusión del comportamiento de las fases fluidas, mientras que HFSE son controladas por la química del origen fundido y la relación en los procesos cristal / fusión que han tomado durante la evolución de la rocas. (ver Fig. IV-17)



- ▽ S.U. Ilo
- S.U. Punta Coles
- × Diques andesíticos asociados a Guaneros?
- ✦ Subvolcánicos asociados a Guaneros
- Formación Guaneros
- ◆ Formación Chocolate

Fig. I - 17

7.8 Discriminantes tectonomagmáticos

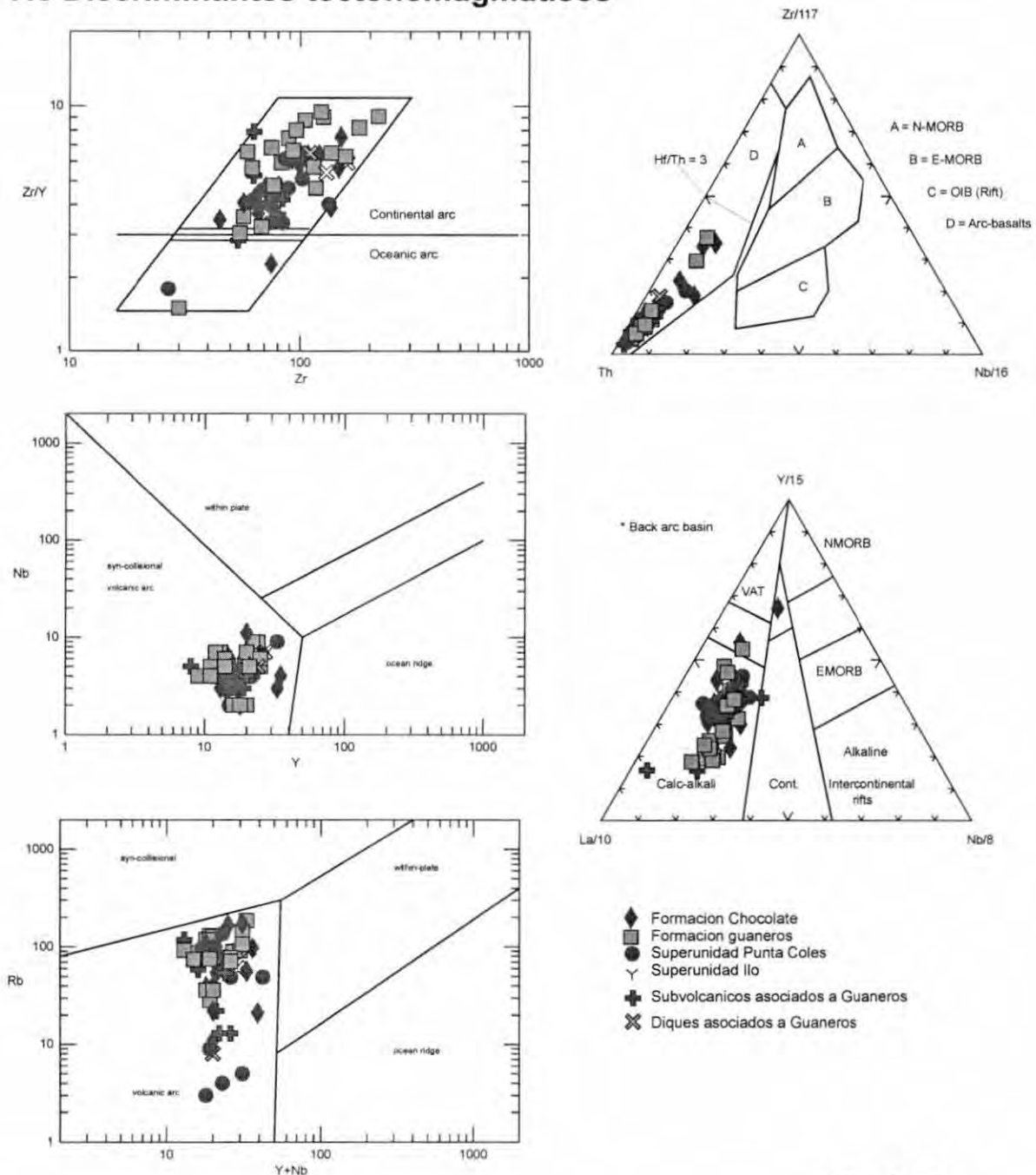


Fig. 1-18

Discriminantes: Zr/Y vs Zr (PEARCE & NORRY, 1979), es usado para separar secuencias efusivas – piroclásticas entre arcos continentales y arcos oceánicos (subdivisión arcos insulares), claramente se observa la alta concentración de la relación Zr/Y así como Zr , sugiriendo la alta afinidad con orígenes en un arco continental: tanto para las unidades Guaneros, Chocolate y sus componentes subvolcanicos. Asimismo los diagramas $Th-Hf-Ta$ (WOOD, 1980) y $La/10-Y/15-Nb/8$ (CABANIS & LECOLLE, 1989), muestran para el primero un discriminante excelente para identificar lavas de arcos volcánicos (basaltos, andesita-basalto, campo “D”), de esto se desprende la diferenciación de toleitas de arcos insulares: $Hf/Th > 3$, y basaltos calcoalcalinos: $Hf/Th < 3$, estos últimos son los que dominan el campo (ver base de datos Campo I 2003). El discriminante $La/10-Y/15-Nb/8$; muestra también un campo calcoalcalino para las muestras de Chocolate y Guaneros, salvo una muestra que

cae en el campo 2B para basaltos de cuenca de tras-arco pero que es poco bien definido. Los batolitos de Punta Coles e Ilo también están relacionados genéticamente a este magmatismo de subducción?. El diagrama Nb vs Y y Rb vs $Y+Nb$ (PEARCE, 1984), muestra para los granitos Punta Coles e Ilo su relación con un magmatismo de arco volcánico (volcanic arc granites: VAG), siendo mayor el poder separador entre "syn collisional vs volcanic arc" en el discriminante $Rb - Y+Nb$. La separación puede deberse a la acumulación de ferromagnesianos y fases menores. Tanto los cuerpos intrusivos como volcánicos tienen un origen común (ver Fig. IV-18)

El discriminante Th/Rb (Fig. IV-19) muestra por lo menos 4 campos de correlación de unidades ígneas, estando las mayores concentraciones de $Rb-Th$ para la Formación Guaneros de la Clemesi, existe dos campos para los intrusivos de Punta Coles; uno al parecer menos diferenciados en Punta de Bombón y otro para la región oriental (Ilo), asimismo los cuerpos subvolcánicos incluidos los diques muestran una afinidad a Punta Coles y Guaneros.

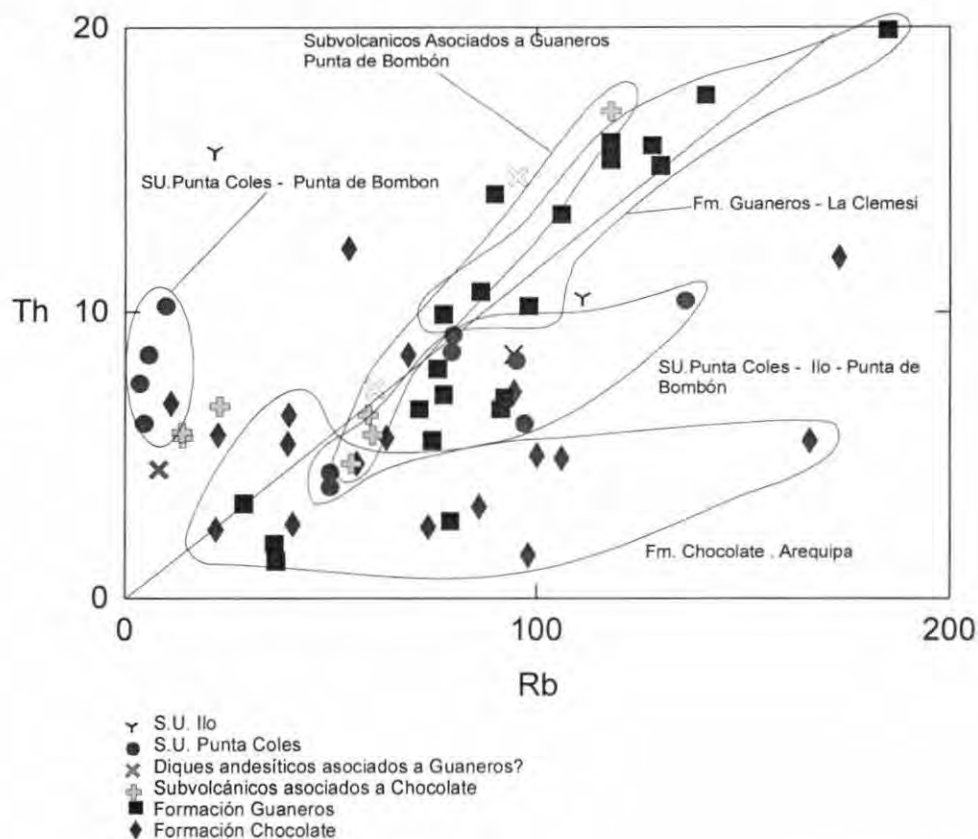


Fig. I-19

7.9 Conclusiones

Las Formaciones Chocolate (Arequipa) y Guaneros (Punta de Bombón, La Joya y Clemesi) según los análisis de espectros y discriminantes analizados e interpretados suponen originados a partir de un sistema de *Margen Convergente*, específicamente Chocolate en una etapa posible de apertura de corteza (rifting) que podría haber heredado del Permo-Carbonífero hasta el Jurásico inferior (Sinemuriano) y un Arco insular para el Jurásico medio a superior: Formación Guaneros. De igual forma los cuerpos intrusivos que se emplazan desde el

Jurásico inferior (190 Ma) hasta el Cretáceo inferior (100 Ma) conservan las mismas características geoquímicas que las efusiones volcánicas. La edad relativa para La Formación Chocolate en Arequipa sería Paleozoica superior? Sobre la base de los estudios actualistas en Tacna (**PINO ET AL (2004), este trabajo**); descansa sobre el CBC (río Chucarna-Sihuas) y se encuentra bajo secuencias de la Formación Socosani de edad Sinemuriana (minas de Chocolate). La Formación Guaneros es típicamente Jurásica media; en Punta de Bombón se data su base en 152 Ma (este trabajo), siendo discordante sobre secuencias de cuarcitas asignadas al Grupo Cabanillas de edad Devoniana. Asimismo varias dataciones efectuadas entre Punta de Bombón e Ilo (**CHANG QUANG ET AL. 2005**) sobre cuerpos subvolcánicos alterados (mineralización) se acercan en afirmar una edad por lo menos Jurásica para los depósitos volcanoclasticos de Guaneros.

7.5 Volcanismo e Intrusivos - Geoquímica

PARTE II – AREQUIPA - MOQUEGUA – TACNA

En esta parte se reviso secciones litoestratigráficas, con el fin de obtener muestras del cuerpos batolíticos y facies de lavas - piroclastos mayormente entre Ilo, Clemesi, Locumba y La Yarada (faja costanera). Se recolectaron 80 muestras para análisis geoquímicos de las unidades: Batolito de Atico - Camana – Mejía, Punta Coles y Guaneros.

Hoja Punta de Bombón

Qda. Cachuyo/Estación Pasco/C° El Bronce

En el trayecto de la quebrada Cachuyo hacia la Estación Cachendo (antigua estación del ferrocarril), Mina Rosa Maria, Estación Pasco y Cerro El Bronce se ha logrado definir y establecer la relación de la Superunidades Punta Coles (granodioritas granitos) intruyendo a eventos intrusivos Ordovicianos (sienogranitos - monzogranitos) y el Complejo Basal de la Costa conformada principalmente de esquistos y gneises. Se ha podido diferenciar hasta dos secuencias bien marcadas de granodioritas con presencia de hornablenda y biotita (secundario) y granodioritas con hornablenda esencialmente (cerro El Bronce). Se redefinió el contacto de los eventos intrusivos y el Complejo basal de la Costa para una adecuada interpretación del sistema estructural. En la quebrada Cachuyo se diferenció los granitos rojos (Ordovicianos ?) correlacionables con los afloramientos del balneario de Mejía. Muestras tomadas Pb/I-01-02, Pb/I-02-03 y Pb/I-03-03a-b

C° Challango/Qda. Salinas/C° Chihuando

En la base del cerro Challango sector de Pampa Aguada se recolecto granitos rojos con biotita de grano grueso similar a los cuerpos del balneario de Atico, hacia el Este en la quebrada Salinas se encuentra afloramientos correspondientes a la Superunidad Ilo conformado por dioritas de grano medio con biotita intruyendo a secuencias del Complejo Basal de la Costa.

En el cerro Buena Vista se observan granitos feldespáticos (granitos rojos) de grano medio correlacionables con los del balneario de Mejía y de la quebrada Cachuyo.

Muestras Pb/I-04-03, Pb/I-05-03, Pb/I-06-03 y Pb/I-07-03

Balneario de Mejía

Afloramientos ubicados en las inmediaciones del balneario de Mejía conformado por granitos rojos (feldespáticos) de grano grueso de color rosado a rojo con presencia de biotita en cristales, presentando una foliación de N35°E y una juntura predominante de N35°O y 32° SO.
Muestras Pb/I -08-03 y PB/I-09-03.

Hoja de Clemesi

En la carretera costanera Mollendo-Ilo se observo la relación de la Formación Chocolate con la Superunidad Ilo conformado por granodioritas con hornablenda de grano grueso a medio que intruyen y alteran a las secuencias volcánicas.
Muestra Cle/I-01-03. En el Cerro Apacheta sector Punta Apacheta.

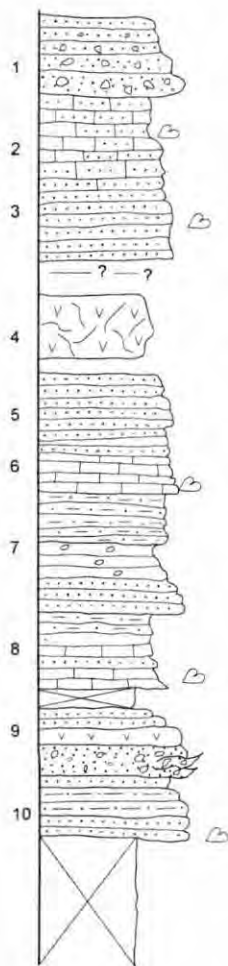
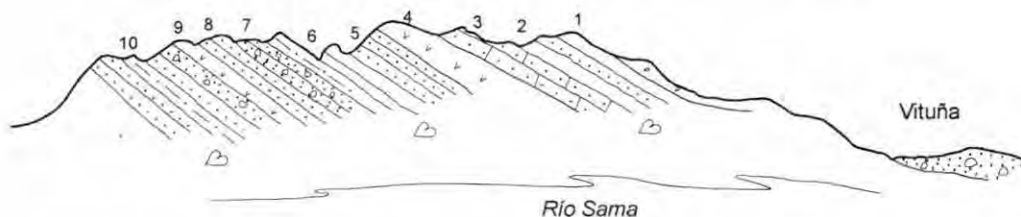
Hoja de La Yarada

Cerros Punta Colorada/Cerros Moreno – Vituña – Boca de Río

Secuencia de volcanitas grises andesíticas, con tonos verdosos porfíricas, en sectores con presencia de piroxenos?. se encuentra intruido aparentemente por la Superunidad Punta Coles el cual altera levemente la secuencia volcánica hacia el NE sector de La Vituña se ha observado algunas secuencias de calizas muy esporádicas. En la sección de La Vituña - Boca del Río se observa secuencias sedimentarias de arenitas gruesas y esporádicamente conglomerados con tonos verdosos en estratos medianos a delgados y en sectores laminares calcáreos con contenidos fosilíferos (Bivalvos) variando de color a un beige claro con un rumbo de N 30°-40°-60° O y 25°-30° NE. Esta secuencia sedimentaria se encuentra intruida por diques y sills (placolitos) de andesitas grises afiricas y porfíricas que alteran en sectores. Hacia el sector del cerro Fuerte de los Españoles se encuentra cubierto el contacto de las formaciones Chocolate y Guaneros.

Muestras tomadas Ly/II-(01, 05, 06, 07a-b, 08, 09, 10, 11a-b-c, 12, 14, 17, 18, 19)-03, y Ly/II-02 y Ly/II-03-03.

VITUÑA BOCA DE RÍO -LA YARADA



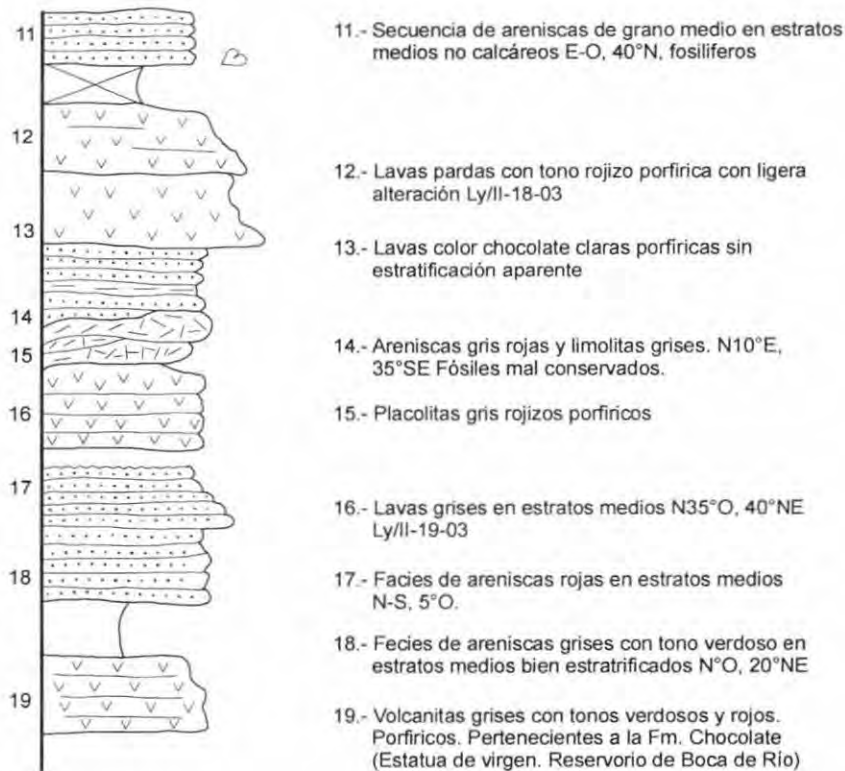
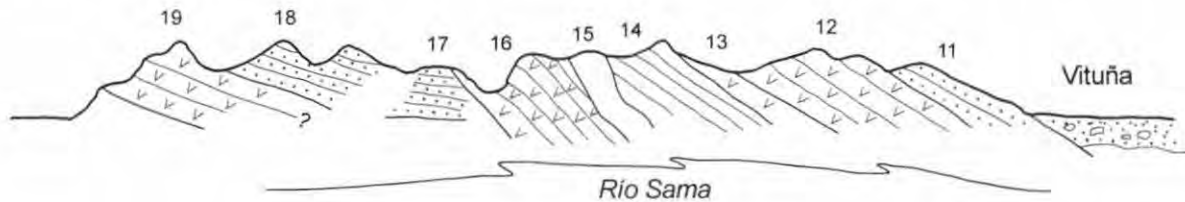
- 1.- Secuencia de arenitas gruesas grises tono verde algunos conglomerados muy esporádicos. Estratos medianos a delgados N25°-30°O, 20°-30°NE.
- 2.- Secuencia de arenitas a limolitas calcáreas color gris con tono rojo laminados N60°O, 25°-30°NE
- 3.- Secuencia areniscas y limolitas calcáreas beige con contacto no diferenciado
- 4.- Volcanitas grises con tono rojo tipo microbrechas o stock work Ly/II-15-03
- 5.- Areniscas grises finas silificadas estratos delgados estratificación perdida, color rojo e imbrección de hematita.
- 6.- Areniscas estrato delgado beige con fósiles (Bivalvos) similares al punto 2 y 3 algo calcáreas N40°O, 25°NE
- 7.- Limolitas con estratificación fina mas fósiles no calcáreas
- 8.- Secuencia areniscas gruesas grises (granos >2mm. < 5mm.) Subangulosos en estratos medianos-gruesos Areniscas grises claras bien estratificadas en estratos medios N50°O, 30°NE.
- 9.- Lavas color marrón porfirico placolito? Ly/II-17-03
- 10.- Conglomerados clasto flotante subredondeado, seguida de areniscas grises gruesas, pelitas limonitas beige y areniscas en la base grises fosilíferas



VITUÑA BOCA DE RÍO - LA YARADA

SO

NE



Cerro Fuerte Los Españoles

Se observa secuencia de lavas andesíticas porfíricas grises con tonos azulados y verdosos pertenecientes a la Formación Chocolate. El contacto de esta y la Formación Guaneros inferior no es muy definida al estar cubierto con material aluvial asumiendo que es una secuencia de conglomerados y brechas por los clastos que se ha encontrado.

Muestras tomadas Ly/II-04-03 AQ.

Cerros La Yarada/Cerro Punta Morena/Cerro Llostay

Se ha diferenciado secuencias volcánicas porfíricas de composición andesítica grises con tonos verdosos a violados pertenecientes a la secuencia superior de la Formación Guaneros son eventos volcánicos con aparente rumbo NO-SE con

buzamientos de bajo ángulo hacia el NE sus afloramientos son macizos que se encuentran formando la cadena de montañas de la Costa. En el cerro Llostay se tiene afloramientos de secuencia de brechas que pertenecen a las secuencias inferiores de la Formación Guaneros sin distinguirse la relación con las volcanitas superiores por encontrarse cubierto por material aluvial. Esta secuencia se halla intuida por pequeños stocks. Correspondientes a la Super Unidad Ilo.
Muestras tomadas Ly/II-23-03, Ly/II-24-03, y Ly/II-25-03

Cerro Los Pabellones/Cerros Miraflores/Cerro Chombo

Desde el cerro Los Pabellones hacia el norte se realizó un muestreo y verificación de las unidades aflorantes encontrándose una secuencia de **riolitas blanquecinas silicificadas con cuarzo flotante que intruye a la secuencia sedimentaria** conformada por arenitas de grano medio y grueso con contenido de fósiles. Además esta secuencia se halla cortada por diques posiblemente andesíticos que se encuentran como placolitos y que sirvieron como alimentadores de las secuencias superiores que están compuestos por secuencias de lavas andesíticas.

Muestras tomadas Ly/II-26-03, Ly/II-27-03 y Ly/II-28-03.

Quebrada de los Burros

Secuencias de volcanitas porfíricas de composición andesítica. De color gris verdosas a gris rojizas, se encuentran intercalados con secuencias de brechas monomíticas en matriz volcánica sus afloramientos son macizos en sectores formando grandes farallones (como en su desembocadura).

Muestras tomadas Lo/II-07-03, Ly/II-20-03, Ly/II-21-03, Ly/II-22-03.

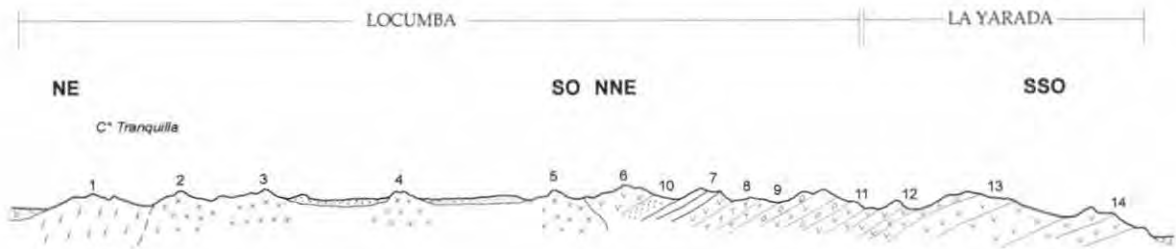
Hoja Locumba

Cerro de la Tranquilla/cerro Pelado/Quebrada de los Burros

Ruta seguida al oeste del poblado de Las Yaras hacia el cerro de la Tranquilla donde aflora granodioritas y dioritas de la Super Unidad Ilo, siguiendo hacia el oeste en el cerro Pelado se observa el contacto con la Formación Chocolate (o Formación Guaneros inferior por la presencia de un sistema de brechas y la presencia de niveles de arenitas con contenido fósil?)siguiendo al oeste se bajó por la quebrada de los Burros hacia la hoja de La Yarada muestreando las secuencias lávicas grises con cristales traslúcidos intercalados con niveles de brechas bien estratificadas N40°O/25°NE variando la coloración de la roca a un tono marrón.

Muestras tomadas Lo/II-01-03 hasta Lo/II-05-03 y Lo/II-07-03, y Lo/II-06-03 posiblemente arenisca por ser fosilífera.

PAMPA PIE DE CANDELA - QDA. LOS BURROS



- 1.- Cerro de la Tranquilla, afloran rocas intrusivas posibles dioritas grano fino gris oscuro holocristalina equigranular Lo/II-01-03
- 2.- Entrada quebrada Callejones : dioritas, tonalitas, con algunos microgranitos , grano fino rosados
- 3.- Dioritas granodioritas grises
- 4.- Granodioritas, dioritas
- 5.- Zona de contacto intrusivo con clastos (Xenolitos) de naturaleza variable próximo al contacto con Fm. Chocolate
- 6.- Lavas gris oscuras mas giclasas porfíricas Lo/II-02-03
- 7.- Brechas tipo labilli estratificados N30°O, 30°NE
- 8.- Lavas gris oscuras en estratos delgados Lo/II-04-03
- 9.- Flujos piroclásticos N30°O, 30°-35°NE. Lo/II05-03
- 10.- Areniscas volcánicas gris verdosas mas fósiles Lo/II-06-03
- 11.- Lavas grises porfíricas con tonos rojos Lo/II-07-03
- 12.- Lavas grises porfíricas mas brechas monomicticas Ly/II-02-03
- 13.- Lavas grises tono verdoso porfíricos con algunos niveles de brechas Ly/II-21-03
- 14.- Lavas grises en estratos groseros porfíricos Ly/II-22-03



Hoja de Clemesi

Playa Pocoma

Se verifico la secuencia de la Formación Chocolate en su base en contacto con el Complejo Basal de la Costa que presenta bloques de areniscas (cuarzosas) N35°O/ verticales pertenecientes presumiblemente al Grupo Cabanillas, se observa de sur a norte (sector de Miraflores hasta la playa de Pocoma), secuencia de un conglomerado basal polimíctico cortado por diques basálticos metaforizados (metagabros). Seguido de secuencia de brechas polimícticas con N70°O/ 70°NE hidrotermalizadas por la presencia de hematita y turmalina intercalada con un nivel de lavas andesíticas.

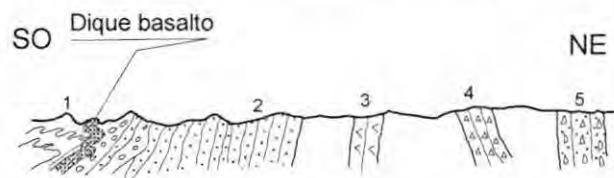
Muestras tomadas Cle/II-01-03, Cle/II-02-03.

PUNTA DE BOMBON (a)



- 2.- S.U. Punta coles gd+bt grano fino a medio y erosión menuda
- 5.- S.U. Punta coles gd+hb grano grueso. Cristales grandes de hornablenda. Euhedrales con erosión maciza
- 7,8.- Granitos rojos de grano medio con abundante ortosa (posible edad Paleozoica)

PLAYA POCOMA - CLEMESI (b)



- | | | |
|---|--|--|
| 5 | | 5.- Secuencia de brechas volcánicas alteradas por fluidos hidrotermales. He+Turmalina |
| 4 | | 4.- Brechas volcánicas grises en estratos gruesos incluyen lavas y bloques de cuarcitas angulosas N70°O, 70°NE |
| 3 | | 3.- Lavas grises N35°O, Cle/II-02-03 |
| 2 | | 2.- Areniscas gris verdosas subverticales (1) |
| 1 | | 1.- Areniscas algo metamórficas, conglomerados clastos de cuarcitas subangulosas.
Dique basáltico metamorfozado. Pertenecientes al complejo basal de la costa (CBC) meta gabros y gneises. Cle/II-01-03 a (Metagabro) |

La Clemesi/Cerro Monton de Trigo/Planta de Southern Perú

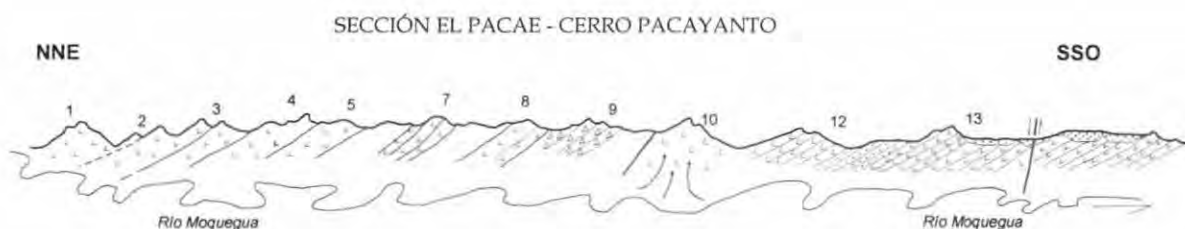
Sección medida desde el cerro Bedel hacia el cerro Montón de Trigo siguiendo la trocha la trocha de la Southern Perú se realizó el reconocimiento de la Formación Chocolate que se encuentra intruida por la Super Unidad Ilo (cerro Montón de Trigo), de granodioritas mas hornablenda. Esta sección se encuentra afectada por un sistema de fallas gravitacionales con rumbos de N45°E/45°NO y N45°O/65°SO. Esta secuencia de volcanitas se encuentra cizallada producto del fallamiento existente y la presencia de cuerpos sobvolcánicos que alteran toda la secuencia.

Muestras tomadas Cle/II-03-03, Cle/II-04-03, Cle/II-05-03.

El Pacae/Cerro Pacayanto

Sección medida a lo largo del río Moquegua desde el sector de El Pacae hasta el sur del cerro Pacayanto (sector de Pampa Pacayanto). De NE a SO se encontraron secuencias de ignimbritas gris claras con tonos verdosos con cuarzo libre, seguido de lavas grises porfíricas similares a la Formación Huaracane del Grupo Toquepala bajando estratigráficamente tenemos lavas grises con plagioclasa (orientadas) y contenido de Py. Zona de falla con una secuencia de brechas monomícticas gris oscuras con tono violado, esta secuencia posiblemente sea la zona de emisión de una secuencia de ignimbritas gris claras rojizas clasificadas como tobas cristalolíticas por la presencia de cristales de plagioclasa, cuarzo y líticos similares al miembro 4 de la Formación Huaracane. Bajando estratigráficamente se puede observar el contacto fallado de la Formación Guaneros y Grupo Toquepala con una dirección NO-SE la cual se denomina Falla Cerro Blanco.

Muestras tomadas Cle/II-06-03, Cle/II-07-03, Cle/II-08-03, secuencia cartografiadas preliminarmente como pertenecientes a una secuencia de transición Toquepala –Guaneros y la **Cle/II-09-03 SD** que pertenece al Grupo Toquepala.



- 1.- Ignimbritas ? Grises (corresponden GT ?) Cle/II-06-03
- 2.- Lavas afaníticas grises
- 3.- Ignimbritas o subvolcanitas porfíricas = Fm. Huaracane
- 4.- Idem
- 5.- Idem Cle/II-07-03
- 7.- Lavas grises con plagioclasas orientadas N40°O, 40°NE
- 8.- Lavas grises con tonos verdosos plagioclasas mas pinta
- 9.- Brechas monomícticas gris oscuras, con tono violado
- 10.- Zona (posible) emisión de "Ignimbritas" rosas (perteneciente al gpo. Toquepala) Cle/II-09-03
- 12.- Ignimbritas gris rosas mas líticos muy similares a las facies N°4 de la Fm. Huaracane (Gpo. Toquepala)
- 13.- En esta zona se observa la falla entre las formaciones guaneros y grupo Toquepala la cual se llamara "Falla cerro Blanco" de dirección NO-SE.



Quebrada Guaneros sector noreste

La sección medida en este sector tiene como objetivo definir el contacto entre la Formación Guaneros y el Grupo Toquepala bajando estratigráficamente con dirección SO desde el sector de la intersección con la quebrada Porongo se ha diferenciado secuencias de tobas lapilli con textura de fiamme (pómez aplastada), con rumbos de N80°O/35°SO variando a secuencias de toba lapilli con textura reomórfica (eutaxítica extrema) con colores mas claros y tonos rosados, intruidos por una secuencia de vitrófiro gris oscuro con presencia de cristales de plagioclasa y cuarzo matriz de vidrio como placolito. Secuencia de ignimbritas rosadas con cuarzo, plagioclasa y biotita. Zona de transición por la presencia de un domo tipo lacolito como zona de emisión con lavas grises con textura reomórfica y presencia de esferulitas de cuarzo continuando al SO se observan secuencia de lavas grises con cristales

de plagioclasa flotantes y esporádicamente cuarzo considerando a esta secuencia como zona de transición Toquepala-Guaneros.

Muestras tomadas Cle/II-10-03, Cle/II-11-03, Cle/II-12, pertenecientes al grupo Toquepala y Cle/II-13-03, Cle/II-14-03 y Cle/II-15-03 pertenecientes a la zona de transición.

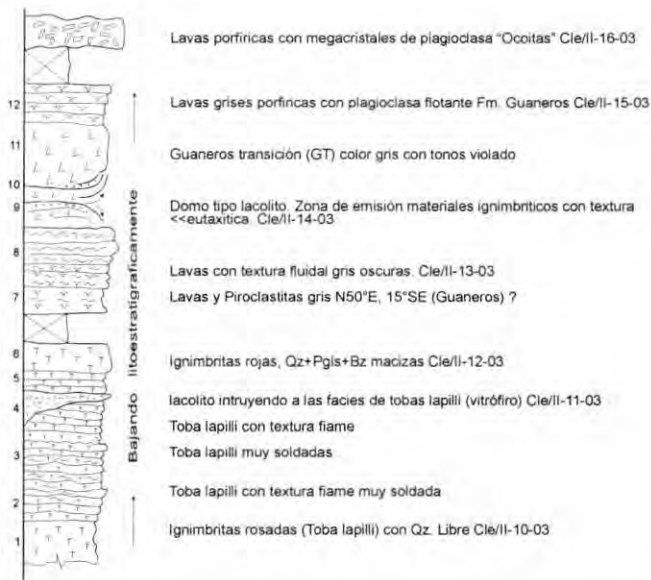
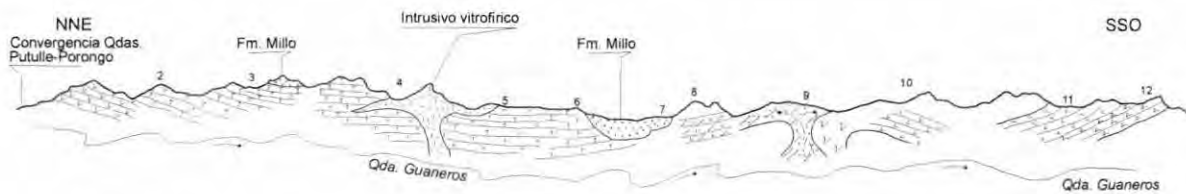
Quebrada Guaneros sector de Cerro La Laja se ha encontrado secuencias de lavas porfíricas con megacristales de plagioclasa.

Muestra tomada Cle/II-16-03

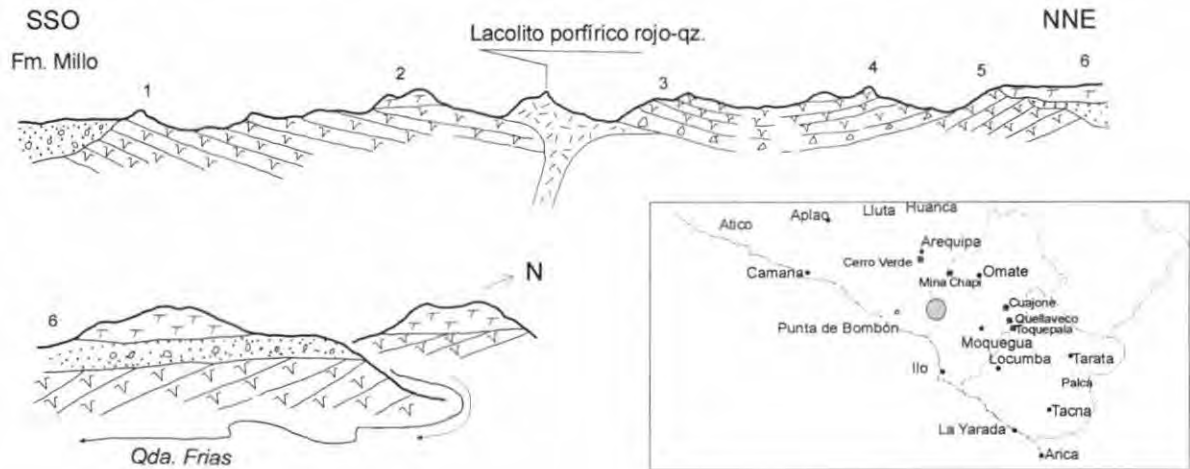
Quebrada Chojas al este de cerros Portillo se tomo una muestra de la secuencia de lavas grises rojizas (Chocolate) porfíricas con plagioclasa y máficos.

Muestra tomada Cle/II-17-03.

SECCIÓN GUANEROS (Pampa) - INTERSECCIÓN Qdas. PUTULLE-PORONGO
CLEMESI



SECCIÓN QDA. HONDA-QDA. FRIAS- C° CUPINE CLEMESI



- 1.- Afloramientos de lavas grises porfíricas mas plagioclasas N65°O, 30°NE, cle/II-18-03
- 2.- Dique afloramiento lavas grises porfíricas, sobreyacen tobas poco soldadas y niveles de conglomerados polimícticos y subangulosos (Fm. Millo)
- 3.- Lavas afaníticas grises mas plagioclasa euhedral N30°O, 5°-10°NE
- 4.- Lavas, brechas, tobas grises verdosas polimícticas subangulares N60°O, 15°SO otro N45°O, 20°SO - N20°O, 20°SO.
- 5.- Lavas grises afaníticas de plagioclasas Euhedral cle/II-19-03
- 6.- Tobas sobreyacen conformes a la Fm. Millo



Quebrada Frias/Quebrada Honda

En la intersección de las quebradas Honda y Frías se empezó un muestreo y reconocimientos de las secuencias volcánicas grises porfíricas con plagioclasa estratificadas

N40°O/30°NE siguiendo por la quebrada Frías aguas arriba se reconoció secuencias de la Formación Guaneros conformada por una intercalación de lavas grises con tonos verdosos de composición andesítica con flujos de tobas lapilli y tobas brecha (esporádicos) polimícticos sub-angulares con rumbos N60°O/15°SO, N45°O/20°SO y N20°O/20°SO, se encuentra intruido por un lacolito porfírico beige rojizo con cristales de cuarzo. Hacia el este se encuentra el contacto de la Formación Guaneros con el Grupo Toquepala (Formación Huaracane) en discordancia angular, con tobas de cristales con líticos.

Al oeste por la quebrada Honda desde la intersección con la quebrada Frías se tienen secuencias de lavas y flujos de tobas lapilli y brechas en estratos medios N70°-80°O/45°-40°NE que se hallan en clara discordancia angular con la Formación Millo y también se observa disconforme tobas blancas pertenecientes posiblemente a la unidad Añas Huayco (Arequipa). Hacia el oeste se encuentra que la Formación Guaneros se halla intruida por granodioritas posiblemente pertenecientes a la Superunidad Linga?

Muestras tomadas Cle/II-18-03, Cle/II-19-03 y Cle/II-21-03 (Fm. Guaneros) Cle/II-20-03 (Gpo. Toquepala), Cle/II-22-03 S (S.U. Linga).

Cerro Alto El Madero

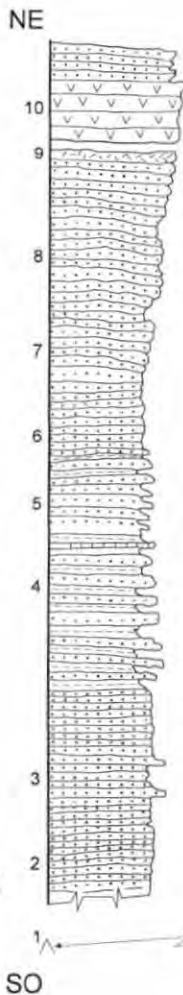
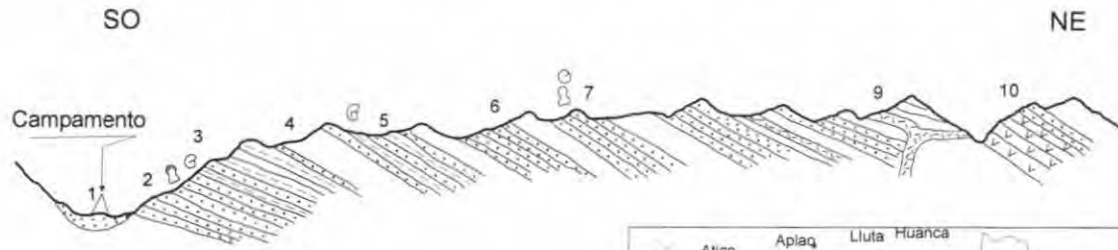
Secuencia conformada por una intercalación de niveles de arenitas gruesas grises bien estratificadas con disyunción en astillas con presencia de fósiles (Bivalvos) (Cle/II-24-03), con secuencias rítmicas de arenitas y pelitas grises con tonos rojos en estratos delgados y algunas laminas presencia de restos de Ammonites (Cle/II-25-03) , niveles de arenitas grises bituminosas con presencia de fósiles (Cle/II-26-03). Subiendo estratigráficamente en se puede observar presencia de placolitos gris oscuros porfídicos de composición andesítica.

Muestra tomada Cle/II-27-03

Cerro Pan de Azúcar

Se realizo un muestreo de las secuencias de limolitas y arenitas de la Formación Moquegua superior en busca de algún resto fósil encontrándose resto de un vertebrado con código Cle/II-28-03 el cual se envió al laboratorio de Paleontología para su determinación.

SECCIÓN ALTO EL MADERO - CLEMESI



- 10 Areniscas grises con tono rojo algo calcáreo
Lavas grises oscuras con Pgl's más Hb ó Px Cle/II-27-03
- 9 Placolitas grises de grano fino
- 8 areniscas grises N75°O, 50°-40°NE en estratos delgados intruido por placolitos
- 7 Areniscas grises bituminosas N50°O, 25°NE
Areniscas grises algo bituminosas más fósiles
Areniscas grises con tono rojo algo calcáreas
- 6 Areniscas grises, con meteorización esferoidal presencia de restos de ammonites mal conservados N50°E, 20-25°NO
- 5 Secuencia rítmica de areniscas y pelitas grises con tono rojo en estratos delgados y algunas laminadas, ammonites variados Cle/II-25-03
- 4 Intercalación de lutitas y areniscas grises. Los niveles pelíticos conservados ammonites
- 3 Areniscas finas grises más ammonites bien conservados Cle/II-24-03
- 2 Areniscas medias-finas en estratos <20cm. Más laminas de areniscas moldes de bivalvos y ammonites
- 1 Areniscas grises bien estratificadas disyunción en astillas fósiles de bivaldos mal conservados N70°O, 15°NE

7.6 Elementos mayores

Análisis de óxidos mayores ploteados en el diagrama TAS, muestran para la Formación Guaneros composiciones desde Basaltos hasta dacitas con SiO_2 entre 49 a 65%, asimismo muchas muestras son traquibasaltos a traquidacitas siendo las mayores concentraciones los basaltos a andesita-basalto. La unidad de transición (GT) son mayormente Ignimbritas, muestra composiciones mas diferenciadas: entre 60 y 75% de SiO_2 esto corresponde a los niveles terminales de esta unidad y afloran mayormente a lo largo de las Qdas, Guaneros y Honda (Clemesi). Los diagramas de variación Harker muestran correlaciones positivas en K_2O vs SiO_2 siendo los mas diferenciados los cuerpos batolíticos de Atico Camana (BAC) y la unidad de transición GT, mientras que las correlaciones negativas: $\text{MgO-Al}_2\text{O}_3\text{-CaO}$ y Fe_2O_3 vs SiO_2 presentan disminución de las concentraciones maficas e incremento de álcalis, nótese la fuerte diferenciación del BAC en Fe_2O_3 frente a la Superunidad Punta Coles y Guaneros.

El diagrama AFM, muestra un campo tipicamente calcoalcalino para los cuerpos intrusivos y volcánicos, este ultimo tiene una tendencia a diferenciaciones mas rioliticas en las sectores de Clemesi que las composiciones andesita-basalto de La Yarada y Punta Coles. La superunidad Ilo, al parecer tiene una tendencia a ser menos diferenciado que Punta Coles (Fe_2O_3 vs SiO_2) en algunos sectores de Locumba y Clemesi, y es mas cogenético a las composiciones químicas de andesitas a basaltos de la Formación Guaneros para el mismo sector.

En resumen se comprueba cuantitativamente la diferenciación de la Formación Guaneros en dos campos: andesito-basalto propios del arco (facies basales) y piroclastitas dacito-rioliticas (facies terminales) hacia el oriente, hay que tener en cuenta que la diferencia de edad entre ellas, es de aproximadamente 60-70 Ma (bioestratigrafía/datación radiométrica).

7.7 Elementos tierras raras (REE)

Los análisis de elementos traza fueron normalizadas la condrita de **Nakamura (1974)** y muestran las siguientes características:

La Formación Guaneros aflorante en la Clemesi muestra una buena correlación de las muestras obtenidas, con baja pendiente y paralelismo. La relación $(\text{La}/\text{Yb})_N$ esta entre: 1-5 para la Yarada y 5-6 para Clemesi, esto demuestra una evolucion continua de la construcción del arco Guaneros y un relativo engrosamiento cortical de corteza. La anomalía de Eu, es muy tenue para las dos zonas esto sugiere una cristalización sistemática pero disminuida de plagioclasas en la fuente de generación. Las relaciones de Eu/Eu^* para la Yarada es: 1-0.2 y 0.7-1.2 para Clemesi, esto se interpreta como una fraccionación fuerte de plagioclasas que se traduce en un magmatismo relativamente anhidro para la génesis de estos materiales.

La unidad de transición (GT) que representa las facies terminales de la Formación Guaneros, muestra un cambio mas evolucionado con mayor pendiente y buena correlación entre las muestras. La relación $(\text{La}/\text{Yb})_N$ es de: 5-14 y Eu/Eu^* entre: 0.4 – 0.8, interpretándose como una evolución de engrosamiento cortical en un sistema de composiciones anhidras.

Por ultimo muestras del BAC de edad posiblemente ordoviciana y que han sido obtenidas en Atico, Camana y Mejia, muestra un fuerte fracionamiento de las LREE

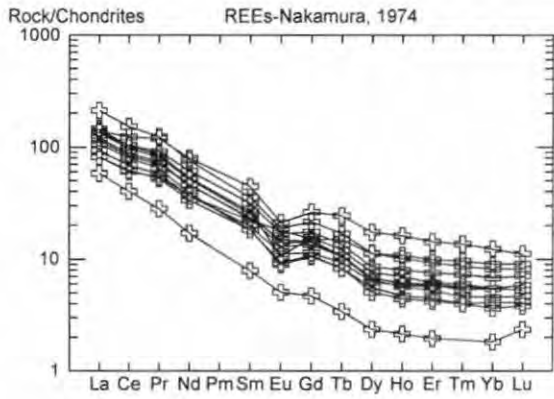
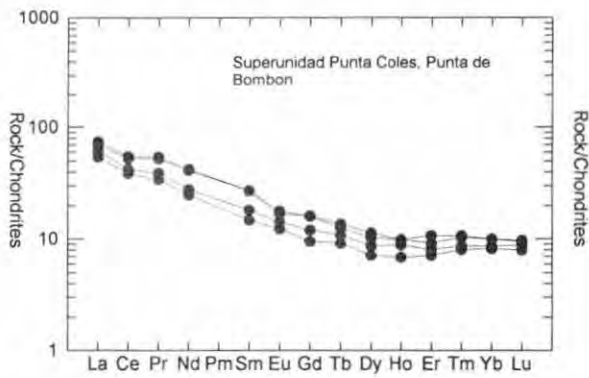
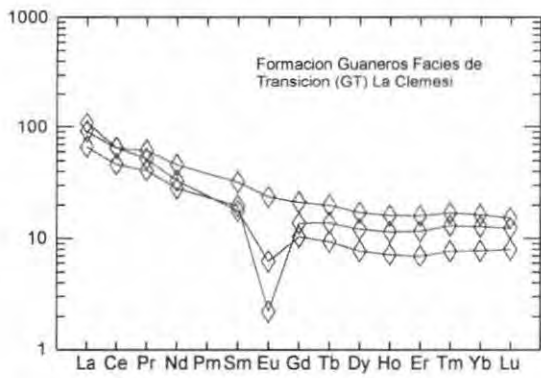
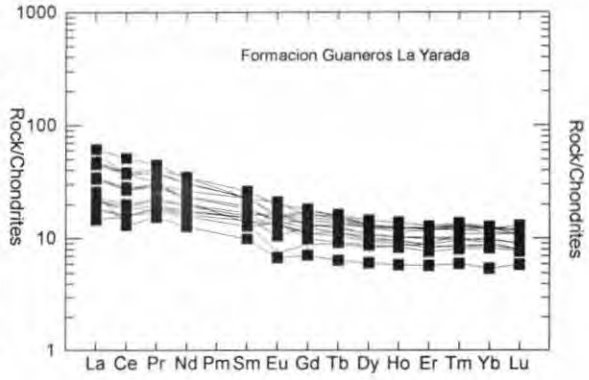
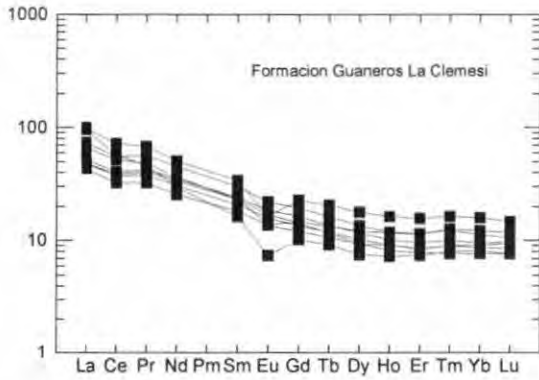
vs HREE, con fuerte pendiente (La/Yb)_N: 14-48, esto sugiere una fuerte contaminación cortical?, y una signatura propia de corteza. Todas la muestras tienen paralelismo interpretando un cogenetismo optimo, la anomalía de Eu negativa, esta bien marcada para los sectores de Camana y Mejia, suponiendo una fraccionación de palyoclasas, una muestra de Atico no muestra claramente esta característica. Por ultimo la superunidad Punta Coles, tiene característica similares a la Formación Guaneros, buena correlcion entre las muestras y paralelismo, sugiere un origen similar y baja - media pendiente (La/Yb)_N: 4-7 y Eu/Eu*: 0.8 y 1, las condiciones fueron anhidras en una corteza delgada, las composiciones geoquímicas son similares a sus eventos volcánicos (Guaneros).

7.8 Diagramas Multielemental (LILE / HFSE)

Multielemental: (Spider). Estas fueron normalizadas al manto primitivo. Las gráficas para todas las unidades jurasicas muestran un espectro de marco tectónico por subducción (Margen Convergente) con altos contenidos en Rb, K, Th y Ba (LILE) y bajos valores en Nb, Zr, Ti, y HFSE. La anomalía negativa de Nb que es mayor que "1" presente en la Formación Guaneros, GT, Punta Coles y BAC es típica por estos tipos de marcos (WILSON, M. 1995., WINTER, J. D 2001). Nb>1: para Guaneros de la Yarada esta mas empobrecido que las facies superiores en Clemesi, igualmente GT muestra igual diferenciación por posible contaminación cortical. La superunidad Punta Coles muestra similares características: anomalía negativa de Nb por contaminación cortical y altas concentraciones de LILE. El BAC muestra una particularidad: presenta anomalía positiva de Pb, para esto puede haber varias posibilidades: contaminación cortical, metamorfismo, o alteración hidrotermal, lo mas probable es que sea por contaminación, ya que el metamorfismo es incipiente en la muestra salvo algunos meta-monzogranitos donde pueden combinarse los dos procesos. Igualmente las anomalías negativas de Nb y Ti demuestran una afinidad con la corteza. Los enriquecimientos en Th y U (10x -100x) son tipicos de magmas originados en la corteza continental superior, esto sugiere que el BAC fue creado a travez de fusiones parciales de corteza y por consiguiente muestra un fuerte fracionamiento de LREE/HREE.

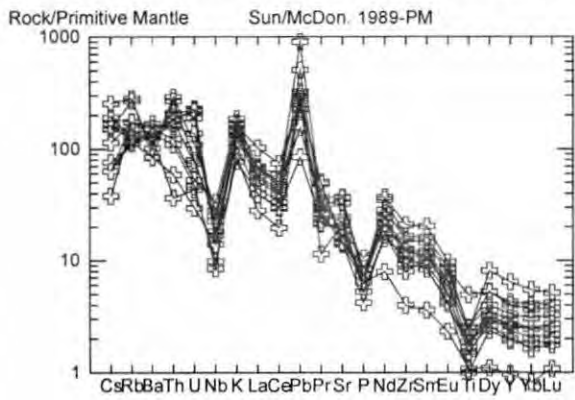
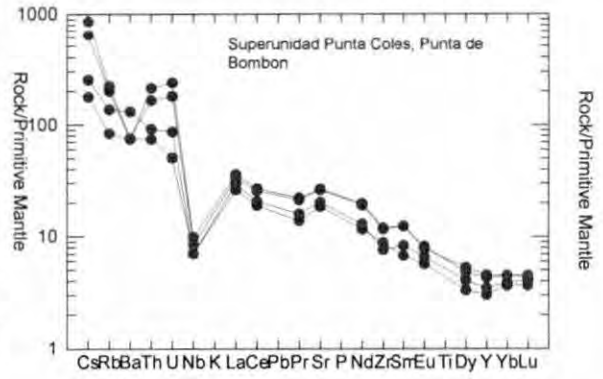
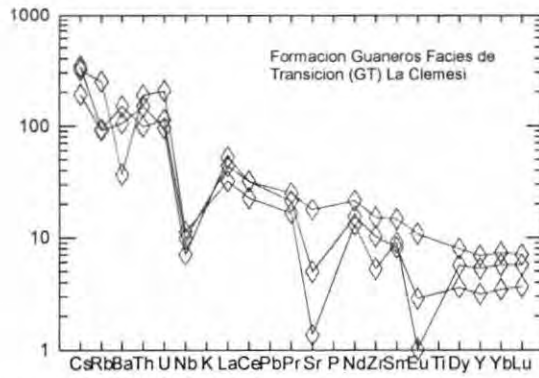
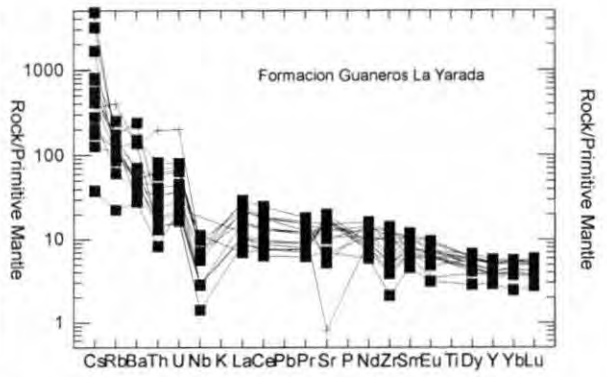
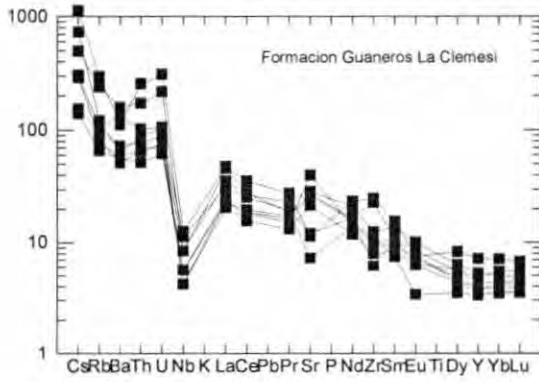
Discriminantes: Zr/Y vs Zr (PEARCE & NORRY, 1979), es usado para separar secuencias efusivas – piroclásticas entre arcos continentales y arcos oceánicos (subdivisión arcos insulares), se observa que las muestras de la Fm. Guaneros caen en el campo de arco continental (alta concentración de la relación Zr/Y y Zr) salvo algunas muestras de la Yarada con una componente oceánica. De igual manera GT muestra las mismas características aunque mas diferenciado. El diagrama Th-Hf-Nb (WOOD, 1980) y La/10-Y/15-Nb/8 (CABANIS & LECOLLE, 1989), muestran para las unidades Jurasicas un componente de arco volcánico y calcoalcalino respectivamente, este ultimo muestra una transición hacia toleitas? y algunas a MORB?, esto podría ser unos valores aleatorios. Como se menciona en el capitulo I este discriminante es un excelente separador para identificar lavas de arcos volcánicos (basaltos, andesita-basalto, campo "D"), teniendo basaltos calcoalcalinos: Hf/Th < 3, que son los campos dominados(ver base de datos Campo II 2003). El BAC muestra para el diagrama Th-Zr-Nb (PEARCE, 1984), su relación con un magmatismo de arco volcánico y la relacion Zr/Y vs Zr muestra una componente continental muy diferenciada y altas concentraciones de Zr. Estos discriminantes para BAC muestran una vez mas que posiblemente estos granitos se originaron en un ambiente de subducción y por fusión de corteza superior? (ver Fig. IV-18)

Diagramas REE para las Unidades: Guaneros, GT, Batolito Punta Coles y Atico Camaná



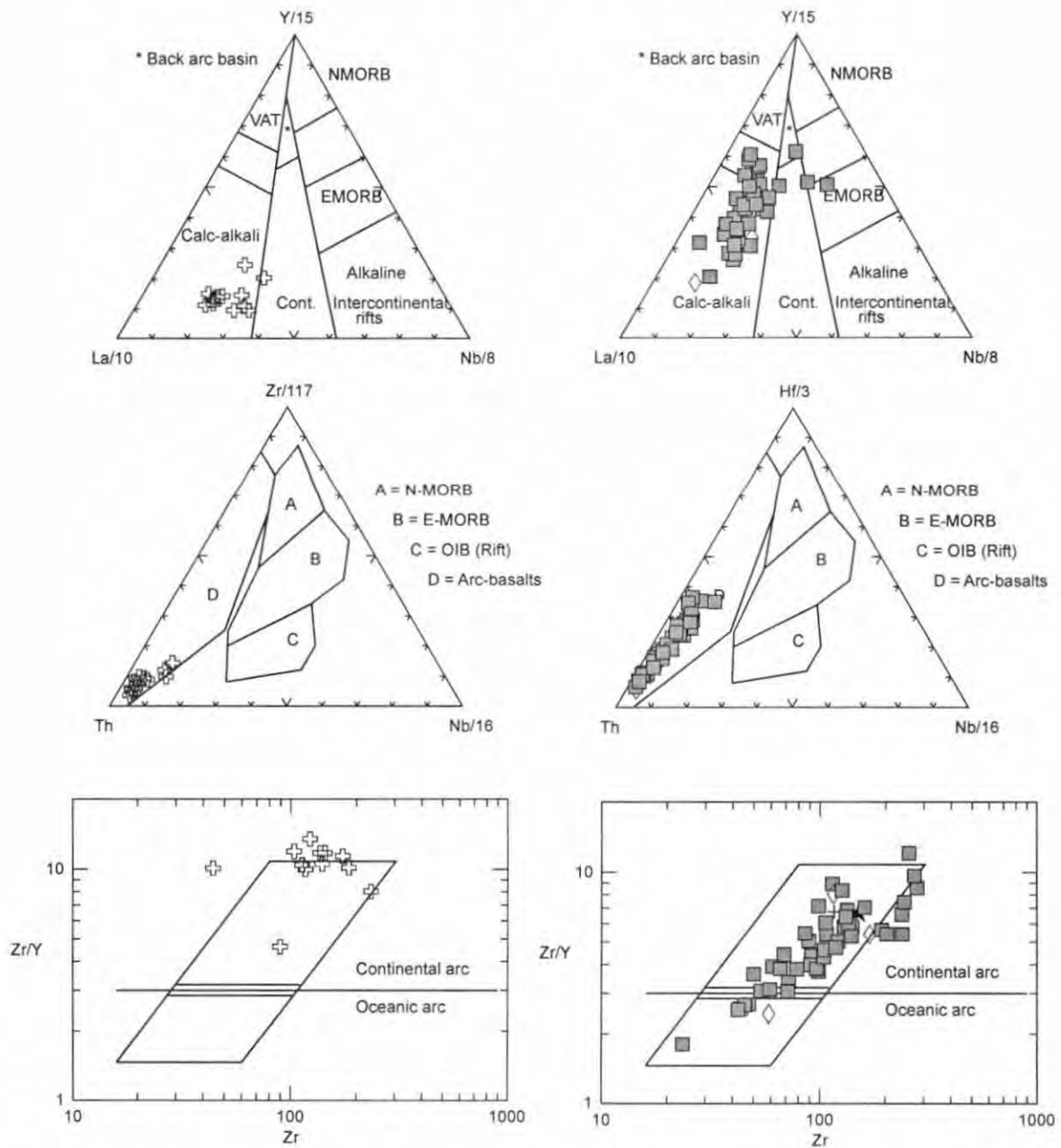
- Formación Guaneros
- ◇ Formación Guaneros transicional (GT)
- Superunidad Punta Coles
- + Batolito de Atico - Camaná - Mejía (BAC)

Diagramas Multielemental para las Unidades: Guaneros, GT, Batolito Punta Coles y Atico Camaná

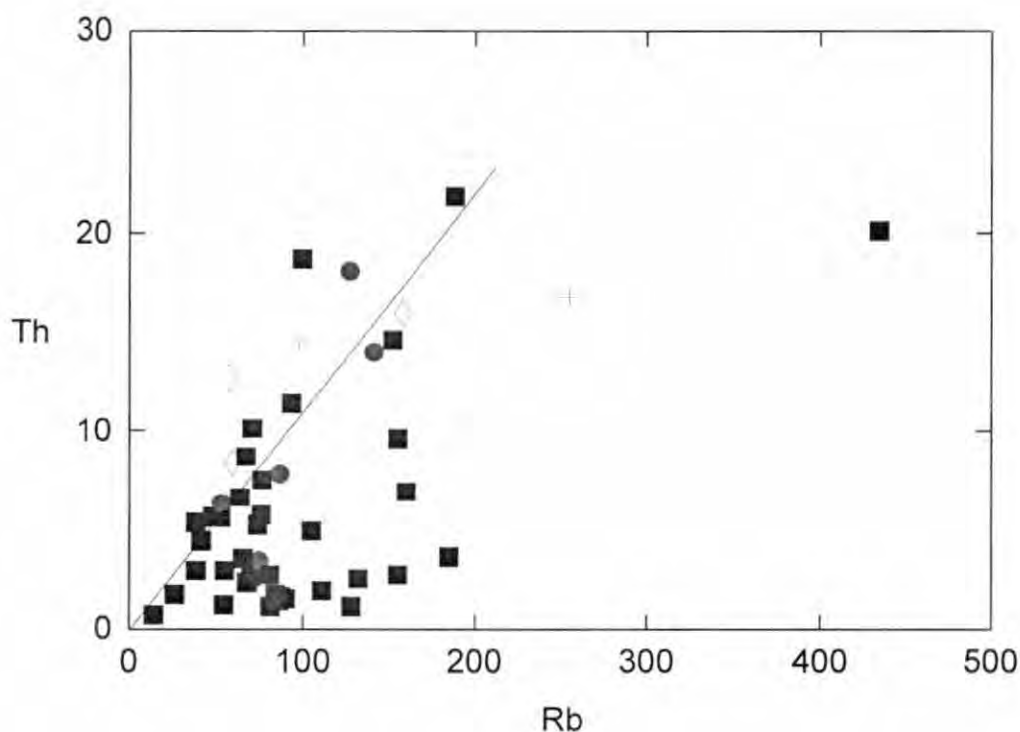


- Formación Guaneros
- ◇ Formación Guaneros transicional (GT)
- Superunidad Punta Coles
- ⊕ Batolito de Atico - Camaná - Mejía (BAC)

Diagramas discriminantes para las Unidades: Guaneros, GT, y Atico Camaná



El discriminante Th/Rb (Fig. IV-19) muestra por lo menos campos de correlación para las unidades Punta Coles y Guaneros, con menores concentraciones $Rb-Th$ para los sectores de la Yarada y alta concentración en Clemesi (Ignimbritas). Los cuerpos subvolcánicos que incluyen diques muestran alta concentración de $Th+Rb$, en correlación con los análisis químicos y las REE, que muestran una mayor diferenciación evolutiva, es comparable con las facies GT.



- + Subvolcánico asociado a Toquepala
- ⋈ S.U. Ilo
- S.U. Punta Coles
- Formación Guaneros
- ◇ Formación Guaneros de transición (GT)

Conclusiones

Las unidades volcánicas e intrusivas en los sectores de Punta de Bombón, Locumba y La Yarada, muestran componentes de REE y LILE/HFSE poco diferenciados, creados en un ambiente de arco insular, anhidro y de grosor cortical relativamente delgado (puede ser menor a 40 km) basándose en las relaciones LREE/HREE (1-6). Los diagramas de REE muestran buena correlación entre los muestreos efectuados, siendo más afines al manto para el mismo arco volcánico (occidente) que sus facies orientales (unidad de transición GT), por otro lado se comprueba la evolución geoquímica continua desde las secuencias inferiores (faja costanera) de edad bathoniano-calloviano hasta las superiores de edad Cretaceo superior (depresiones antes de la precordillera). El batolito de Punta Coles, muestra afinidad similar con las facies volcánicas descritas, los diagramas REE y Multielemental muestran afinidades de margen convergente y de magmatismo poco evolucionado sugiriendo poca o nada de contaminación cortical. El BAC, muestra componentes continentales, fuerte fraccionamiento y alta pendiente de REE (14-48), buena correlación y espectros multielementales propios de un origen en la corteza continental, posiblemente en la superior?. Asimismo los discriminantes tectonomagmáticos muestran un origen en un marco de subducción.

7.6 Volcanismo e Intrusivos - Geoquímica

PARTE III – TACNA

La tercera parte se trabajo mayormente en Pachia y Palca perteneciente a la precordillera. Las secuencias estudiadas pertenecen a las unidades Chocolate, Matalaque y batolitos de Yarabamba y Challaviento, asimismo se muestreo cuerpos graníticos de posible edad Triasica superior aflorantes en Mal Paso (Pachia). Los estudios están basados en análisis sobre columnas litoestratigráficas y perfiles siendo importante para saber los niveles de referencia espacial y de tiempo de cada muestra. Se recolectaron 63 muestras de las cuales 59 fueron para análisis geoquímicos de las unidades: Chocolate, Matalaque y Yarabamba

Hoja de Tarata/Pachia

Chapiñe/Qda Honda/Tala

A lo largo del curso superior del río Sama entre las localidades de Tarata hacia Tala y Pistala se trato de diferenciar las secuencias "Tacaza y Matalaque" en base a sus relaciones petrográficas, estratigráficas y estructurales. Se tenia una datación incongruente de 24.6 Ma sobre la Formación Matalaque lo cual es mas probable que pertenezcan a las facies "Tacaza".

Cerros Mamani (Grupo Tacaza?)

Secuencias de Lavas grises en estratos gruesos (> 50 cm), con diaclasamiento vertical y macizas cartografiadas como Fm. Matalaque tiene una edad de 24.6 Ma? (año 2000), es probable que sea equivalente a secuencias de la Fm. Tacaza. La roca no presenta una fuerte alteración y al parecer el diaclasamiento es producto del sistema de fallas Incapuquio/Challaviento/Palca

Cerros Alto de Pistala (Grupo Tacaza?)

Facies de tobas-lapilli grises con clastos de líticos y epidotización afloran en este sector, los clastos son subredondeados y mayormente afaníticos. Las secuencias basales presentan tobas grises medianamente estratificadas con direccion: N35°O/35°NE, esta secuencia se encuentra bajo la facies de lavas aflorantes en los cerros Mamani

Muestras tomadas: Ta/III-01-03AQ (de las facies de Lavas - Cerros Mamani)

Tarata/Palquilla

El contacto entre las facies "Matalaque y Yura" se recartografio; el cerro Vilacoto fue cartografiado como "Formación Matalaque" por **MONGE Y CERVANTES (2000)** conforme sobre secuencias de areniscas asignadas a la "Formación Labra" de acuerdo a las ultimas observaciones hechas en campo en base a relaciones petrográficas, geoquímicas, estructurales y estratigráficas; esta unidad Matalaque seria la "Formación Chocolate" que se encontraría fallada en forma transcurrente sinistral e inversa sobre las facies siliciclásticas del Grupo Yura. En la traza de falla se puede observar materiales de cizallamiento y alteraciones amarillentas producto del sistema "Incapuquio"

En el cruce hacia Palquilla se observan secuencias algo estratificadas, onduladas, son lavas porfíricas grises con presencia de pequeñas esferas (<1 cm de diámetro) y remplazamientos de calcita a manera de parches sobre la roca, se intercalan sedimentos finos grises oscuros de pocos grosor (<20 cm), entre las secuencias volcánicas, esto puede indicar posiblemente un ambiente depositacional bajo aguas marinas, después de cada evento magmático (pillow lavas?) se expuso a una calma donde se depositaron sedimentos marinos para luego ser sepultados por una nueva colada "basáltica".

Muestras tomada: Pa/III-01-03 AQ

Antena Telefónica/Mal Paso

Desde la antena repetidora se encamino con dirección Oeste encontrándose la sucesión:

Formación Chocolate

1.-facies de lavas grises color marrón, porfíricas, alteradas, se presenta parches de calcita por toda la roca y con aparente estratificación hacia el SO, estas facies son similares a las descritas en el cerro Vilacoto

Paraconformidad

Grupo Cabanillas?

Facies de areniscas grises tono verde intercalado con limolitas gris oscuras, bien estratificadas: N65°O/25°NE, se preservaron fósiles de bivalvos (posiblemente parte del Devoniano / Cabanillas)

Muestras tomadas: Pa/III-02-03 P

Falla inversa

Formación Chocolate

Lavas de color violado a marrones similares al punto anterior, se encuentran paraconformes al Devoniano dividiéndolo unos conglomerados de clastos pequeños y flotantes grises.

Grupo Ambo

Facies de calizas en estratos gruesos beige, fétidas a la rotura, fosilífera, algunas estructuras replegadas

Facies de limolitas-limoarcillitas grises oscuras, se disgregan en astillas, pobre reacción al HCL, buena estratificación, algunos nódulos: N15°E/35°SE

Conglomerados con clastos redondeados y flotantes menores a 2 cm, en matriz gruesa, se intercalan limolitas grises con restos de bivalvos

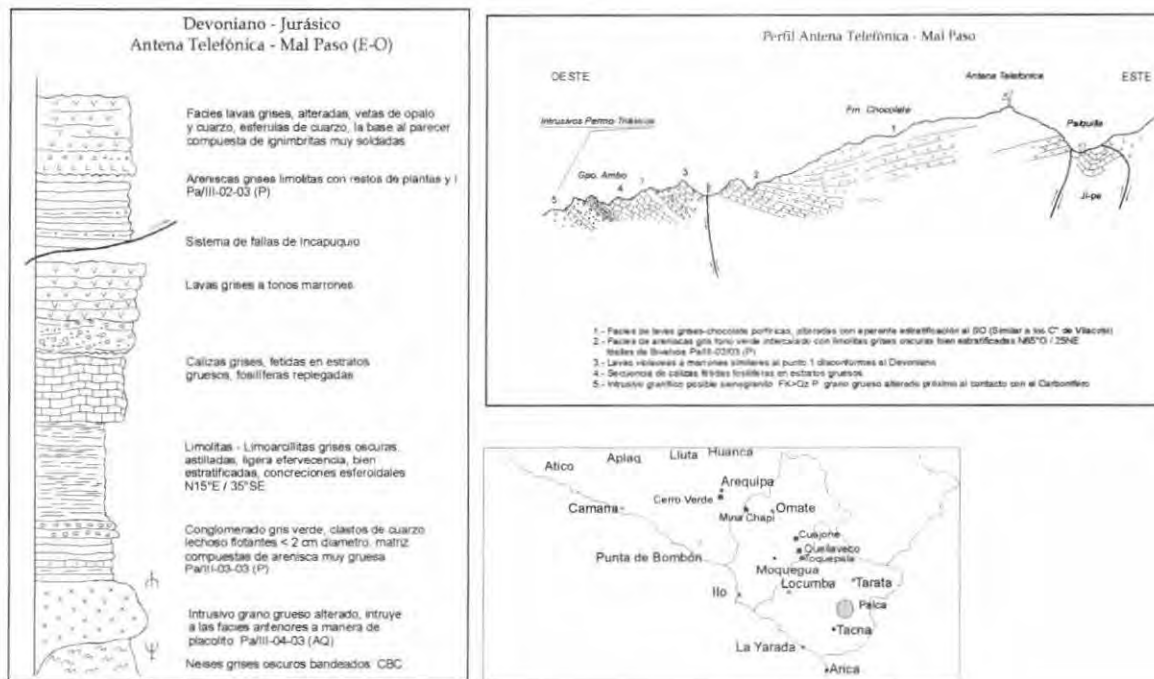
Muestras tomadas: Pa/III-03-03

Intrusivo del Triásico superior?

Un cuerpo intrusivo de grano grueso y en parte alterado se intruye conforme entre las secuencias del Grupo Ambo y el CBC. Presenta cristales de cuarzo, feldespatos y plagioclasa, la alteración disminuye conforme se aleja del contacto y con dirección oeste. La edad de este intrusivo es *Triásico superior*, de acuerdo a la datación realizada y mencionada en **PINO et al (2004)**, sería por lo tanto uno de los cuerpos intrusivos más antiguos en la precordillera después del BAC (Ordoviciano)

CBC: Neises gris oscuros, bandeados son intruidos por el granito anterior conforme a la foliación

Muestras tomadas: Pa/III-04-03



Palquilla / C° Chare

Fig. III-1

Formación Chocolate:

Afloran secuencias de lavas grises tonos violados a marrón, afectados por el sistema Challaviento de movimiento lateral derecha e izquierda.

Cerca al poblado de Challaviento el movimiento es sinistral y de rumbo N45°O, subvertical

Muestras tomadas: Pa/III-05-03 (lavas textura "eutaxítica" gris violadas)

Frente a Qda. Tinaguirre

Subiendo por la Qda. y siguiendo el alineamiento del sistema Incapuquio se tomo datos de las secuencias paleozoicas asignadas al Grupo Ambo:

Basal

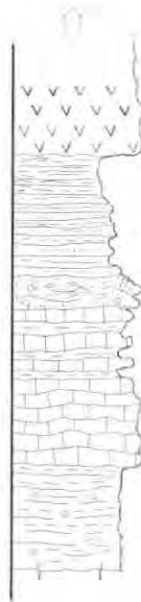
Grupo Ambo:

- Limoarcillitas a limolitas gris oscuras, estructuralmente son lutitas, con disyunción tipo astillas, conservan pequeños nódulos esféricos afosiles
- Calizas macizas grises fértidas en estratos medios a gruesos, ondulados y fosilíferas
- Conglomerados con clastos pequeños flotantes, compuestos de líticos volcánicos?, cuarzo lechoso, y posibles calcáreos, subredondeados en matriz gruesa de arenas gruesas, groseramente estratificados

Perfil-Sección Frente Quebrada Tinaguirre



Rumbo apro N30°E/30°NO Agua arriba N45°O/50°NE



Lavas grises oscuras afaníticas con vacuolas de calcita y hematitas.
Pa/III-06-03
Concordancia

Limolitas grises oscuras en estratos delgados cizallados (>60°inclinación)

Areniscas grises

Conglomerados de clastos soportado de cuarzo lechoso flotante en una matriz gruesa de arenisca

Secuencia calizas grises fétidas fosilíferas en estratos gruesos a medios

Calizas macizas grises fétidas

Limoarcillas a limolitas grises oscuras, disyunción en lapiz, esferulas a manera de concreciones

Fig. III-2

- Calizas grises fétidas, fosilíferas (bivalvos) en estratos medios a gruesos
- Conglomerados con clastos de cuarzo lechoso, flotantes en matriz de arenas gruesas
- Limolitas - limoarcillitas grises en capas delgadas a finas intercalada con areniscas grises y de grano fino
- Paraconformidad

Formación Chocolate:

- Lavas gris oscuras afaníticas con vacuolas de calcita y cuarzo, pobremente estratificadas, altera al techo de las facies pelíticas anteriores

Al parecer existe una concordancia entre el Paleozoico y el volcanismo, lo que hace pensar en una continuidad estratigráfica en el tiempo?, siendo las facies volcánicas al parecer depositadas bajo aguas, pillow lavas no han sido confirmadas en este sector, aunque mas al sur (Palquilla) la intercalación de facies sedimentarias de posibles limoarcillitas calcáreas la mayoría silicificadas podría indicar fuertemente este ambiente. Direcciones N30°E/30°NO, aguas arriba: N45°O/50°NE

A lo largo del trayecto se observó el sistema de fracturamiento en las secuencias del Grupo Ambo, mostrando fallas inversas cuyos movimientos indican un desplazamiento del bloque SE (C° Machani), estrangulando a los niveles calcáreos
 Muestras tomadas: Pa/III-06-03 (tomada de las secuencias basales de las volcanitas)

C° Vilacoto/Palquilla

Formación Chocolate:

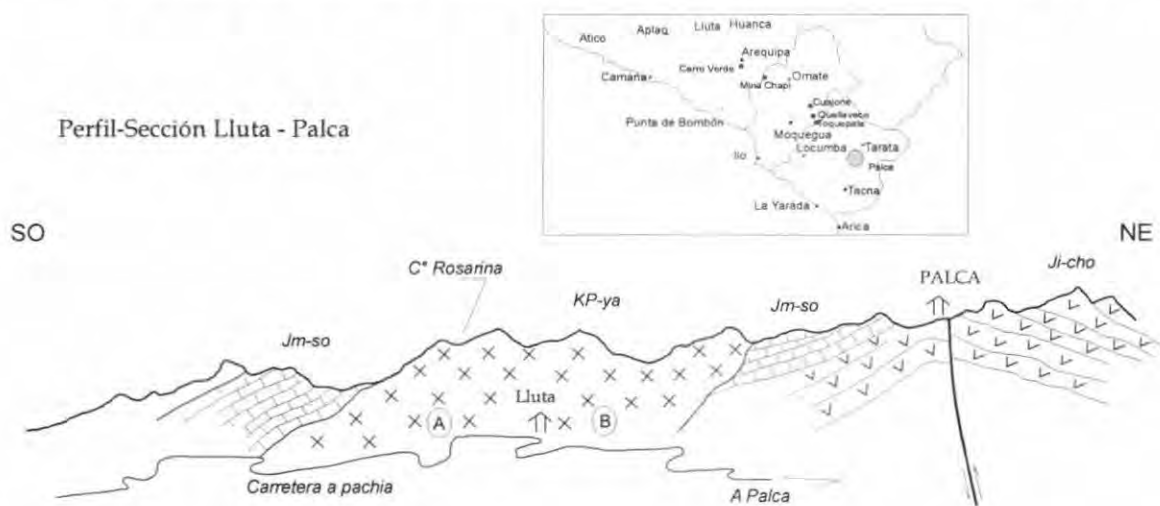
Con dirección SE desde el C° Vilacoto se tomo varias muestras a lo largo de la seccion ascendente de la Formación Chocolate:

- Lavas grises oscuras con cristales de plagioclasas flotantes en matriz fina Pa/III-09-03
- Lavas grises verdes porfíricas algo epidotizadas Pa/III-10-03
- Lavas grises porfíricas, vacuolas de cuarzo/calcita, se intercalan sedimentos silicificados de posibles limoarcillitas o calizas?, estratificación ondulada con signos no confirmados de lavas almohadilladas. Pa/III-11ab-03

Lluta (carretera Pachia-Palca)

Se reconoció y tomo muestras del "Plutón Lluta" asignado a la Superunidad Yarabamba, intruye conforme a la estratificación de la Formación "Socosani" a la altura del C° Rosarina;

- Tonalitas/Granodioritas grises de grano fino, plagioclasas euhedrales en abundancia, cuarzo, feldespato y hornablendas, presenta inclusiones de xenolitos gris oscuros. Pa/III-15-03
- Tonalitas/Granodioritas, grises similares a la muestra anterior. Pa/III-16-03



A.- Tonalitas-granodioritas grises grano medio-fino Pg>QZ>Fk+Hb,anhedrales, las pg son en su mayoría euhedrales. Inclusiones de xenolitos. Pa/III-15-03(AQ)

B.- Tonalitas-granodiorita grises muy similares a los anteriores. Pa/III-16/03 (AQ)

Fig. III-3

Pachia - Palca - Chulluncane

Durante el recorrido se observaron las secuencias sedimentarias de las formaciones "Socosani, Pelado, Puente, Labra, Gramadal, Hualhuani y Matalaque. La unidad Matalaque yace casi conforme sobre las secuencias siliciclásticas del jurasico (Hualhuani), esta generalmente compuesta en la base por lavas y brechas volcánicas muy frescas y estratificación media, los clastos para las facies de brechas consisten lavas porfíricas, cuarcitas, lagunas pelitas silicificadas e intrusivos muy parecidos al plutón de "Yarabamba", subredondeados a bien redondeados, predominando los clastos volcánicos. los clastos de intrusivos tonalíticos, lo fresco de las muestras y una ligera discordancia angular de 10° hacen pensar el la Superunidad Yarabamba lo que demostraría preliminarmente que estas secuencias sean parte del "Grupo Tacaza", aunque faltaría confirmar con mas datos estructurales y geoquímicos.

Palca - Copapuquio

Saliendo en dirección NE del pueblo de Palca hacia Vilavilane, se estudiaron las relaciones de contacto entre las formaciones Chocolate y Pelado:

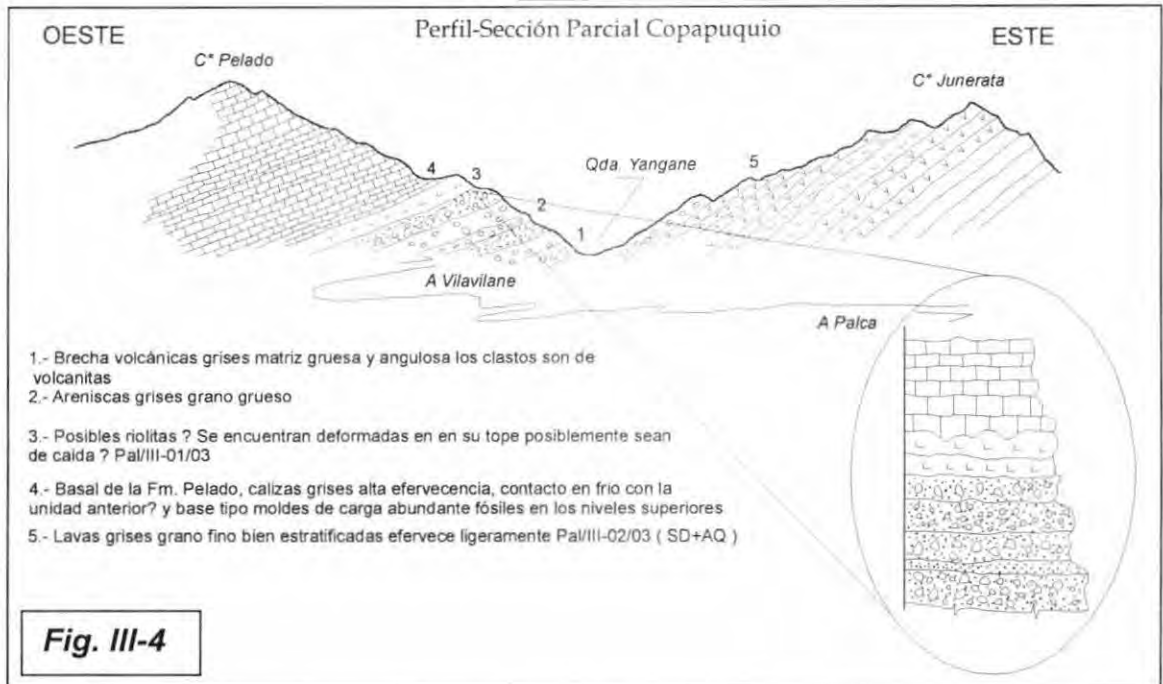
Subiendo estratigráficamente:

Formación Chocolate:

- Lavas grises de grano fino, bien estratificadas, con ligera reacción al HCL Pal/III-02-03
- Brechas volcánicas grises, encerrados en matriz de la misma litología, clastos subangulosos de lavas o subvolcánicos

Formación Pelado:

- Areniscas grises de grano grueso seleccionadas



- Posibles riolitas?, gris claras. Pal/III-01-03
- Calizas grises, reaccion al HCL, contacto en "frío" con las facies de lavas inferiores con moldes tipo de carga dando la apariencia de ondulamientos, estas características indican la sedimentación de carbonatos sobre posibles "tobas no soldadas" frías e inconsolidadas para sufrir una deformación por presión.

Palca - Ingenio

Bajando litoestratigráficamente:

Formación Chocolate:

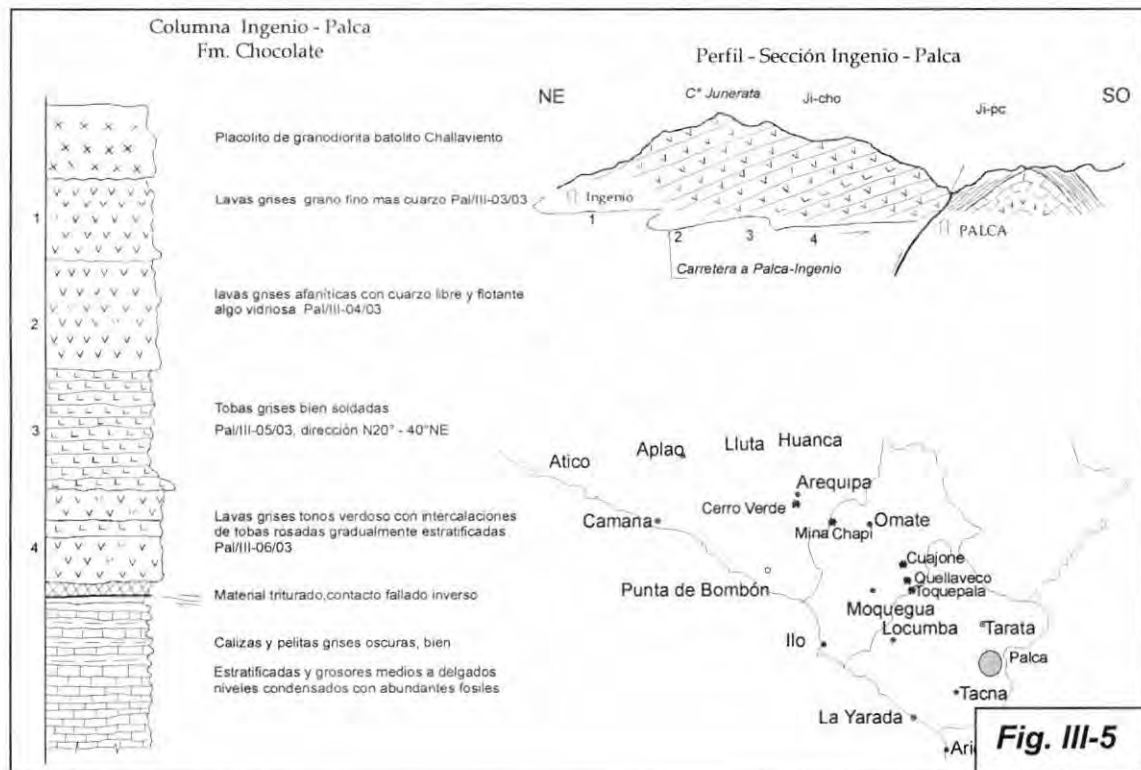
- Placolito de granodioritas gris claras asignadas al Batolito de Challaviento
- inconformidad
- lavas gris verdosas, matriz fina criticristalina, algunos cuarzos flotantes. Pal/III-03-03
- Lavas grises afaníticas, cuarzo flotantes anhedral, matriz algo vitrea. Pal/III-04-03
- Piroclastitas bien soldadas gris oscuras, con estructura tipo fiamme, dirección: N20°O/40°NE. Pal/III-05-03
- Lavas grises con tono verde, inclusiones rosadas de rodocrosita, estratificación grosera. Pal/III-06-03
- Falla inversa

Formación Pelado:

- Calizas y limoarcillitas bien estratificadas, fétidas, con niveles condensados preservando abundancia de restos fósiles: bavalvos, ammonites, belemmites y otros no identificados.

Palca - Ataspaca - Caplina

Desde el valle de Palca y con dirección a Caplina se atravesó a las secuencias de las formaciones Chocolate y Pelado, intruidos por el batolito de Challaviento, que muestra

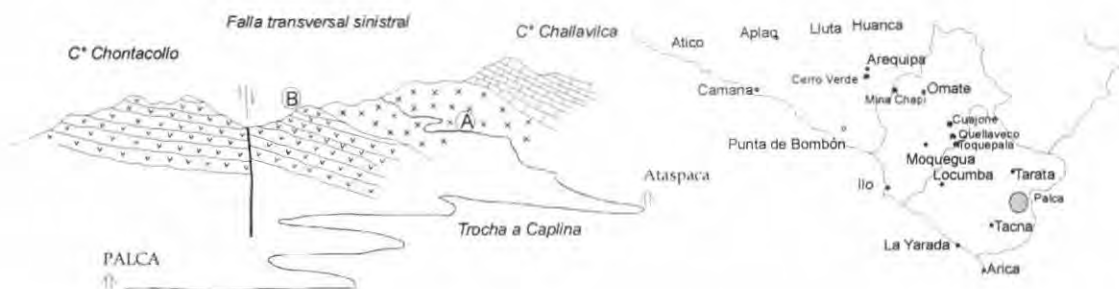


estructuralmente un tipo de emplazamiento del tipo placolito, entre las unidades dúctiles de Chocolate y plástica de Pelado:

Batolito Challaviento:

- Granodioritas de grano grueso, holocristalino-inequigranular, plagioclasa-feldespatocuarzo, estructuralmente forma un placolito entre las formaciones Chocolate y Pelado. Pal/III-07-03

Perfil-Sección Palca - Caplina



A.- Granodiorita / Monzodiorita? Grano grueso - Inequigranular de Pg+F + Qz intruye a manera de placolito entre las formaciones Chocolate y Pelado? Pal/III-07/03 (AQ)

B.- Lavas grises afaníticas con plagioclasas
Intento de datación radiométrica en Ar-Ar sobre plagioclasas. Pal/III-08/03
secuencia media-superior de la Fm. Chocolate

Fig. III-6

Formación Chocolate:

- Lavas grises afaníticas con plagioclasa en cristales euhedrales. Pal/III-08-03
- Estas secuencias pertenecen a las facies media-superior

C° Huanuane (carretera - Palca - Huanuane)

Con dirección a la Hda. Huanuane (SO de Palca) se realizó una sección preliminar en el sector sur del C° Huanuane;

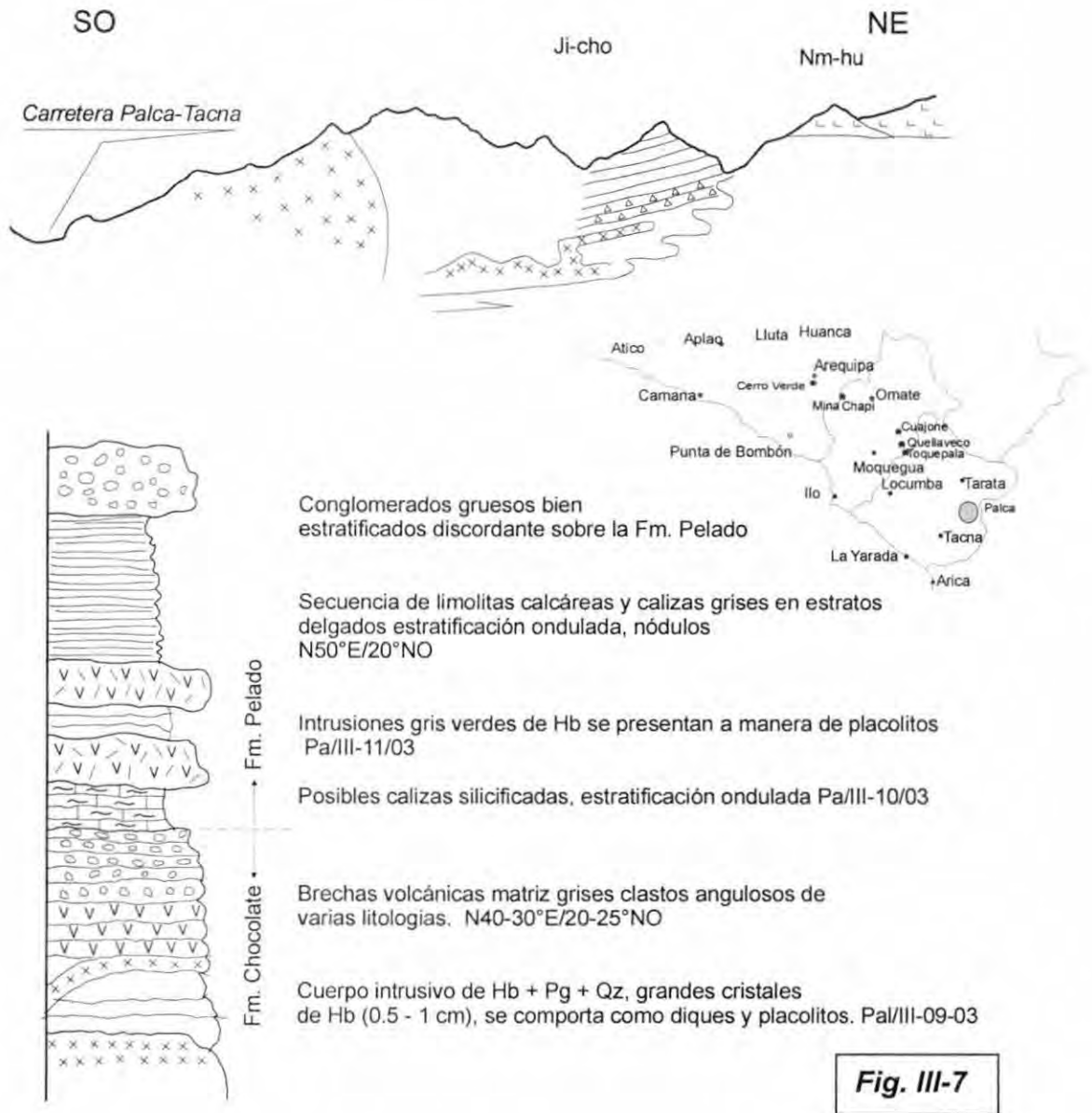
Formación Moquegua:

- Conglomerados gruesos, bien estratificados
- Formación Pelado
- Limolitas calcáreas y calizas bien estratificadas, en estratos delgados y ondulados, presencia de nódulos. N50°E/20NE
- subvolcánicos gris verdosos a manera de placolitos en las secuencias sedimentarias, hornablenda flotante en matriz mas fina, basal calizas silicificadas. Pal/III-10-03

Formación Chocolate:

- Brechas volcánicas grises, en matriz media fina volcánicas, clastos angulosos de litología no reconocible. N40-30° E/20-25° NO.
- Cuerpo intrusivo de hornablendas, plagioclasa y cuarzo, algunos cristales de hornablenda pasan los 2 cm de largo. Estructuralmente conforman diques. Pal/III-09-03

Sección C° Huanune



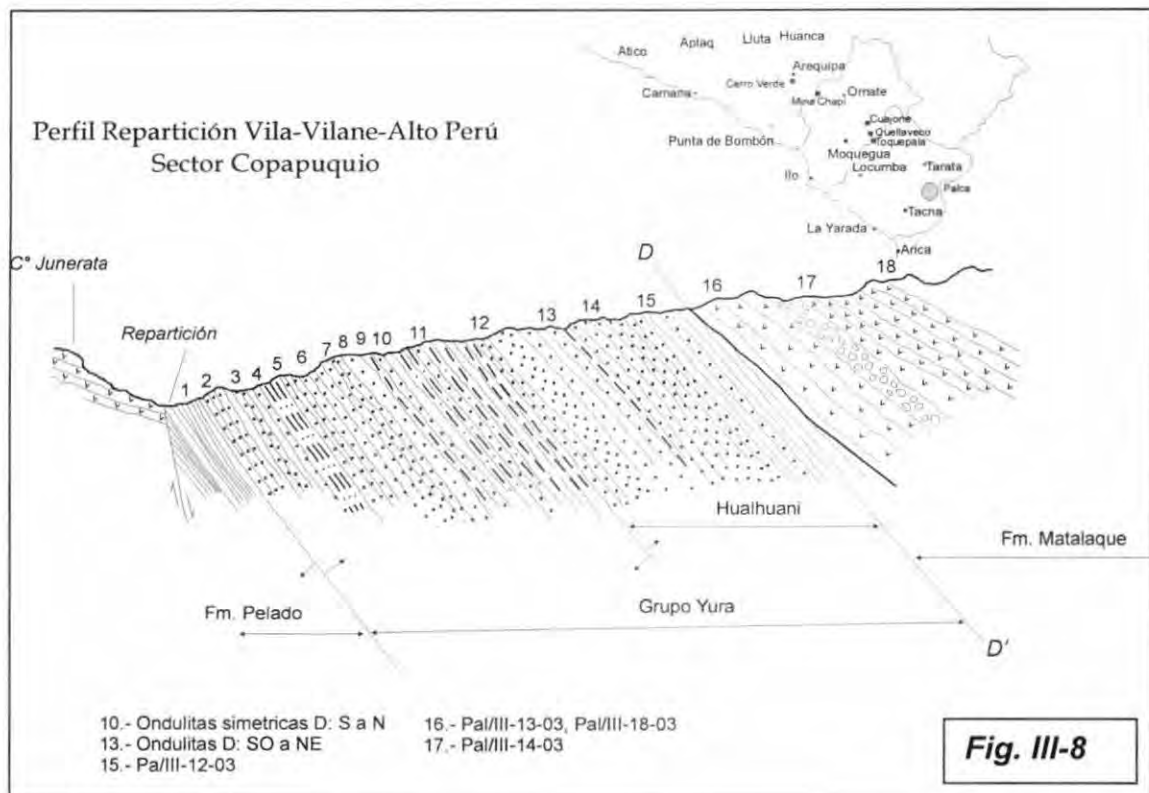
Repartición Vilavilane - Alto Perú

- Se realizó una columna preliminar en las secuencias Jurasicas y Cretáceas desde la repartición Vilavilane - Alto Perú, con el fin de diferenciar las formaciones del Grupo Yura y su relación con las secuencias volcánicas continentales del Cretáceo:

Bajando litoestratigráficamente:

- 23 Brechas volcánicas, clastos mayormente volcánicos y alterados, esta intruido y alterado por un cuerpo intrusivo asignado a la Superunidad Yarabamba.
- 22 Brechas volcánicas grises en estratos gruesos, imbricación de los clastos de SO a NE.
- 21 Brechas estratificadas, clastos angulosos a subredondeados, polimícticos de volcanitas y cuarcitas, estratos promedio de 1 a 0.5 m de grosor, excepcionalmente llegan a 2 m.

- 20 Lavas grises afaníticas en estratos gruesos (> 3 m) colores abigarrados. N30°O/25°NE
- 19 Lavas grises afaníticas en estratos gruesos a medios. Pal/III-16-03
- 18 Lodolitas gris violadas, se intercalan lavas grises tono verde en estratos gruesos a medios. N10°O/25°NE. Pal/III-15-03
- 17 Lavas grises, afaníticas, macizas en estratos gruesos. Pal/III-14-03
- Brechas polimícticas, clastos redondeados. N-S/30°E
- 16 Secuencias basales, lavas grises afaníticas, infrayacen a brechas polimícticas con clastos redondeados mayormente de volcanitas. Pal/III-13-03
- 15-16 Discordancia angular (10°-15°)



Grupo Yura

Formación Hualhuani

- 15 Areniscas grises en estratos delgados (20-30 cm)
- 14 Areniscas en estratos medios a delgados, estratificación ondulada, grises. N-S/40°E., N05°O/40°SE
- 13 Areniscas grises claras en estratos medios a gruesos, ondulitas con dirección Su a Norte. N-S/40°E
- 12 Areniscas grises gruesas (1-2 m) en estrato creciente, clara a tonos verdosos
- 11 Areniscas grises en estratos medios (0.5-1 m) a la base se intercalan limolitas grises claras con ondulitas

Perfil Repartición Vila-Vilane-Alto Perú
Sector Copapuquio
Columna litoestratigráfica

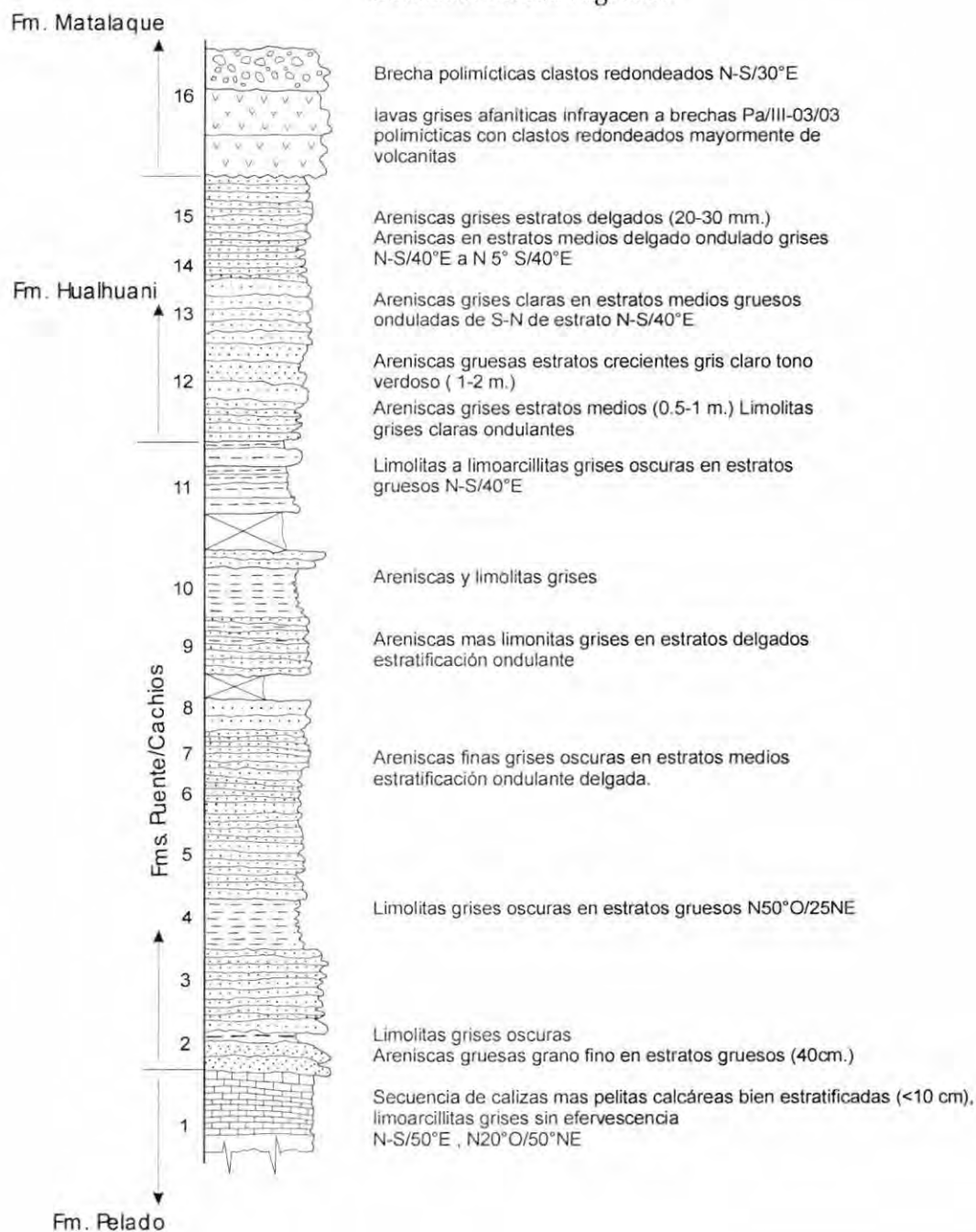
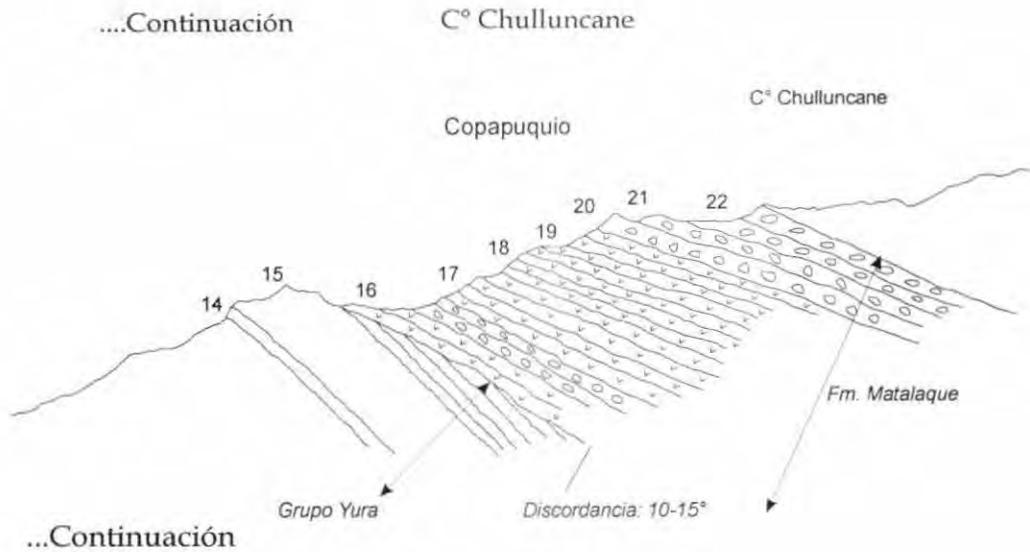


Fig. III-9



Perfil Repartición Vila-Vilane-Alto Perú
Sector Copapuquio
Columna litoestratigráfica: Formación Matalaque

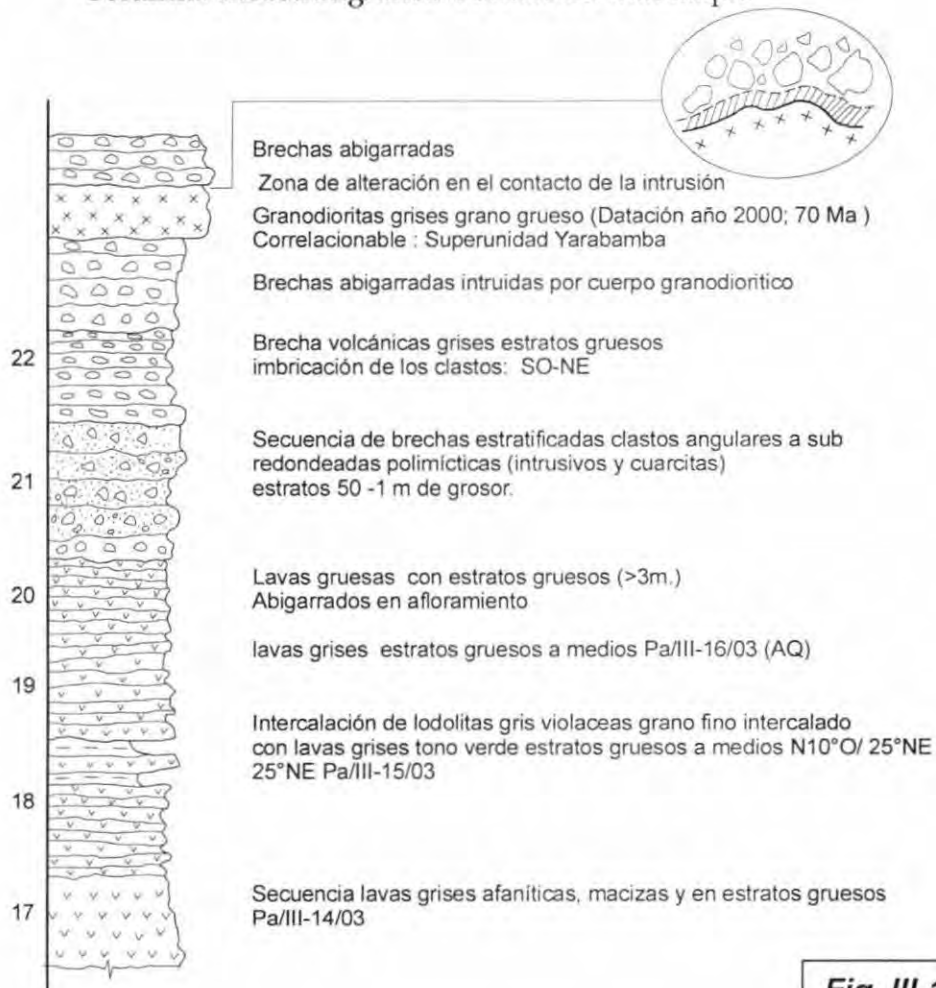


Fig. III-10

Formaciones Puente -Cachios

- 9 – 10 Limolitas a limoarcillitas grises oscuras en estratos gruesos. N-S/40°E

- 8 Areniscas grises con ondulitas con dirección Sur a Norte, asimétricas linguoides, se intercalan limolitas que predominan a las areniscas. N-S/45°E
- 7 Areniscas intercaladas con limolitas grises en estratos delgados y ondulados. N-S/40°E
- 6 Areniscas blancas amarillentas en estratos gruesos. N30°E/40°SE.
- 5 Areniscas finas, grises oscuras en estratos medios, estratificación ondulante y estratificación sesgada. Moldes de carga. N20°E/40°SE
- 4 Areniscas grises oscuras y claras en algunos niveles, estratos medios. Moldes de carga. N15°E/35°SE., N30°/40°SE
- 3 Limolitas grises oscuras en estratos gruesos, se intercalan areniscas y limolitas grises. N50°/25°NE
- 2 Limolitas grises oscuras, areniscas gruesas de grano fino en estratos gruesos (0.4 m)

Formación Pelado

- 1 Calizas grises micriticas intercaladas con limolitas calcareas bien estratificadas (< 10 cm), algunos niveles de limoarcillitas no reaccionan al HCL. N-S/50°E., N20°O/50°NE.
- Falla con la Formación Chocolate

Putina

Se en camino por la Qda. Putina en la margen izquierda del rio Sama con la finalidad de estudiar las relaciones estratigraficas entre el Grupo Yura y la Formación Matalaque:

Bajando litoestratigraficamente

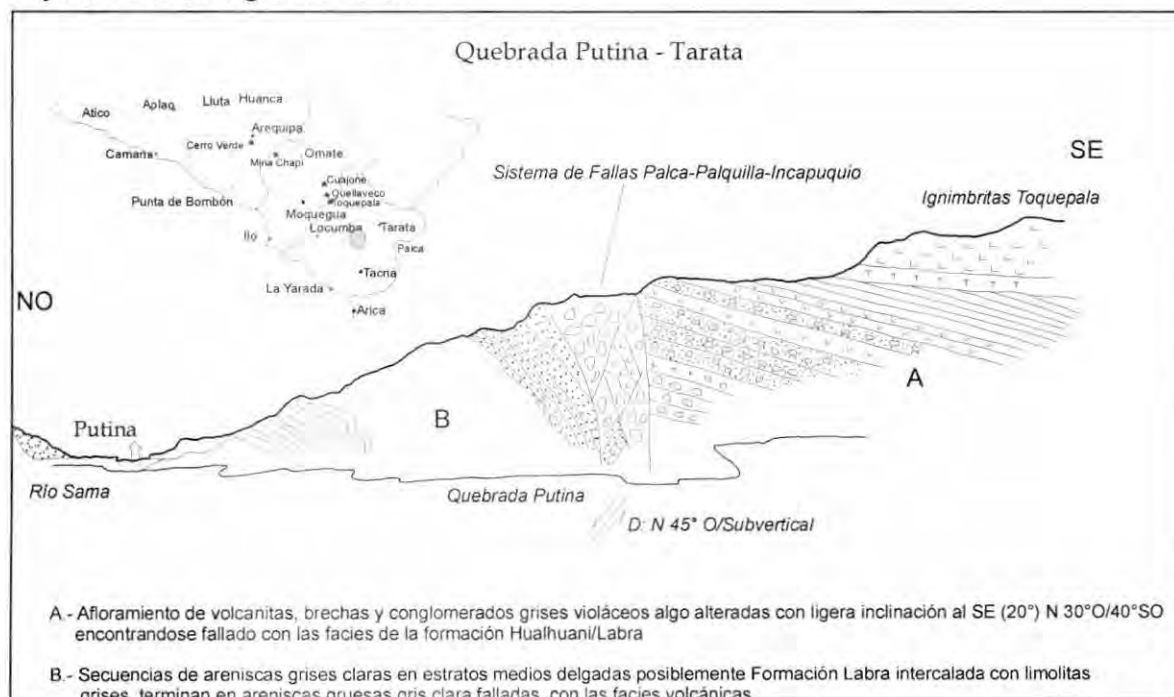


Fig. III-11

Formación Matalaque

- Ignimbritas rosadas de cristales bien soldadas, cristales de cuarzo, plagioclasa, que nos hacen recordar al miembro 4 de la formación Huaracane de Moquegua

- Brechas, conglomerados aluvionales intercalado con lavas volcánicas, bien estratificadas que hacen recordar a las facies del C° Chulluncane.
- Sistema de Fallas Incapuquio

Grupo Yura

- Areniscas grises en estratos gruesos bien estratificado
- Areniscas grises claras bien estratificadas en estratos delgados
- Areniscas grises en estratos medios intercalada con limolitas grises muy tectonizadas y de un color rojo abigarrado

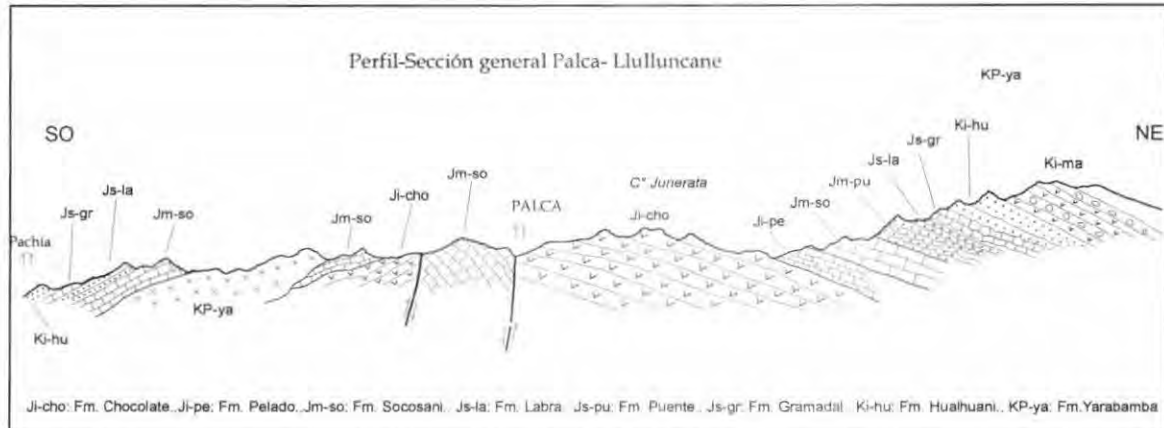


Fig. III-12

Elementos mayores

El diagrama TAS, muestra para la **Formación Chocolate** composiciones desde andesitas basálticas hasta composiciones riolíticas (facies de Ignimbritas) todas de composición subalcalina y ambiente calcoalcalino algunas muestras tienen afinidades con el campo Toleítico (Ignimbritas basales-medias de Chocolate) lo cual es poco probable dado la composición mayoritaria de análisis en el sector de Pachia. **La Formación Matalaque** muestra composiciones desde Andesitas a Dacitas con bajos contenidos de álcalis, y de ambiente calcoalcalino. Cuerpos restringidos de la **superunidad Yarabamba y subvolcánicos asociados** a la Fm. Chocolate han sido muestreados el primero muestra composición de SiO₂ mayor a 65% con importante contenido de álcalis, mientras que un cuerpo subvolcanico aflorante en Huanune, con grandes cristales de piroxenos y anfíboles tiene una composición similar al basalto con SiO₂ menor a 50%, este cuerpo intruye a las facies superiores de Chocolate (ver Fig. III-7).

Los diagramas Harker muestran una tenue correlación de los datos para Chocolate en los diagramas K₂O vs SiO₂, Na₂O y MgO, encontrándose mayormente disperso. Los diagramas de MgO-Al₂O₃-CaO y Fe₂O₃, muestran una buena correlación de la unidad Chocolate, se observa una diferenciación fraccionada entre las facies inferiores y superiores, los incrementos de SiO₂ aumentan desde los niveles inferiores y decaen en los niveles superiores, esto es compatible con la litoestratigrafía: lavas basales, Ignimbritas medias y terminan en lavas almohadilladas de andesita basalto. (ver Fig. III-13/14)

Diagramas de TAS-AFM Etapa III - 2003

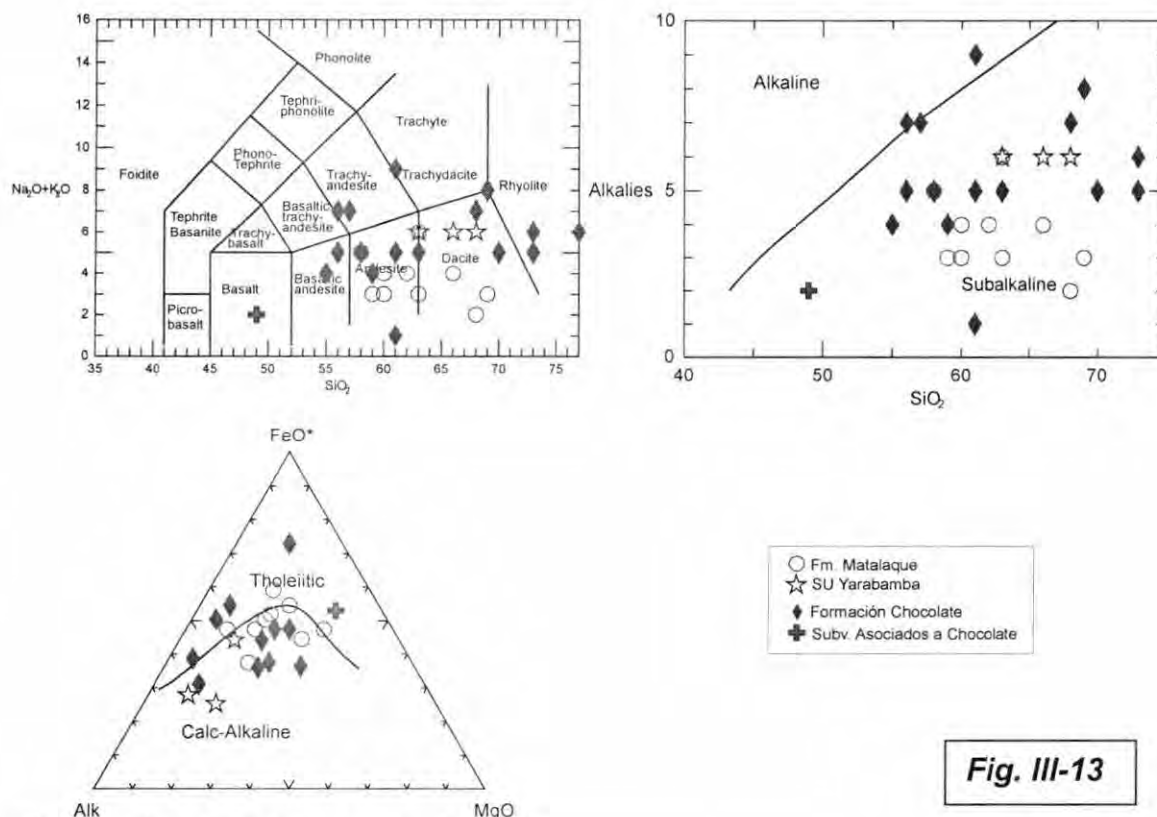


Fig. III-13

Elementos tierras raras (REE)

Los análisis de elementos traza fueron normalizadas la condrita de **Nakamura (1974)** y muestran las siguientes características:

La Formación Chocolate el sector de Palca muestra una correlación pobre con respecto a las REE, existe al parecer un enriquecimiento de LREE al igual que HREE, no existiendo indicios de generación de granate en la fuente, las anomalías de Eu, también están ausentes, sugiriendo poca participación de plagioclasa. Las relaciones de $(La/Yb)_N$ son de: 2-7 lo que indica magmas poco evolucionados y con firma más cercana a un manto que corteza. Asimismo nos ayuda a suponer un grosor cortical delgado. La relación Eu/Eu^* se encuentra entre: 0.1-1, interpretando fuerte fraccionación de plagioclasa en un sistema prácticamente anhidro.

En Pachia (más occidental) esta misma unidad muestra características similares a Palca, paralelismo entre las muestras, muy baja pendiente y enriquecimiento en LREE. Una anomalía de Eu está presente en las secuencias basales de Matalaque

La Formación Matalaque en Palca muestra espectros similares con paralelismo entre las facies ignimbríticas y una relación $(La/Yb)_N$ entre: 2-7 (similares a las facies inferiores), asimismo se observa un enriquecimiento de LREE. La relación Eu/Eu^* se encuentra entre: 0.6-1 prácticamente sin variación en la generación de plagioclasas en la fuente, por esta razón la anomalía de Eu se encuentra ausente en sus facies

Se ha planteado muestras obtenidas el año 2001 **de la zona de Pausa**, a manera de comparación, en esta región del Huanca Huanca la Formación Chocolate sobreyace al CBC e infrayace a las calizas de la Formación Socosani (cerca al pueblo de Tauria). En esta región las REE muestran buen paralelismo, mediana pendiente $(La/Yb)_N$: 5-11, una relación de Eu/Eu^* entre: 0.6-1, en sí esto demuestra un sistema

poco fraccionado y anhidro. Presenta algunas de ellas anomalías de Eu que indican fraccionamiento de plagioclasa. En comparación con la zona de Tacna y Arequipa sería prácticamente similares, además de encontrarse en el mismo eje de la precordillera (Tacna) y cordillera (Pausa-Arequipa). (ver Fig. III-15)

Diagramas Multielemental (LILE / HFSE)

Multielemental: (Spider). Estas fueron normalizadas al manto primitivo. **La Formación Chocolate de la región de Pachia y Palca** muestra un típico espectro tectónico por subducción tipo Arco insular?, las anomalías negativas de Nb y Ta (no analizado) son compatibles con un magmatismo insular asimismo la anomalía de Pb es muy elevada, los LILE (Sr, Ba, Th, K, Rb) también son enriquecidos y empobrecidos ligeramente en HFS (Th – Yb). **En el sector de Pausa**, presenta similares características, con una marcada anomalía negativa de Nb/Sr y positiva de Pb, este último es posible que sea debido a alteración hidrotermal. Los LILE se encuentran muy elevados y las HFS deprimidas indican también un marco tectónico de subducción que posiblemente sea más de arco insular. Para las dos regiones la anomalía de Nb mayor que 1 es típica por este tipo de marco (**WILSON, M. 1995., WINTER, J. D 2001**). En resumen los diagramas multielementales sugieren fuertemente que la Formación Chocolate a lo largo de la precordillera se originó en un marco tectónico de subducción tipo arco insular, con afinidad al manto y que es más fraccionado que el arco insular que construyó el arco Guaneros, pues este presenta menos fraccionación y mayor afinidad al manto. (ver Fig. III-15)

Discriminantes: Zr/Y vs Zr (**PEARCE 1979**) para Chocolate separa y demuestra la afinidad de las muestras hacia un arco continental en este caso posiblemente insular, las facies de pillows, sedientitas y chert, demuestran un ambiente marino, con depósitos lavicos. La Formación Matalaque dada sus condiciones continentales también plotea en un arco continental lo cual es evidente dado los estudios estratigráficos y sedimentarios actuales. El diagrama $Th-Zr-Nb$ (**PEARCE, 1984**), y $La/10-Y/15-Nb/8$ (**CABANIS & LECOLLE, 1989**), muestran para las unidades Chocolate y Matalaque un componente de arco volcánico y calcoalcalino respectivamente, Chocolate muestra componentes continentales lo cual es compatible con la emisión de Ignimbritas en las secuencias medias aflorantes en Palca/Pachia. (ver Fig. III-16)

Conclusiones

Las unidades volcánicas e intrusivas en los sectores de Punta de Bombón, Locumba y La Yarada, muestran componentes de REE y LILE/HFSE poco diferenciados, creados en un ambiente de arco insular, anhidro y de grosor cortical relativamente delgado (puede ser menor a 40 km) basándose en las relaciones LREE/HREE (1-6). Los diagramas de REE muestran buena correlación entre los muestreos efectuados, siendo más afines al manto para el mismo arco volcánico (occidente) que sus facies orientales (unidad de transición GT), por otro lado se comprueba la evolución geoquímica continua desde las secuencias inferiores (faja costanera) de edad bathoniano-calloviano hasta las superiores de edad Cretáceo superior (depresiones antes de la precordillera). El batolito de Punta Coles, muestra afinidad similar con las facies volcánicas descritas, los diagramas REE y Multielemental muestran afinidades de margen convergente y de magmatismo poco evolucionado sugiriendo poca o nada de contaminación cortical. El BAC, muestra componentes continentales, fuerte fraccionamiento y alta pendiente de REE (14-48), buena correlación y espectros multielementales propios de un origen en la corteza continental, posiblemente en la

superior?. Asimismo los discriminantes tectonomagmáticos muestran un origen en un marco de subducción.

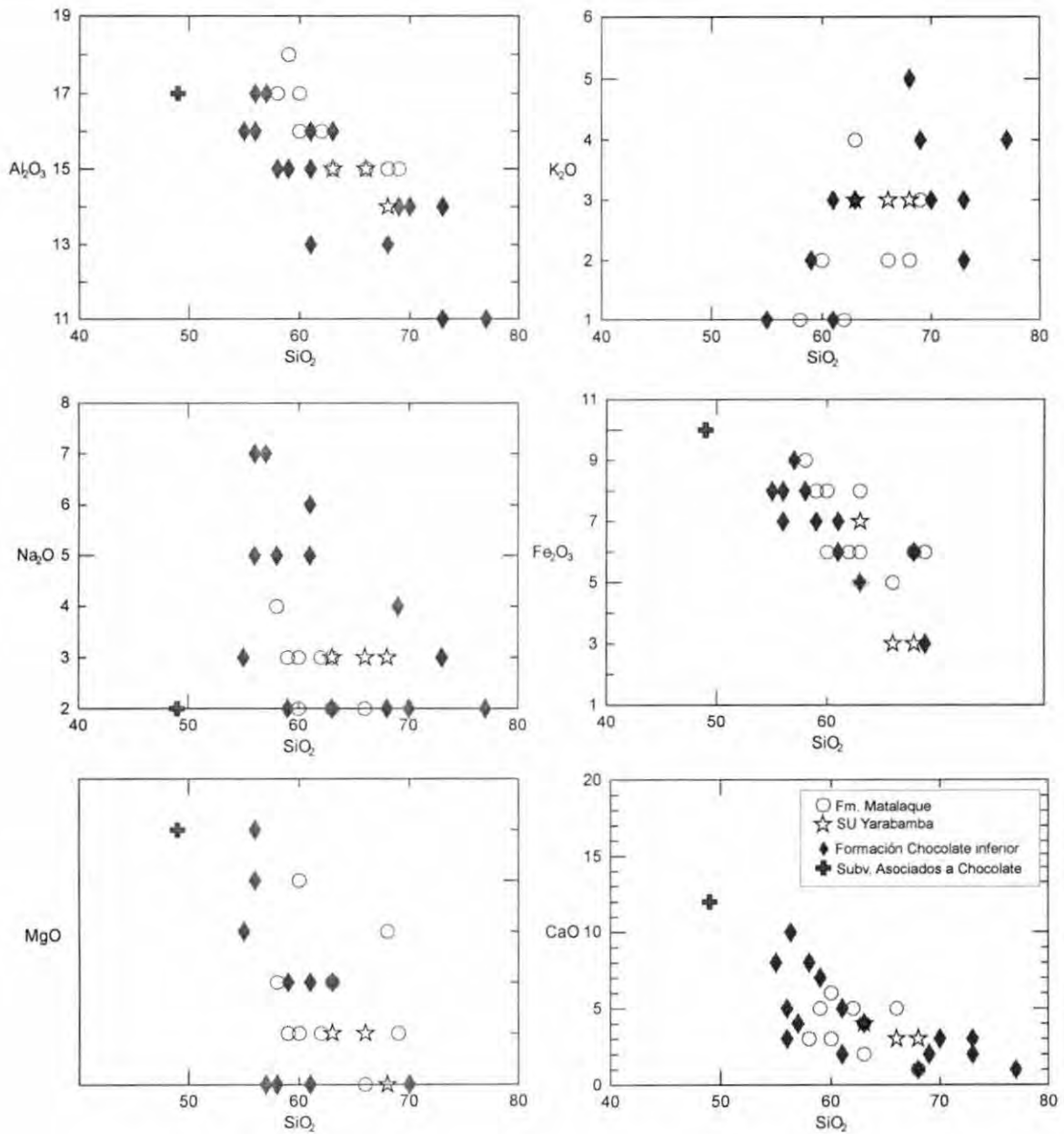


Fig. III-14

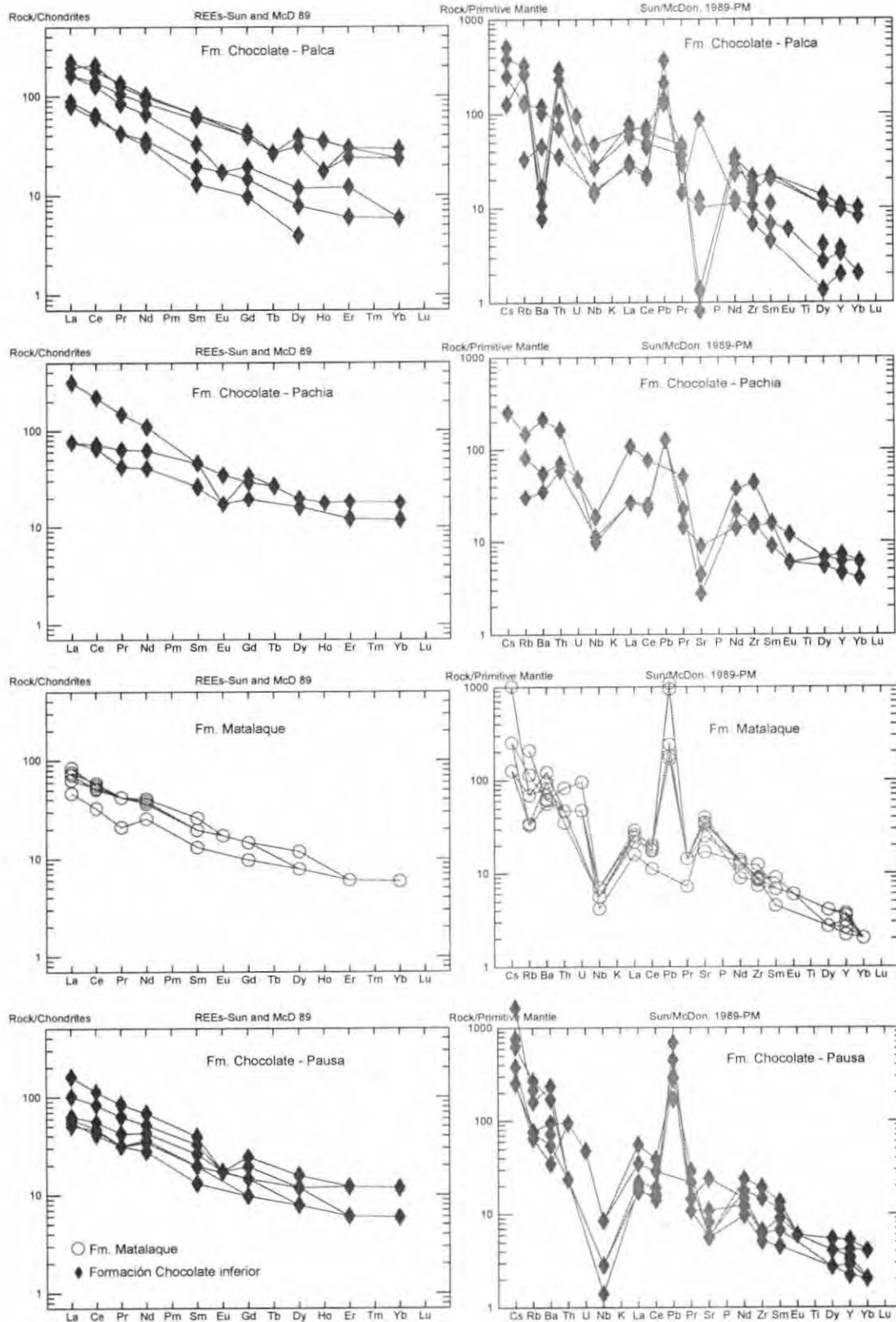


Fig. III-15

7.7 Volcanismo e Intrusivos - Geoquímica

PARTE IV – MOQUEGUA - TACNA

La Cuarta parte se trabajo mayormente en Clemesi, Ilo, Locumba y La Yarada perteneciente al antearco. Las secuencias estudiadas pertenecen a las Formación Guaneros y las superunidades Punta Coles e Ilo, Los estudios, muestreos e interpretación están basados en análisis sobre columnas litoestratigráficas y perfiles secciones. Se recolectaron 35 muestras para análisis geoquímicos de óxidos mayores y trazas.

Hoja de Clemesi

Qda. Chojas

Formación Guaneros

En la Qda. Chojas, afluente de la Qda. Honda en la Clemesi se estudio las secuencia superior de la Fm. Guaneros, a lo largo de Chojas se reconocio:

- Ignimbritas soldadas gris rojizas, cristales de plagioclasa en matriz fina, oxidada Cle/I-01-04
- Ignimbritas pardo rojizas de grano fino, plagioclasas alteradas (Cle/I-02-04) Posibles lavas gris verdes afaníticas con cristales de plagioclasas (Cle/I-03-04)

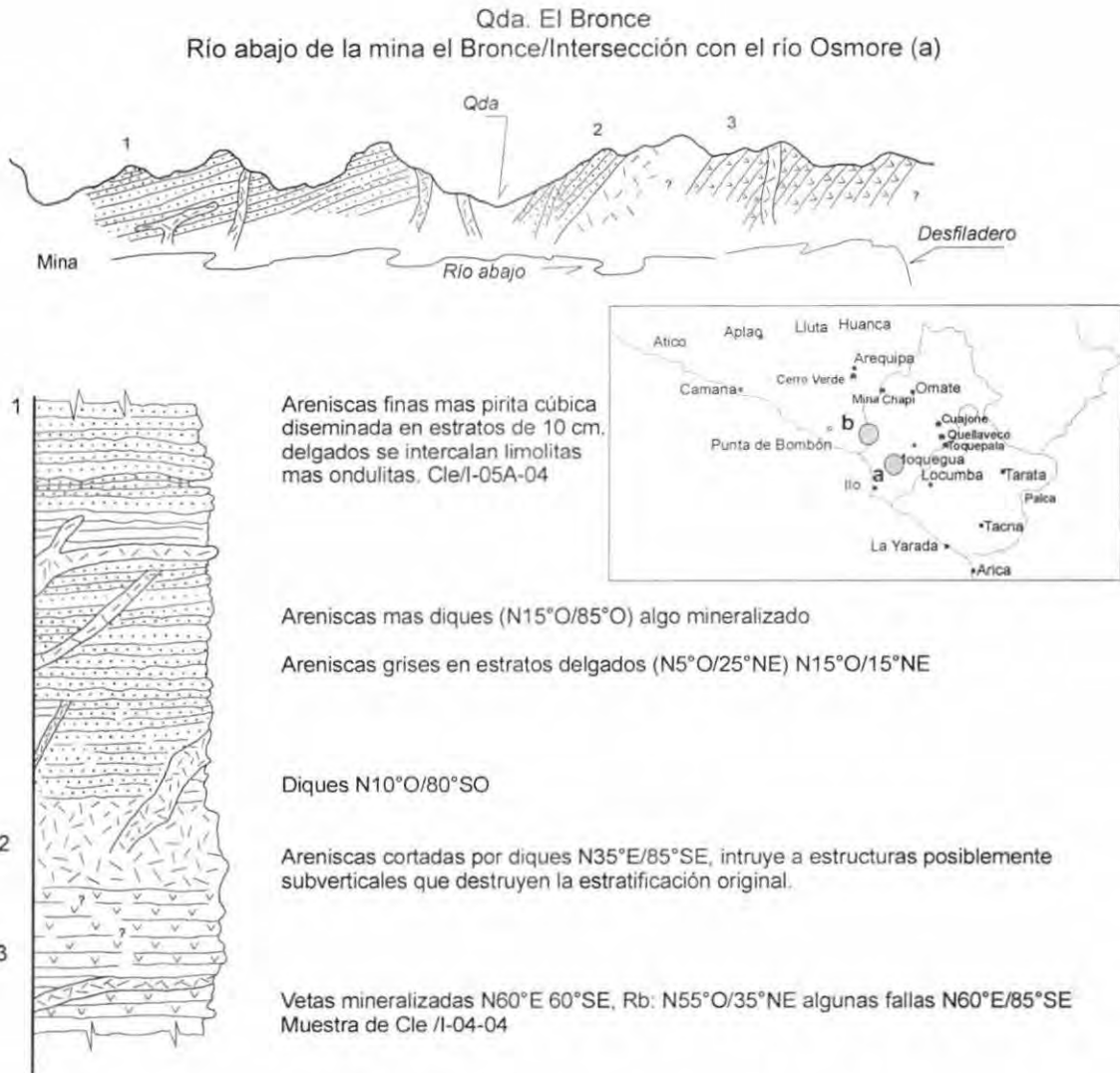
Qda. El Bronce (...continua de la sección litoestratigráfica: parte I, Fig. I-11)

Formación Guaneros

Tope: facies de areniscas - Complejo de Diques (Antigua Mina el Bronce)

- 1 Areniscas finas, pirita cúbica diseminada en estratos de 10 cm, delgados. Se intercalan limolitas con estructuras de ondulitas y algunos diques (N15°/85°O) estos últimos se encuentran mineralizados con pirita
- Areniscas grises en estratos delgados diques afaníticos grises oscuros Cle/I- 05ª-04
- 2 Areniscas intruidas por diques y cuerpos subvolcánicos que deforma la estratificación original
- 3 Vetas mineralizadas fallas subverticales
- 3 Desfiladero, lavas grises afaníticas con mineralización de pirita Cle/I-04-04

Base : facies de lavas



Pampa Repartición - Cerro Huachirando - NO de Clemesi (b)

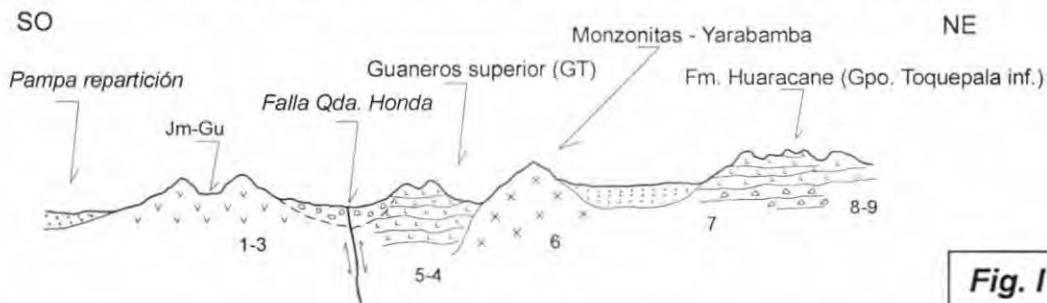


Fig. IV-1

Pampas de Repartición – C° Huachirando

En el sector NO de la hoja de La Clemesi; Pampas de Repartición se verificaron la presencia de Rocas volcánicas asignadas a la Formación Chocolate en los siguientes puntos:

1-Rocas volcánicas grises oscuras a colores marrones con líticos afaníticos angulosos Cle/I-05-04

2-Lavas grises parecidas al punto 1

3-Lavas grises

4-Lavas volcánicas alteradas a un color marrón claro

5-Ignimbritas grises a colores rojos con FK+Qz+Pg, estructura bien soldada, equivale preliminarmente al Guaneros de transición (GT)

6-Intrusivo gris claro de Hb+Pg+FK y Qz < 10%, posiblemente corresponda a monzonitas de Yarabamba Cle/I-06-04

7-Ignimbritas grises rojas

8-Brechas volcánicas gruesas, pobremente estratificadas, presencia de líticos en su mayoría de origen volcánico, Rb: E-O/20°S

9-Ignimbritas grises de Qz+FK+Pg, cuarzo no visible

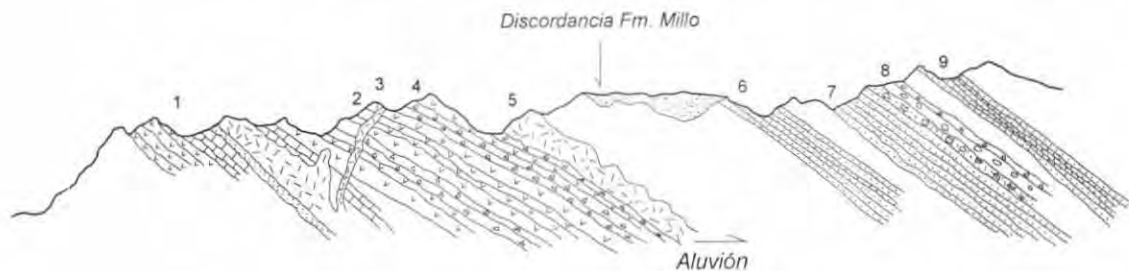
C° Arenal (levantada por Bellido, 1962)

Techo: Falla Cordilleras

- 9- Areniscas pardas bien estratificadas (< 2 cm) con facies a limolitas, ligera reacción al HCL
- 8 Brechas medias de clastos angulosos, sobreyace al tope lavas porfíricas
- 7- Areniscas grises a marrones en estratos delgados bien estratificados, estan intruidos por diques y placolitos, algunas fallas gravitatorias con
- 6- Calizas gris-pardos en estratos delgados
Areniscas gris marrones en estratos delgados, bien estratificados, se intercala Cle/I-08-04
Areniscas grises verdes, con ondulitas mal conservados
Aluviones
- 5- Subvolcánico gris, porfírico verdoso
- 4- Brechas volcánicas, monomícticas, matriz gris verde
Lavas volcánicas y brechas (clastos < 10cm) de colores grises
- 3 Lavas grises con fenocristales de plagioclasa y hornablenda euhedral Cle/I-07-04
- 2- Brechas volcánicas polimícticas, de clastos de lavas y sedimentarios, subangulosos, flotante en una matriz volcánica.
- 1- Calizas grises con poca reacción al HCL
Subvolcanico gris verde porfírico
Calizas gris-pardas y niveles de areniscas
Lavas gris verdes afaníticas

Base: Brechas de Guaneros Inferior

Cerro El Arenal - SO de Clemesi (sección levantada por E. Bellido en 1962)



Columna esquemática

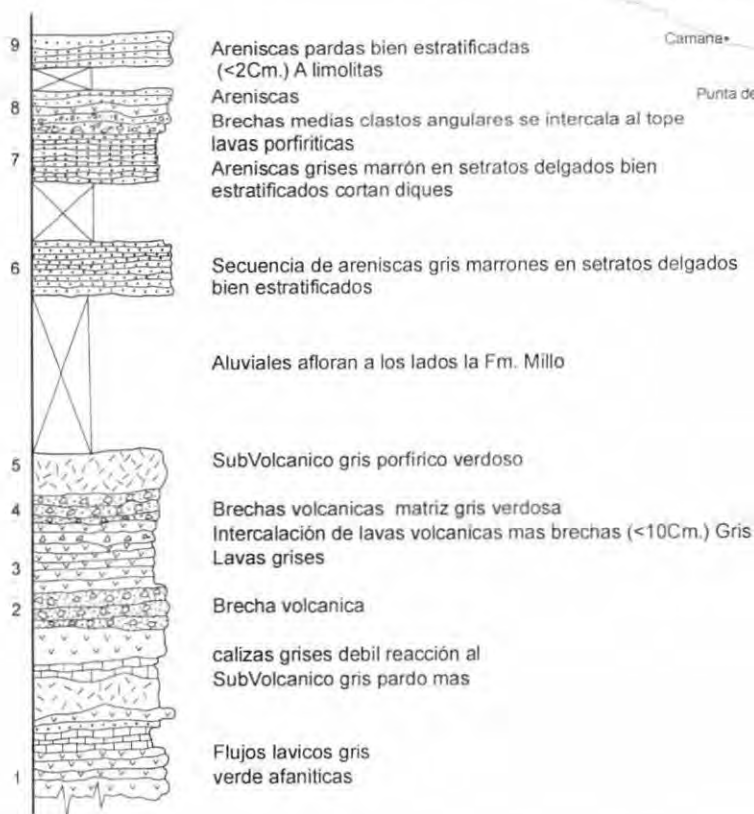


Fig. IV-2

C° Cerrillos Negros

- Colada basáltica porfídica gris chocolate con cristales de plagioclasas, cuarzos y líticos Cle/I-09-04
- Granodioritas grises de grano medio, cristales de Pgl's, Fk +Hb anhedrales de grano medio grises, holo-inequi Cle/I-10-04
- Monzonitas grises claras tono rosado de grano medio, Pgl's + Hb anhedrales, poco cuarzo Cle/I-11-04

Hoja Ilo

Corte Peña Blanca – Sacramento: transecta Oeste - Este

- 1-Granodioritas gris rosadas de grano fino-medio, equigranular, holocristalina.

- 2-Dioritas grises
- 3-Granodioritas gris rosadas de grano medio, similares al punto 1
- 4-Dioritas gris oscuras, Pgls + Hb euhedrales, Qz restringido **(Ilo/I-01-04)**
- 5-Gabrodioritas de grano grueso, con plagioclasas + Hornablendas y Biotitas
- 6-Granodioritas a Tonalitas de grano grueso; Pgls + Hb + Bi + Qz
- 7-Granodioritas de grano grueso y presencia de xenolitos de posibles dioritas, se encuentran foliados e intruidas por aplitas rosadas
- 8-Granodioritas grises de grano grueso + foliaciones, minerales de Pg+Hb+Bt+Qz
- 9-Granodioritas similares al punto anterior
- 10-Granodioritas similares
- 11-Granodioritas similares
- 12-Diques microcristalinos gris verdoso, pequeños cristales de Pgls + Hb, algo foliados **(Ilo/I-02-04)**
- 13-Granodioritas grises de grano grueso, de Hb euhedrales + Bi (asimilando a la Hb)
- Muestras de la S.U. Ilo, Qda Viboras: **Ilo/I-03 y 04-04**
- 14-Zona de mezcla de granodioritas más sistemas de diques y cizallamiento, foliaciones
- 18-Intrusivo granodiorítico
- Muestras de areniscas cuarzosas gris verdes la Qda. Guaneros: **Ilo/I-05-04** y lavas rojas afaníticas posiblemente sean ignimbritas **Ilo/I – 06 – 04**
- 19-Granodioritas similares a la unidad anterior, pero con alteración y zonas de mezcla con rocas mas dioríticas, zonas de diques grises
- 20-Areniscas grises macizas
- 21-Areniscas grises + Limolitas
- 22-Areniscas grises en contacto con la Fm. Chocolate
- 23-Granodioritas en zona de mezcla
- 24-Areniscas y limolitas grises:
- 25-Contacto entre secuencias silicoclásticas y granodioritas de la la S.U. Ilo a Hb de grano grueso **(Ilo/I-07-04)**
- 26-S.U. Punta Coles, Dioritas grises oscuras muy cizalladas intruidas por las granodioritas de Hornablenda de grano grueso **(Ilo/I-08-04)**
- 29-Fm. Guaneros, brechas volcánicas y piroclastitas grises con ligera estratificación: **Ilo/I-09-04 y Ilo/I-10-04**

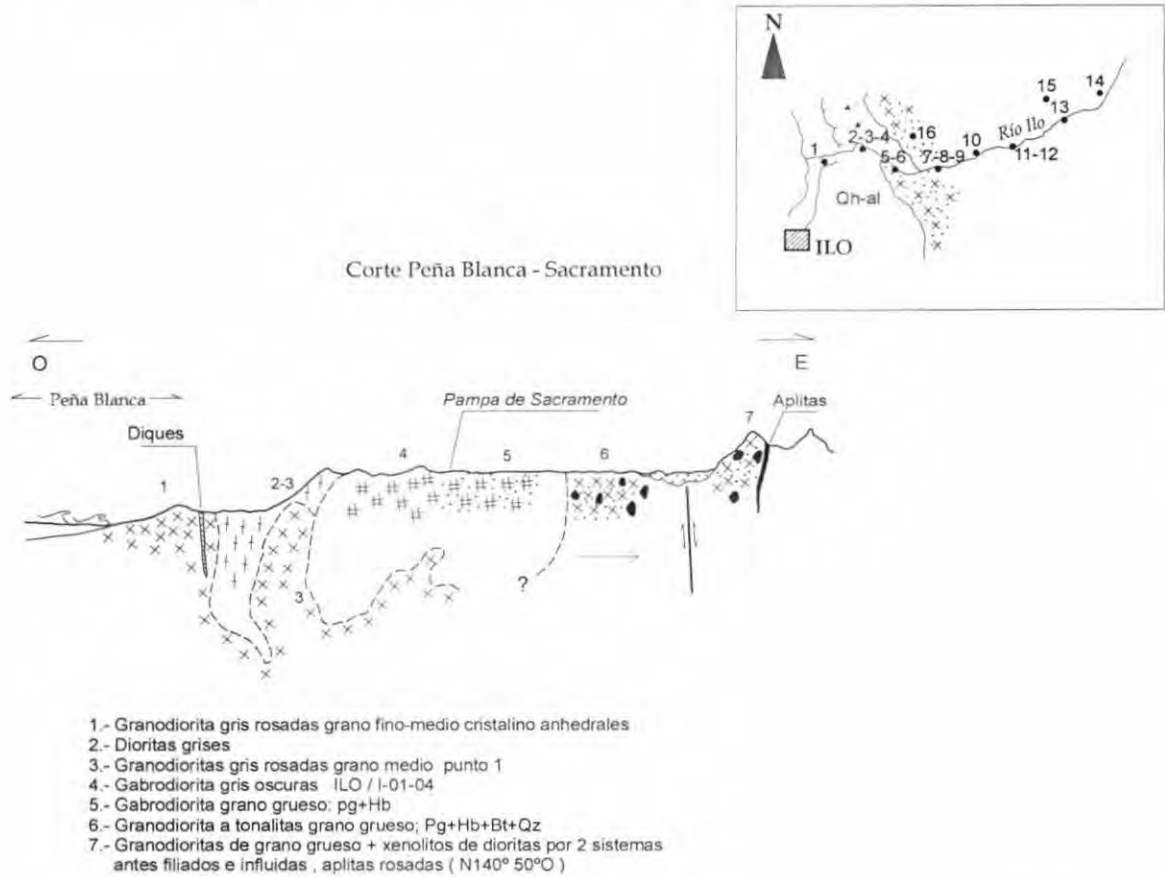
Muestras tomadas: Ilo/I-01/10 – 04

Punta Coles (Pozo de Lisa y Cata-Cata)

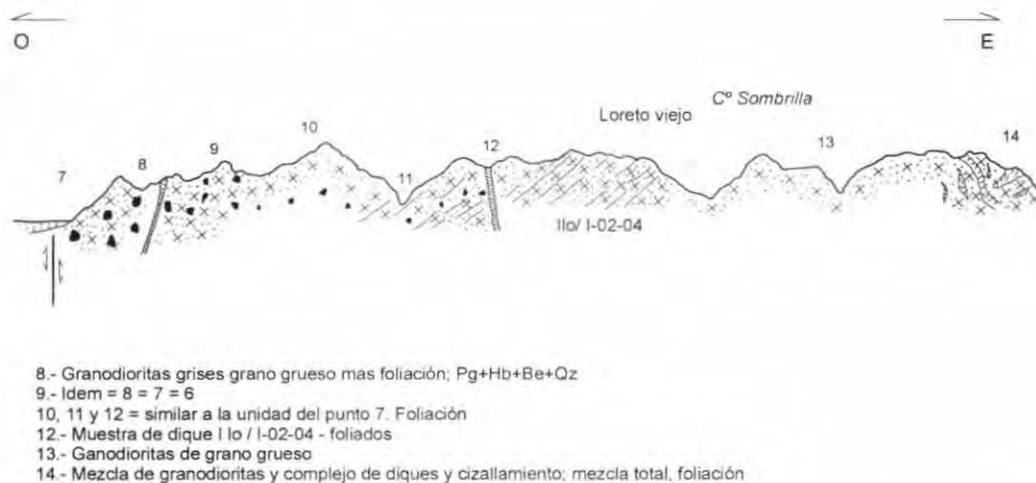
- Dioritas grises oscuras, de grano grueso **(Ilo/I-11-04, Ilo/I-12-04)**

Puerto de Ilo – Dirección Norte

- 1-Dioritas grises y diques gris oscuros y diaclasamiento se encuentran asimilado por granodioritas grises claras equivale a la S.U. Punta Coles



Continua...



- 2-Dioritas grises bastante meteorizadas, afloran cerca de la linea de costa, tiene facies de granitos claros en estructura bandeada, el

diacclasamiento predominante es NE-SO, equivale a la S.U. Punta Coles (Ilo/I-13-04)

- 3-Dioritas grises de grano grueso a medio atravesado por diques gris oscuros y piritita diseminada de grano fino con promedio de 50 cm de grosor
- Complejo de xenolitos cerca de la zona de bordura, el dique es claro, algo granítico y posiblemente represente fluidos terminales de la cámara magmática
- 4-Dioritas grises de grano fino (Ilo/I-14-04)
- 5-Dioritas y Monzonitas claras diacclasadas e intrusiones de diques graníticos claros, S.U. Punta Coles
- 6-CBC; esquistos lepidoblasticos muy cizallados

Corte C° Blanco – C° Canicora

- 1- Granodioritas con fenocristales de hornablenda y biotitas, equivalente a la S.U. Ilo (Ilo/I-15-04)
- 2- Granodioritas de grano grueso (Ilo/I-16-04)
- 3- Granodioritas de fenocristales de biotita y cuarzo la presencia de hornablenda es minima (Ilo/I-17-04)

Travesía C° Alto las Salinas – C° Huaca Luna

- 1-Afloramiento de sedimentos cuaternarios y de tipo aluvional, los sedimentos eólicos están restringidos
- 2-Intrusivos de grano medio-fino alterados por cuerpos mineralizados de Fe y trazas de crisocola y malaquita formando estructura vetiformes, siendo aparentemente un deposito de Fe
- 3-Granodioritas grises (Ilo/I-18-04)
- 4-Granodioritas grises de grano grueso, diques de posibles gabrodioritas de grano fino y de 2 a 3 cm de grosor, muestra de estos diques (Ilo/I-19-04)
- 1-Granodioritas grises grano medio. Asignado a la S.U. Ilo
- 2-Intrusivos subvolcánicos grises porfíricos, fuerte alteración hidrotermal, hematita, arcillas, epidota y filones de hematita, intruye cuerpo subvolcánico grises, porfíricos de feldespatos rosados a anaranjados encerrados en una matriz fina (Ilo/I-20-04)
- 3-Subvolcánico gris oscuro silicificado, posiblemente sea asignado a la Formación Chocolate. (Ilo/I-21-04)
- Muestras obtenidas para análisis por PIMA: Ilo/I-22-04, Ilo/I-23-04 y Ilo/I-24-04

Punta Alfarillo

- Subvolcánicos grises de grano medio a fino. Ilo/I-25-04 y Ilo/I-26-04
- Granodioritas grises, holocristalinas, inequigranulares, biotitas y esporádicas hornablendas, el Qz posiblemente > 15%. Lo/I-01-04

Playa Caleta - Meca Grande

- Lavas grises y piroclastitas (toba-lapilli) y diques grises con rumbo N-S/35°E, diaclasas: N15°/65°NO, asignados a la Fm. Chocolate.
- Muestras tomadas: Lo/I-02-04 (AQ), Lo/I-03-04, Lo/I-04-04, Lo/I-05-04 y Lo/I-06-04

C° Calvario

- Areniscas y limolitas rojas y verdes bien estratificadas en estratos medios a delgados, Rb: N70°/20°NE, se intercala niveles de lavas porfíricas
- Coladas lávicas grises en estratos medios, suprayacen a brechas volcánicas asignadas a la Fm. Chocolate. (Ly/I-03-04)

C° Punta Colorada

1-Areniscas grises bien estratificadas con restos fósiles Ly/I-04-04 y Ly/I-05-04

La Cantera – Norte de Vila Vila

- Calizas grises oscuras en estratos gruesos (mayores a 1 m), intercalado con areniscas claras con undulitas, Ly/I-06-04 y Ly/I-07-04

Boca de Río – C° Chombo

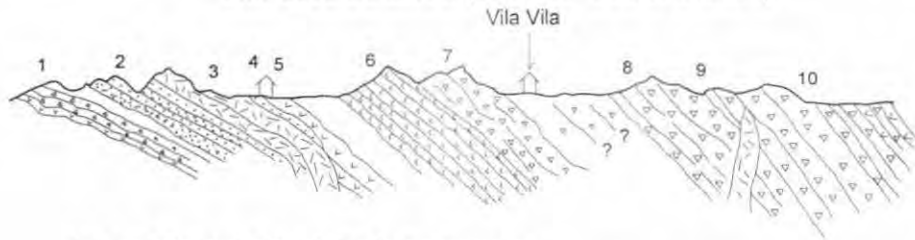
- Cuerpos subvolcánicos, gris verdosos. Lavas pardo-violadas, areniscas y microconglomerados, se alternan esporádicas calizas. (Ly/I-08-04, Ly/I-09-04)
- Lavas grises porfíricas, cristales medios de plagioclasas, estos niveles se incrementan e las secuencias superiores. Niveles de areniscas bien estratificadas están desarrollados mayormente en los niveles inferiores. En el ultimo tercio superior se asocian a los niveles volcánicos, alteraciones de Fe (hematización-limonización), de alta densidad, en un radio de mas de 200 m. (Ly/I-10-04)

Sección Litoestratigráfica generalizada Vila-Vila –Punta Gentilar

- 1-Niveles de lavas y brechas volcánicas grises a marrones en estratos medios a gruesos, monomícticos
- 2-Areniscas silicificadas pardas de grano fino a grueso, presencia de niveles con guijas rojas, estratificación ondulada y ondulitas. Cortan diques gris oscuros (Ly/I-12-04)
- 3-Subvolcánico gris ,macizo de grano medio a fino, holovitreo, conforme a la estratificación (Ly/I-13-04)
- 4-Areniscas verdes bien estratificadas y niveles volcánicos.
- 5-Lavas gris a tonos rojos de grano fino, macizas. Estratificación incipiente
- 6-Ignimbritas pardo – anaranjadas, bien estratificadas + estructuras en fiamme?, niveles de lavas rosadas. (Ly/I-02-04)
- 7-Brechas volcánicas monomícticas con clastos de variados tamaño (10-20 cm), angulosos de colores grises a verdes
- VILA-VILA
- 8-Brechas volcánicas monomícticas, mal estratificadas, angulosos
- 9-Brechas grises oscuras cortados por diques grises afaníticos

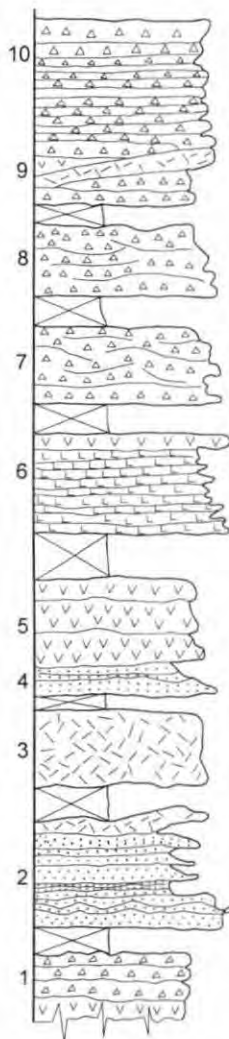
- 10-Brechas grises, ligeramente estratificadas, clastos subredondeadas a angulosos con matriz volcánica porfírica.
- 11-Lavas grises afaníticas
- 12-Areniscas pardas, en estratos delgados, limolitas grises, bien estratificados, ondulitas. Intruyen placolitos grises afaníticos
- 12-Areniscas grises y limolitas, algo calcáreas, silicificadas, estratos delgados con bioturbación en los planos de estratificación
- 13-Ignimbritas grises?, foliadas siendo posible que sean subvolcánicos con alto grado de cizalla y meteorización(Ly/I-14-04). Placolitos grises de textura afanítica
- 14-Areniscas y limolitas en estratos delgados, bien estratificados (<10cm grosor), algo silicificados por presencia de sills (Ly/I-15-04, Ly/I-16-04).
- 15-Areniscas pardas en estratos delgados (<10 cm), bien estratificados, paralelo(Ly/I-16-04, Ly/I-17-04). Diques (subv.)
- 16-Areniscas grises de grano fino. Disturbados y estructuras contorsionadas (slumping), en areniscas rojas (Ly/I-18-04).
- 17-Areniscas finas grises, en estratos delgados, ondulantes, silicificados, estratificación ondulada. Diques grises afaníticos (Ly/I-19-04, Ly/I-20-04).
- 18-Areniscas y limolitas grises en estratos gruesos. Se intercalan en los niveles inferiores; areniscas rojas bien laminadas, estratificación paralela intercalada con areniscas grises con estratificación ondulada y grosor medio (Ly/I-21-04, Ly/I-22-04).
- PEAJE
- 19-PUNTA GENTILAR
- 20-Subvolcánico porfírico gris, cristales de plagioclasas. posible "Neck" de emisión, intruye a niveles de areniscas rojas laminadas disturbándola y plegándola ligeramente,
- 21-Brechas volcánicas subangulares englobados en matriz volcánica poco reconocible, los clastos varia entre 10 y > de 1 m de diámetro cuya litología es similar al cuerpo Subvolcánico anterior. Intersectan diques que cortan a las brechas y subvolcánicos
- Brechas volcánicas grises, siguen lavas andesito – basálticas en estructuras tipo "Pillow" muy mineralizados por vetillas de yeso que emergen de los sectores basales de los flujos lavicos. Diques afaníticos. (Ly/I-23-04) (subv.)
- Brechas volcánicas grises, alterados. Diques afaníticos
- 22-Subvolcánico porfírico (Ly/I-24-04), gris a marrón, cristales de plagioclasas en matriz fina y presencia de máficos posiblemente hornablenda. Ligera disyunción columnar con algo de mineralización, se encuentra estratificados con niveles de areniscas finas grises y brechas volcánicas grises muy meteorizados. Diques subv.
- 23-Areniscas grises de grano fino con laminación
- 24-Areniscas grises, bien estratificadas, algunos niveles laminados. Presencia de yeso entre los planos de estratificación resultando en cizalla y deformación posterior.
- Subvolcánicos porfíricos grises que asimilan bloques de posibles calizas y limolitas silicificadas "chert", subverticales de colores abigarrados, ondulante y de grosor medio a delgado.
- 25-Brechas volcánicas con estratificación en canales?, granodecreciente. Subvolcánicos porfíricos grises (Ly/I-25-04).

SECCION LITOESTRATIGRAFICA VILA VILA - PUNTA GENTILAR
Fm. CHOCOLATE (TRAMO COSTANERA)



- 1.- Lavas y brechas volcánicas grises a marrones.
- 2.- Areniscas finas y gruesas color parda silificada y cortadas por placolito gris verdoso, a lo largo de los planos de estratificación. Ly/I-12-04
- 3.- Intrusivo subvolcánico holohialino gris verde, macizo conforme a la estratificación se intercalan finalmente con areniscas gris verdosas bien estratificadas. Ly/I-13-04
- 4.- Areniscas verdes bien estratificadas y niveles de limolitas rojas.
- 5.- Lavas grises verdes afaníticas, mal estratificadas.
- 6.- Fácies Ignimbríticas rosadas, bien estratificadas, con textura fiamme. Ly/I-02-04
- 7.- Brechas volcánicas monomíticas angulosas gris verdosas.
- 8.- Brechas volcánicas gris oscuras, macizas mal estratificadas, monomíticas.

COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA ESQUEMATICA

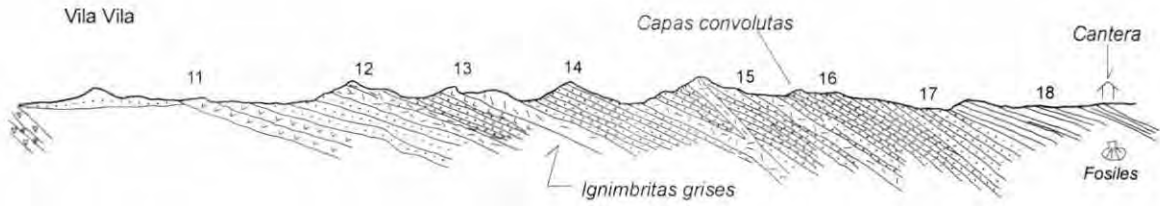


- 10.- Secuencia de brechas grises, algo estratificadas subredondeadas a angulares con matriz volcánica
- 9.- Brechas grises oscuras cortan diques grises
- 8.- Brechas volcánicas monomíticas mal estratificadas con clastos angulosos
- 7.- Brechas volcánicas monomíticas de variado tamaño angulosos de colores grises a verdosas
- 6.- Ignimbritas pardo anaranjadas bien estratificadas, estructuras fiamme, termina en niveles de lava rosada muy soldada Ly/I-02-04
- 5.- lavas grises rojas grano fino, macizo mala estratificación
- 4.- Areniscas verdes bien estratificadas, niveles de lavas grises
- 3.- Cuerpo subvolcánico gris, macizo de grano medio a fino conforme a la estratificación Ly/I-13-04
- 2.- Niveles de areniscas silificadas pardos granos finos mas arenas gruesas Ly/I-12-04
- 1.- Niveles de lava y brechas volcánicas grises a marrones en estratos medios a gruesos, monomíticos



Fig. IV-3

SECCION PERFIL VILA VILA - PUNTA GENTILAR (Continua...)



- 11.- Lavas volcánicas grises afániticas mas homablenda sobreyacen areniscas pardas, niveles de limonitas grises bien estratificadas, ondulantes y en estratos delgados
- 12.- Areniscas grises, limolitas y chert?, bioturbación. Estratos delgados y contacto ondulante
- 13.- Placolitos y areniscas bien estratificadas paralelas, ignimbritas grises Ly/I-14-03
- 14.- Secuencias de areniscas y limolitas grises bien estratificadas, estratos ondulantes Ly/I-15-04 y Ly/I-16-04
- 15.- Areniscas mas limolitas grises y pardas bien estratificadas (<10cm.)
- 16.- Areniscas grises finas en estratos delgadas ondulantes cortadas por placolitos y diques (N60°O) Ly/I-17-04
- 17.- Areniscas grises Ly/I-18-04
- 18.- Areniscas rojas bien estratificadas Ly/I-19-04 y Ly/I-20-04

COLUMNA LITOSTRATIGRAFICA ESQUEMATICA

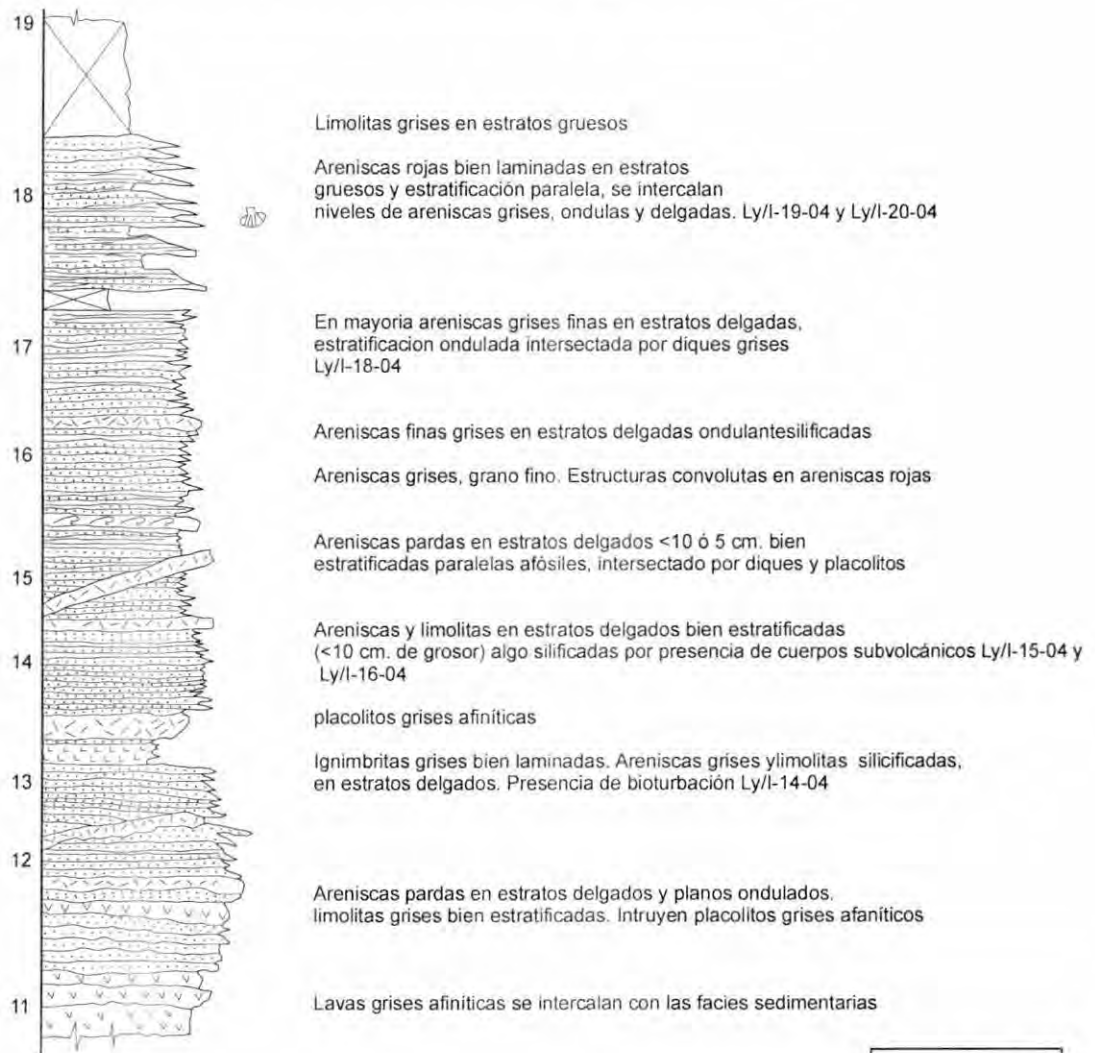


Fig. IV-4

Nov - 2004
E...
216

SECCION PERFIL (Continuación...)



20.- Cuerpo subvolcánico porfírico gris que intruye a areniscas y pelitas rojas, siguen brechas distales polimícticas con clastos de subvolcánicos y areniscas subangulosas

21 Brechas volcánicas en estratos gruesos, clastos angulosos. Niveles con estructuras almohadilladas, mineralizadas con yeso y calcita Ly/I-23-04

22.Cuerpo subvolcanico porfírico gris, disyunción columnar, mineralizado con pirita Ly/I-24-04

23.Cuerpo subvolcánico, porfírico intruyendo a secuencias de areniscas grises finas

24. Areniscas grises, en estratos medios bien estratificadas

25.Brechas volcánicas grises a verdes, estructuras en canales Ly/I-25-04

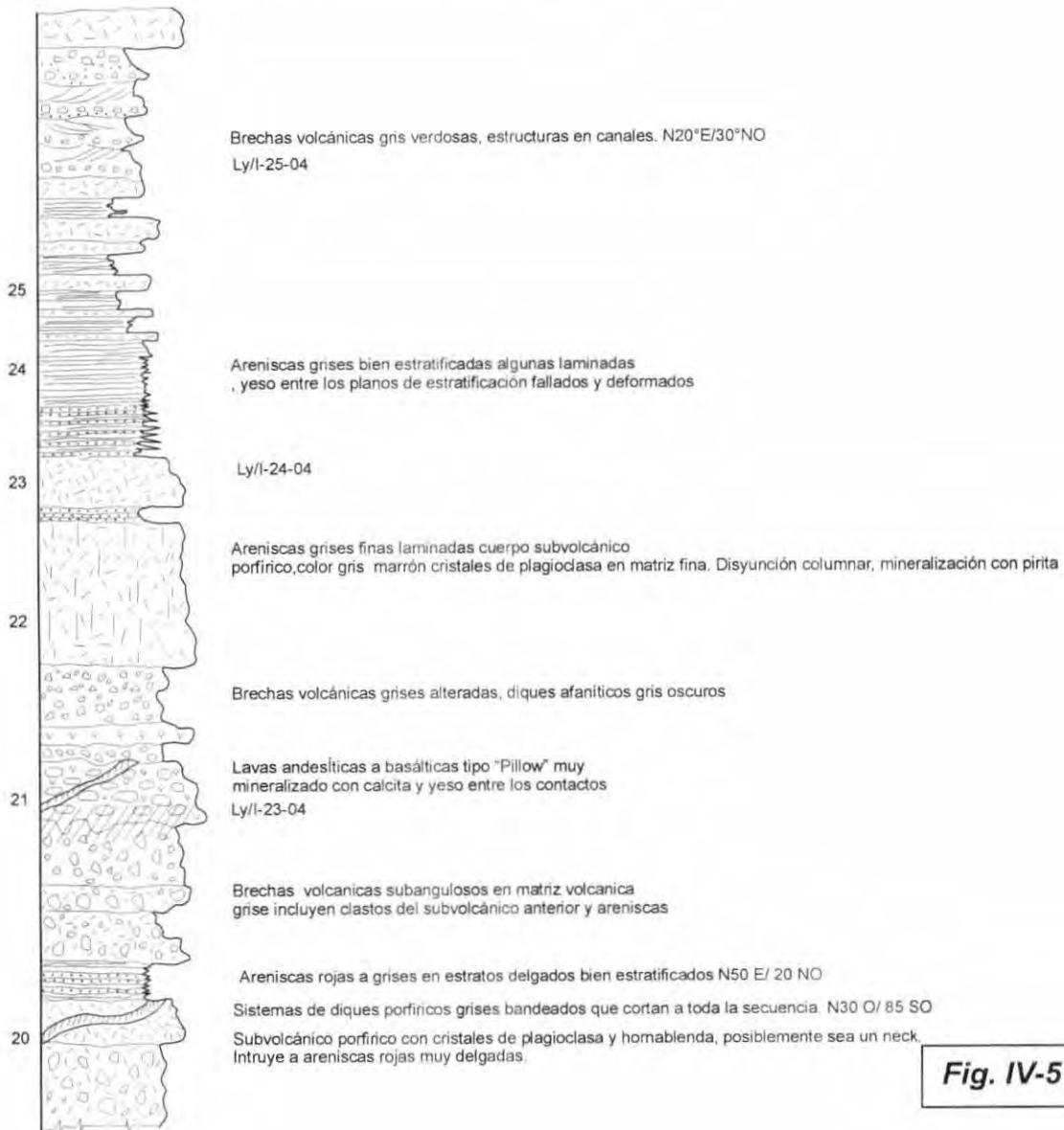


Fig. IV-5

Elementos mayores

El diagrama TAS, muestra para la **Formación Guaneros** composiciones desde andesitas basálticas, andesitas y traquidacitas pertenecientes al propio arco (La Yarada, Ilo, Locumba) las composiciones mas diferenciadas (dacitas-traquidacitas) solo están próximo al area de Clemesi. El índice de diferenciación SiO_2 se encuentra entre 52 a 68% con fuerte campo subalcalino y de marco calcoalcalino (AFM). Algunas muestras aflorantes en la Yarada muestran tendencias toleíticas poco diferenciadas (Qda el Bronce- SO de Clemesi). En Boca de Rio facies de Ignimbritas (Ly/I-02-04) intercaladas entre lavas y brechas muestran composiciones dacíticas (68% de SiO_2), estos flujos piroclásticos soldados son rosados y representan verdaderos intervalos de diferenciación magmática de la fuente, es posible que se hayan depositado en condiciones marinas someras. Se ha planteado las **superunidades Yarabamba y Ilo y Punta Coles** en el diagramas TAS para sugerir las afinidades químicas con las volcanitas, se observa para Punta Coles composiciones similares a las facies menos diferenciadas de Guaneros y la Superunidad Ilo con tendencia a las facies de Ignimbritas y lavas andesíticas (ver Fig. IV-1).

Los diagramas Harker muestran una correlación buena en los índices de $MgO-Al_2O_3-CaO$, Fe_2O_3 y Al_2O_3 , en la misma sección levantada de las playas entre Vila Vila y Punta Gentilar, se observa una disminución de los máficos ($Fe_2O_3 + MgO$) entre 50 y 60% de SiO_2 que se estabiliza hasta el 70%, esto demuestra la diferenciación de silicatos (feldespatos) mientras se empobrecía el liquidus en anfíboles o piroxenos (ver Fig. IV-2). Asimismo se verifica las mismas características en los cuerpos intrusivos: siendo Punta Coles menos diferenciado que Ilo y mas afín a Yarabamba. ver Fig. IV-06/07)

Elementos tierras raras (REE)

Los análisis de elementos traza fueron normalizadas la condrita (**Nakamura, 1974**) y muestran las siguientes características:

La Formación Guaneros en La Yarada muestra buena correlación entre las muestras, esto indica un cogenetismo similar y cristalización fraccional continua. La mayoría no presenta anomalía negativa de Eu, interpretándose como poca cristalización de plagioclasa en la fuente principal. Las pendientes (La/Yb)_N están entre 5-12. En Ilo los datos muestran poca correlación en las tres muestras con enriquecimiento en LREE en relación a HREE. Las anomalías de Eu son negativas y positivas en algunos casos que indican variación en la fraccionación o no plagioclasa. Los intervalos de La/Yb_N varían de 4-10. En la Clemesi y Locumba La unidad Guaneros presenta buena correlación de pendientes con ligero incremento de LREE en Locumba, las relaciones La/Yb_N varían entre 5-9 (Clemesi) y 5-13 (Locumba), esto supone una afinidad con firma mantelica en un marco de poco grosor cortical. Las unidades intrusivas de Punta Coles e Ilo muestran cogenetismo entre ellas, Punta Coles de Ilo muestra menos fraccionamiento: La/Yb_N entre: 3-6, en comparación con la Unidad Ilo: La/Yb_N entre: 5-13. esto supone una variación geoquímica y espacial de la evolución magmática desde el jurásico inferior al cretáceo inferior. Si se compara con una muestra de la unidad Yarabamba se notara una afinidad con la Unidad Ilo, incluso las anomalías de Eu, son prácticamente ausentes. Para la mayoría de las muestras están sobre 10 veces el manto, lo cual

sugiere que no había condiciones de presión y temperatura para formar granate, deduciendo que existía una corteza continental delgada. ver Fig. IV-08)

Diagramas Multielemental (LILE / HFSE)

Multielemental: (Spider). Estas fueron normalizadas al manto primitivo. Tanto los espectros de la unidad Guaneros aflorantes en Clemesi, Ilo y La Yarada muestran una subducción (Margen Convergente) con altos contenidos en *Rb*, *K*, *Th* y *Ba* (LILE) y bajos valores en *Nb*, *Zr*, *Ti*, y HFSE. La anomalía negativa de *Nb* que es mayor que "1" esta presente en todas las unidades muestreadas (WILSON, M. 1995., WINTER, J. D 2001). La anomalía de *Pb* es positiva para las unidades Guaneros e Ilo y Yarabamba, mas no para Guaneros de Locumba y parte de Ilo, es posible que sea producto de una contaminación cortical o alteración sobre impuesta. En general los espectros muestran una huella de margen convergente y tanto Guaneros como los cuerpos intrusivos corresponde a un mismo marco tectónico. Note también la anomalía negativa en *Zr* en las unidades Punta Coles e Ilo, esto podría sugerir magmas menos diferenciados y afines al manto?.

Los enriquecimientos en *Th* y *U* (>10 veces el manto) son típicos de magmas originados en la corteza continental superior?, pero dada sus características petrográficas y químicas es mas probable que sea debido a contaminación en estos elementos. ver Fig. IV-09)

Discriminantes: *Zr/Y vs Zr* (PEARCE & NORRY, 1979), se observa que las muestras de la Fm. Guaneros caen en el campo de arco continental (alta concentración de la relación *Zr/Y* y *Zr*) salvo algunas muestras de la unidad Punta Coles e Ilo? Que caen en un arco oceánico. Pero el discriminante *Nb vs Y* y *Rb vs Y+Nb*, muestra bien los campos para estas unidades entrando todas en el sistema Arco volcánico contemporáneo a la subducción. ver Fig. IV-10)

El diagrama *Th-Hf/3-Nb/16* (WOOD, 1980) y *La/10-Y/15-Nb/8* (CABANIS & LECOLLE, 1989), muestran para las unidades Jurasicas un componente de arco volcánico y calcoalcalino respectivamente, este ultimo muestra una transición un marco continental? ver Fig. IV-10)

Diagramas TAS - AFM de las unidades Guaneros, Punta Coles, Ilo y Yarabamba

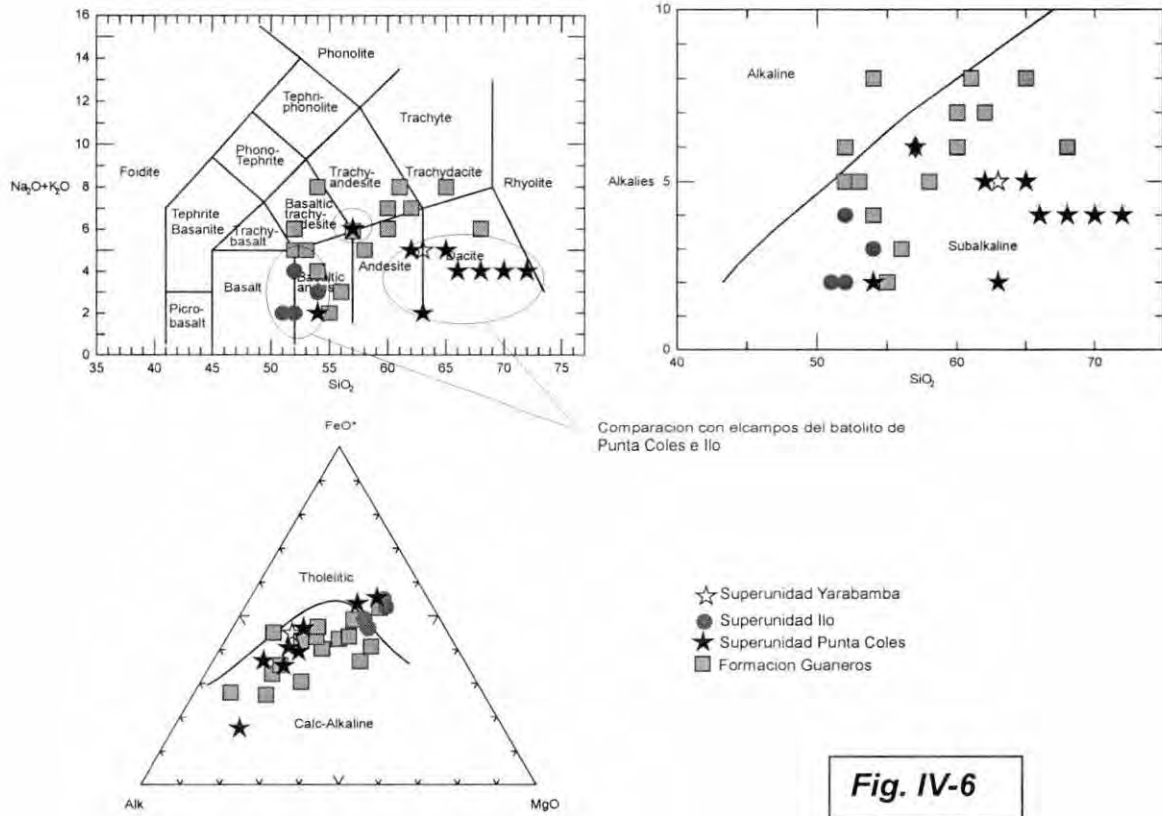


Fig. IV-6

Diagramas Harker, Unidades Guaneros, Punta Coles, Ilo y Yarabamba

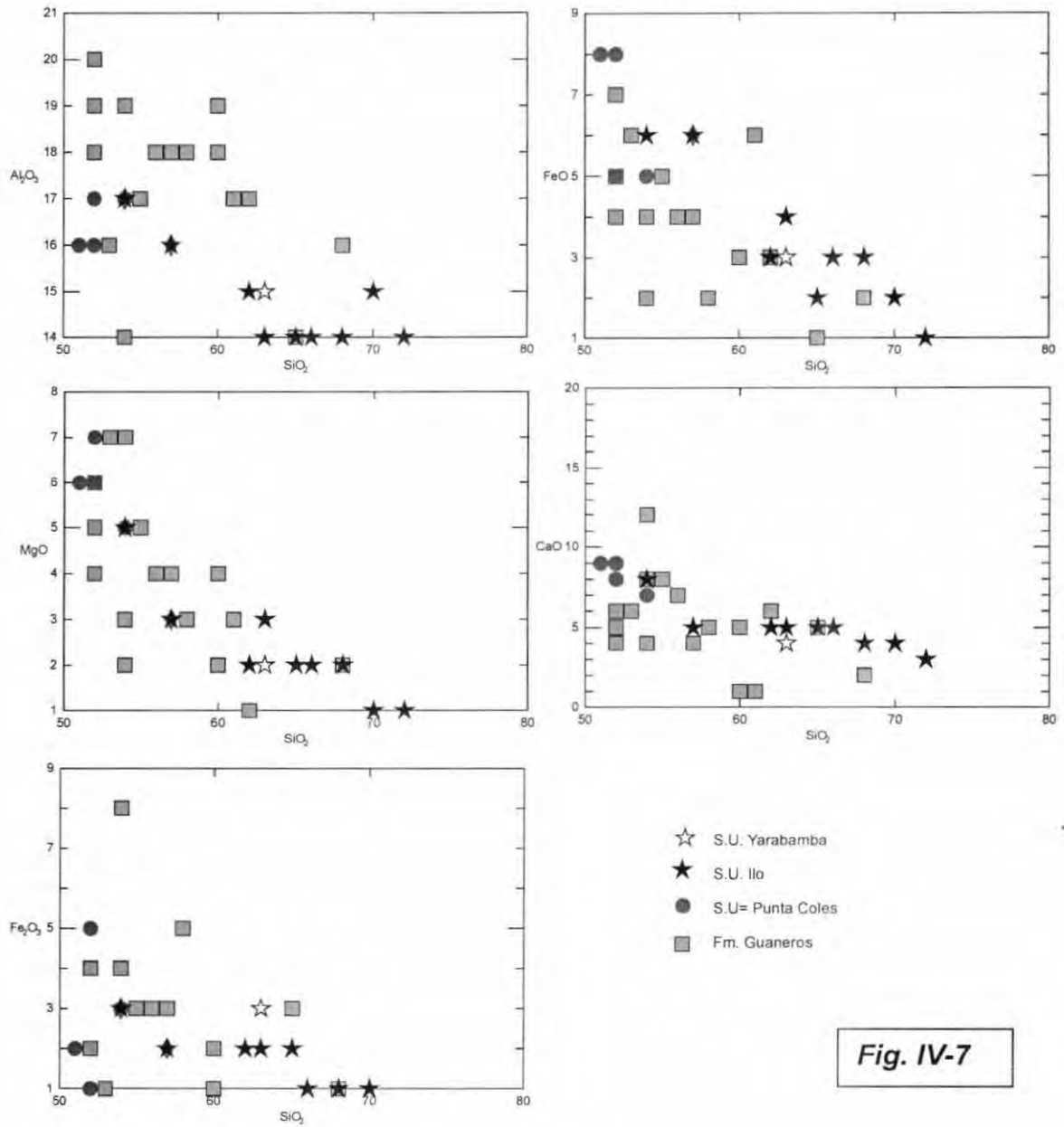
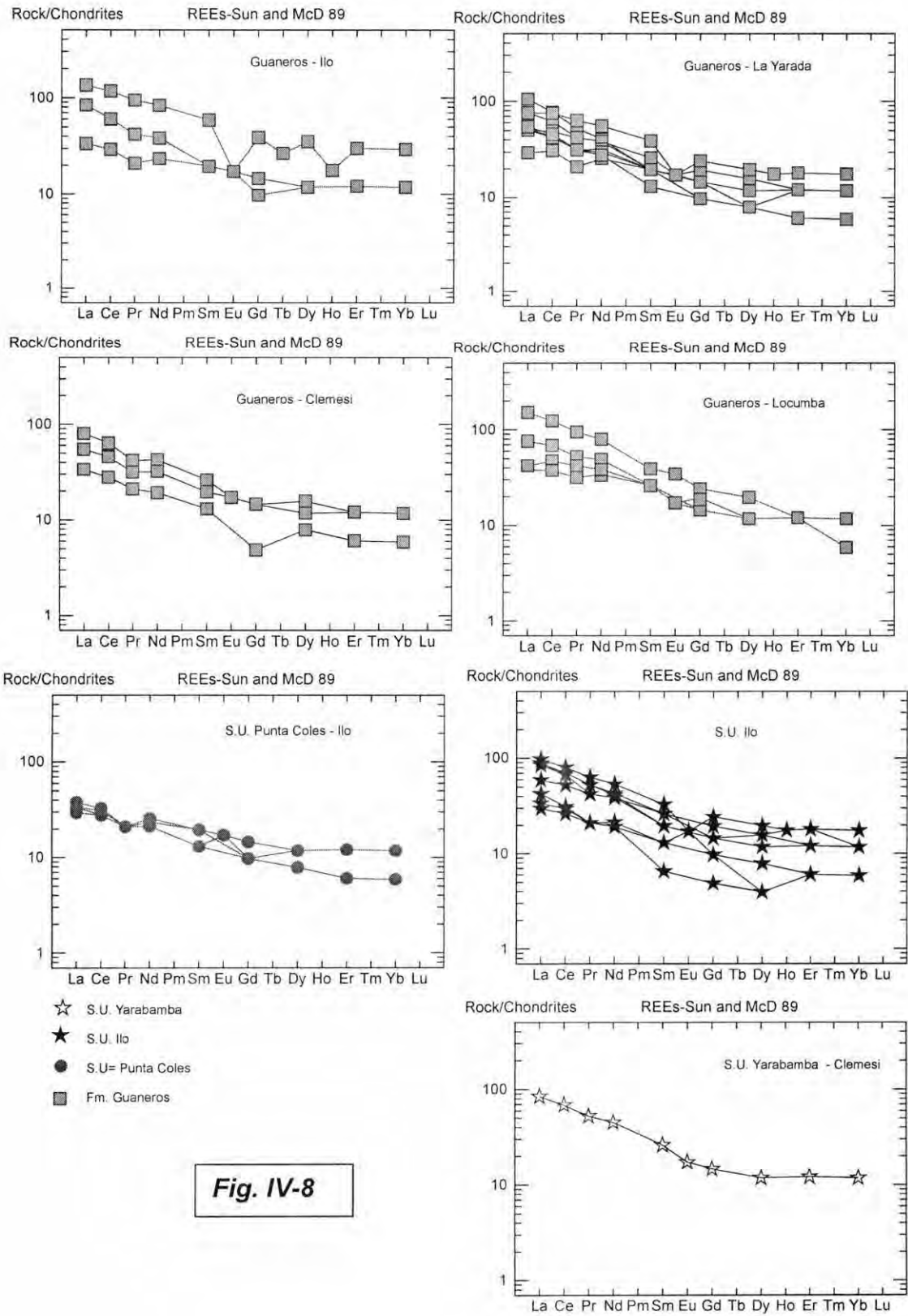


Fig. IV-7

Diagramas REE de las unidades Guaneros, Ilo, Punta Coles y Yarabamba



Diagramas Multielementales de las unidades Guaneros, Ilo, Punta Coles y Yarabamba

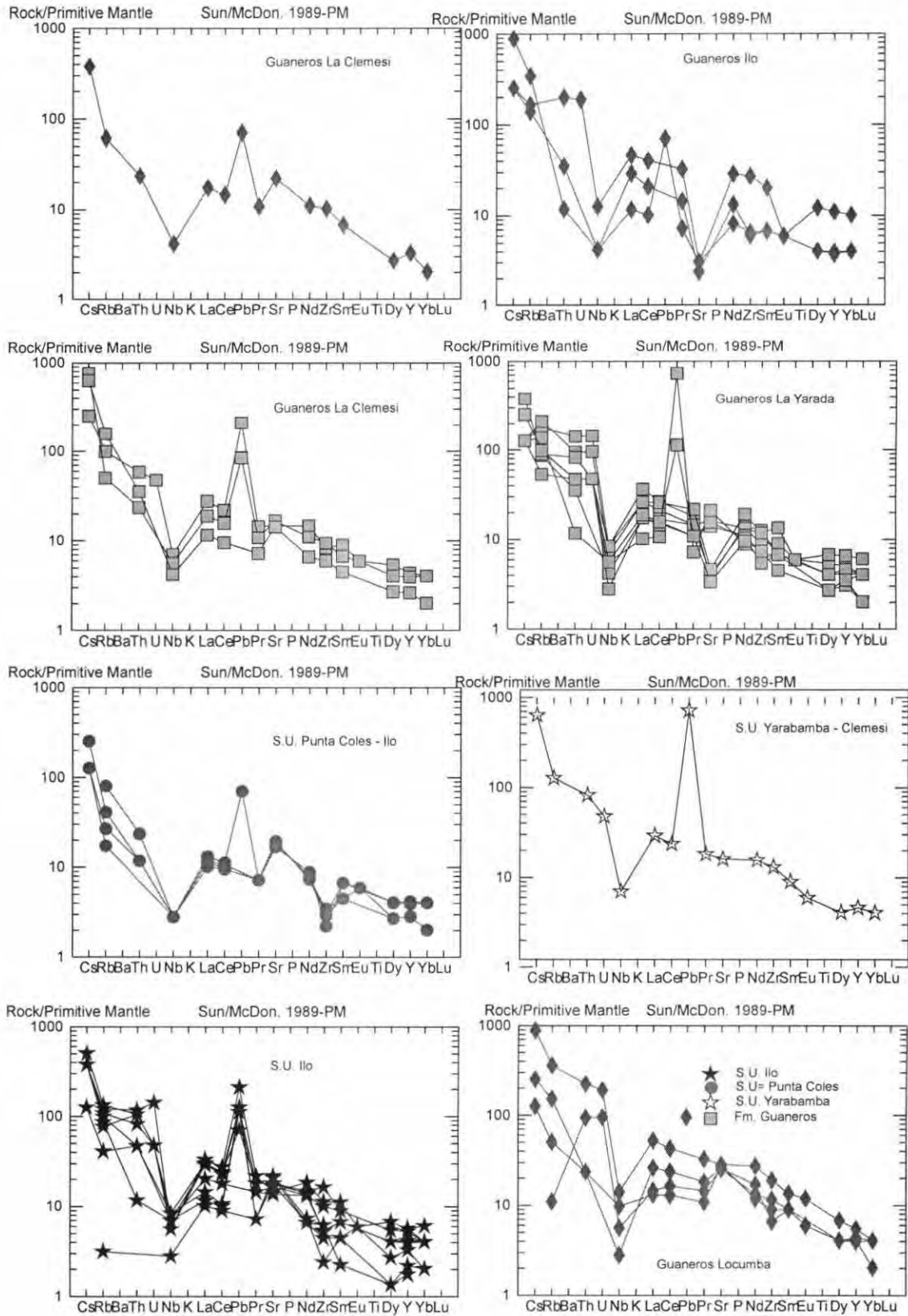
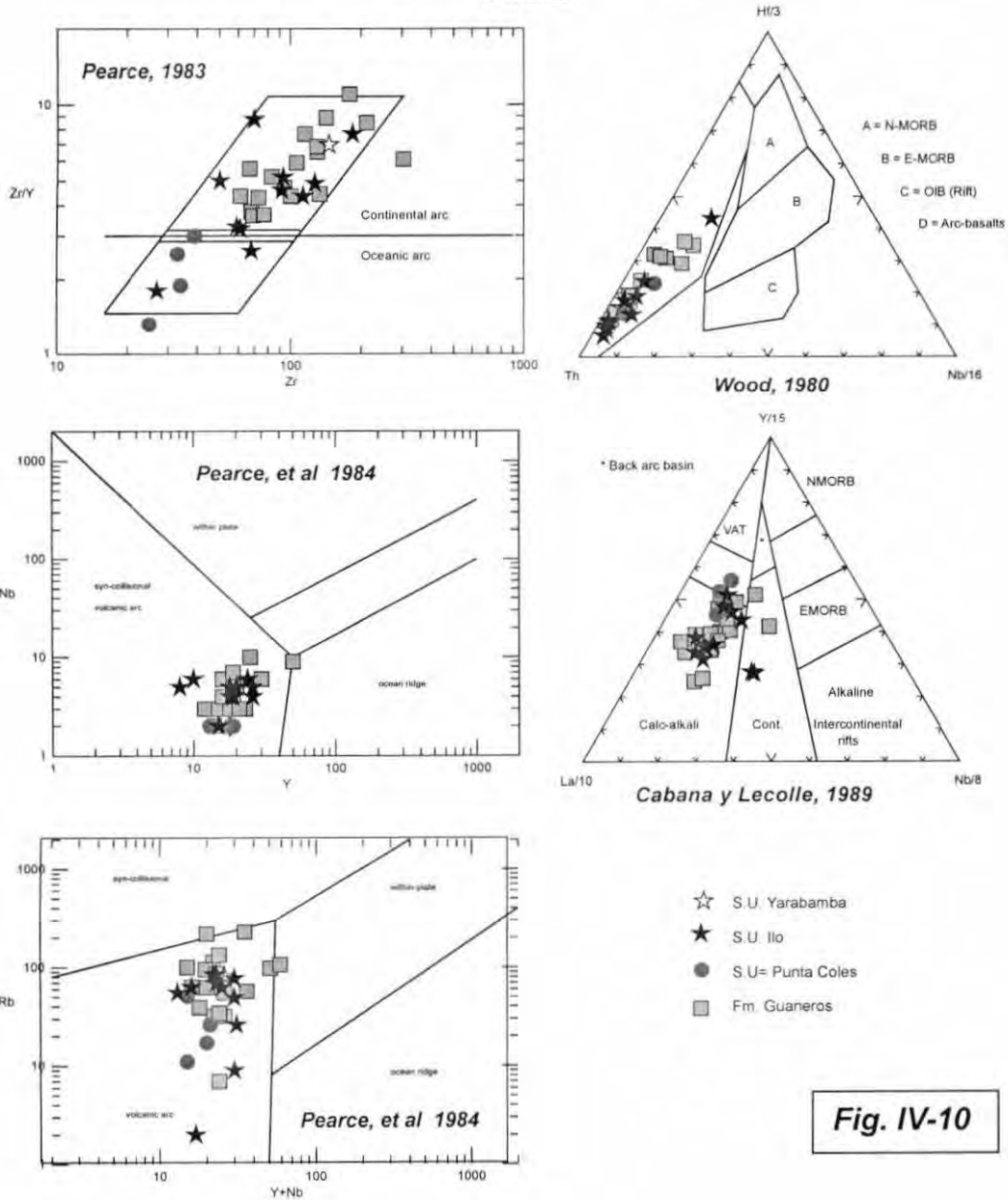


Fig. IV-9

Diagramas discriminantes de las Unidades Guaneros, Punta Coles, Ilo y Yarabamba



Síntesis General

8.1 FORMACIÓN CHOCOLATE: UN MAGMATISMO DE ARCO EMPLAZADO EN UN RIFT DEL PERMIANO MEDIO?⁹

La Formación Chocolate expuesta entre las ciudades de Arequipa y Tacna, esta localizado en la Cordillera Occidental del Sur de Perú. Esta Unidad litoestratigráfica fue mencionada inicialmente en Arequipa por JEKNS (1948) el cual lo describió como "Volcánicos Chocolate" de edad Jurásica. Es una sucesión de volcanitas, areniscas, conglomerados y calizas fosilíferas de edad Sinemuriana. En Tacna fue cartografiada como "Formación Junerata" por WILSON Y GARCÍA (1962) y posteriormente uniformizado como Formación Chocolate (MONGE Y CERVANTES, 2000). Estudios posteriores sugieren que dichas secuencias pueden llegar hasta el Carbonífero (PINO ET AL 2004, SEMPERE ET AL 2002, 2004). Es el volcanismo Chocolate producido en el Permiano medio, significar un primer pulso de adelgazamiento litosférico, y el inicio del rift permiano que dio origen al volcanismo Mitu?

Cuadro 1. Carta de evolución estratigráfica

CRONO-ESTRATIGRAFIA	REGION DE AREQUIPA		REGION DE TACNA			
	Jenks 1948	Wilson y García 1962	Monge y Cervantes 2000	Pino et al., 2004	Presente Estudio	
JURASICO Inferior	Fm. Chocolate	Formación Junerata	Fm. Chocolate	Formación Pelado	Formación Pelado	
JURASICO Medio		Fm. Machani				Formación Chocolate
PERMIANO Inferior				Formación Junerata		Grupos Tarma-Copacabana
CARBONIFERO Inferior			Grupo Cabanillas	Grupo Ambo	Grupo Ambo	Grupo Ambo
DEVONICO				Formación Machani		Grupo Cabanillas
COMPLEJO BASAL DE LA COSTA						

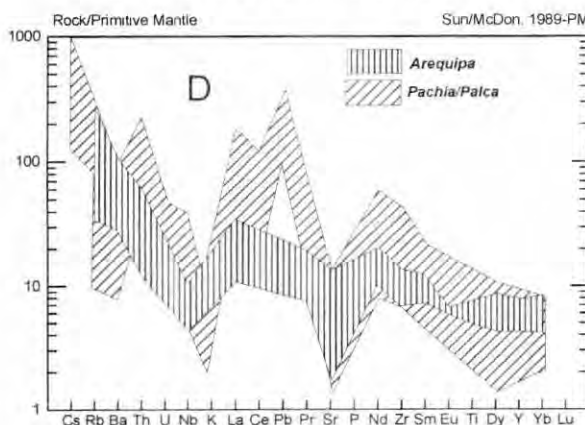
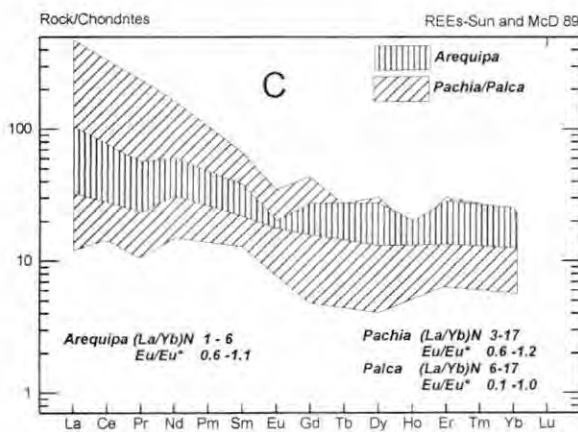
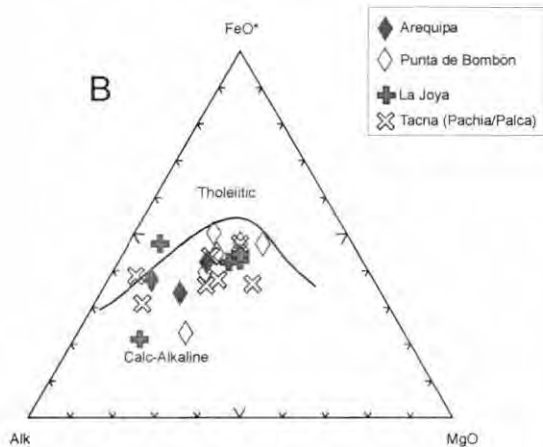
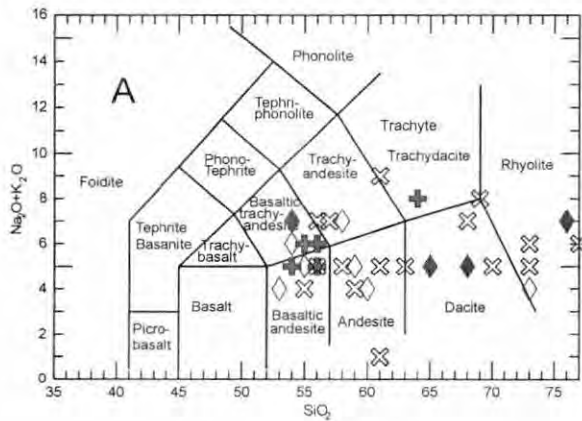
RELACIONES ESTRATIGRÁFICAS

En Arequipa (río Sihuas-Murco), la base de la Formación Chocolate se encuentra sobre el Complejo Basal de la Costa (CBC), e infrayace a facies carbonatadas asignadas a la Formación Socosani del Jurásico medio. En Tacna (Pachia/Palca) esta unidad sobreyace conforme a facies clásticas asignadas al Grupo Ambo (PINO, ET AL 2004, SEMPERE, ET AL 2002, 2004), e infrayace en igual relación

a la Formación Pelado de edad Sinemuriana. Basándose en estas relaciones de conformidad tectónica, el volcanismo Chocolate tendría sus inicios en el Carbonífero. Una revisión lito-bioestratigráfica mencionada en este estudio (Palca), demostró que no solo estaba presente el Grupo Ambo sino también los Grupos Tarma y Copacabana, aflorando en una sección posiblemente condensada de 80 m. Estos descubrimientos elevan el inicio del magmatismo Chocolate a nivel del Permiano medio (ver cuadro 1). En la Zona de Arequipa es probable dada la similitud

⁹ Modificado del trabajo presentado al Simposium de Geodinámica Andina: ISAG-2005

litoestratigráfica con la zona de Tacna, que también esta unidad abarque un tiempo entre el Permiano medio y el Jurásico inferior.



LITOLOGÍA Y GEOQUÍMICA

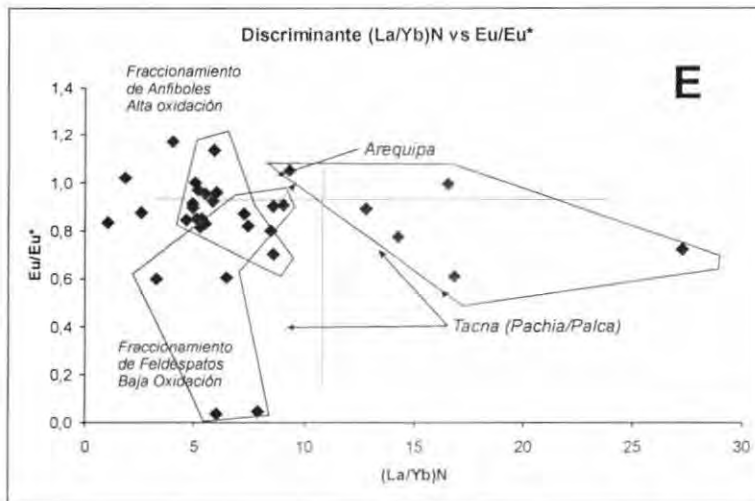
Lo más notable de la Formación Chocolate es la sucesión de flujos piroclásticos, lávicos y subvolcánicos asociados. En general la base comienza con flujos lávicos grises de Basaltos y Andesitas Basálticas así como piroclastitas riolíticas (Fig. A). La presencia de lavas almohadilladas (Tacna/Palca) son característicos en los niveles intermedios y finales de la secuencia, se intercalan gruesos niveles de ignimbritas con textura fiamme y soldadas.

Los estudios petrográficos y geoquímicos anteriormente mencionados en diferentes sectores, muestran que son producto de un magmatismo calco-alkalino (Fig. B), de tipo Basálto/Andesita, pasando por Andesitas, Dacitas y Riolitas. La depositación fue en ambientes marinos (almohadillas y chert) y en parte continental (piroclastitas?). Existen muchos niveles hialoclásticos próximo a la depositación de facies carbonatadas del Jurásico inferior. Los análisis de REE muestran baja fraccionación de sus componentes incompatibles con La_N/Yb_N de 1-6 para Arequipa y 13-17 en la zona de Tacna (Fig. C y D). Los valores de Eu/Eu^* varían entre 0.1 y 1.1 mostrando alta fraccionación de feldespatos baja oxidación y en un sistema anhidro (Fig. E). Los datos geoquímicos muestran un marco tectónico de Arco Volcánico que produjo basaltos calco-alkalinos, así como intrusivos asociados. Anomalías de Pb-Zr y LILE son positivos y

enriquecidos respectivamente en la región de Pachia y Palca (Fig. D), mostrando que la influencia del CBC ha contribuido posiblemente en la contaminación de los magmas

CONCLUSIONES E INTERPRETACIONES PROPUESTAS

El volcanismo Chocolate es calco-alkalino de tipo Arco Volcánico y con diferentes fraccionamientos de La_N/Yb_N entre Arequipa (1-6) y Tacna (6-17). Esto sugiere la posibilidad que la corteza no era uniforme a lo largo del rumbo andino, o que el CBC haya jugado un papel importante en el aporte de elementos incompatibles, especialmente para la zona sur (Tacna). Esta última idea es menos probable ya que en las dos regiones el CBC aflora próximo a la línea del volcanismo Chocolate.



Las litologías abarcan basaltos hasta andesitas con algunos niveles riolíticos, la presencia de almohadillas y niveles de chert son asociados con ambientes de extensión litosférica.

La geoquímica reafirma un marco tectónico de Arco Volcánico y depositado bajo aguas marinas.

Las firmas geoquímicas evidencia dos tipos de magmas:

uno menos diferenciado al Norte (Arequipa) y otro más evolucionado al Sur (Tacna), los dos presentan poca presencia de granate en la fuente inicial lo que indicaría una relativa y variada corteza delgada (<40 Km.?). Dado que este magmatismo haya iniciado sus primeros eventos durante el Permiano medio, y posiblemente en un sistema tipo "Rift", sugiere que es producto de una anomalía geotérmica, produciendo un adelgazamiento litosférico con emisión de basaltos Calco-alkalinos, y que luego fue el precursor del "Rift" del Permiano superior en la Cordillera Occidental (Volcanismo Mitu). Algunos trabajos (JAILLARD ET AL: 1990), le atribuyen como un magmatismo de "Arco Continental", lo cual ya no es posible dado los criterios estratigráficos actuales (volcanismo submarino, sedimentos marinos y chert)

El origen de la anomalía geotérmica es discutido, pero es probable que sea producto de la fusión del manto litosférico, produciendo un Arco Volcánico en un ambiente de Arco insular?.

Posteriormente durante el permiano superior al Jurásico superior esta cuenca es rellenada con una gruesa sucesión sedimentaria de ambiente marino. Para el oriente (Cordillera Occidental y altiplano), el origen del rift (Permiano superior) es probable que sea producto de una pluma mantélica, y que en la actualidad es considerada como causante de la apertura de la corteza y rotura de los Continentes (WILSON, 1989).8.2 Geoquímica de las Unidades Jurásicas-Cretáceas en la Cordillera de la Costa (Punta de Bombón - La Yarada). Relación con los depósitos de Pórfidos de Cu y sistemas vetiformes

Basándose en los análisis geoquímicos efectuados en las unidades intrusivas y volcánicas del Arco jurásico, se realizaron estudios de los elementos de tierras raras (REE) con el fin de

discriminar cuerpos asociados a un tipo de mineralización. En este caso a lo largo de la faja costera entre Punta de Bombón y la Yarada, se encuentran emplazados varios prospectos de *posibles pórfidos de Cu (DPC)*, vetas y mantos de Fe, que presentan características distintas de acuerdo al marco estratigráfico, tectónico y geoquímicos de sus rocas. El arco jurásico-cretáceo esta representada por las unidades Guaneros, Punta Coles e Ilo, así como cuerpos subvolcánicos asociados a la Formación Guaneros. Los prospectos de DPC se encuentran asociados generalmente a cuerpos subvolcánicos de edad jurásica. Los sistemas vetiformes se encuentran al norte de La Yarada, presentando valores de Cu y Au, así como también al SE de Moquegua. Los mantos y vetas de Fe se encuentran al SE de la Yarada, y Lucumba respectivamente, asociadas a cuerpos intrusivos cretácicos y secuencias volcanoclasticas de la Formación Guaneros de edad Calloviana.

Los estudios de elementos mayores, menores, traza e isótopos, donde se encuentran los emplazamientos de DPC y otros, vinculan a estos con magmas evolucionados, calcoalcalinos, fraccionados y con altos contenidos en elementos incompatibles (LREE/HREE). Asimismo es concordante con un magmatismo poco contaminado y una corteza continental relativamente delgada.

MARCO GEOLÓGICO

La zona esta comprendida en la faja Costanera entre las localidades de Punta de Bombón y La Yarada. El arco magmático tiene edades entre el Jurásico y el Cretáceo con filiación de prospectos minerales (fig. 01). Este arco esta representado por la Formación Guaneros y las unidades intrusivas Punta Coles e Ilo y su evolución ha sido controlada por el marco estructural y geoquímico, de una tectónica de subducción oblicua y fraccionación de los magmas. Para mas detalles de la geología y marco estructural, puede verse el mapa geológico integral del arco jurásico-cretáceo en el anexo adjunto.

La Formación Guaneros comprende secuencias volcano-sedimentarias de edad calloviana, esta intruida por cuerpos subvolcánicos responsables de la mineralización encontrándose alineados en dirección NO-SE desde Punta de Bombón (Arequipa) hasta La Yarada (Tacna). *Presenta algunos prospectos interesantes como: Cachuyo (DPC), Cachuyito (DPC), Carnaval (DPC?), Canicora (vetas Cu-Au?), La Llave (DPC?), Posco (vetas Cu), Yaral (vetas de Cu).* Varios de estos prospectos han sido asignados al jurásico por **QUANG ET AL (2005),.**

Geoquímicamente las secuencias efusivas son basaltos, andesitas y dacitas calcoalcalinas. Las intrusiones asociadas corresponden a cuerpos diferenciados andesíticos, brechas de emisión y diques de andesita/basalto. Su edad es asignada al Jurásico medio (Bathoniano a Calloviano) en base a bioestratigrafía (**BELLIDO, 1979, MARTÍNEZ ET AL 2005**) y dataciones radiométricas (**ROMEUF, 1995., ESTE TRABAJO & QUANG ET AL, 2005**)

Las unidades mencionadas están controladas por los **sistemas de fallas transpresivo de Incapuquio (SFI)** de movimiento dextral y sinestrales, y que se prolonga desde La Joya- el Fiscal hasta La Yarada.



Fig. 1 Esquema mostrando los mayores rasgos geológicos del sur de Perú. El arco jurásico-cretáceo inferior aflora extensamente a lo largo de la cordillera de la costa y depresiones del antearco, cuyos afloramientos corresponden a la Formación Guaneros y el batolito de Punta Coles e Ilo. Los prospectos minerales de PDC, vetas y mantos se encuentran distribuidos a lo largo de la cordillera. Al parecer las vetas y mantos de Fe están alojados al sur de Ilo y en unidades del batolito de Ilo (Cretáceo inferior) y Fm. Guaneros (Jurásico medio). Nótese que falta resolver la posición del batolito Jurásico al NO de Arequipa correlacionable con Punta Coles; ¿ha sido desplazado por un fallamiento transcurrente dextral hacia el interior?, o pertenecen a arcos magmáticos diferentes?

ROL DE LA CINEMATICA DE SUBDUCCIÓN DURANTE EL JURASICO - CRETACEO

De acuerdo con los conceptos de tectónica de transcurrencia en una margen oblicua - transpresional (SYLVESTER, 1988., SAINT BLANQUAT, ET AL. 1998), se interpreta que las condiciones transpresionales son preferentemente intruidos por magmas en zonas de baja presión, causando un sobrepresionamiento y expulsando magma granítico. Esta cinemática transpresional puede crear adelgazamiento cortical y generar fusiones parciales del manto superior con generación de granitos. De acuerdo a estos conceptos el magmatismo en tiempos del Jurásico se interpreta como una convergencia oblicua producto de la dorsal que separaba las placas de Phoenix y Farallón (ASPEN, ET AL. 1987., JAILLARD, 1990), creando una cinemática mayormente transtensiva, sinistral que origina un sistema de Arcos volcánicos (Formación Guaneros) para el sur peruano. La placa subductada tenía un mayor ángulo, (tipo Mariana) poca velocidad y era relativamente fría, esto posiblemente se tradujo en una mayor participación de la cuña mantelica, provocando una mayor flujo geotérmico y adelgazamiento cortical. Este adelgazamiento de la litósfera provocó la generación de un trasarco con depositación marina (Grupo Yura) y un

magmatismo pasivo. Los cuerpos intrusivos diferenciados (Punta Coles – Ilo) son relativamente poco extensos y se encuentran mayormente en la Cordillera de la Costa albergando algunos yacimientos de Fe. La extensión y poca compresión durante este periodo, provoco el escape de volátiles y posiblemente impidió la generación de DPC con valores económicos altos.

CONTROL ESTRUCTURAL - AEROMAGNETICO

Los datos estructurales de campo y las anomalías magnéticas interpretadas entre Punta de Bombón y La Yarada (Fig. 2) al parecer muestran ser complementarios, existe en realidad una buena correlación entre el SFI y las interpretaciones magnéticas. Las anomalías (reducido al polo sur) muestran desplazamientos horizontales con fuerte y bajas anomalías magnéticas, interpretándose como desplazamientos transcurrentes sinestrales/dextrales. Estos desplazamientos se ubican entre Punta de Bombón y La Yarada (Fig. 3). Si se compara con los datos estructurales de campo (Fallas, Lineamientos), la transposición muestra una correspondencia entre estas estructuras y las anomalías magnéticas, incluso se puede observar y sugerir cuencas sedimentarias como la de Moquegua (Fig.3 en azul).

Lineamientos antiguos cizallados por el SFI de dirección NE-SO, al parecer corresponden a estructuras regionales a continentales con dirección N 120-130° (SALFITY, 1985), que originaron puntos de debilidad estructural, por donde posiblemente se intruyeron cuerpos magmáticos relacionados con el emplazamiento de importantes yacimientos de DPC. En esta caso se señalan tres áreas de intersección que en parte son cubiertas por las formaciones Moquegua y Millo y con posibilidades exploratorias

En resumen los datos magnéticos y estructurales ayudaron a idealizar siete zonas de debilidad tectónica traducido en áreas de baja presión (zonas de alta y baja intensidad magnética), *habiéndose identificado 4 zonas estructuralmente extensionales* y cizallados en: El Fiscal, Qda. Honda, Pampa Clemesi y Qda. Guaneros. *Asimismo 3 áreas* actualmente con estructuras favorables de un DPC (Carnaval) y vetas de Fe-Cu-Au como: C° Morrito, Canicora y Cerro Chombo, estos últimos prospectos se ubican próximo a los cambios de intensidad magnética (ver fig.3). En algunas áreas con baja intensidad magnética como al SE de Ilo donde afloran cuerpos batolíticos, es debido al campo magnético utilizado (reducido al polo), por el contrario el mapa de señal analítica muestra anomalías intensas para esta zona.

EL ALTO DE COCACHACRA - OMATE

Entre Arequipa y Tachna la mayoría de los pórfidos de Cu, se encuentran entre Cerro Verde y Toquepala, y los afloramientos del Complejo basal de la Costa (CBC) se encuentran prácticamente entre Cocachacra, La Joya y Omate, esto sugiere que existe un control que divide un **sector norte** y un **sector sur** y que la debilidad estaría a lo largo del río Tambo. Este control estructural se encuentra desplazado por fallas transcurrentes del Sistema Incapuquio (SFI) de tendencia andina. **El bloque norte** posiblemente haya sido sometido a una fuerte erosión durante los últimos 10 Ma, que trajo como consecuencia la erosión de los cuerpos epitermales y los DPC si alguna fueron generados. **El bloque sur** se encuentra deprimido y no existe prácticamente basamento paleozoico o CBC aflorante, las secuencias más antiguas llegan al jurásico, solamente en la zona de Pachia, se interpreta el afloramiento de CBC y paleozoico, como exhumación en flor positiva como respuesta a una transpresión del SFI.

La separación de estos dos bloques estructurales norte y sur (ver Fig. 3) fue al parecer la que influyó en la conservación de DPC en el lado sur. Otra observación posible es que el nivel positivo norte, al parecer controla en parte el magmatismo Toquepala – Yarabamba, ya que pocas evidencias de su presencia se han cartografiado al norte de este nivel estructural. Estudios recientes al NO de Arequipa (Huanca) infieren la presencia de esta unidad en los conglomerados de la Formación Huanca del Eoceno medio-Oligoceno inferior (CRUZ ET AL, 2002), cuyas características petrográficas son similares a las secuencias de

Toquepala?, poniendo nuevamente en evidencia que una fuerte erosión destruyó totalmente el arco Toquepala y los cuerpos intrusivos asociados durante el periodo Eoceno –Oligoceno. Recientes análisis isotópicos ($\epsilon Nd_{t=}$ - 1.8) sobre el plutón de Torconta al NE de Arequipa, muestra valores negativos para sus fuentes, en comparación a plutones similares de la costa (Punta Coles) que son positivos (Punta Coles; $\epsilon Nd_{t=}$ +0.3 +0.8)¹⁰, esto sugiere que son de fuentes distintas y no necesariamente cogenéticos, siendo posible que el control estructural de Cocachacra-Omate, haya jugado un rol importante a nivel de las placas subductantes variando el ángulo de subducción y la contaminación de sus magmas.

CONTROL LITOLÓGICO / GEOQUÍMICO

MAGMATISMO JURASICO AL CRETÁCEO

La litología y geoquímica de las rocas tienen una fuerte influencia en el emplazamiento de pórfidos, generalmente estos yacimientos se desarrollan en magmas calcoalcalinos muy fraccionados con potasio medio y altas concentraciones de sílice. Estas condiciones potenciales las tiene los cuerpos intrusivos asociados a la Formación Guaneros en la cordillera de la costa.

Análisis realizados a la Formación Guaneros y cuerpos subvolcánicos entre Punta de Bombón y La Yarada

Óxidos Mayores

La Formación Guaneros, químicamente la Formación Guaneros son andesitas basálticas, andesitas y traquiandesitas con promedio de SiO₂ entre 52 y 60% y bajo potasio a excepción de unas facies de ignimbritas soldadas (facies superiores) con alto porcentaje de SiO₂: 62 a 72%.

Tierras raras (REE)

La Formación Guaneros muestra espectros cogenéticos entre las diferentes muestras obtenidas de las secuencias inferiores y medias. La anomalía negativa de Eu es poco deprimida y puede ser indicativo de fraccionación de plagioclasa durante la evolución de magma. Las razones de La_n/Yb_n se encuentran mayormente entre 1 y 5 y la relación Eu_n/Eu* 0.7 y 1.2, esto sugiere fraccionación de anfíbol y plagioclasa. **Los cuerpos subvolcánicos asociados a la Formación Guaneros**, muestran buena fraccionación y linealidad entre las muestras. Las relaciones La_n/Yb_n se encuentran entre 12 y 22 y Eu_n/Eu* entre 0.5 y 1.3 (ver Fig. 6). En la Fig. 4, se observa que no hay anomalías de Eu marcadas y de Dy a Lu (HREE) los espectros son paralelos, esto nos indica que no hay en el residuo la presencia de granate, y los espectros de La a Sm presentan una pendiente pronunciada indicando que los LREE se van del líquido y se meten en la cristalización de los minerales como plagioclasa.

¹⁰ Para mayor información ver capítulo de Razones Isotópicas

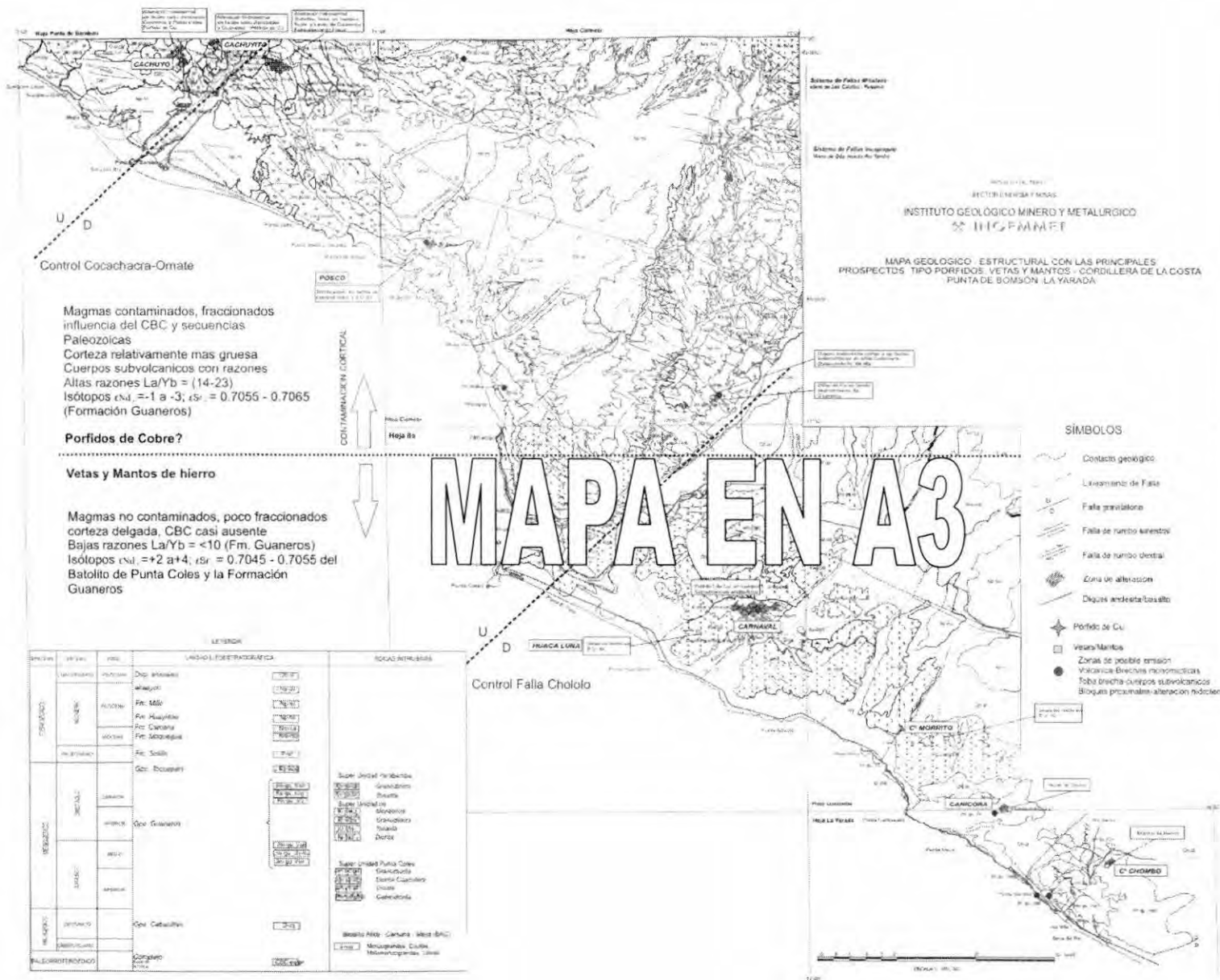


Fig.2 Esquema con los mayores rasgos estructurales en el sur peruano, asociados al Sistema de Fallas Incapuquio (SFI). El magmatismo de arco volcánicos esta emplazado a lo largo de la Cordillera de la Costa. Los fallamientos transcurrentes actuales, durante el jurasico y cretaceo inferior se comportaron mayormente como extensionales, aunque fases transpresivas al parecer ha controlado el emplazamiento de los cuerpos batolíticos de Punta Coles e Ilo asi como cuerpos subvolcánicos, estos últimos asociados directamente con los prospectos de DPC.

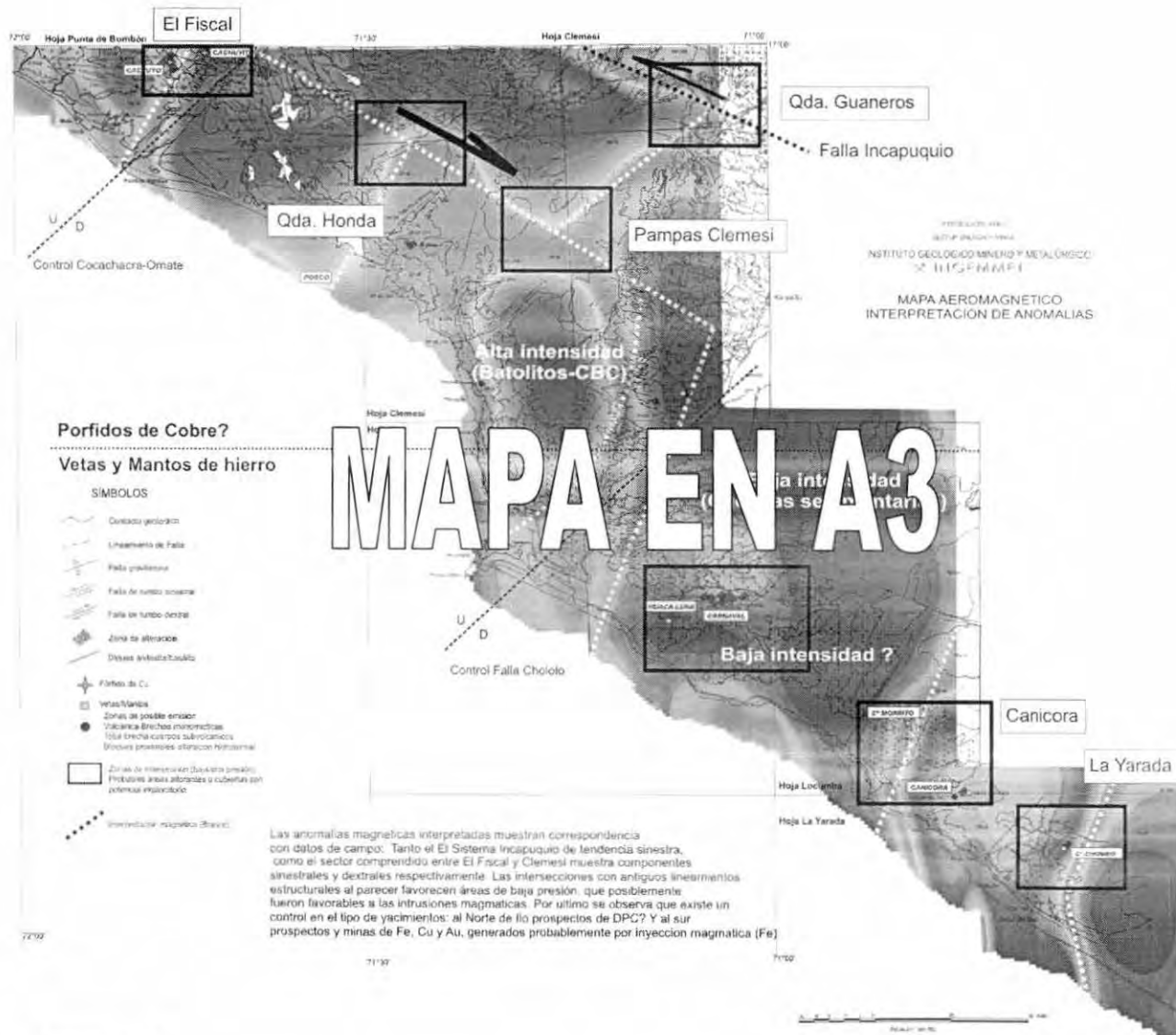


Fig. 3

Una comparación con los grandes yacimientos de Chile, de edad Eocena- Miocena, y el Grupo Toquepala del Cretaceo superior a Paleoceno, muestran razones La_n/Yb_n entre 10-30 para los intrusivos asociados a los DPC, y Eu_n/Eu^* entre 0.9 - 1.2, (ver Fig. 5) esto se interpreta como magmas "altamente hidratados y fuerte oxidación"¹¹ (VÉASE RICHARDS, 1999., RICHARDS ET AL, 2001).

Una interpretación sería que la alta fraccionación de los magmas parentales evolucionaron desde condiciones con presión intermedia (1 Gpa?), con generación de anfibola hasta condiciones de altas presiones (> 1.5 Gpa) y dominada por granate. Este cambio de condiciones libero agua, con lo cual se formaron magmas mas hidratados capaces de transportar a los metales base mas eficientemente y a niveles de corteza superior. Por ultimo estos magmas se emplazaron como posibles pórfidos de cobre, molibdeno y oro.

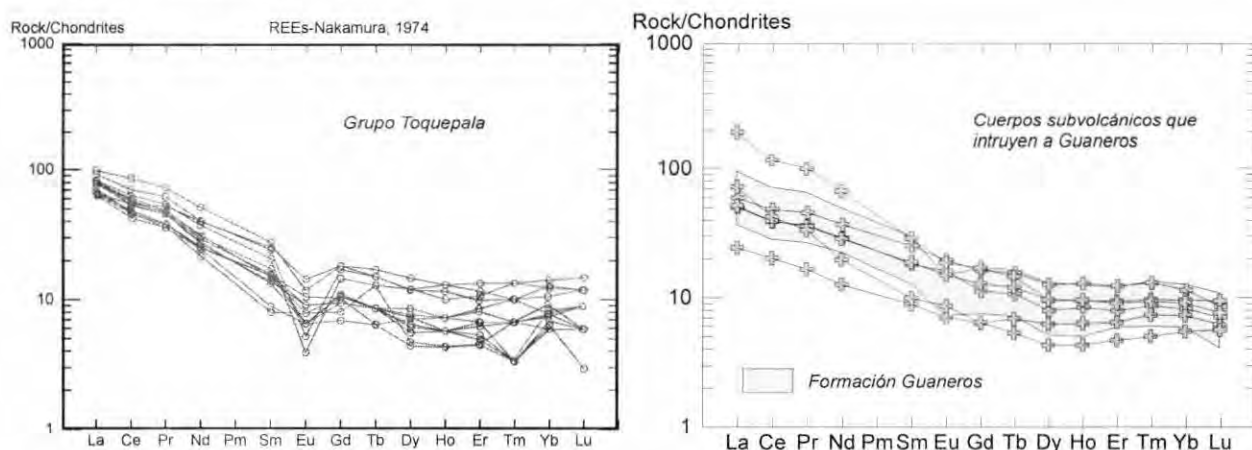
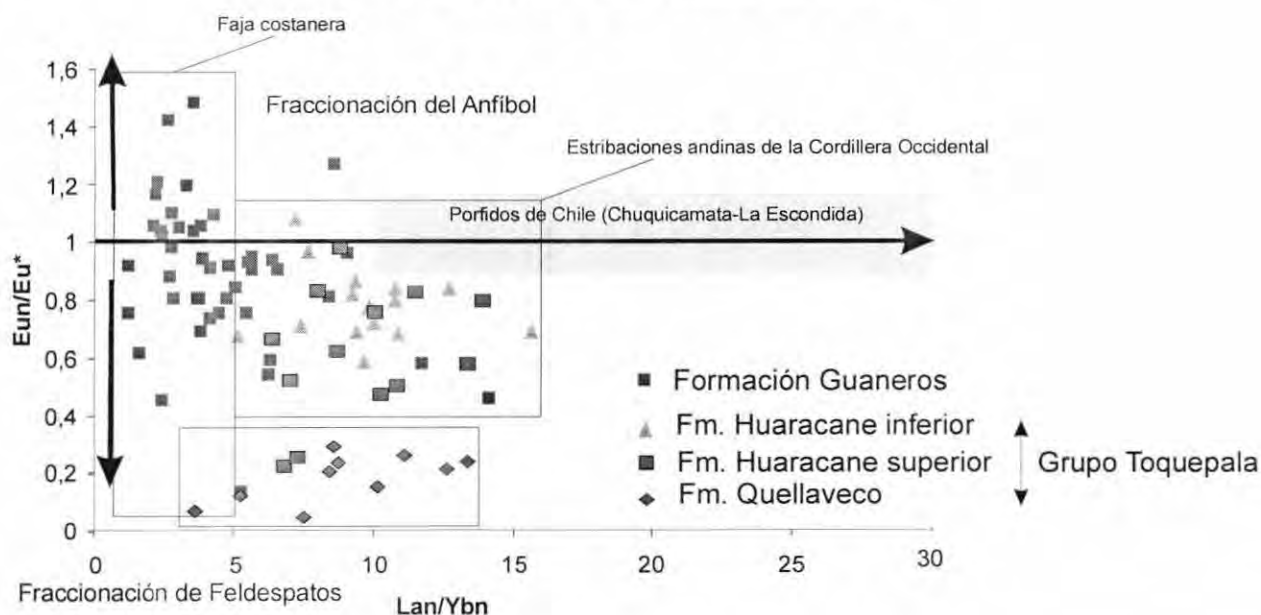


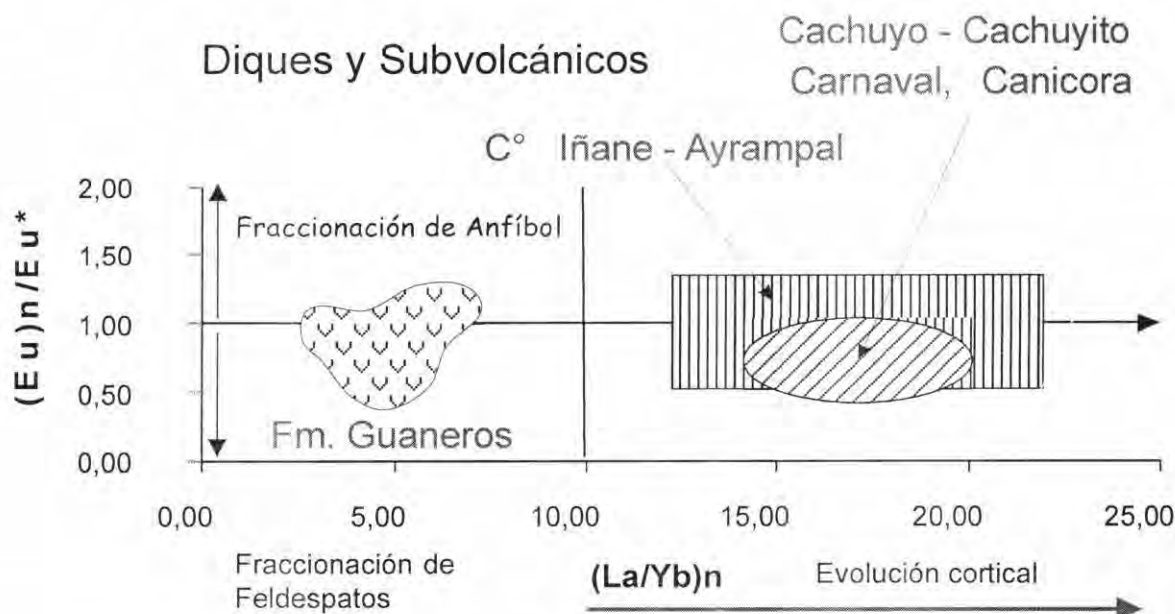
Fig. 4 Diagramas comparativos de tierras raras seleccionados del Grupo Toquepala, Formación Guaneros y cuerpos subvolcánicos asociados a esta ultima unidad. Datos normalizados a la condrita. Los valores de La_n/Yb_n sugieren fraccionación de los magmas en las dos unidades. Observe la correspondencia cogenetica de los cuerpos subvolcánicos con la Fm. Guaneros.

Discriminante entre las secuencias Jurásicas comparadas con el Grupo Toquepala y depósitos en Chile



¹¹ Según Camus (2003), para edades Eocena-Oligocena: La_n/Yb_n : 23-30, y Miocena-Pliocena, La_n/Yb_n : 31-42. sin anomalías negativas de Eu.

Fig. 5 Discriminante Eu_n/Eu^* vs La_n/Yb_n , para varias muestras volcánicas jurásicas (Lavas) y cretáceas (mayormente Ignimbritas). Los datos fueron normalizados a la condrita cuyos valores para La_n/Yb_n sugieren una tendencia al fraccionamiento de anfíbol (hornablenda) versus Eu_n/Eu^* como indicador de fraccionamiento de feldespatos (plagioclasa/sanidina). Los valores La_n/Yb_n para las secuencias jurásicas muestran valores < 5 y un rango de 0,7 a 1,2 para Eu_n/Eu^* lo que hace pensar en magmas relativamente secos. Las facies Toquepala muestran valores mas altos en La_n/Yb_n (5-15) y bajos Eu_n/Eu^* (0,7-1) sugiriendo un relativo incremento de las condiciones hídricas de los magmas. Compare con los valores de pórfidos terciarios en Chile (Richards, 1999) Valores de la condrita de Nakamura, (1974) para las dos razones, el algoritmo $Eu_n/Eu^* = Eu_n / \sqrt{Sm_n \times Gd_n}$ fue tomado en base a los estudios de Taylor y Mac Lennan (1985).



Subvolcánicos: $La_n/Yb_n = 13-22$, $Eu_n/Eu^* = 0.8 + 1$

$$Eu_n/Eu^* = Eu_n / \sqrt{Sm_n \times Gd_n}$$

Fig. 6 Discriminante Eu_n/Eu^* vs La_n/Yb_n , para varias muestras de cuerpos subvolcánicos de edad jurásica entre los sectores de Punta de Bombón (Cocachacra) y La Yarada. Nótese la alta fraccionación de los cuerpos intrusivos asociados al arco jurasico en comparación con la Formación Guaneros. Los valores La_n/Yb_n para las secuencias jurasicas muestran valores menores a 10 y un rango de 0,7 a 1,2 para Eu_n/Eu^* , lo que hace pensar en magmas relativamente secos. Los cuerpos subvolcánicos tienen una relación La_n/Yb_n entre 14 y 23 y $Eu_n/Eu^* = 0.5 - 1.3$, lo cual demuestra un fraccionamiento de los magmas favorables a contener yacimientos económicos. Valores de la condrita de Nakamura, (1974) para las dos razones, el algoritmo $Eu_n/Eu^* = Eu_n / \sqrt{Sm_n \times Gd_n}$ fue tomado de Taylor y Mac Lennan (1985).

Isótopos

Con respecto a isótopos se han realizado algunos análisis desde la década de los setentas (James, 1974., Boily et al, (1983 - 1990), estos autores basados en varias muestras de de los arcos volcánicos Guaneros y Toquepala mostrando los siguientes valores isotópicos:

Formación Guaneros¹² ϵNd_i : +6 +8 y ϵSr_i : -15 +1 (inferior) ϵNd_i : +2 +3 y ϵSr_i : -5 +15 (superior)**Grupo Toquepala¹³** ϵNd_i : +2 +6 y ϵSr_i : -5 +8 (inferior) ϵNd_i : +3 +4 y ϵSr_i : -1 +4 (superior)

Estos valores sugieren que hay una evolución desde las fuentes mantelicas (Manto empobrecido) hacia la corteza superior. Puede decirse que los dos arcos tienen bajas relaciones de Rb/Sr y Alto Sm/Nd. **Las secuencias inferiores de la Formación Guaneros** tienen más afinidad al manto y geográficamente se distribuyen entre Ilo y Locumba, mientras que las **secuencias superiores** distribuidas en La Yarada, muestran posiblemente más contaminación de sus magmas?. **El Grupo Toquepala** muestra similares características; inferiores menos evolucionadas que las superiores, esto posiblemente podría interpretarse como una fraccionación continua de los magmas a medida que la corteza continental engrosaba en el tiempo. *Las secuencias inferiores de la Formación Guaneros* muestran edades de 185 Ma (**BOILY, ET AL 1983**), mientras que las superiores están en el rango de 150 Ma, las dos secuencias tienen valores de ϵNd_i diferentes, implicando que tienen 2 fuentes isotópicas distintas en un lapso de aproximadamente 30 – 35, esta presunción para Guaneros es también apoyada por los datos de ϵSr_i (ver Fig. 7). *En síntesis las diferentes firmas isotópicas sugieren diferentes fuentes de magma, e indican que derivaron de fuentes homogéneas y primitivas de origen mantélico.* Las posibles causas de los cambios isotópicos serían discontinuidades abruptas en las zonas de fusión parcial a profundidades de 100 Km. Para fines exploratorios es importante conocer el nivel de contaminación y la fuente en diferentes sectores de los arcos volcánicos, teniendo en consideración que los magmas más evolucionados (alto Rb/Sr y bajo Sm/Nd) y con una componente cortical superior tendrán más posibilidades de generar un yacimiento mineral (**CAMUS, 2003**).

Aunque se cuenta aun con pocos datos de isótopos de Pb y Sr (para intrusivos y sulfuros del mismo yacimiento) para las unidades Guaneros y Toquepala; los estudios realizados desde el pórfido de Toquepala hasta el Teniente en Chile (**CAMUS, 2003**), muestran que los grandes yacimientos denominados "gigantes", muestran razones isotópicas relativamente más radiogénicas que los depósitos menores o marginales. Esto demuestra que los grandes depósitos tienen una componente de contaminación cortical (sea inferior o superior), y que comparten similares características petrológicas y de fuente. Al parecer existieron varias etapas de emplazamiento de magmas posteriores (cuerpos subvolcánicos) que trajeron la mineralización económica y que incrementaron el contenido metálico y la contaminación cortical, estos se emplazaron sobre el arco Guaneros.

¹² **James (1974)** y **Boily et al (1983)**, consideraron en aquella época a las facies volcánicas aflorantes en la faja costanera con "Volcánicos Chocolate". Actualmente esta unidad pertenece a la Formación Guaneros, restringiendo la Formación Chocolate solo a la cordillera occidental y de edad pre-sinemuriana.

¹³ Las secuencias inferiores corresponden a la Formación Huaracane, aflorantes a lo largo del río del mismo nombre cerca de Moquegua. Las secuencias superiores corresponden a la Formación Quellaveco entre Cuajone y Toquepala.

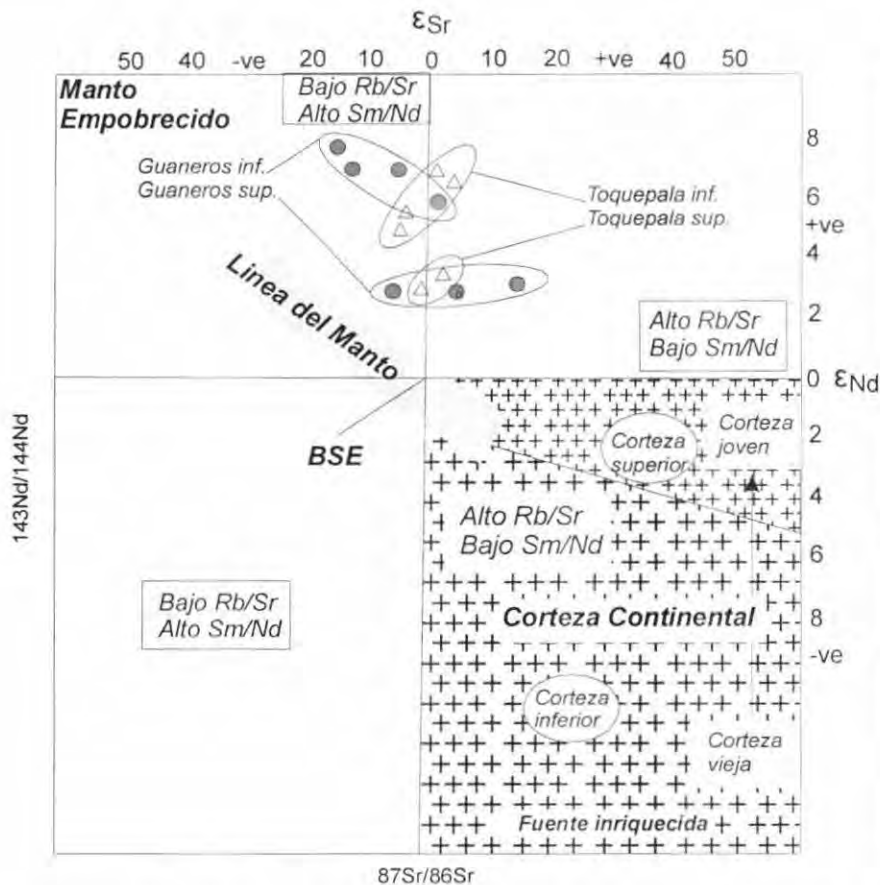


Fig.7 Diagrama de correlación isotópica $^{143}\text{Nd}/^{144}\text{Nd}$ vs $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ (Nd vs Sr), mostrando las relativas posiciones de los datos isotópicos de las unidades Guaneros y Toquepala. Observe que las unidades mencionadas no muestran signos de contaminación cortical, siendo las secuencias superiores más alejadas del manto empobrecido. Las diferentes firmas isotópicas sugieren diferentes fuentes de magma, e indican que derivaron de fuentes homogéneas y primitivas de origen mantélico. Datos de Boily et al, (1983). Diagrama de Rollinson, 1993.

SUBDUCCIÓN Y MAGMAGENESIS DE LOS PORFIDOS

Todos los arcos magmáticos están ligados a procesos tectónicos en una margen convergente; siendo sin-tectónicos o sin-cinemáticos (VIGNERESSE, 1995), durante el Jurásico inferior a medio para esta región, existía fuerzas tensionales que originaron un ambiente de back-arc (extensión). Se cree que esta cuenca de back-arc, se origina por "El hecho que la mayoría de las placas de las más antiguas a las más recientes, tienen una flotación negativa relativa a la astenosfera y están actualmente hundiéndose fuera del eje de la fosa, la placa superior es arrastrada hacia la fosa por succión de fosa o empuje de la placa y provocando una extensión lateral (back-arc)" (RICHARDS, 2003), esto podría ser una explicación pero también puede relacionarse a surgencia astenosférica o adelgazamiento cortical.

Por lo tanto antes de la convergencia compresional existe un régimen extensional (HAMILTON, 1995), esto fue negativo para la formación de DPC durante el jurásico inferior a medio, debido a que el sistema era extensional y los fluidos y volátiles (sulfuros) magmáticos originados en la zona de MASH¹⁴, se emplazaban rápidamente en forma de volcanismo e intrusiones ígneas estériles (arco volcánico). Es por eso que aun no se conoce yacimiento alguno durante ese periodo. A partir del Jurásico superior, el régimen tectónico de subducción entra en una etapa de convergencia oblicua, esto origina el nacimiento de un sistema de compresión y el cierre de la cuenca back-arc. Es justamente en este lapso de tiempo que se emplazan los cuerpos subvolcánicos tardíos en la faja costanera asociados a la Formación Guaneros y que albergan los prospectos tipo DPC de Cachuyo, Cahuyito o la Llave. Se interpreta que después del régimen extensional del jurásico medio (calloviano) el régimen tectónico fue transpresivo y comenzó a madurar un complejo sistema de MASH en la base de la corteza continental, durante un mínimo de 10 Ma, requiriendo un ángulo y velocidad constante, para generar las condiciones de un DPC. La alineación de estos cuerpos mineralizantes tardíos en dirección NO-SE, refleja que la zona de MASH ocurría en

¹⁴ Magma, asimilación, almacenamiento y homogenización; Hildreth & Moorbath, 1988

una franja estrecha y a una profundidad de 100 Km (deshidratación de la transición esquistos azules-eclogita), pero linealmente extensa. Estos fluidos menos densos y diferenciados se emplazaron a lo largo de zonas con debilitamiento estructural pero en un régimen siempre transpresional. **Para el Cretáceo inferior**, la cuenca marina del calloviano prácticamente no existía, las secuencias superiores de la Formación Guaneros son de ambiente continental (flujos piroclásticos, areniscas volcánicas etc.), el arco magmático naciente se trasladó más de 50 Km en dirección oriental y se emplazó a través del SFI que posiblemente ya era una entidad importante durante la sedimentación del paleozoico tardío. El nuevo arco en formación no tuvo las características geoquímicas ni las condiciones de estabilidad compresiva necesarias para formar una zona de MASH favorable para un DPC, al contrario se generó en un ambiente extensivo dado el intenso magmatismo básico que se observa en las regiones Omate y Tacna. Este magmatismo de arco es conocido como Formación Matalaque.

SINTESIS

El análisis de la evolución magmática y estructural de los sistemas porfíricos en el sur de Perú, tienen factores geológicos que se pueden correlacionar con diferentes modelos a nivel de Sudamérica. Estos factores son similares a los estudiados en el norte de Chile y se puede enumerar en lo siguiente:

Control Estructural – Aeromagnético

El sistema de Fallas de Incapuquio (SFI) de dirección NO-SE, ha controlado el emplazamiento de los cuerpos intrusivos en la cordillera de la costa y la intersección con fallas de dirección NE-SO crearon zonas de debilidad estructural aprovechadas por magmas ascendentes que se emplazaron a niveles de corteza superior.

Los datos magnéticos y su interpretación correlacionan con el SFI. Este tipo de anomalías magnéticas y transurrencias se encuentran también cerca de la faja costanera, y serían responsables de los DPC (prospectos Cachuyo, Cachuyito La Llave) emplazados sobre terrenos jurásicos,

En base a estas interpretaciones estructurales y magnéticas se identificaron 7 áreas estructuralmente potenciales por donde fluidos magmáticos pudieron haberse emplazado para originar un yacimiento

Alto de Cocachacra - Omate

*Este control estructural se encuentra dividido en dos bloques Norte y Sur y a lo largo de la línea Cocachacra - Omate; el **Bloque norte** es un alto estructural limitado a lo largo del río Tambo, estando controlado por la exhumación del CBC y al parecer fue sometido a una fuerte erosión durante los últimos 10 Ma. **El bloque sur** ha preservado de la erosión a la mayoría de los cuerpos intrusivos de la faja costanera y la cordillera occidental. No aflora prácticamente el CBC y los mayores DPC se encuentran en este bloque.*

El Grupo Toquepala no aflora más allá de este alto estructural, las interpretaciones serían por no depositación o en todo caso por erosión.

Litología / Geoquímica

La Formación Guaneros está constituida por flujos lavicos, brechas y flujos piroclásticos de composición andesítica a basáltica y secuencias de areniscas y limoarcillitas fosilíferas marinas. Los cuerpos subvolcánicos son porfíricos. Químicamente la Formación Guaneros son andesitas basálticas, andesitas y traquiandesitas calco-alcalinas. Los subvolcánicos son de composición andesítica.

Isótopos

La Formación Guaneros en general, tienen mas afinidad al manto en base a los valores negativos de ϵNd_i , no tiene una componente cortical. Presentan diferentes firmas isotópicas que se interpreta como de diferentes fuentes de magma

Generalmente magmas con componente cortical ($-\epsilon Nd_i$ y Pb/Sr radiogénicos altos), presentan mas posibilidades de albergar un yacimiento económico, que fuentes mas primitivas o con tendencia al manto. Estos últimos son para yacimientos estratoligados y sistemas vetiformes de Cu-Fe.

Los DPC, se formaron en un ciclo compresional (transpresión) durante el ciclo andino, siendo difícil su emplazamiento durante las etapas extensionales al sur de Perú. Esta etapa extensional (Jurásico inferior-medio) deposita las secuencias de la Formación Guaneros de arco y tras-arco. En el Jurásico superior al Cretáceo inferior para la zona de estudio, entra en una etapa compresional que deposita sistemas de Ignimbritas en ambiente continental. Los primeros cuerpos subvolcánicos que intruyen a la Formación Guaneros en la faja costanera, originan los primeros DPC (Cachuyo-Cachuyito-Canicora-La Llave). La presencia de Fe, Cu-Au durante el Cretáceo inferior se limita a sistemas vetiformes (Locumba-La Yarada), producto de inyección magmática en un régimen extensional.

El sector entre Punta de Bombon y la Yarada, muestra evidencias para haber generado un sistemas tipo DPC, ya que tuvo las condiciones geoquímicas y estructurales para generar estos depósitos, siendo la pregunta sobre porque algunos depósitos son gigantes y otros marginales, son a la fecha poco conocidos, aunque puede decirse que la cinemática de subducción para la generación de un DPC, necesito por lo menos tiempo de estabilidad tectónica (velocidad constante?) por mas de 10 Ma, y condiciones tectonomagmaticas favorables para generar un yacimiento económico.

GR-6: "Evolución Tectónica, Sedimentaria y Magmática del Pérmico-Triásico –Jurásico (del Mito al Pucará) : Implicancias geodinámicas, etalogenéticas y petrolíferas"

Resultados obtenidos en el año 2006:

- Un mapa geológico del cuadrángulo de San Miguel 27-o (cuadrante I) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo de San Miguel 27-o (cuadrante II) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo de San Miguel 27-o (cuadrante III) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo de Ulcumayo 22-l(cuadrante III) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo de Chincheros 28-o(cuadrante I) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo de Tarma 23-l (cuadrante IV) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo Cotabambas, 28-r (cuadrante I) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo Cotabambas, 28-r (cuadrante II) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo Cotabambas, 28-r (cuadrante III) 1:50,000.
- Un mapa geológico del cuadrángulo Andahuaylas 28-p (cuadrante IV) 1:25,000.
- Reinterpretación a escala 1/100000 de los cuadrángulos de chuanquiri (26p) y pacaypata (27p).
- Una Columna Estratigráfica del grupo Pucará en Shalipayco
- Una Columna Estratigráfica del área de Totos
- Una Columna Estratigráfica del grupo Mito en Cashacoto
- Una Columna Estratigráfica del Grupo Mito en San Juan de Esquilache
- Una Columna Estratigráfica del Grupo Mito al Este de la Mina Shalipayco
- Una Columna Estratigráfica del Grupo Mito al Sur de Carhuamayo
- Una Columna del Paso Chonta.
- Un mapa estructural del Perú central con estructuras que funcionaron en el permo-triásico-jurásico, incluyendo la zona subandina. relación con la mineralización y/o estructuras petrolíferas
- Dos artículos científicos: XIII congreso peruano de geología y bol SGP:
 - La Deformación y El Acortamiento Andino en el Sur del Perú: Cusco-Abancay-Sicuani
Carlotto Caillaux, Víctor Santiago
Revista de la Sociedad Geológica del Perú, Julio 2006 pp. 91-119
 - Altos Estructurales en el Control de la Evolución Andina: La Deflexión de Abancay y El Arco del Manu
Víctor Carlotto, José Cárdenas, Daniel Tintaya, Rildo Rodríguez & Waldir Valdivia
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

Adicionalmente se ha obtenido:

- 01 Informe sobre la Metalogénia del Perú Central (Jorge Quispe, Víctor Carlotto y Rildo Rodríguez)
- 01 Mapa Metalogenético del Perú con Memoria Descriptiva (Jorge Quispe, Víctor Carlotto)
- 04 mapas pertenecientes a la Cuenca ENE, trabajo realizado conjuntamente con el Proyecto GR7: cuadrángulo de Puerto Prado hoja (26ñ-III), cuadrángulo de Satipo hoja (23ñ-II) y cuadrángulo de Quiteni hoja (24ñ-III), escala 1:50000.
- Además de artículos adicionales como:
 - La Deformación y el Acortamiento Andino en el Sur del Perú: Cusco-Abancay-Sicuani
Carlotto Caillaux, Víctor Santiago
Revista de la Sociedad Geológica del Perú, Julio 2006 pp. 91-119
 - Altos Estructurales en el Control de la Evolución Andina: La Deflexión de Abancay y El Arco del Manu

Víctor Carlotto, José Cárdenas, Daniel Tintaya, Rildo Rodríguez & Waldir Valdivia
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Fallas Transformantes Permo-Triásicas: La Falla Patacancha-Tamburco (Sur del Perú)
Víctor Carlotto, Daniel Tintaya, José Cárdenas, Gabriel Carlier & Rildo Rodríguez
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Magmatismo y Estructuras Cenozoicas en el Altiplano Sur Peruano: Implicancias Geodinámicas
Gabriel Carlier, Víctor Carlotto, Jean-Pierre Lorand, Jean-Paul Liegeois, Michel Fornari,
Pierre Soler & José Cardenas
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-¿El Evento Tectónico Compresivo del Eoceno en el Perú: Resultado de un Proceso de Subducción Plana?
Víctor Carlotto & José Cárdenas
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Evolución Sedimentaria y Tectónica de la Formación Ferrobamba (Albiano-Turoniano) de la Región Cotabambas-Apurímac
Víctor Carlotto José Cárdenas, Teresa Velarde, Luis Cerpa, Víctor Tupac Yupanqui, Harmuth Acosta & Fredy Jaimes
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Estratigrafía y Sedimentología del Ordovícico e Entre Junín y Cerro de Pasco, Perú Central
Enrique Díaz-Martínez, Víctor Carlotto, César Chacaltana, Rildo Rodríguez & Waldir Valdivia
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Sedimentological Analysis of the Ordovician and Devonian Basins in Southern Peru And Northern Bolivia
Cornelia R. Reimann, Michaela Spiske, Heinrich Bahlburg, Shirley Lopez & Víctor Carlotto
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

-Nuevas Evidencias de Graptolitos en el Perú Central: Implicancias Estratigráficas
César Chacaltana, Waldir Valdivia, Víctor Carlotto, José Sánchez & Juan Carlos Gutiérrez-Marco
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú.

-The Eocene Compressive Tectonic Event in Peru: A Result of Flat Subduction
Víctor Carlotto & José Cárdenas
Backbone of the Americas—Patagonia to Alaska, (3–7 April 2006)

-Análisis Estructural del Plúton Abancay, Sur del Perú
Victor Lipa Salas¹ & Ticiano Saraiva Dos Santos²
XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú

A6150

Resultados de los años 2006 a 2008



Proyecto GR11

Evolución de los ecosistemas continentales del Norte Peruano durante el Plio-Pleistoceno

Lidia Romero Pittman
Aldo Alván De la Cruz
Jean Noel Martínez

Dirección de Geología Regional

Diciembre del 2008

TABLA DE CONTENIDOS

1. FIGURAS.....	4
2. RESUMEN.....	6
3. INTRODUCCIÓN.....	7
4. UBICACIÓN DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS.....	9
5. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2006.....	10
5.1. Prospección Paleontológica en Chulucanas, Chusis y Sechura.....	11
5.1.1. Ubicación.....	11
5.1.2. Objetivos.....	11
5.1.3. Trabajos realizados.....	11
5.1.4. Contexto geológico.....	11
5.1.5. Paleontología de vertebrados.....	12
5.1.6. Conclusiones.....	13
5.2. PROSPECCIÓN PALEONTOLÓGICA EN TUMBES.....	14
5.2.1. Ubicación.....	14
5.2.2. Objetivos.....	14
5.2.3. Trabajos realizados.....	14
5.2.4. Paleontología de vertebrados.....	15
6. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2007.....	17
6.1. Escuela de campo-Excavación Paleontológica en La Brea, Talara.....	18
6.1.1. Ubicación.....	18
6.1.2. Objetivos.....	18
6.1.3. Trabajos realizados.....	18
6.1.4. Contexto geológico.....	19
6.1.5. Paleontología de vertebrados.....	22
6.1.6. Conclusiones.....	25
6.2. Prospección y Exploración en Cajamarca.....	28
6.2.1. Ubicación.....	28
6.2.2. Objetivos.....	28
6.2.3. Trabajos realizados.....	29
6.2.4. Contexto geológico.....	29
6.2.5. Paleontología de vertebrados.....	32
6.2.6. Conclusiones.....	33
6.3. Prospección y Exploración en Chulucanas, Piura y Pampa de los Fósiles, La Libertad.....	35
6.3.1. Ubicación.....	35
6.3.2. Objetivos.....	35
6.3.3. Trabajos realizados.....	35
6.3.4. Contexto geológico.....	36
6.3.5. Paleontología de vertebrados.....	39
7. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2008.....	44
7.1. Prospección, exploración y excavación paleontológica en Chulucanas, Piura.....	45
7.1.1. Ubicación.....	45
7.1.2. Objetivos.....	45
7.1.3. Trabajos realizados.....	45
7.1.4. Contexto geológico.....	46
7.1.5. Paleontología de vertebrados.....	47
7.1.6. Conclusiones.....	50
7.2. Prospección, Exploración y Excavación Paleontológica en Yamaluc, Chota, Cajamarca.....	52
7.2.1. Ubicación.....	52
7.2.2. Objetivos.....	52
7.2.3. Trabajos realizados.....	52
7.2.4. Contexto geológico.....	53

7.2.5. Paleontología de vertebrados.....	53
7.3. Prospección, Exploración y Excavación Paleontológica en Santa Rosa de Celendín, Cajamarca	57
7.1.1. Ubicación.....	57
7.1.2. Objetivos.....	57
7.1.3. Trabajos realizados.....	57
7.1.4. Contexto geológico.....	58
7.1.5. Paleontología de vertebrados.....	59
7.1.6. Conclusiones.....	59
8. RECOMENDACIONES.....	60
9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	64
10. ANEXOS.....	66
10.1. Lista de contactos, obtenidos durante las campañas de campo del año 2007 y 2008, para los Yacimientos y Prospectos paleontológicos en los departamentos de La Libertad, Piura y Cajamarca.....	67
10.2. Mapa de ubicación de muestras y listado para las campañas realizadas durante los años 2006 a 2008, muestras existentes en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET.....	68
10.3. Lista de muestras de fósiles y de sedimentos a tamizar; conservados en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET. Distribución de especies de la megafauna durante el Plioceno – Pleistoceno para el Norte Peruano.....	69
10.4. Convenio suscrito entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico y el Instituto Nacional de Cultura (INC).	70

1. FIGURAS

- Fig. 4.1.- Ubicación del área de estudios del proyecto GR11 para los años 2006 a 2008.
- Fig. 5.1.- Columna estratigráfica levantada en Chusis, cerca al Museo Antropológico, Junio del 2006.
- Fig. 5.2.- Sección medida en la quebrada Cruz (flecha roja) donde se tiene los reportes de vertebrados fósiles, flecha verde indica ocurrencia de los vertebrados fósiles.
- Fig. 5.3.- Fósil de vertebrado de gran tamaño perteneciente a la megafauna, recogido en la quebrada Cruz.
- Fig. 5.4.- Mapa Temático de Localidades Fosilíferas comprobadas (debidamente evidencias por presencia fósil), y Prospectos Paleontológicos (donde aun es posible encontrar restos fósiles, previa exploración); actualizado a Diciembre del 2006.
- Fig. 6.1.- Mapa de ubicación de la excavación paleontológica y levantamiento de columnas estratigráficas en la Brea, Talara (numeradas).
- Fig. 6.2.- Mapa de Excavación Paleontológica (Cuadrícula) en La Brea, Talara.
- Fig. 6.3.- Montañas Amotape, vista desde el tablazo de Mancora.
- Fig. 6.4.- Levantamiento de columnas estratigráficas en la excavación paleontológica en La Brea, Talara.
- Fig. 6.5.- Abanico aluvial de la quebrada El Muerto mostrando columnas representativas numeradas para cada sector del abanico, en la parte más distal están los Tablazos de Talara.
- Fig. 6.6.- Excavación paleontológica en La Brea, Talara; nótese las cuadrículas, método utilizado para la excavación sistemática.
- Fig. 6.7.- Mapa geológico de la localidad de La Brea, abanico aluvial de la quebrada El Muerto. (Modificado de INGEMMET, 1994); las columnas estratigráficas están numeradas.
- Fig. 6.8.- Mandíbula de roedor en las capas pleistocénicas de La Brea.
- Fig. 6.8.- Mandíbula de roedor en las capas pleistocénicas de La Brea.
- Fig. 6.9.- Colecta de huesos de metápodo y falanges de un gran carnívoro del Pleistoceno de La Brea.
- Fig. 6.10.- Colecta de huesos de roedores y aves provenientes de la excavación en La Brea, Talara.
- Fig. 6.11.- Mapa de ubicación de la localidad de Santa Rosa de Celendín.
- Fig. 6.12.- Capas Plio-Pleistocénicas donde se reportó la presencia de restos de mastodonte y megaterio.
- Fig. 6.13.- Relleno arcilloso carbonatado con contenido de fragmentos de vertebrados fósiles en Yamaluc.
- Fig. 6.14.- Se tienen capas de calizas que han sido colapsadas, están en posición disconforme al buzamiento general de las calizas en este sector. Evidenciando que este sector pertenece a una red cárstica colapsada.
- Fig. 6.15.- Mapa geológico de la localidad de Yamaluc, Huambos; cuadrángulo de Cutervo (13-f), según INGEMMET (1996), el círculo rojo indica la zona de excavación, nótese no se representa la parte cuaternaria.
- Fig. 6.16.- Mapa geológico de la localidad de Celendín, cuadrángulo de Celendín (14-g), según INGEMMET (1995), el círculo rojo indica la zona de excavación y base de la exploración geológica. No hay diferenciación en los depósitos cuaternarios.
- Fig. 6.17.- Evidencia de la presencia de un mastodonte, mediante el hallazgo de una vértebra, Yamaluc, Cajamarca.
- Fig. 6.18.- Foto de cráneo de perezoso fósil (cf. *Eremotherium*) conservados en el museo Yachayhuasi de la localidad de Cajabamba.
- Fig. 6.19.- Cóndilo articular de fémur (¿mastodonte?), conservados en el museo Yachayhuasi de la localidad de Cajabamba.
- Fig. 6.20.- Dientes de caballo fósil, colectado en los alrededores de Cajabamba.
- Fig. 6.21.- Facies de limolitas y arcillas fluviales distales en La Encantada, Chulucanas.
- Fig. 6.22.- Sección medida en la localidad de Ucupe, Hacienda Ucupe, presentando facies de limoarcillitas granocrecientes con interacciones en la base de niveles de lutitas, y al tope secuencias de microconglomerados, en los niveles de limoarcillas, los pobladores recogieron los restos fósiles en la Fig. 6.28.
- Fig. 6.23.- Facies fluviales en la localidad de Pitipo, Ferreñafe, señalando lentes microconglomerádicos.
- Fig. 6.24.- Facies conglomerádicas en Pampa de los Fósiles.
- Fig. 6.25.- Terrazas fluviales en la localidad de Cascas, área potencialmente fosilífera para prospectar.
- Fig. 6.26.- Fragmento óseo de mamífero de la megafauna (Megaterio), de la localidad La Encantada (Distrito de Chulucanas, Provincia de Morropón, Piura).
- Fig. 6.27.- Dientes de caballos fósiles (A) y mastodonte (B), conservados en el Museo Brüning (Lambayeque).
- Fig. 6.28.- Fragmento óseo de mamífero de la megafauna (pertenecen al megaterio *Eremotherium laurillardí*). Localidad: Ucupe (Distrito de Lagunas, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque)
- Fig. 6.29.- Localidad de Cascas, se muestra los extensos valles aluviales conteniendo vertebrados fósiles.
- Fig. 6.30.- Falange intermedia de *Equus (Amerhippus)* desgastada por erosión eólica Localidad: Pampa de los Fósiles (Provincia de Ascope, Departamento de La Libertad).

- Fig. 6.31.- Hallazgo de hueso fósil (húmero de Xenarthro?) en el Distrito de Cascas (Provincia de Gran Chimú, Departamento de La Libertad). Foto Cortesía Sr. Cesar Solís.
- Fig. 6.32.- Extremidad articular fragmentada de hueso de mamífero de la megafauna pleistocénica (Distrito de La Arena, Provincia y Departamento de Piura)
- Fig. 6.33.- Mapa Temático paleontológico, comprendiendo las Localidades Fossilíferas comprobados para esta campaña; y los Prospectos Fossilíferos, aquellos que aún necesitan más evidencias para ser considerados como yacimientos paleontológicos comprobados. 1: La Arena, Sechura; 2: La Encantada, Chulucanas; 3: Ucupe, Lambayeque; 4: Siete Techos, Reque; 5: Pampa de Los Fósiles, y 6: Cascas, La Libertad.
- Fig. 7.1.- Mapa de ubicación y accesibilidad a la localidad de La Encantada, Chulucanas.
- Fig. 7.2.- Excavación paleontológica sistemática, nótese el armado de las cuadrículas antes de la excavación.
- Fig. 7.3.- Secuencias grano-decrecientes cercanas a la excavación paleontológica.
- Fig. 7.4.- Imbricaciones indicando una dirección Oeste-Suroeste en el abanico de la Encantada (593658, 9442742 UTM), localidad de Santa Maria.
- Fig. 7.5.- Extremidad proximal, perteneciente al megaterio *Eremotherium* ("perezoso gigante").
- Fig. 7.6.- Centro vertebral (*Eremotherium*).
- Fig. 7.7.- Acumulación de costillas de muy gran tamaño, probablemente de *Eremotherium*.
- Fig. 7.8.- Hemimandíbula derecha subcompleta de *Eremotherium*, corresponde al animal representado en el extremo derecho.
- Fig. 7.9.- Se tiene bien identificada la presencia del gliptodonte (*Pachyarmatherium* sp.) determinado a partir de placas dérmicas aisladas, (determinado por Sergio Vizcaíno, Museo de La Plata).
- Fig. 7.10.- Mapa geológico local de La Encantada, se ha delimitado los abanicos aluviales en la zona de trabajo y alrededores, las extensiones fluviales podrían estar bajo la cobertura.
- Fig. 7.11.- Ubicación de Yamaluc, la zona de trabajo (excavación paleontológica) se realizó en el cerro Huacanime.
- Fig. 7.12.- En el cerro Huacanime se realizaron dos excavaciones, situados en fracturamientos alineados en promedio N140° (líneas blancas); en la zona 2 se tiene un relleno cárstico colapsado, donde se encontró restos de mastodonte.
- Fig. 7.13.- Excavación en el Yacimiento Paleontológico de Yamaluc, Zona 2: restos de un esqueleto de Mastodonte.
- Fig. 7.14.- Acumulación de huesos de muy gran tamaño, pertenecientes a un mastodonte.
- Fig. 7.15.- Molar superior de cérvido.
- Fig. 7.16.- Incisivo de roedor.
- Fig. 7.17.- Mapa geológico local del cerro Huacanime y alrededores en Yamaluc, nótese el alineamiento de las fracturas (en líneas rojas) rellenadas con sedimentos calcáreos, (cavidades cársticas colapsadas) allí se han hallado restos importantes de la megafauna. Se tiene hallazgos de madera fósil en terrenos terciarios.
- Fig. 7.18.- Ubicación y accesibilidad a Santa Rosa de Celendín.
- Fig. 7.19.- Excavación paleontológica en Santa Rosa de Celendín, se diferencian 3 niveles de material carbonatado pertenecientes a la Formación Pullucana, parte inferior del cerro Cueñas punta.
- Fig. 7.20.- en el sitio de la excavación, se tiene diferenciado 3 niveles importantes, las calizas del Cretácico superior de la Fm. Cajamarca, las calizas alteradas, y las arcillas-limolitas marrones, con clastos de calizas amarillas, estos sedimentos contienen abundantes fósiles de microvertebrados (roedores), se tiene reportes del hallazgo de perezosos gigantes fósiles.
- Fig. 7.21.- Roedores fósiles en las cavidades cársticas.
- Fig. 7.22.- Mapa geológico local de Celendín y alrededores. Las líneas rojas indican fracturas, trazos que sugieren nuevas rutas de cavidades cársticas para la exploración paleontológica de vertebrados.
- Fig. 7.23.- Mapa temático de localidades fossilíferas, actualizado a Noviembre del 2008.
- Fig. 7.24.- Mapa temático de localidades fossilíferas, y de excavaciones paleontológicas.

2. RESUMEN

Los estudios realizados en el año 2007 y 2008 para el proyecto GR11: Evolución de los ecosistemas continentales del Norte Peruano durante el Plio-Pleistoceno, realizado en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, La libertad y Cajamarca, se viene desarrollando en forma conjunta con la Universidad de Piura a través del Instituto de Paleontología desde el año 2006, con la finalidad de incentivar el desarrollo de las ciencias paleontológicas, dándose como resultado una mejor comprensión de la presencia y extensiones de los yacimientos paleontológicos para la parte Norte del país. Las prospecciones y excavaciones paleontológicas, así como las exploraciones geológicas revelaron el contexto estratigráfico en el cual se desenvolvían la megafauna para el mencionado piso geológico.

El inicio de las excavaciones y prospecciones paleontológicas se dieron en el mes de Junio en localidades de Piura, en las localidades de La Encantada (Chulucanas), Chusis (en Paita) y La Arena (Sechura), provincias de Piura. Donde el principal objetivo fue demostrar que tales localidades son aptas para ser consideradas como yacimientos fosilíferos, meta que fue alcanzada con la presencia de la megafauna del Plio-Pleistoceno (mastodontes y perezosos gigantes fósiles). Siguiendo con los propósitos del proyecto, se tiene una nueva campaña, entre los meses de Setiembre y Octubre del año 2006, con el objetivo de reconocer nuevas localidades fosilíferas como Quebrada Cruz a escasa distancia del cerro Uña Gatal y la Gruta, cerca de la desembocadura de la Quebrada Canoas, comprendidos en el cuadrángulo de Zorritos (8-b), en el departamento de Tumbes. De esta localidad se obtuvieron resultados favorables para el proyecto.

En el año 2007, se ha llevado a cabo una excavación paleontológica en La Brea, Talara y prospecciones paleontológicas en los departamentos de Piura, Lambayeque, La Libertad y Cajamarca dando como resultado un mapa de Yacimientos Fosilíferos y Prospectos Paleontológicos. Además de eso se tiene la colección de vertebrados fósiles de murciélagos, aves y roedores, en el Laboratorio del INGEMMET y del Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura, los que confirman la presencia de mastodontes y megaterios y mamíferos pequeños.

En el sentido paleoambiental se tiene interpretado que La Brea tiene un abanico aluvial, depositado durante el Pleistoceno superior, caracterizándose por sistemas aluviales y canales fluviales conglomerádicos proximales. La sucesión y asociación de litofacies en estos depósitos sugieren abanicos aluviales desarrollados en climas con lluvias de regular intensidad en una llanura húmeda, donde la gran cantidad de clastos indican frecuentes flujos gravitacionales tipo *debris flows*. Las prospecciones en Piura, La Encantada, dio como resultados evidencias directas de la presencia de fósiles de la megafauna del Pleistoceno; teniendo como depósitos correspondientes a limoarcillitas de origen fluvial. En el departamento de Lambayeque, no se ha podido ubicar la procedencia exacta de los restos de mastodonte y caballo depositados en el Museo Brüning, aunque se tiene la certeza que fueron encontrados en el Distrito de Pítipo (Provincia de Ferreñafe). En la localidad de Ucupe (Distrito de Lagunas, Provincia de Chiclayo), se tiene también una evidencia puntual de la presencia de vertebrados fósiles; el fósil fue encontrado en secuencias grano-crecientes de limoarcillas a microconglomerados, aparentemente de facies fluviales.

En el Departamento de La Libertad, la localidad de Pampa de los Fósiles (Provincia de Ascope), muestra abundantes acumulaciones de vertebrados fósiles (xenartros, mastodontes, camélidos, caballos) dentro de un extenso abanico aluvial pleistocénico. El contexto geológico corresponde a depósitos fluviales y aluviales del Pleistoceno. En la localidad de Cascas, solo se tiene el reporte del hallazgo por pobladores, de un hueso fósil, aparentemente un húmero de xenartro. En Cajamarca, se tiene en la localidad de Santa Rosa (Distrito y Provincia de Celendín), se tienen capas gruesas de calizas con diaclasamiento intenso, siendo estas capas socavadas por el agua meteórica formando karsts. Estos han sido rellenados y colapsados, siendo evidente, en la actualidad, la presencia de un sistema de paleocarsts en el cual se encuentran acumulaciones de fósiles vertebrados. En la Provincia de Cajabamba se reporta también calizas de la Formación Chulec del Cretácico inferior, donde en

sedimentos más recientes (Pleistoceno), pobladores colectaron restos fragmentarios de vertebrados fósiles: perezosos, caballos y mastodontes.

En el año 2008, los objetivos que se han propuesto fueron de continuar con la prospección paleontológica y exploración geológica para el inventario de Localidades Fossilíferas y de Yacimientos continentales del Plio-Pleistoceno en los departamentos de Cajamarca, Amazonas y San Martín; realizar excavaciones en La Encantada (Chulucanas, Piura), Yamaluc y Celendín (ambos en Cajamarca). Así como también continuar con los estudios integrales preliminares en sedimentología y estratigrafía de los yacimientos más importantes localizados en los diferentes contextos tafonómicos y geográficos de este proyecto, con el fin de obtener un registro de varios escenarios paleoambientales a nivel regional.

Proponiendo de este modo una secuencia cronológica de estos yacimientos en base a argumentos paleontológicos, sedimentológicos, estratigráficos, y geológico-estructurales, es donde se tendrá una hipótesis para la evolución paleoambiental para la macroregión Norte de Perú, el cual se está detallando para cada localidad.

Así es como se tiene en la localidad de La Encantada piezas óseas y dentales de perezosos terrestres, con la presencia confirmada del megaterio *Eremotherium*. Se puede mencionar también el hallazgo de osteodermos de un posible gliptodonte y de una vértebra de un pequeño reptil. Respecto a la sedimentología del área, los depósitos sedimentarios se tratan de secuencias grano-decrecientes de microconglomerados a limolitas de una llanura de inundación en la zona distal de depósitos fluviales, donde ocurrió un transporte ante-fosilización de los cadáveres sobre una corta distancia.

Los resultados de la excavación paleontológica en la localidad de Yamaluc en Cajamarca, ha puesto en evidencia mediante piezas óseas y dentales, la presencia en el Pleistoceno superior de un mínimo de 9 especies de mamíferos grandes, medianos y pequeños, tales como Megatheriinae (*Eremotherium*), armadillos (probablemente dos especies), mastodonte, caballo (*Amerhippus*), cérvido, roedores y un pequeño carnívoro (*Canidae* o *Mustelidae*). De acuerdo al mapeo geológico en la zona de trabajo se ha podido poner en evidencia un grupo de líneas de fractura, las cuales coincidirían con procesos de erosión cárstica.

Además, en la localidad de Santa Rosa de Celendín, como última comisión de servicios de este proyecto para este año; en el mes de Noviembre, una excavación paleontológica. Con los antecedentes de exploración y prospección paleontológica evaluados el año 2007, se procedió a realizar una excavación sistemática. Aquí se obtuvo información geológica puntual (estructural, paleontológica, estratigráfica) al detalle, pues se hizo reconocimiento geológico y paleontológico de vertebrados. Los vertebrados fósiles se encuentran en paleokarsts, en unidades litoestratigráficas correspondientes a las Formaciones Cajamarca y/o Celendín (caso de la localidad de Santa Rosa de Celendín), trazándose fracturas y prolongaciones para nuevas exploraciones y excavaciones paleontológicas en este sector, mediante este procedimiento.

3. INTRODUCCIÓN

Desde el año 2006, el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) en el desarrollo del Proyecto de investigación de la Dirección de Geología Regional GR-11 "Evolución de los Ecosistemas Continentales del Norte del Perú durante el Plio-Pleistoceno", empezó a trabajar mediante un convenio con el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura, proyecto que involucra no solo el Departamento de Piura sino también los de Tumbes, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque y Amazonas.

La Paleontología tiene sus técnicas y métodos propios de prospección, muestreo, excavación, restauración y conservación. Estos procedimientos, que además pueden variar según el tipo de yacimiento fosilífero, no se deben improvisar; sino, son materia de investigación taxonómica y paleoambiental, de esta manera enriquecer los conocimientos geocientíficos de nuestro país. Este punto es particularmente importante si recordamos que los fósiles menos comunes, como son los de vertebrados, son legalmente parte del Patrimonio de la Nación, lo cual desde un principio debería prohibir cualquier tipo de trato informal.

El presente trabajo proporciona una síntesis detallada de nuevos datos paleontológicos y sedimentológicos de las secuencias del Pleistoceno, obtenidas en el marco del proyecto de investigación GR-11 "Evolución de los ecosistemas continentales del Norte Peruano durante el Plio-Pleistoceno". En el presente año se hizo estudios detallados de excavación sistemática paleontológica, elaborando columnas estratigráficas pertenecientes a coberturas pleistocénicas en las localidades las la Encantada, Chulucanas, y Yamaluc en Cajamarca, en su respectivo contexto de excavación.

Así como también se realizó exploraciones geológicas con énfasis en bioestratigrafía, prospecciones y excavaciones paleontológicas en las localidades comprendidas en los departamentos de La Libertad, Lambayeque, Piura, Tumbes y Cajamarca, por tal razón es que se pone énfasis en demostrar evidencias de la presencia de la megafauna en las localidades mencionadas para el Pleistoceno, reconociendo especies antes no descritas en las localidades estudiadas.

Asimismo queda demostrado por el cartografiado al detalle realizado en la localidad de Yamaluc que los criterios geológicos estructurales son de importancia para los hallazgos de evidencias de vertebrados fósiles pertenecientes a la megafauna, debido a la presencia de cavidades cársticas principalmente.

4. UBICACIÓN DE LAS LOCALIDADES ESTUDIADAS

El área de estudios (Fig. 4.1) comprende localidades ubicadas en los departamentos de Tumbes, Piura, Lambayeque, Cajamarca y La Libertad, entre los paralelos 3°10' a 8°40' de Latitud Sur y 81°40' a 76°10' de Longitud Oeste.

Cartográficamente se ha trabajado en los cuadrángulos de Talara (10-a), Chulucanas (11-c) y Sechura (12-b) en el Departamento de Piura; Celendín (14-g), Cutervo (13-f), Chota (14-f) y Cajabamba (16-g) en el Departamento de Cajamarca; Chocope (16-e) en el Departamento de La Libertad; y Chiclayo (14-d) en el Departamento de Lambayeque.

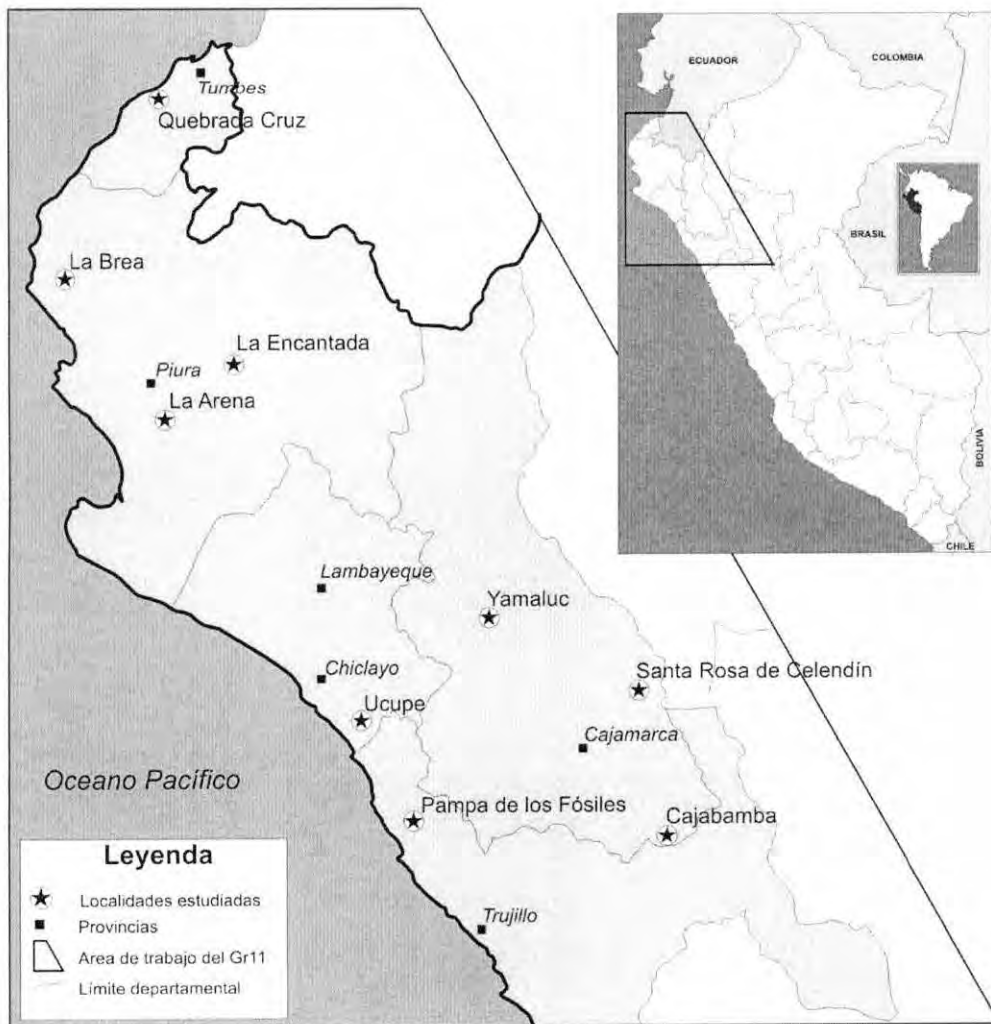


Fig. 4.1.- Ubicación del área de estudios del proyecto GR11 para los años 2006 a 2008.

Las localidades de La Brea, La Arena, Ucupe y Pampa de los Fósiles son accesibles mediante la carretera Panamericana. Para acceder a la localidad de la Encantada (Chulucanas) se puede hacer mediante la carretera de penetración de Chulucanas-Frias en Piura. Las localidades de Cajabamba, Santa Rosa de Celendín y Yamaluc son accesibles desde Chiclayo mediante la carretera de acceso a Cajamarca.

5. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2006

5.1. PROSPECCIÓN PALEONTOLÓGICA EN CHULUCANAS, CHUSIS Y SECHURA

(Brigada: Lidia Romero & Jean Noel Martínez)

5.1.1. Ubicación

En el mes de Junio del 2006, se realizó una campaña de campo en las localidades de La Encantada (Chulucanas), Chusis (en Paita) y La Arena (Sechura), provincias de Piura. Para acceder a estas localidades es necesario llegar a la carretera Panamericana Norte y desviarse al Oeste por la carretera de penetración a Frias, para llegar a La Encantada. Para llegar a La Arena y Chusis es necesario viajar aproximadamente 2 horas, direccionados al sur de Piura por la misma vía.

5.1.2. Objetivos

- Buscar comunicación con el Instituto Nacional de Cultura para realizar futuros trabajos paleontológicos, protección y conservación.
- Buscar nuevas localidades fosilíferas y hacer un inventario paleontológico en el departamento de Piura.
- Levantar secciones estratigráficas en los lugares más importantes.

5.1.3. Trabajos realizados

Se tiene trabajos de Prospección Paleontológica. En esta primera etapa de campo se realizaron estos estudios en el departamento de Piura, en los depósitos continentales del Plioceno y Pleistoceno, y otros de transición de la misma edad.

Es necesario mencionar que hubieron estudios realizados desde 1950 que reportan diversas especies de vertebrados fósiles del Pleistoceno, los más importantes han sido hallados en La Brea (Provincia de Talara), La Huaca (Provincia de Paita) y San Sebastián (Provincia de Piura).

1.- Prospección en la Costa: Se han encontrado 3 localidades importantes:

- Hacienda la Encantada, localizada en el Cuadrángulo de Chulucanas, Coordenadas UTM: 9436738, 0588487, en canteras abandonadas de arcillas. En estos depósitos de llanura de inundación se han encontrado restos óseos de *Megatheriidae* (cf. *Eremotherium*).
- Chusis, al Sur de Piura, en el cuadrángulo de Sechura (Coordenadas UTM: 9389637, 0520358) sobre el borde derecho de la carretera Piura, Sechura, parte inferior del afloramiento, entre el nivel de arenisca se halló dientes de roedores, *Myliobatis* y de tiburones.
- En el distrito de La Arena, sobre el lado derecho de la carretera Piura, Sechura (108 Km.), Coordenadas UTM: 9400658, 0520567 en depósitos fluviales fue encontrado parte de la rama mandibular y dos molares de Mastodonte (cf. *Stegomastodon*). Estos fósiles se hallan depositados en el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura.

2.- Prospección en la Sierra: La búsqueda de fósiles vertebrados en esta zona del departamento de Piura en depósitos fluviales y lagunares no dieron resultados.

5.1.4. Contexto Geológico

En Chusis, la sección estratigráfica (Fig. 5.1) tiene un grosor de 16.50 m., esta constituida en la base por 0.90 m. de conglomerados con fragmentos líticos entre (0.05 a 0.10) m. y matriz de arena media, color pardo amarillento, compuesto por cuarzo, líticos, mica, óxidos de Hierro.

0.10 de arena de grano medio, sub-anguloso, líticos micas, dientes de seláceos y roedores.

0.45 de conglomerado con fragmentos líticos (0.03 – 0.05 m), matriz de arena media.

0.85 Arena gruesa constituida por cuarzo. Líticos, micas, óxidos de Hierro., estratificación laminar con presencia de *Ophiomorpha* sp. (Bioturbación).

0.25 Arena media constituida por cuarzo, líticos, micas. Presenta estratificación cruzada.

0.60 de arena media, color gris claro, compuesta por cuarzo, materia orgánica, mica, óxidos de Fe, conteniendo escasos rodados líticos, presenta estratificación cruzada con láminas de arcilla de 0.01 a 0.05 m.

0.90 de arena media, color gris pardo, constituida por cuarzo, líticos, micas, presenta estratificación cruzada y bioturbación. Hacia el tope las arenas presentan intercalaciones de óxidos de Fe y minerales ferromagnesianos.

0.20 m de arena de grano medio con estratificación cruzada y fragmentos líticos sub-redondeados de 0.05 a 0.03 m, hacia arriba intercalaciones de arena media y arcilla, con restos calcáreos y escasos rodados líticos, sub-angulosos de 0.03 a 0.01 m.

0.5 m de arena de grano medio a fino, estratificación laminar, presencia de abundante bioturbación, color gris a pardo, compuesta por cuarzo, fragmentos líticos, óxidos de Hierro, micas. En la base presenta mayor oxidación.

0.75 m de intercalación de laminas de arcilla y arena fina, constituida por cuarzo, líticos y micas.

0.65 m de arena fina, color gris claro, presencia de bioturbación. Esta compuesta por cuarzo, fragmentos líticos y micas.

0.60 m de conglomerados compuesto por fragmentos líticos de 0.05 a 0.10 m con matiz de arena bioclástica.

0.30 m de estratos compuesto por fragmentos de moluscos (bivalvos, gasterópodos) y equinoideos.

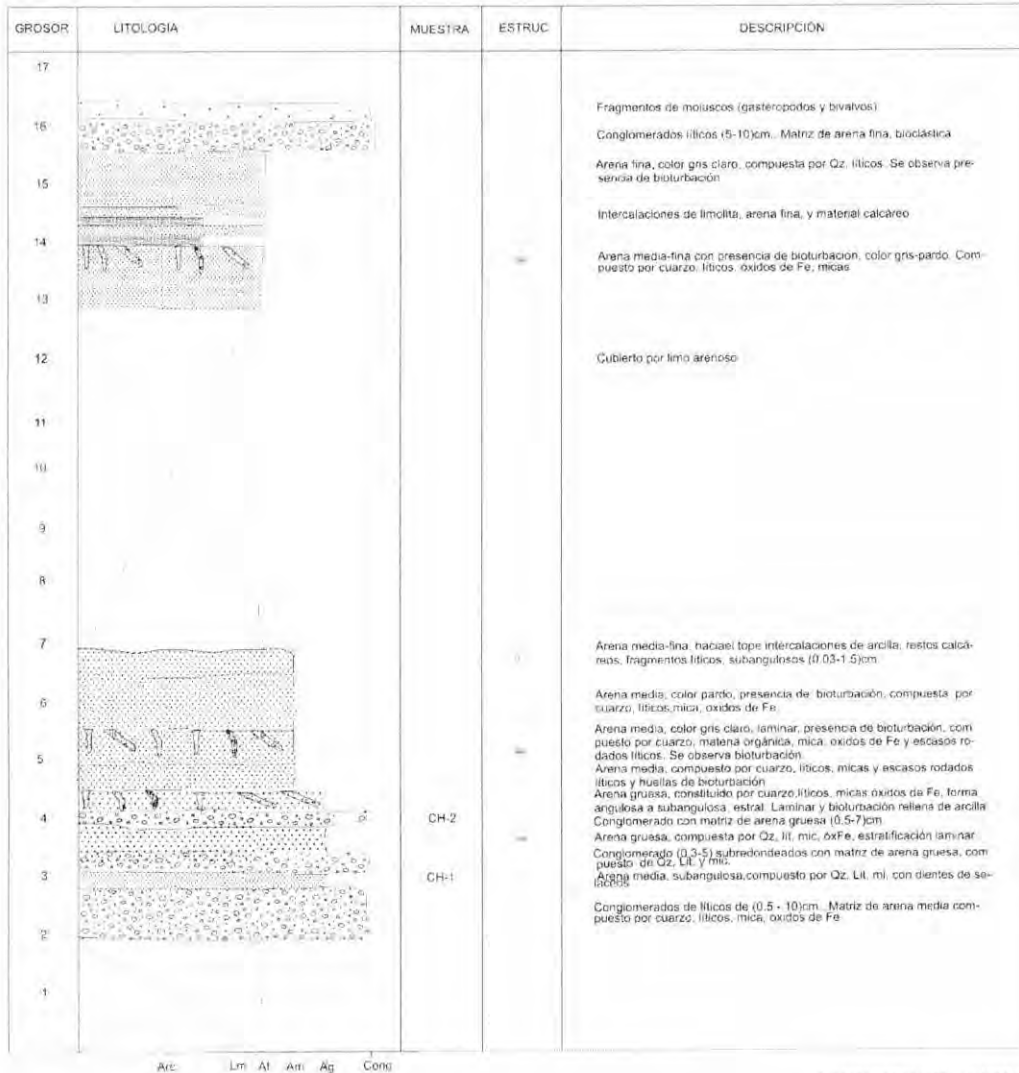
En La Encantada, hacia las riberas del río Piura, afloran depósitos no consolidados del Cuaternario, compuestas por depósitos de arenas de grano fino a medio, micáceas en partes conglomerádicas. A pocos metros de esta localidad, en los depósitos de arcilla se aprecia una sección de 2.40 m. En la base se encuentran restos óseos.

5.1.5. Paleontología de vertebrados

Se colecta muestras en la base de la columna estratigráfica (Tabla 5.1), determinadas como:

Muestra	Determinaciones	Cantidad	Descripción
Ch - 1	<i>Isurus</i> sp.	1	Fragmento de diente
	<i>Carcharodon Carcharias</i> sp.	1	Molar de individuo pequeño
Ch - 2	<i>Rajidae</i> ind.	2	Molares
Ch - 3	<i>Ophiomorpha</i> sp.		Trazas fósiles al tope. Abundante.

Tabla 5.1.- Muestras colectadas en Chusis, Sechura en Junio del 2006. Muestras determinadas por Ing. Lidia Romero.



Cuadrángulo de Sechura
Ubicación : Museo de Chusis
(Carretera Piura - Sechura)

Fig. 5.1.- Columna estratigráfica levantada en Chusis, cerca al Museo Antropológico, Junio del 2006.

5.1.6. Conclusiones

- La prospección realizada en la costa y sierra de este departamento pone en evidencia el potencial fosilífero en la costa de Piura y denota su escasez en la región andina, existiendo un marcado contraste entre estas zonas.
- Los fósiles vertebrados reportados han sido encontrados en depósitos continentales.
- El registro fósil esta constituido mayormente por mamíferos del Plioceno y Pleistoceno.
- Sugerimos continuar durante el 2007 con la búsqueda y colecta de fósiles en áreas restringidas, como en los depósitos de La Brea, Talara.
- Se recomienda complementar los estudios de variación climática con el estudio de microfósiles en las zonas altas de Piura.

5.2. PROSPECCIÓN PALEONTOLÓGICA EN TUMBES

(Brigada: Lidia Romero & Jean Noel Martínez)

5.2.1. Ubicación

Entre los meses de Setiembre y Octubre del año 2006, se realizó una salida de campo, con el objetivo de reconocer nuevas localidades fosilíferas como la quebrada Cruz a escasa distancia del cerro Uña Gatal y la Gruta, cerca de la desembocadura de la quebrada Canoas, comprendidos en el cuadrángulo de Zorritos (8-b), en el departamento de Tumbes. Para llegar a estas localidades, se usa la carretera de acceso a Zorritos y Caleta Cruz, y tomar un desvío en dirección Oeste hasta las quebradas mencionadas.

Otros lugares de importancia paleontológica como La Brea, al noroeste de Piura ha sido registrado por (Churcher, 1966); así como también en La Carolina, península de Santa Elena, Ecuador (Spillman, 1938), cuya relación con los yacimientos de tumbes serian especies de herbívoros.

5.2.2. Objetivos

- Buscar la comunicación con el Instituto Nacional de Cultura para realizar futuros trabajos paleontológicos, protección y conservación.
- Buscar nuevas localidades fosilíferas y hacer un inventario paleontológico en el departamento de Tumbes, complementando el Mapa Temático para este año (Fig. 5.4).
- Medir secciones estratigráficas en los lugares más importantes.

5.2.3. Trabajos realizados

El INGEMMET, cumpliendo con el rol de investigación, conservación y protección de los elementos fósiles, desarrollando en forma conjunta con la Universidad Nacional de Piura este Proyecto de Investigación sobre fósiles vertebrados; teniéndose prospectados las siguientes localidades:

Hacia el noreste de Tumbes, provincia de Zarumilla (Papayal, Matapalo, Pampas de Hospital) se realizaron trabajos de prospección, sin resultados favorables.



Fig. 5.2.- Sección medida en la quebrada Cruz (flecha roja) donde se tiene los reportes de vertebrados fósiles, flecha verde indica ocurrencia de los vertebrados fósiles.

Al sur este del cerro Uña Gatal, en la quebrada Cruz (coordenadas UTM: 9389631, 0520351) se han coleccionado restos de vertebrados los cuales indican la presencia de grandes herbívoros como: Gomphotheriidae (*Mastodon*) y megatheriidae en el área de Tumbes.

Los materiales óseos provienen de la parte inferior del nivel de conglomerados ubicado entre la Formación Zorritos (Fig. 5.2), miembro medio. Esta formación aflora en la localidad de Zorritos, extendiéndose hacia el noreste hasta el río Tumbes (Petersen, 1936).

Cerca a la desembocadura de la quebrada Canoas, "La Gruta" han sido hallados molares, costillas de *Mastodon* por un antiguo poblador, poniendo de manifiesto su similitud con las especies halladas en el Departamento de Piura.

Al Sur de Tumbes, en la Quebrada Fernández, Quebrada Seca y Quebrada Carrizal, no se han obtenido resultados durante los trabajos de prospección.

5.2.4. Paleontología de Vertebrados

El registro fósil mamalífero sudamericano puede sintetizarse para esta región costera como sigue:

Los restos más antiguos de Gomphoteriidae corresponden al Plio-Pleistoceno en este continente y los encontrados en la quebrada Cruz (Fig. 5.3) son atribuidos al Mioceno inferior? por posición estratigráfica pudiendo ser los Mastodontes más antiguos encontrados en Sudamérica.

El registro recientemente conocido se atribuye a la familia Mastodontidae y Megatheriidae.

Dada la fragilidad de estos restos óseos rara vez se encuentran completos como para ser reconocidos por lo que no es valido interpretar la falta de estos registros como ausencias en el área.



Fig. 5.3.- Fósil de vertebrado de gran tamaño perteneciente a la megafauna, recogido en la quebrada Cruz.

Muestra	Determinaciones	Cantidad	Descripción
QC - 1	<i>Stegomastodontidae</i> ind.	1	Molar derecho inf.
QC - 2	<i>Eremotherium</i> sp.	1	Fragmento de femúr

Tabla 5.2.- Fósiles colectados en la quebrada Cruz, Tumbes. Muestras determinadas por Ing. Lidia Romero.

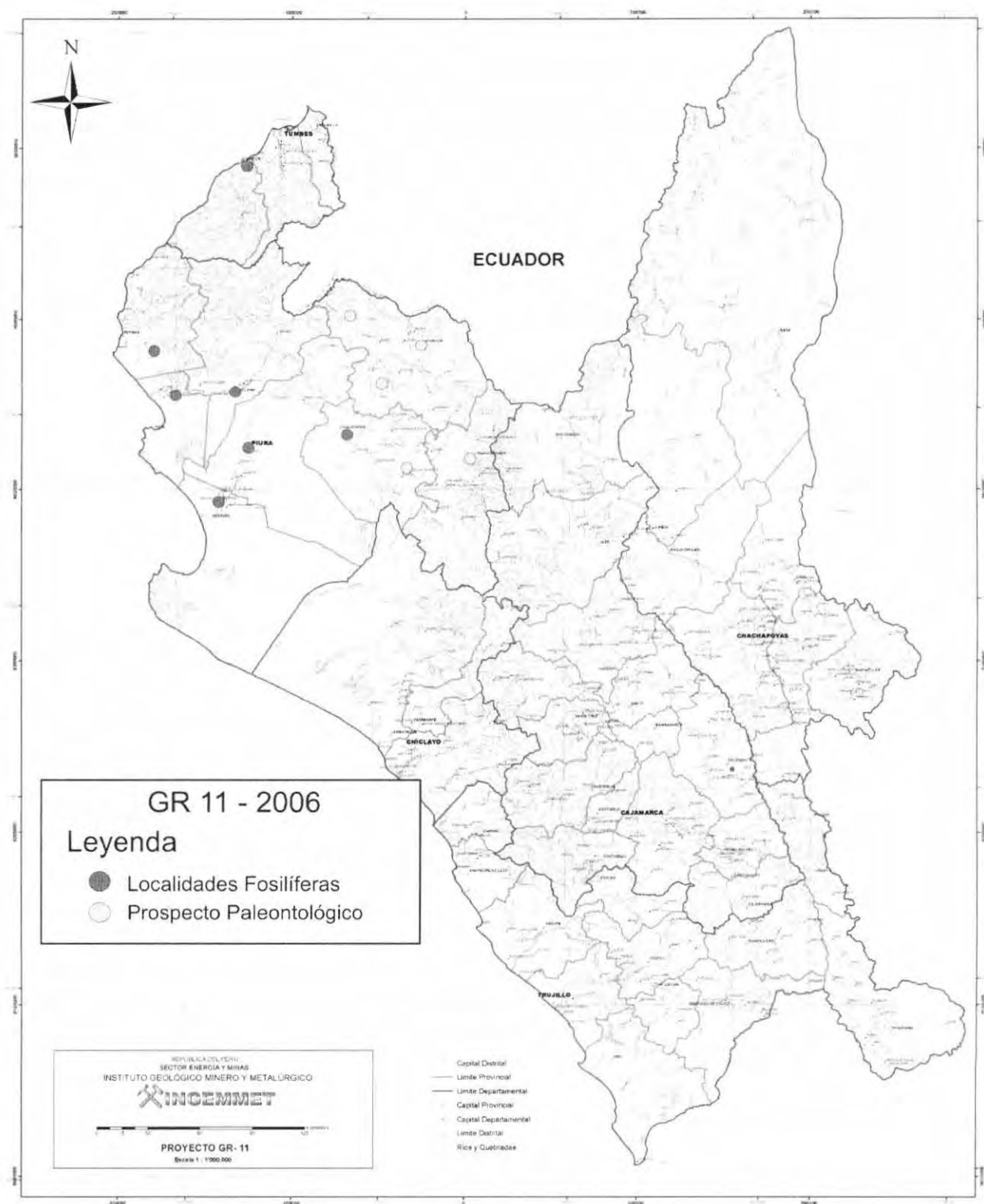


Fig. 5.4.- Mapa Temático de Localidades Fosilíferas comprobadas (debidamente evidencias por presencia fósil), y Prospeectos Paleontológicos (donde aun es posible encontrar restos fósiles, previa exploración); actualizado a Diciembre del 2006.

6. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2007

6.1. ESCUELA DE CAMPO-EXCAVACIÓN PALEONTOLÓGICA EN LA BREA, TALARA

(Brigada: Lidia Romero, Jean Noel Martínez, Aldo Alván, José Tuesta & Juan Pablo Navarro)

6.1.1. Ubicación

En Marzo del año 2007 se realizó una excavación paleontológica de vertebrados en la quebrada El Muerto, ubicado en el Distrito de La Brea, Negritos, Provincia de Talara, Departamento de Piura (Fig. 6.1), ubicado en un abanico aluvial que está compuesto por flujos detríticos que provienen de las montañas Amotape, allí se encuentran pozos petroleros abandonados observándose aún emanaciones de hidrocarburos que han servido de trampas naturales para organismos del Pleistoceno y hasta para la actualidad.

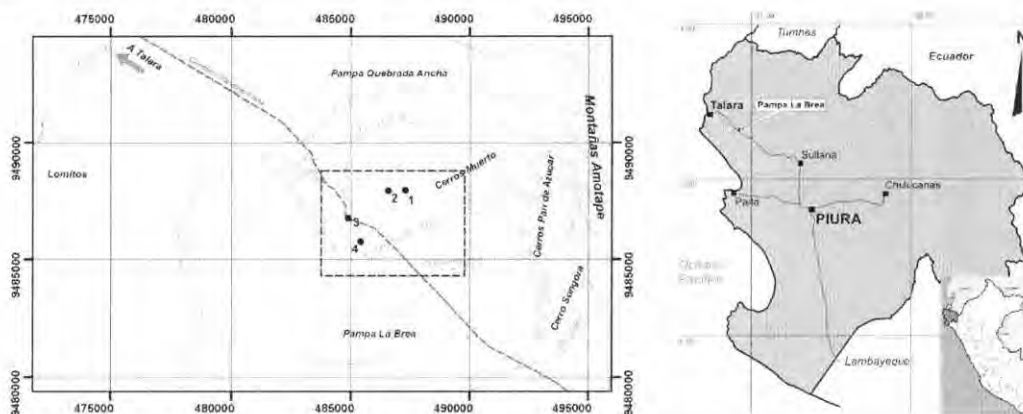


Fig. 6.1.- Mapa de ubicación de la excavación paleontológica y levantamiento de columnas estratigráficas en la Brea, Talara (numeradas).

6.1.2. Objetivos

- Realizar trabajos de excavación (Fig. 6.5) en el lugar que presentan evidencias paleontológicas para extraer fósiles vertebrados y microvertebrados.
- Hacer un mapa geológico en la excavación con la distribución fosilífera y columnas estratigráficas.
- Medir una columna estratigráfica en el lugar más importante.
- Hacer una descripción sedimentológica

6.1.3. Trabajos realizados

Mapa de Excavación en La Brea: el mapa (Fig. 6.2) representa en proyección de planta las coordenadas X e Y, los hallazgos a diferente profundidad, los fragmentos óseos mayores por sus contornos y los menores por un círculo, muestra la distribución de los restos fósiles por el tamaño.

Además de las excavaciones, se logró producir un nuevo mapa geológico, como tarea adicional, para el área de pampa La Brea, el cual muestra diferenciaciones en los depósitos cuaternarios, principalmente (Fig. 6.7).

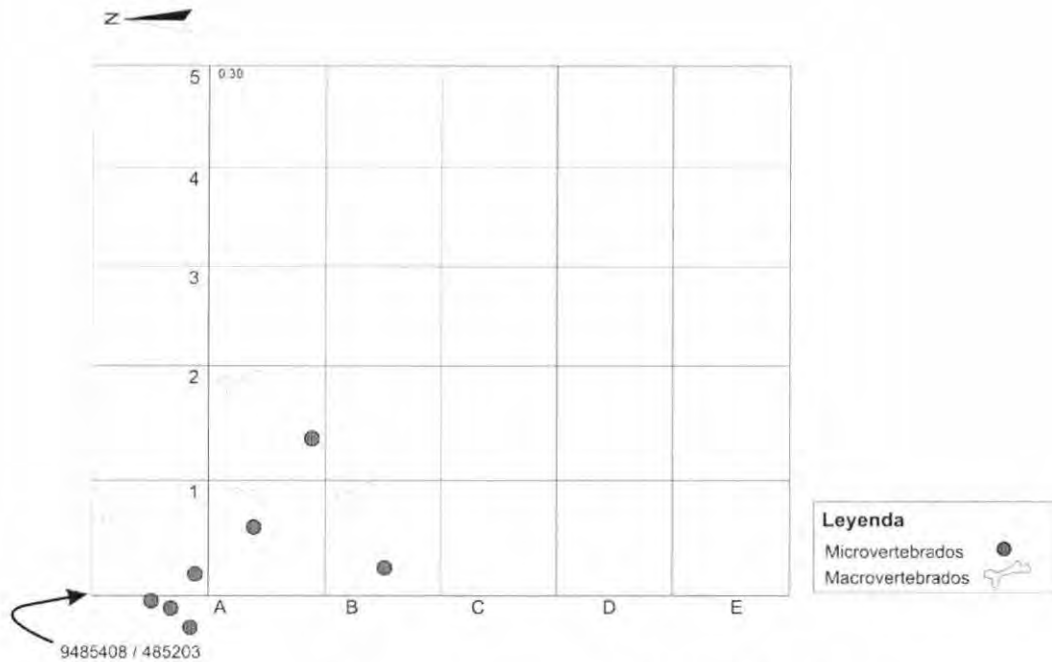


Fig. 6.2.- Mapa de Excavación Paleontológica (Cuadrícula) en La Brea, Talara.

6.1.4. Contexto Geológico

Las montañas Amotape (Fig. 6.3) se extienden desde Piura, hasta la parte sur de Ecuador tomando allí el nombre de montañas Tahuín para luego desviarse con rumbo NE hasta encontrarse con la Cordillera Real (equivalente de la Cordillera Oriental en Perú). Este conjunto está constituido de rocas metamórficas designadas como del Dominio Amotape-Tahuín, (Palacios et al., 2005), algunas de las cuales afloran en el área de estudios del presente trabajo. Los primeros reportes de investigaciones geológicas en el área de los cerros Amotape se deben a Bosworth (1922), Thomas (1928) y Naus (1944). Newell, Chronic & Roberts (1949) describieron en el cerro Prieto una sección continua que la asignaron al Pensilvaniano. Martínez (1970) dividió el Grupo Amotape (denominado así por Bosworth, 1922) en las formaciones Cerro Negro (Devónico), Chaleco de Paño (Misisipiano), Cerro Prieto (Pensilvaniano) y Palaus (Pérmico).

La Formación Cerro Negro (Devónico) consiste en una secuencia de esquistos micáceos, cornubianitas, cuarcitas y pizarras grises oscuras con turbiditas; la Formación Chaleco de Paño (Pensilvaniano) consta de una alternancia de arcillitas grises verdosas y areniscas cuarcíticas calcáreas; la Formación Cerro Prieto (Misisipiano superior) descrita por Newell et al., (1949) como Grupo Tarma, está presente en la Quebrada El Muerto y en el cerro Prieto donde está compuesta de lutitas grises verdosas con bajo nivel de metamorfismo, areniscas, limonitas y areniscas cuarzosas con lentes de caliza azulada; la Formación Palaus (Misisipiano inferior) presenta arcillitas grises verdosas y areniscas cuarzosas (Newell et al. 1949; Cruzado & Kuang, 1985).



Fig. 6.3.- Montañas Amotape, vista desde el tablazo de Mancora.

El área de Pampa La Brea presenta abanicos aluviales con clastos provenientes de las montañas Amotape (Fig. 8). Litológicamente los clastos de los depósitos aluviales en la quebrada El Muerto están compuestos de lutitas grises verdosas con metamorfismo incipiente, areniscas, limolitas y areniscas cuarzosas grises y lutitas grises verdosas con una marcada coloración rojiza por la oxidación. Esta composición litológica es compatible con la correspondiente a la Formación Cerro Prieto.

Contexto Sedimentológico local

Mediante el levantamiento de columnas estratigráficas al detalle (Fig. 6.4 y 6.5), se logró determinar que la quebrada el Muerto presenta depósitos de abanico aluvial, estas secuencias se depositaron durante el Pleistoceno superior (Lemon & Churcher, 1961), y están caracterizadas mayormente por presentar sistemas aluviales y fluviales compuesto por clastos que derivan de la erosión de rocas paleozoicas, y también de elementos fluviales entrelazados.

La sucesión y asociación de litofacies en estos depósitos conglomerádicos (Fig. 6.5) sugieren abanicos aluviales con lluvias de significante intensidad en una llanura húmeda, teniéndose gran cantidad de clastos angulosos (sector intermedio); asumiendo frecuentes flujos gravitacionales en masa, el cual disminuía la fricción entre los clastos, en intermitencia con depósitos fluviales de flujos entrelazados, lóbulos de arenas en zonas de rebalse, asumiendo que éstas lluvias eran temporales; todos estos flujos se distribuían en dirección Suroeste y Oeste.

La presencia de ríos y de lagunas es innegable en vista de la presencia fósil de cocodrilos, aves acuáticas e insectos dependientes del agua como los Dysticidae, abundantes en Talara; se puede afirmar que el paisaje de Talara era una llanura húmeda en el Pleistoceno superior (Martínez & Cadenillas, 2004).

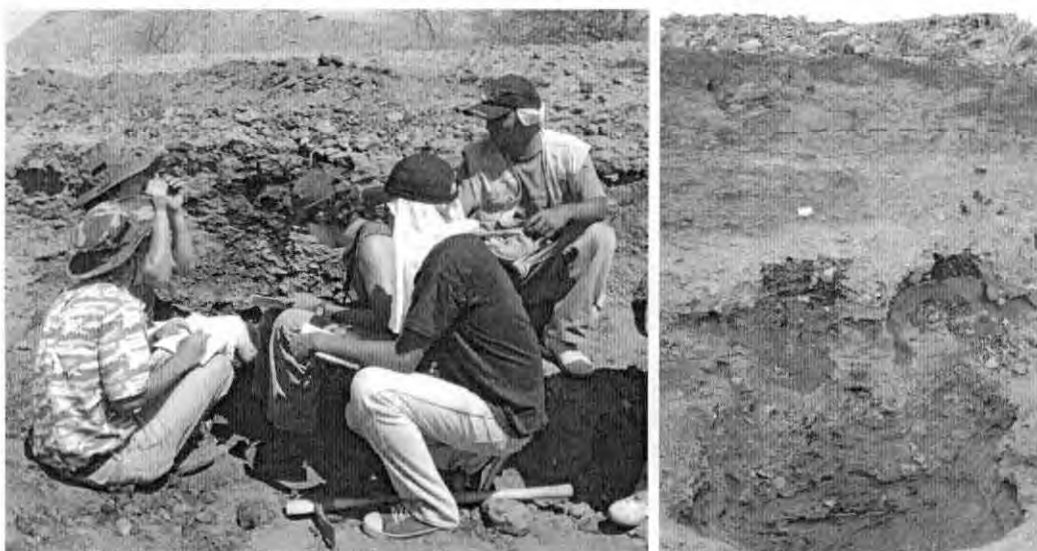


Fig. 6.4.- Levantamiento de columnas estratigráficas en la excavación paleontológica en La Brea, Talara.

Para determinar las paleocorrientes (Fig. 6.5) se midieron indicadores de corrientes dentro de los flujos tales como imbricaciones, laminaciones oblicuas y canales. Estas evidencias indican que la dirección de corriente promedio hacia el Suroeste y Oeste. Según los análisis petrográficos, la proveniencia de los clastos corresponde a las unidades litológicas paleozoicas de las montañas Amotape.

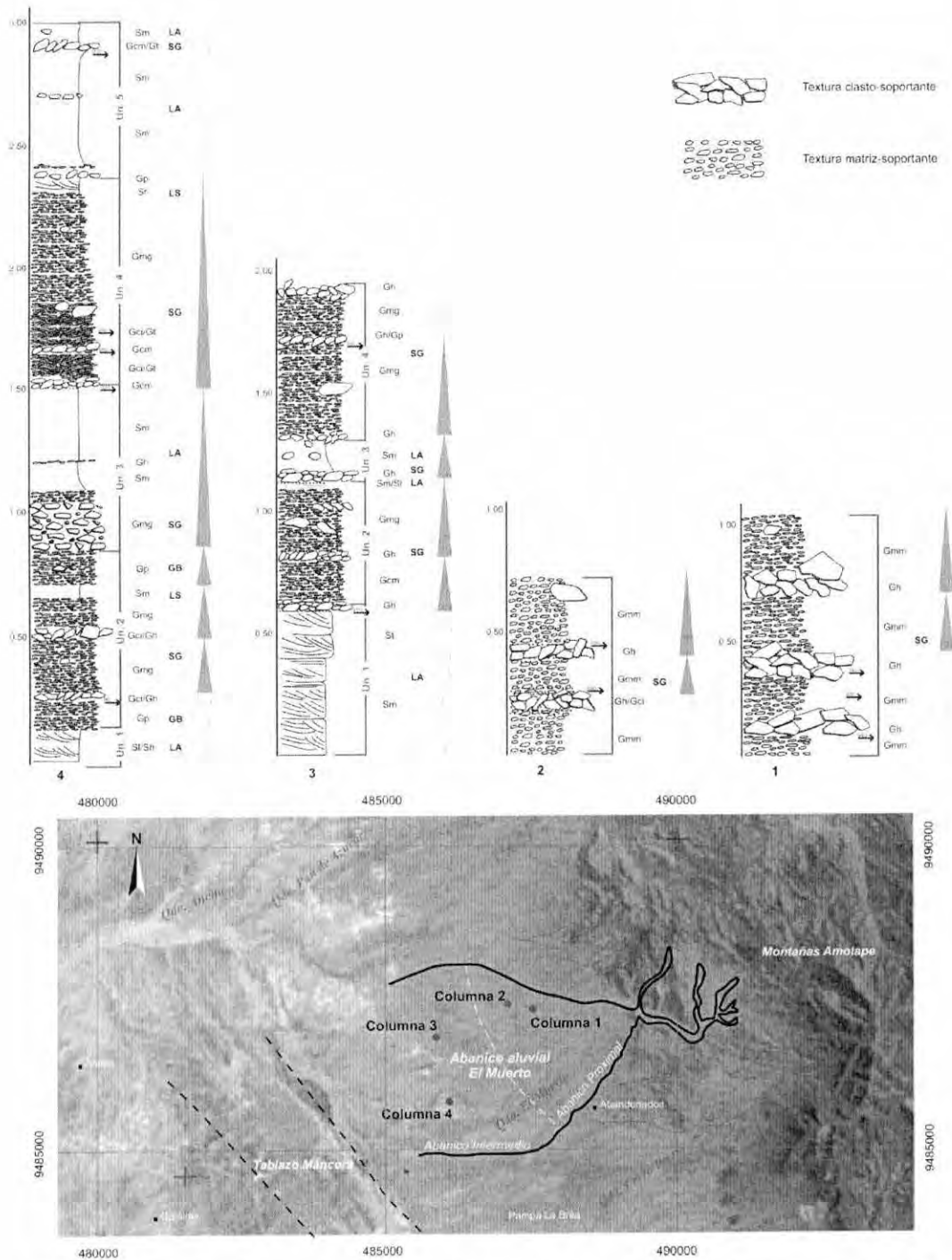


Fig. 6.5.- Abanico aluvial de la quebrada El Muerto mostrando columnas representativas numeradas para cada sector del abanico, en la parte más distal están los Tablazos de Talara.



Fig. 6.6.- Excavación paleontológica en La Brea, Talara; nótese las cuadrículas, método utilizado para la excavación sistemática.

5.1.5. Paleontología de Vertebrados

Durante la excavación paleontológica, se logró obtener buenos resultados respecto a la paleontología de vertebrados (Tabla 5.3), mediante la colecta de abundantes fragmentos de fósiles, tales como en la Fig. 6.8. Estas muestras fueron determinadas como sigue:

Muestra	Determinaciones	Cantidad	Descripción	
A-1	Aves	2	Garras	
	Aves ind.	27	Frag. Largos	
	Aves ind.	16	Frag. Cortos	
	Aves ind.	16	Frag. Pequeños	
	<i>Mammalia</i> ind.	6	Huesos cortos	
	<i>Mammalia</i> ind.	8	Fragmentos	
	Murciélagos	10	Fragmentos	
	Murciélagos	1	Molar	
A-1	Roedor (<i>Phyllotis</i> sp.)	2	Hemimandíbula	
	Roedor (<i>Phyllotis</i> sp.)	1	Molar	
	Carnívoro	1	Hemimandíbula	
	Mamíferos ind.	4	Fragmentos	
	Mamíferos ind.	4	Fragmentos	
	Aves	6	Fragmentos largos	

Tabla 5.3.- Muestras colectadas en La Brea, Talara, (Archivo de muestras en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET), determinadas por Ing. Lidia Romero.

Estos fósiles vertebrados corresponden al Pleistoceno superior, entre los $13,616 \pm 600$ años B.P.; según dataciones radiométricas de Lemon & Chuercher (1963).

Se tiene además la siguiente lista de muestras, determinadas por el Dr. Jean Noel Martínez, (estos fósiles están depositados en el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura), tales como Fig. 6.9 y 6.10.

Clase MAMMALIA Linnaeus, 1758
Cohorte MARSUPIALIA Illiger, 1811

- Orden DIDELPHIMORPHIA Gill, 1872
 Familia DIDELPHIDAE Gray, 1821
Marmosa Gray, 1821
***Marmosa* sp.**
- Cohorte PLACENTALIA Owen, 1837
 Orden XENARTHRA Cope, 1889
 Familia PAMPATHERIIDAE Paula Couto, 1954
Holmesina Simpson, 1930
Holmesina occidentalis (Hoffstetter, 1952)
 Familia SCOLIDOTHERIIDAE Ameghino, 1889
Scelidotherium Owen, 1839
***Scelidotherium* sp.**
- Familia MYLODONTIDAE Gill, 1872
Glossotherium Owen, 1839
***Glossotherium* sp.**
- Familia MEGATHERIIDAE Gray, 1821
Eremotherium Spillmann, 1948
Eremotherium laurillardi (Lund, 1842)
- Orden RODENTIA Bowdich, 1821
 Familia MURIDAE Illiger, 1811
Phyllotis Waterhouse, 1837
***Phyllotis* sp.**
- Sigmodon* Say & Ord, 1825
***Sigmodon* sp.**
- Familia HYDROCHOERIDAE Gray, 1825
Nechoerus Hay, 1926 o *Hydrochaeris* Brunnich, 1772
Nechoerus cf. sirasakae (Spillmann, 1941)
***Hydrochaeris* sp.**
- Orden CARNIVORA Bowdich, 1821
 Familia CANIDAE Fischer de Waldheim, 1817
Canis Linnaeus, 1758
Canis dirus Leidy, 1858
Dusicyon Hamilton Smith, 1839
Dusicyon sechurae (Thomas, 1900)
- Familia MUSTELIDAE Fischer de Waldheim, 1817
Conepatus Gray, 1837
Conepatus talarae Churcher & van Zyll de Jong, 1965
- Familia FELIDAE Fischer de Waldheim, 1817
Panthera Oken, 1816
Panthera onca (Linnaeus, 1758)
Smilodon Lund, 1842
Smilodon fatalis Leidy, 1868
- Orden CHIROPTERA Blumenbach, 1779
 Familia PHYLLOSTOMIDAE Gray, 1825
Lophostoma d'Orbigny in Gray, 1838
Lophostoma silvicolum (d'Orbigny, 1836)
- Familia VESPERTILIONIDAE Gray, 1821
Eptesicus Rafinesque, 1820
Eptesicus cf. innoxius (Gervais, 1841)
***Eptesicus* sp.**
- Myotis* Kaup, 1829
***Myotis* sp.**
- Orden ARTIODACTYLA Owen, 1848
 Familia TAYASSUIDAE Palmer, 1897
Tayassuidae indet.

- Familia CAMELIDAE Gray, 1821
Palaeolama Gervais, 1867
Palaeolama aequatorialis Hoffstetter, 1952
Palaeolama cf. crassa Hoffstetter, 1952
- Familia CERVIDAE Goldfuss, 1820
Mazama Rafinesque, 1817
Mazama sp.
Odocoileus Rafinesque, 1832
Odocoileus salinae (Frick, 1937)
- Orden PERISSODACTYLA Owen, 1848
Familia EQUIDAE Gray, 1821
Amerhippus Hoffstetter, 1950
Amerhippus santaeelenae (Spillmann, 1938)
- Familia TAPIRIDAE Gray, 1821
Tapirus Brunnich, 1772
Tapirus sp.
- Orden PROBOSCIDEA Illiger, 1811
Familia GOMPHOTHERIIDAE Hay, 1922
Stegomastodon Pohlig, 1912
Stegomastodon waringi (Holland, 1920)

Observaciones sobre estos especímenes, en pampa La Brea:

- Los mamíferos fósiles de Pampa La Brea son actualmente representados por 25 especies.
- Esta lista ha sido actualizada, intentando alcanzar una determinación de rango específico. Sin embargo, varios taxones no revisados desde los trabajos de Churcher (años 1960) no pueden objetivamente ser determinados a nivel específico, por lo cual están indicados como sp. o *indet.*
- El roedor hidroquérico puede ser atribuido alternativamente al género fósil *Nechoerus* (por lo cual sería lógico que se trate de *Nechoerus sirasakae* presente en La Carolina, sur del Ecuador) o al género *Hydrochaeris* (al cual pertenece el capibara actual).
- Los murciélagos han sido revisados, a partir del material depositado en el Instituto de Paleontología de la UNP, por Richard Cadenillas (trabajo presentado en el Congreso Peruano de Geología en 2006). Este autor concluye a la presencia de un mínimo de cuatro especies, las cuales figuran en esta lista.
- La presencia de un Tayassuidae (pecarí) es probable pero necesita ser confirmada por piezas diagnósticas.
- Esta lista actualizada solo concierne a los mamíferos. Se debe mencionar también la presencia de un pequeño gasterópodo de agua dulce y de insectos que no han sido objeto de estudios desde una publicación de Churcher de 1966 ("The insect fauna from the Talara tar seeps, Peru", *Canadian Journal of Zoology* 44: 985-993). Los Anfibios están representados por restos muy fragmentarios de anuros. Asimismo los Reptiles están representados por dientes aislados y osteodermos de un cocodrilo y placas de tortugas terrestres (posiblemente dos especies). La clase más abundantemente representada es la de las Aves con cerca de 90 especies (lista faunística publicada en 1979 por Kenneth Campbell Jr.: "The non-passerine Pleistocene avifauna of the Talara tar seeps, Northwestern Peru", *Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions*, 18: 1-203).
- Las Aves de La Brea no han sido revisadas desde los trabajos de Kenneth Campbell. Dos estudiantes de Biología de la Universidad Nacional de Piura están actualmente trabajando en la revisión del material de aves depositado en el Instituto de Paleontología de la UNP.

5.1.6. Conclusiones

En La Brea, Talara se tiene uno de los yacimientos más ricos en microvertebrados (roedores, murciélagos) y en diversidad de vertebrados tales como: mamíferos, aves y reptiles del Pleistoceno superior.

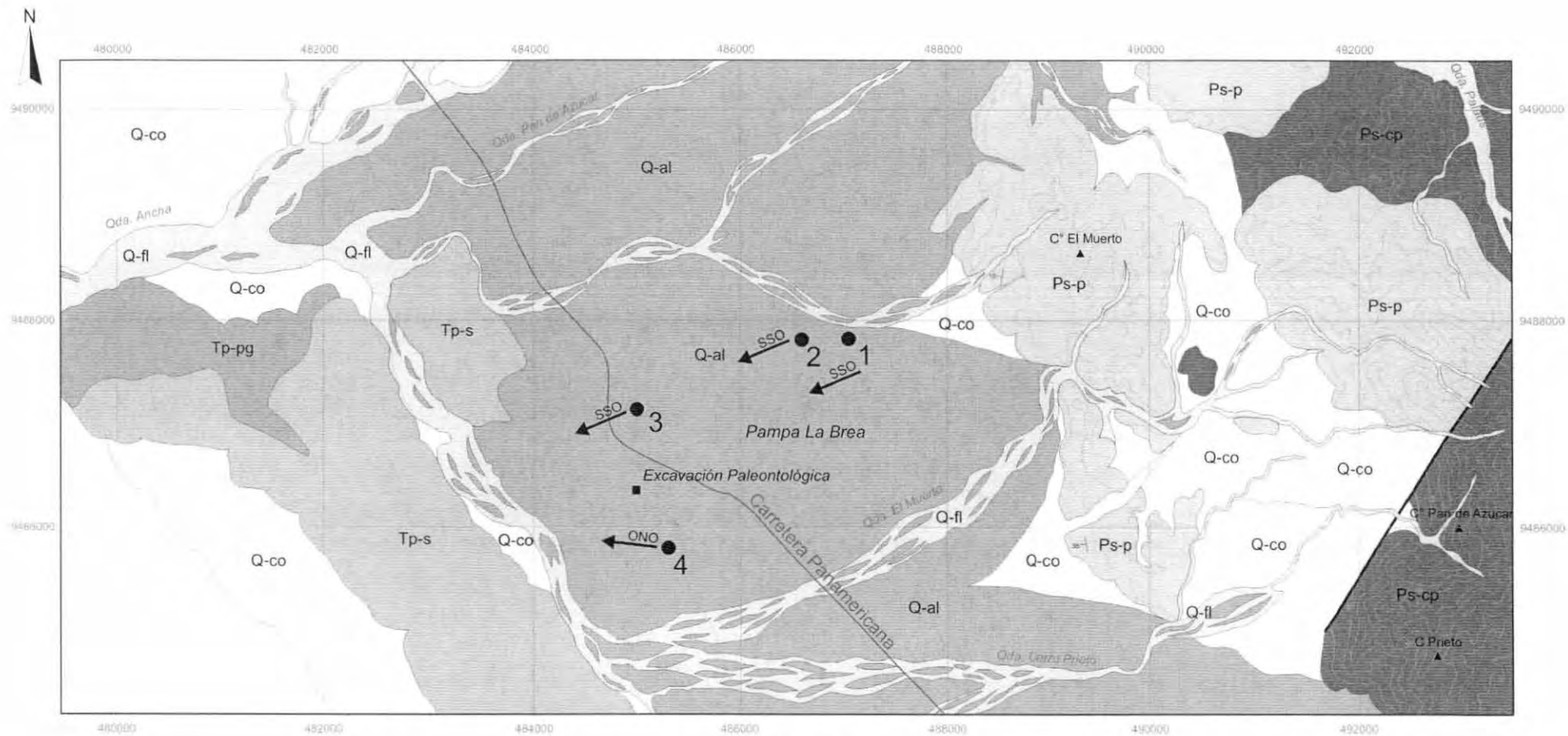
Estos fósiles están representados por diferentes elementos esqueléticos. Los mamíferos (hemimandíbula, molar, tarso, ungual, fragmentos largos, fragmentos cortos), aves (tarso, garras), reptiles (diente) y abundantes esquirolas. Los menos representados son las vértebras y los que no han sido hallados son el homóplato.

El análisis del agregado ha permitido reconocer la predominancia de los micromamíferos cuya mortalidad se debe a la depredación por aves rapaces por encontrarse numerosas garras.

Los depósitos pleistocénicos de la quebrada el Muerto son interpretados como de abanico aluvial, que se depositaron durante el Pleistoceno superior. Están caracterizadas mayormente por sistemas aluviales y canales fluviales conglomerádicos proximales compuesto por clastos que derivan de la erosión de las rocas paleozoicas, y canales fluviales entrelazados. La sucesión y asociación de litofacies en estos depósitos conglomerádicos sugieren abanicos aluviales desarrollados en climas con lluvias de regular intensidad en una llanura húmeda, donde la gran cantidad de clastos angulosos (sector intermedio) indican frecuentes flujos gravitacionales en masa (*debris flows*). Igualmente sugieren alternancia con depósitos fluviales de flujos entrelazados, lóbulos de arenas en zonas de rebalse, lo que indican lluvias temporales. La procedencia de los sedimentos es desde el Este hacia el Suroeste y Oeste, es decir desde los cerros Amotape.

Es frecuente la presencia de ríos y lagunas en los conos distales de un abanico. En ambientes como éstos durante el Pleistoceno superior se han conservado fósiles tales como aves acuáticas, murciélagos e insectos tales como los Dysticidae. En consecuencia se puede afirmar que el paleoambiente de La Brea era una llanura húmeda con evidencias de corrientes aluviales y fluviales periódicas.

En el material paleontológico de La Brea se ha observado taxones de clima árido, campo abierto y temperaturas altas como *Plyllotis* sp. asociado a la escasa presencia de taxones de ambiente relativamente húmedos (cocodrilo), taxones arborícolas (murciélagos), condiciones que nos permite inferir un medio árido, abierto dominado por vegetación arborícola tipo sabana.



Legenda

	Ps-p	Fm. Palaus		Tp-pg	Fm. Palegredda		Q-co	Dep. Coluviales		Q-fl	Dep. Fluviales
	Ps-cp	Fm. Cerro Prieto		Tp-s	Fm. Sainas		Q-al	Dep. Aluviales			

Fig. 6.7.- Mapa geológico de la localidad de La Brea, abanico aluvial de la quebrada El Muerto, (Modificado de INGEMMET, 1994) (Alván et al., 2008); las columnas estratigráficas están numeradas.



Fig. 6.8.- Mandíbula de zorro de Sechura en las capas pleistocénicas de La Brea.

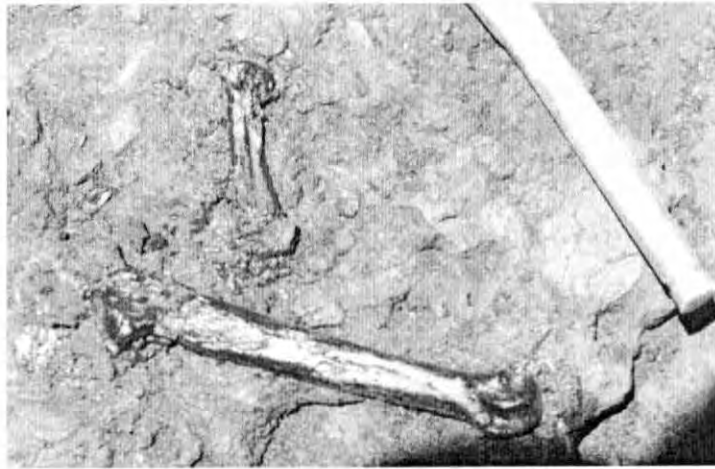


Fig. 6.9.- Colecta de huesos de metápodo y falanges de un gran carnívoro del Pleistoceno de La Brea.

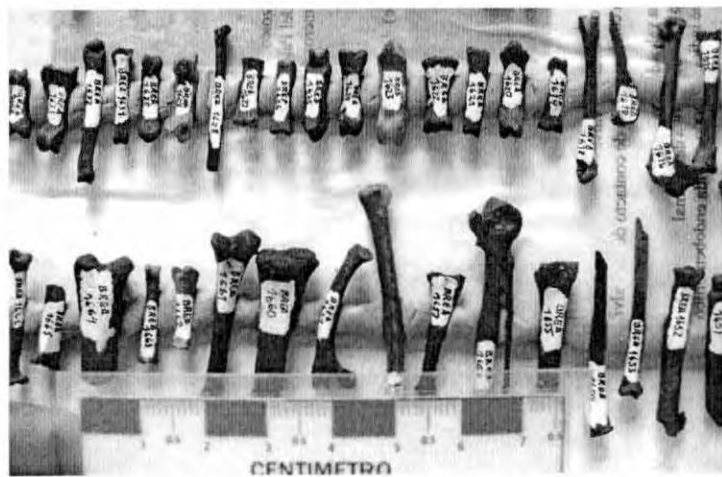


Fig. 6.10.- Colecta de huesos de roedores y aves provenientes de la excavación en La Brea, Talara.

6.2. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN EN CAJAMARCA

(Brigada: Aldo Alván & Jean Noel Martínez)

En el presente estudio se reporta el trabajo realizado durante el mes de Julio del 2007, en localidades comprendidas en el Departamento de Cajamarca, tratándose de los distritos de Yamaluc (Chota), Santa Rosa de Celendín en Celendín y Cajabamba.

Se tuvo referencias de localidades que tienen potencial como yacimientos de vertebrados fósiles megafauna del Plio-Pleistoceno, los que fueron evaluados en esta investigación, comprendiéndose el contexto geológico-sedimentológico para cada yacimiento y sus posibles extensiones a nivel paleoecológico y geológico.

6.2.2. Ubicación

Las localidades de Yamaluc (730352, 9282328 UTM), Santa Rosa de Celendín (817288, 9239218 UTM) y Cajabamba (826222, 9151290 UTM), están ubicadas en la sierra septentrional de Perú (Fig. 6.11). El distrito de Yamaluc, pertenece al distrito de Huambos, provincia de Chota; está ubicado a 10 km al Suroeste del distrito de Cochabamba accesible por un camino afirmado. Santa Rosa de Celendín pertenece a la provincia de Celendín, para acceder a este sitio desde Cajamarca es necesario recorrer aproximadamente 120 km por el camino afirmado en dirección Noreste; y el distrito de Cajabamba se encuentra a 124 km al Sureste de Cajamarca, por un camino afirmado.

Se considera de 2 yacimientos fosilíferos comprobados (Celendín y Yamaluc) y 1 prospecto fosilífero (aun por comprobar: Cajabamba)

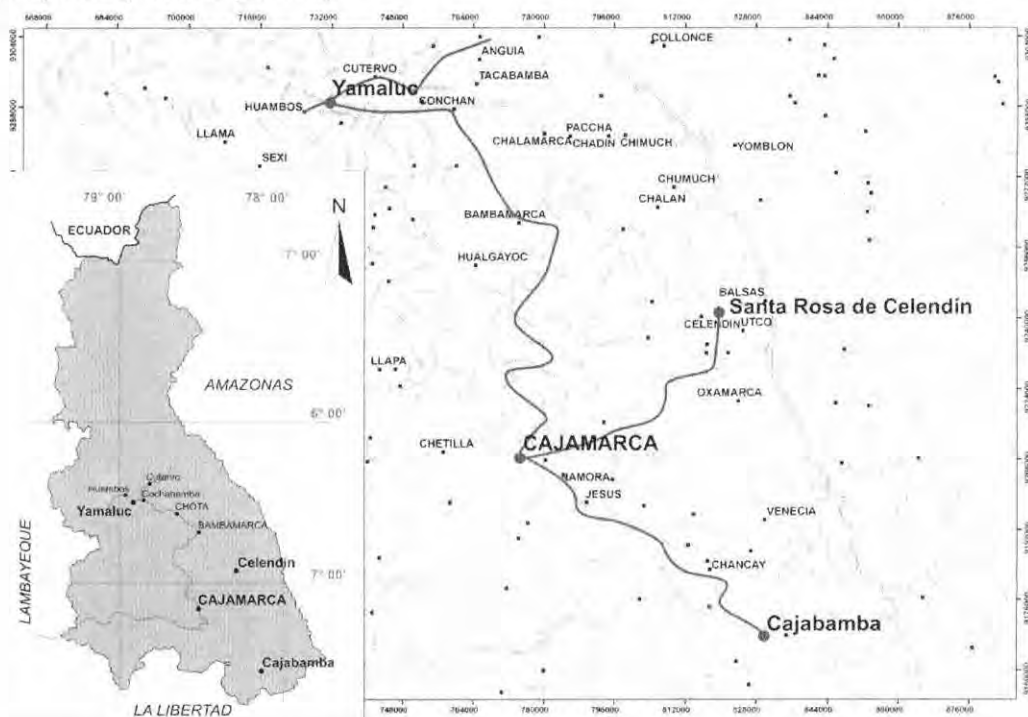


Fig. 6.11.- Mapa de ubicación de la localidad de Santa Rosa de Celendín.

6.2.1. Objetivos

- Establecer un inventario de yacimientos fosilíferos continentales del Plio-Pleistoceno para los Departamentos de Cajamarca.

- Definir mediante un itinerario que localidades corresponden a yacimientos fosilíferos aptos para la excavación paleontológica y cuales se descartaran, asimismo, que localidades se considerara aun como zonas prospectables.
- Considerar una extensión aproximada de los yacimientos, para las futuras excavaciones paleontológicas en los yacimientos fosilíferos comprobados, especialmente para las localidades comprendidas en el departamento de Cajamarca.

La zona de estudios comprende localidades donde se ubican yacimientos fosilíferos debidamente comprobados y prospectos paleontológicos (Fig. 6.11), y están ubicados en los departamentos de Cajamarca, norte Peruano; consistiendo de dos yacimientos fosilíferos comprobados (Yamaluc y Santa Rosa de Celendín) y un prospecto fosilífero (Cajabamba).

En el departamento de Cajamarca se comprobó con evidencias fósiles que la localidad de Yamaluc, Huambos (730352, 9282328 UTM), y la localidad de Santa Rosa de Celendín, Celendín (817288, 9239218 UTM) corresponden a yacimientos fosilíferos de vertebrados, y la localidad de Cajabamba (826222, 9151290 UTM), es un sitio paleontológicamente aun prospectable, con características geológicas adecuadas para la preservación de megafauna y microvertebrados, se tiene reportes de la presencia fósil, pero aun esta por comprobar por evidencias directas.

5.2.2. Trabajos realizados

Reconocimiento geológico y paleontológico de yacimientos fosilíferos con mamíferos del Pleistoceno, en varias localidades ubicadas en el Departamento de Cajamarca:

- Yamaluc (Distrito de Huambos, Provincia de Chota)
- Santa Rosa de Celendín (Distrito y Provincia de Celendín)
- Alrededores de Cajabamba (Provincia de Cajabamba)

Coordinación con la Dirección Regional de Cultura de Cajamarca (INC-Cajamarca), representada por su entonces directora, la Arqueóloga Marcela Olivas Weston, donde se acordó retomar el proyecto de un museo paleontológico en Celendín previamente propuesto por la Arqueóloga Vivian Araujo (adscrita al INC-Cajamarca), aprovechando el convenio de cooperación interinstitucional INGEMMET-INC recientemente firmado, (ver Anexo 10.4).

6.2.3. Contexto Geológico

Cajamarca se encuentra ubicado en el valle altoandino de la cordillera occidental de los andes del norte peruano, limitado de occidente a oriente por las cadenas montañosas, conteniendo localidades con yacimientos de vertebrados fósiles.

En estas localidades se reportan unidades del Cretácico inferior a superior correspondiendo a las Fms. Chota, Cajamarca, Pariatambo y Celendín, consistiendo de calizas bioclásticas marinas de aguas relativamente someras con abundantes *Exogyra* sp. y equinoideos, en las cuales favorece el desarrollo cárstico, muchas veces rellenados, y también a veces aislados y hasta colapsados, estos se caracterizan por sus depósitos sedimentarios y su contenido paleontológico del pleistoceno.

Para el Plioceno y Pleistoceno, la Carta Geológica Nacional (Fig. 6.15 y 6.16) no menciona estos depósitos en ciertas áreas Cajamarca, donde sus afloramientos notorios. En particular los cuadrángulos Cajabamba, Celendín, Cutervo y Chota, los que no se hace alguna referencia estas unidades. Sin embargo, estas formaciones han sido mencionada recientemente en publicaciones anteriores (Pujos, 2002) en la cual trata de diferenciar los terrenos cársticos Plio-Pleistocénicos de la zona de Celendín, mediante estudios petrográficos y sedimentológicos, reportando megafauna para este sector; y el cual, es una de las metas de este proyecto.

Contexto sedimentológico local

Se trata de las localidades Plio-pleistocénicas de Yamaluc, Santa Rosa de Celendín y Cajabamba, comprendidos en el contexto geológico mencionado, los cuales la similitud entre estos consiste en que se desenvuelven sobre terrenos carbonatados cretácicos y están presentes en rellenos cársticos.

Para la localidad de Yamaluc, se tienen afloramientos de rocas carbonatadas del Cretácico, debajo de sedimentos pleistocénicos juntamente con depósitos muy recientes (Fig. 6.12), de espesor promedio de 2 m, los que contienen clastos de calizas bioclásticas a manera de derrubios (Fig. 6.13) encontrándose entre estos depósitos fragmentos de huesos de mastodonte (Fig. 6.17) y de megaterio.

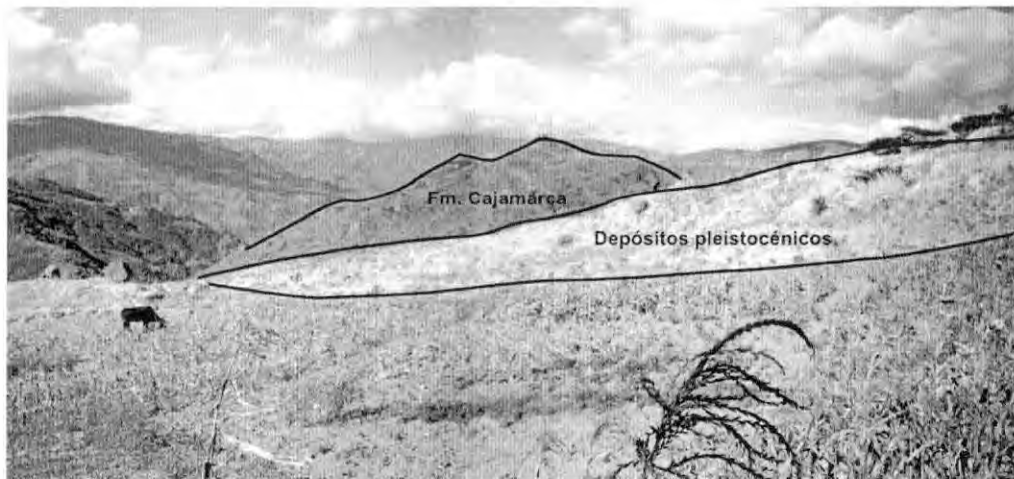


Fig. 6.12.- Capas Plio-Pleistocénicas donde se reportó la presencia de restos de mastodonte y megaterio.



Fig. 6.13.- Relleno arcilloso carbonatado con contenido de fragmentos de vertebrados fósiles en Yamaluc.

Para la localidad de Santa Rosa de Celendín, se tiene capas de calizas que buzcan hacia el NW, para todo este sector; allí también se reporta estratos disconformes a manera de colapsamiento (Fig. 6.14) sobre los rellenos cársticos allí presente. En estos rellenos cársticos se ha reportado la presencia de vertebrados fósiles.

Para la localidad de Cajabamba, se tienen depósitos presentando dirección de fluidos, con clastos de areniscas cuarzosas soportados en matriz limolítica rojiza, en este sitio (825057, 9152342 UTM) se

tiene reportes de abundantes vertebrados fósiles, pero no su posición exacta aun no se tiene, considerándolo aun como prospecto fosilífero.

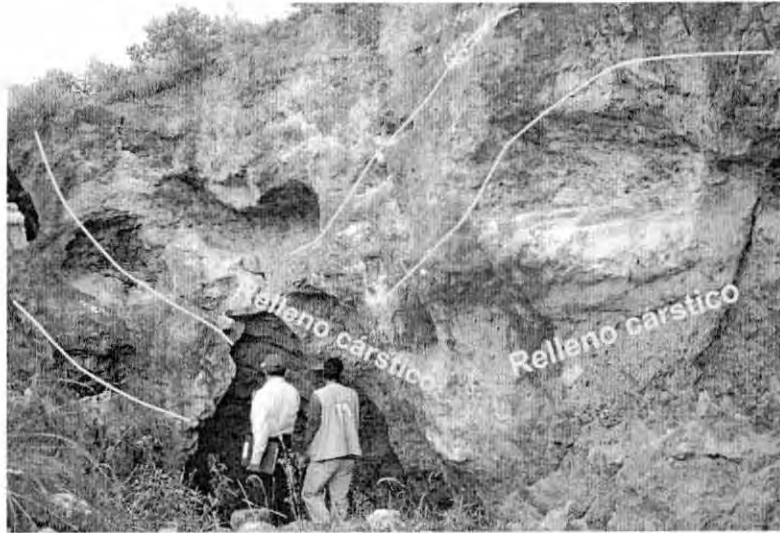


Fig. 6.14.- Se tienen capas de calizas que han sido colapsadas, están en posición disconforme al buzamiento general de las calizas en este sector. Evidenciando que este sector pertenece a una red cársica colapsada.

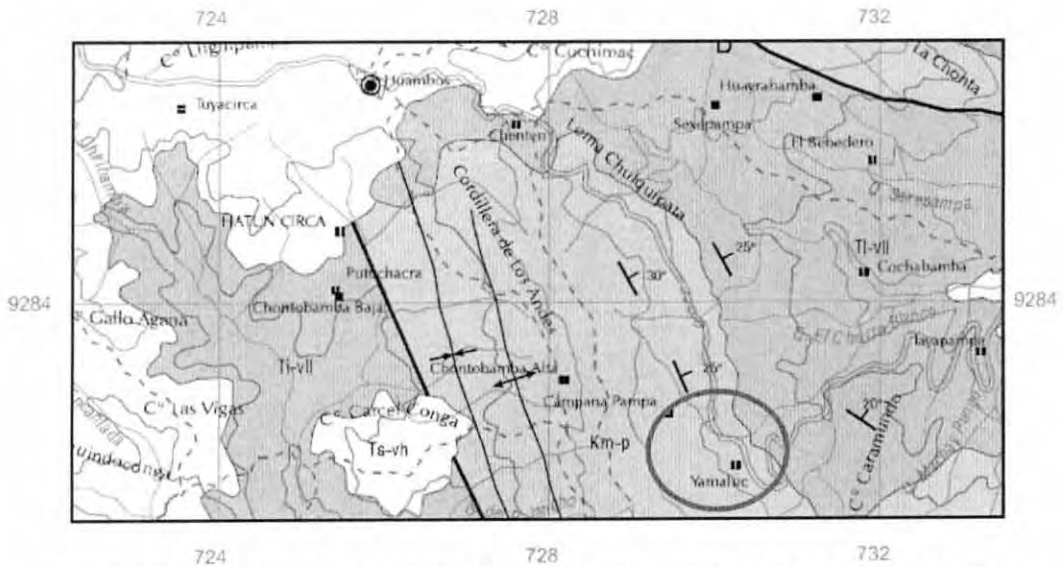


Fig. 6.15.- Mapa geológico de la localidad de Yamaluc, Huambos; cuadrángulo de Cutervo (13-f), según INGENMET (1996), el círculo rojo indica la zona de excavación, nótese no se representa la parte cuaternaria.

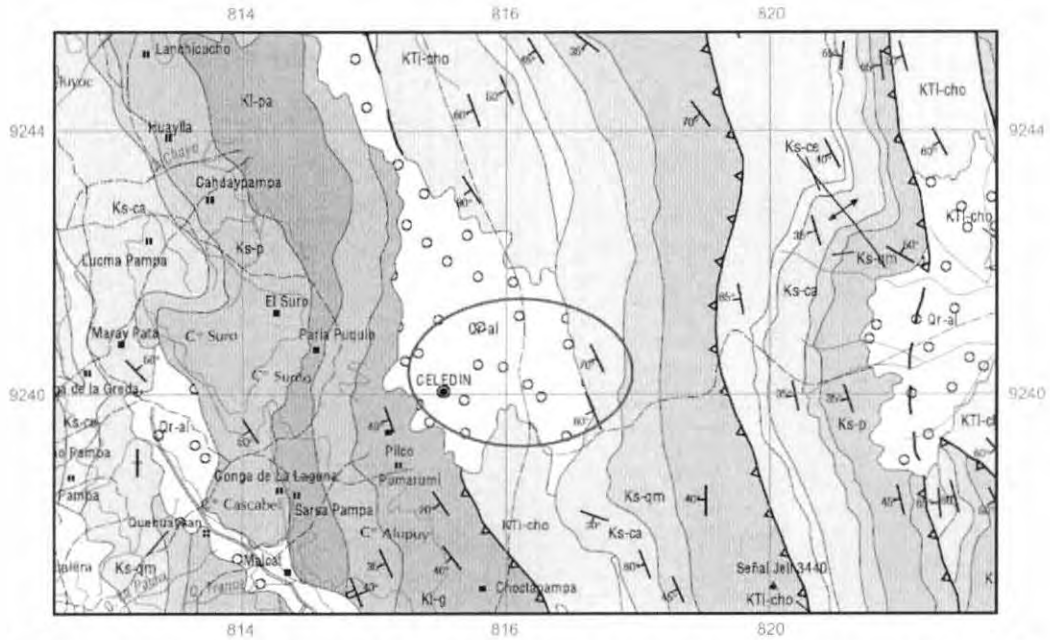


Fig. 6.16.- Mapa geológico de la localidad de Celendín, cuadrángulo de Celendín (14-g), según INGEMMET (1995), el círculo rojo indica la zona de excavación y base de la exploración geológica. No hay diferenciación en los depósitos cuaternarios.

6.2.4. Paleontología de Vertebrados

En la localidad de Yamaluc, en Cajamarca, en estos afloramientos pleistocénicos se han encontrado aflorando entre los fragmentos de caliza cretácica, huesos de mastodonte (Fig. 6.17) y de megaterio.



Fig. 6.17.- Evidencia de la presencia de un mastodonte, mediante el hallazgo de una vértebra, Yamaluc, Cajamarca.

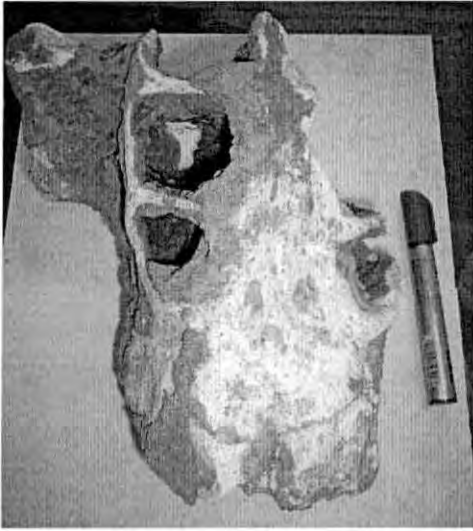


Fig. 6.18.- Foto de cráneo de perezoso fósil (cf. *Eremotherium*) conservados en el museo Yachayhuasi de la localidad de Cajabamba.

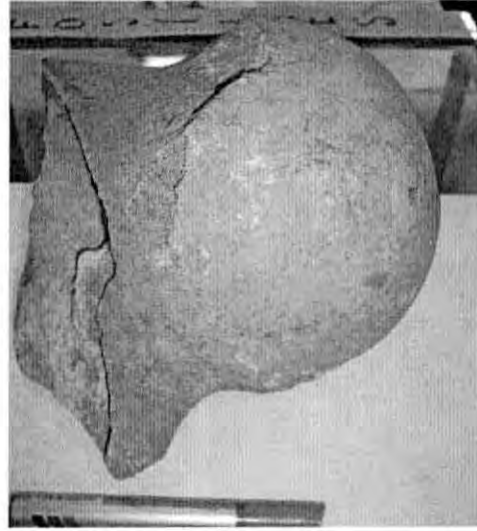


Fig. 6.19.- Cóndilo articular de fémur (¿mastodonte?), conservados en el museo Yachayhuasi de la localidad de Cajabamba.

Para la localidad de Cajabamba, se determinó la presencia de perezosos fósiles (cf. *Eremotherium*) (Fig. 6.18); y restos de cóndilo articular de fémur de un mastodonte? (Fig. 6.19) junto con restos fragmentarios de perezosos y caballos colectados por los pobladores (Fig. 6.20), en los sedimentos pleistocénicos sobre las calizas de la Formación Chulec, del Cretácico inferior. Estos fósiles, están depositados en la sala de exhibición del Centro Cultural Yachayhuasi, a proximidad de la Plaza de Armas de Cajabamba.



Fig. 6.20.- Dientes de caballo fósil, colectado en los alrededores de Cajabamba.

En Santa Rosa de Celendín se reporta capas de caliza con depósitos limo-arcillosos de colapsamiento cárstico, en estos rellenos se ha reportado la presencia de vertebrados fósiles. Se observó la presencia de fragmentos de huesos de megaterio.

6.2.5. Conclusiones

Se tiene información geológica puntual (estructural, paleontológica, estratigráfica) aún no al detalle. Los vertebrados fósiles se encuentran en dos tipos de yacimientos:

- Paleokarsts, en unidades litoestratigráficas correspondientes a las Formaciones Cajamarca y/o Celendín (caso de la localidad de Santa Rosa de Celendín);
- Sedimentos detríticos de origen fluvial (caso probable de Yamaluc).

En la localidad de Yamaluc (Distrito de Huambos, Provincia de Chota), se tienen capas de calizas cretácicas de tipo grainstone con contenido fosilífero de pelecípodos (*Exogyra*) con fuerte buzamiento, correspondiendo a la Formación Cajamarca, sobre las cuales yace una serie detrítica consistiendo de limos y bloques calcáreos presumiblemente Pleistoceno. En estos niveles se encuentran fragmentos de vertebrados grandes (mastodonte y megaterio).

En la localidad de Santa Rosa de Celendín (Distrito y Provincia de Celendín), se tienen capas gruesas de calizas con diaclasamiento intenso y direccionado aguas abajo (8172, 92392 UTM), siendo estas capas socavadas por el agua meteórica formando karsts. Estos han sido rellenados y colapsados, siendo evidente, en la actualidad, la presencia de un sistema de paleokarsts en el cual se encuentran acumulaciones de fósiles vertebrados.

En la Provincia de Cajabamba se reporta también secuencias de calizas, aparentemente de la Formación Chulec del Cretácico inferior. En sedimentos mucho más recientes (Pleistoceno), los pobladores colectaron restos fragmentarios de vertebrados fósiles: perezosos, caballos y mastodontes. Estos fósiles, procedentes de un mínimo de cinco yacimientos, están depositados en la sala de exhibición del Centro Cultural Yachayhuasi, a proximidad de la Plaza de Armas de Cajabamba.

6.3. PROSPECCIÓN Y EXPLORACIÓN EN CHULUCANAS, PIURA Y PAMPA DE LOS FÓSILES, LA LIBERTAD

(Brigada: Aldo Alván & Jean Noel Martínez)

Esta salida de campo, llevada a cabo durante el mes de Noviembre del año 2007, se desarrolló en el marco del Proyecto de Investigación GR11: "Evolución de los Ecosistemas Continentales del norte del Perú y sur del Ecuador durante el Plio-Pleistoceno", ejecutado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico en convenio con el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura, se reporta el trabajo realizado en localidades ubicadas en los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad.

Estas localidades tienen potencial como yacimientos de vertebrados fósiles del Plio-Pleistoceno, lo cual evaluamos en este trabajo, considerando el contexto geológico y paleoambiental de cada yacimiento.

6.3.1. Ubicación

La zona de estudios incluye yacimientos paleontológicos debidamente comprobados y áreas potencialmente fosilíferas por prospectar (Fig. 6.33). Estas localidades están ubicadas en los departamentos de Piura, Lambayeque y La Libertad (Fig. x), consistiendo de 3 yacimientos fosilíferos comprobados y 3 áreas potencialmente fosilíferas por prospectar (ver Fig.6.33).

- En el Departamento de Piura se comprobó con evidencia fósil que la localidad de La Encantada (588524, 9436744 UTM), cerca de Chulucanas (2) es un yacimiento paleontológico con mamíferos de la megafauna pleistocénica. En el Distrito de La Arena (1) se tiene un registro aislado de mamífero de la megafauna pleistocénica, consistiendo en un fragmento óseo cuya procedencia exacta no está definida.
- En el Departamento de Lambayeque—se ha comprobado debidamente el yacimiento paleontológico de la Hacienda Ucupe (3), en la localidad del mismo nombre (649970, 9228386 UTM) y a la localidad de Siete Techos (4), cerca de Reque (634204, 9243480 UTM) como área potencialmente fosilífera por prospectar.
- En el Departamento de La Libertad tenemos el yacimiento paleontológico debidamente comprobado de Pampa de los Fósiles (quebrada Cupisnique 684376, 9168804 UTM) (5), y el área de Cascas (6) (738134, 9171740 UTM) aún por prospectar, con el reporte de un hueso fósil subcompleto de procedencia exacta desconocida.

6.3.2. Objetivos

- Establecer un inventario de yacimientos fosilíferos continentales del Plio-Pleistoceno para los Departamentos de Piura (La Encantada, Chulucanas), Lambayeque y La Libertad (Pampa de los fósiles), mediante evidencias de la presencia de vertebrados fósiles en las áreas proyectadas.
- Definir mediante un itinerario yacimientos paleontológicos propicios para la excavación así como áreas prospectables por su potencial fosilífero.

6.3.3. Trabajos realizados

- Reconocimiento de yacimientos fosilíferos con mamíferos del Pleistoceno, identificados en varias localidades de los Departamentos de Piura, Lambayeque y la Libertad, búsqueda de contactos (ver Anexo 10.1).
- Revisión de colecciones (en instituciones y particulares).
- Prospección en busca de nuevos yacimientos fosilíferos.

Yacimientos fosilíferos directamente comprobados:

- La Encantada (588524, 9436744 UTM), Chulucanas, Piura. Principal contacto: Sr. Luis Távara Basapera, Jr. Puno 273, Chulucanas.
- Localidad de Ucupe, Hda. del Sr. Pedro Idiarte (649970, 9228386 UTM). Principal contacto: Sr. Wilberto Romero, Ucupe.
- Pampa de los Fósiles, Paiján, La Libertad (684376, 9168804 UTM). Principal contacto: Arqueólogo César Gálvez, INC-La Libertad.

Vertebrados fósiles en museos arqueológicos y colecciones particulares:

- Colección particular de vertebrados fósiles provenientes de la localidad de Yamaluc (Chota, Cajamarca) visitada durante la precedente salida de campo, en Julio 2007. Los fósiles están depositados en la casa del Sr. Froilán Tantaleán, Av. María Parado de Bellido 322, Lambayeque.
- Restos fragmentarios de mastodonte y dientes de caballo encontrados en Pítipo, Ferreñafe. Los fósiles están depositados en el Museo Brüning, Lambayeque (Contacto: Dr. Carlos Wester LaTorre, director del Museo Brüning). No se pudo ubicar la procedencia exacta.

Yacimientos Fosilíferos por confirmar:

- Localidad de Siete Techos, Reque (634204, 9243480 UTM) (Contacto: Sr. Froilán Tantaleán, Lambayeque).
- Cascas (738134, 9171740 UTM) (Contacto: Sr. César Solís, Cascas).
- Coordinación con Dr. Walter Alva y Dr. Carlos Wester La Torre, directores del Museo de las Tumbas Reales de Sipan y del Museo Brüning respectivamente, sobre la ubicación de los vertebrados fósiles de Pítipo y la eventualidad de existencia de otros yacimientos fosilíferos con mamíferos del Pleistoceno en el Departamento de Lambayeque.
- Coordinación con la Dirección Regional de Cultura de La Libertad (INC-La Libertad), representada por su director, el Sr. Enrique Sánchez Maura y Arqueólogo César Gálvez, acerca de la ubicación del yacimiento fosilífero de Pampa de los Fósiles.

6.3.4. Contexto geológico

En el Departamento de Piura, las secuencias estratigráficas pleistocénicas que hacen el objeto del presente estudio, afloran en la localidad de La Encantada, Distrito de Chulucanas (Provincia de Piura), y Pampa de los Fósiles (La Libertad).

En la localidad de La Encantada, el yacimiento muestra sucesiones de facies fluviales (Fig. 6.21), donde la sedimentación es relativamente fina y de poco transporte o turbulencia, presenta direccionamiento principalmente hacia el Oeste, sugiriendo el medio sedimentario mencionado.



Fig. 6.21.- Facies de limolitas y arcillas fluviales distales en La Encantada, Chulucanas.

El contexto geológico y los fósiles encontrados sugieren una edad pleistocénica. Del mismo modo afloramientos de los terrenos fosilíferos (o potencialmente fosilíferos por ahora) en las localidades de Ucupe (Fig. 6.22) y Pitipo (Fig. 6.23), muestran lutitas con laminaciones muy finas y a veces con microconglomerados que sugieren paleoambientes fluviales distales.

Para el Departamento de La Libertad (Pampa de los Fósiles y Cascas), el contexto geológico en el que se encuentra el registro de vertebrados fósiles consiste de abanicos aluviales, muy similares al contexto de La Brea en Talara; refiriéndonos a las localidades de Pampa de los Fósiles (Fig. 6.24), y Cascas; obteniendo en Pampa de los fósiles abundante evidencia de vertebrados fósiles (Fig. 6.30).

La localidad de Cascas se encuentra aun como zona fosilífera prospectable, presenta terrazas fluviales intercaladas con facies limoarcillosas (Fig. 6.25), sugiriendo un ambiente adecuado para la presencia de fósiles de la megafauna.

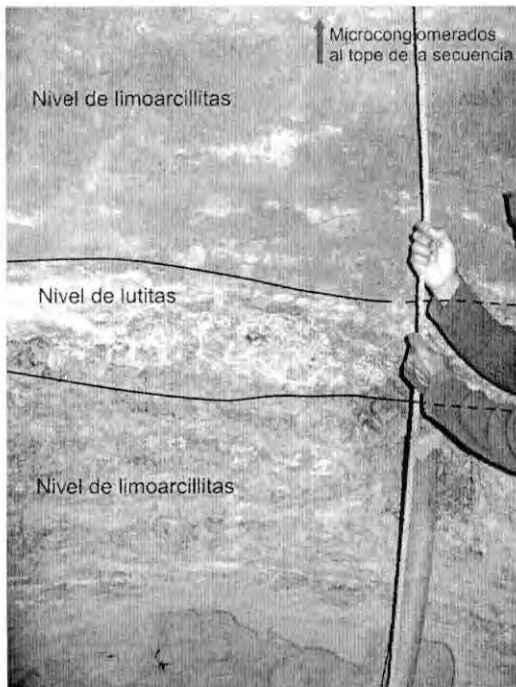


Fig. 6.22.- Sección medida en la localidad de Ucupe, Hacienda Ucupe, presentando facies de limoarcillitas granocrecientes con interacciones en la base de niveles de lutitas, y al tope secuencias de microconglomerados, en los niveles de limoarcillas, los pobladores recogieron los restos fósiles en la Fig.6.28.

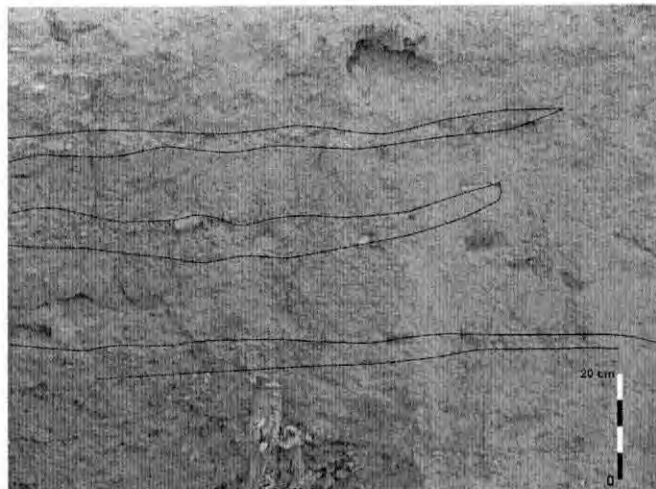


Fig. 6.23.- Facies fluviales en la localidad de Pitipo, Ferreñafe, señalando lentes microconglomerádicos.



Fig. 6.24.- Facies conglomerádicas en Pampa de los Fósiles.



Fig. 6.25.- Terrazas fluviales en la localidad de Cascas, área potencialmente fosilífera para prospectar.

6.3.5. Paleontología de vertebrados

En el Departamento de Piura:

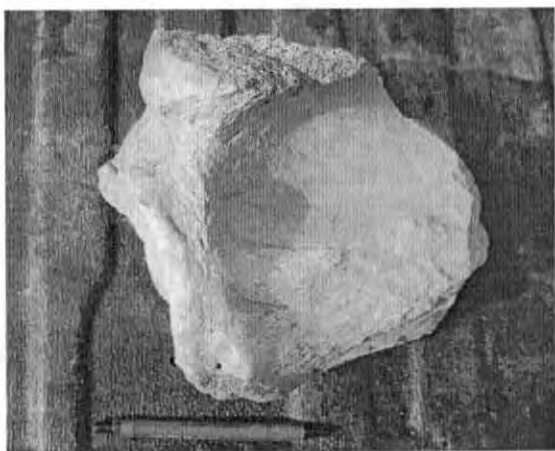


Fig. 6.26.- Fragmento óseo de mamífero de la megafauna (Megaterio), de la localidad La Encantada (Distrito de Chulucanas, Provincia de Morropón, Piura).

Se ha visitado la localidad de La Encantada, a proximidad de Chulucanas (Provincia de Morropón) donde se tiene evidencias directas de la presencia de fósiles de la megafauna del Pleistoceno (Fig. 6.26). Los depósitos correspondientes son limoarcillitas de origen fluviales, según las evidencias sedimentológicas y texturales, se puede afirmar que estos restos fósiles descansan en la facies distal de un depósito fluvial.

En el Departamento de Lambayeque:

No se ha podido ubicar la procedencia exacta de los restos de mastodonte y caballo (Fig. 6.27) guardados en el Museo Brüning, aunque se tiene la certeza que fueron encontrados en el Distrito de Pítipo (Provincia de Ferreñafe).

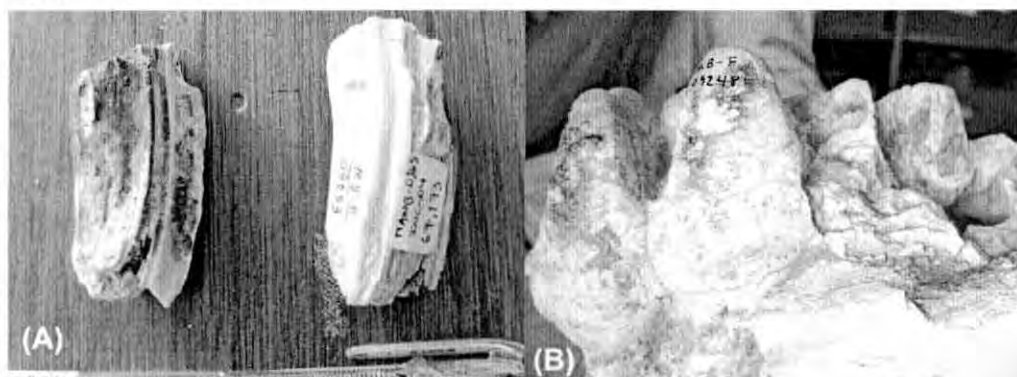


Fig. 6.27.- Dientes de caballos fósiles (A) y mastodonte (B), conservados en el Museo Brüning (Lambayeque).

En la localidad de Ucupe (Distrito de Lagunas, Provincia de Chiclayo), se tiene también una evidencia puntual de la presencia de vertebrados fósiles (Fig. 6.28). El fósil fue encontrado en secuencias grano-crecientes de limoarcillas a microconglomerados, aparentemente de facies fluviales, en el contexto sedimentológico mostrado en la Fig. 6.21.

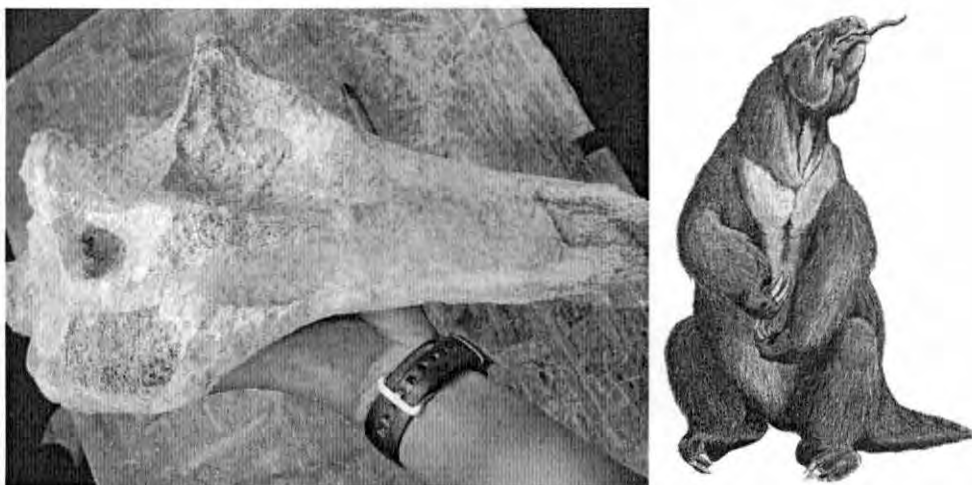


Fig. 6.28.- Fragmento óseo de mamífero de la megafauna (pertenecen al megaterio *Eremotherium laurillardii*). Localidad: Ucupe (Distrito de Lagunas, Provincia de Chiclayo, Departamento de Lambayeque)

En el Departamento de La Libertad:

La localidad de Pampa de los Fósiles (Provincia de Ascope), conocida desde los años 1970 a través de los trabajos de la Misión Arqueológica Francesa sobre los cazadores-recolectores de la región de Paiján, muestra abundantes acumulaciones de vertebrados fósiles de xenartros, mastodontes, camélidos, caballos dentro de un extenso abanico aluvial pleistocénico (Fig. 6.29). Los fósiles se encuentran a menudo en superficie, sufriendo un constante desgaste por erosión eólica (Fig. 6.30). El contexto geológico corresponde a depósitos fluviales, y hasta conglomerádicos aluviales del Pleistoceno.

En la localidad de Cascas, solo se tiene el reporte del hallazgo por pobladores, de un hueso fósil, aparentemente un húmero de xenartro (Fig. 6.31), este reporte es de los años 1980. Lamentablemente, el fósil parece haberse perdido al igual que el registro del lugar exacto de procedencia. Sin embargo, las características geológicas de la región (alto valle de Chicama) son adecuadas en términos paleoambientales y taxonómicos. Es muy posible que fósiles vertebrados del Pleistoceno se hayan preservado en terrazas fluviales observables a proximidad de Cascas.

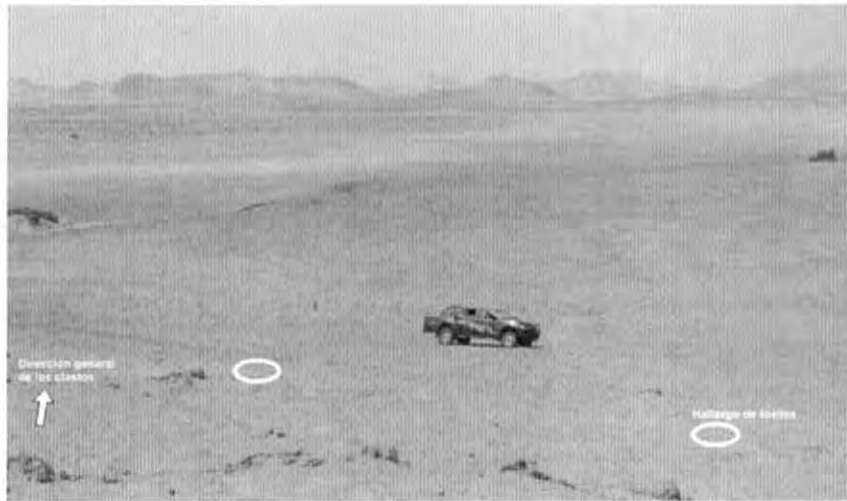


Fig. 6.29.- Localidad de Cascas, se muestra los extensos valles aluviales conteniendo vertebrados fósiles.



Fig. 6.30.- Falange intermedia de *Equus (Amerhippus)* desgastada por erosión eólica
Localidad: Pampa de los Fósiles (Provincia de Ascope, Departamento de La Libertad).



Fig. 6.31.- Hallazgo de hueso fósil (húmero de Xenartro?) en el Distrito de Cascas (Provincia de Gran Chimú, Departamento de La Libertad). Foto Cortesía Sr. Cesar Solís.

Dato adicional: un yacimiento paleontológico potencial en el Distrito de La Arena (Piura)

Al momento de concluir el presente informe, nos parece oportuno mencionar la presencia de un posible yacimiento paleontológico con mamíferos del Pleistoceno en el Distrito de La Arena (Provincia y Departamento de Piura) que nos fue señalado a nuestro regreso a Piura. En el espacio de exhibición de la Biblioteca Municipal del mencionado Distrito, se pudo comprobar la presencia de un fragmento de extremidad de hueso largo de un gran mamífero, muy probablemente del Pleistoceno (Fig. 6.32). La ubicación del sitio exacto de procedencia está pendiente y no debería presentar mayor problema.

De comprobarse la importancia de este sitio, se elevaría a siete el número de yacimientos paleontológicos con mamíferos pleistocénicos registrados en el Departamento de Piura.

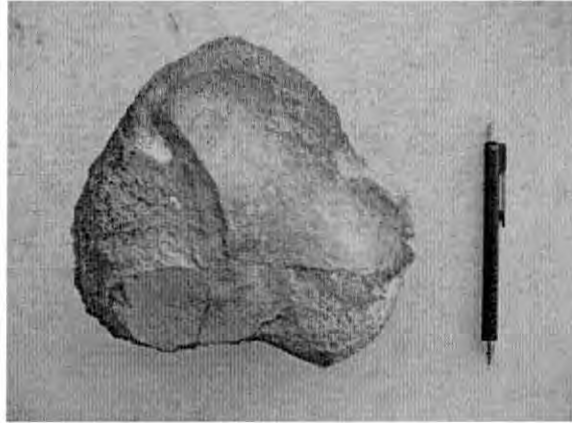


Fig. 6.32.- Extremidad articular fragmentada de hueso de mamífero de la megafauna pleistocénica (Distrito de La Arena, Provincia y Departamento de Piura)

Con los datos obtenidos hasta el momento, se tiene listo un nuevo Mapa Temático Paleontológico (Fig. 6.33), donde se indica los yacimientos fosilíferos debidamente comprobados y las localidades fosilíferas prospectables, para la región Norte del Perú, en terrenos comprendidos en el intervalo Plioceno superior-Pleistoceno.

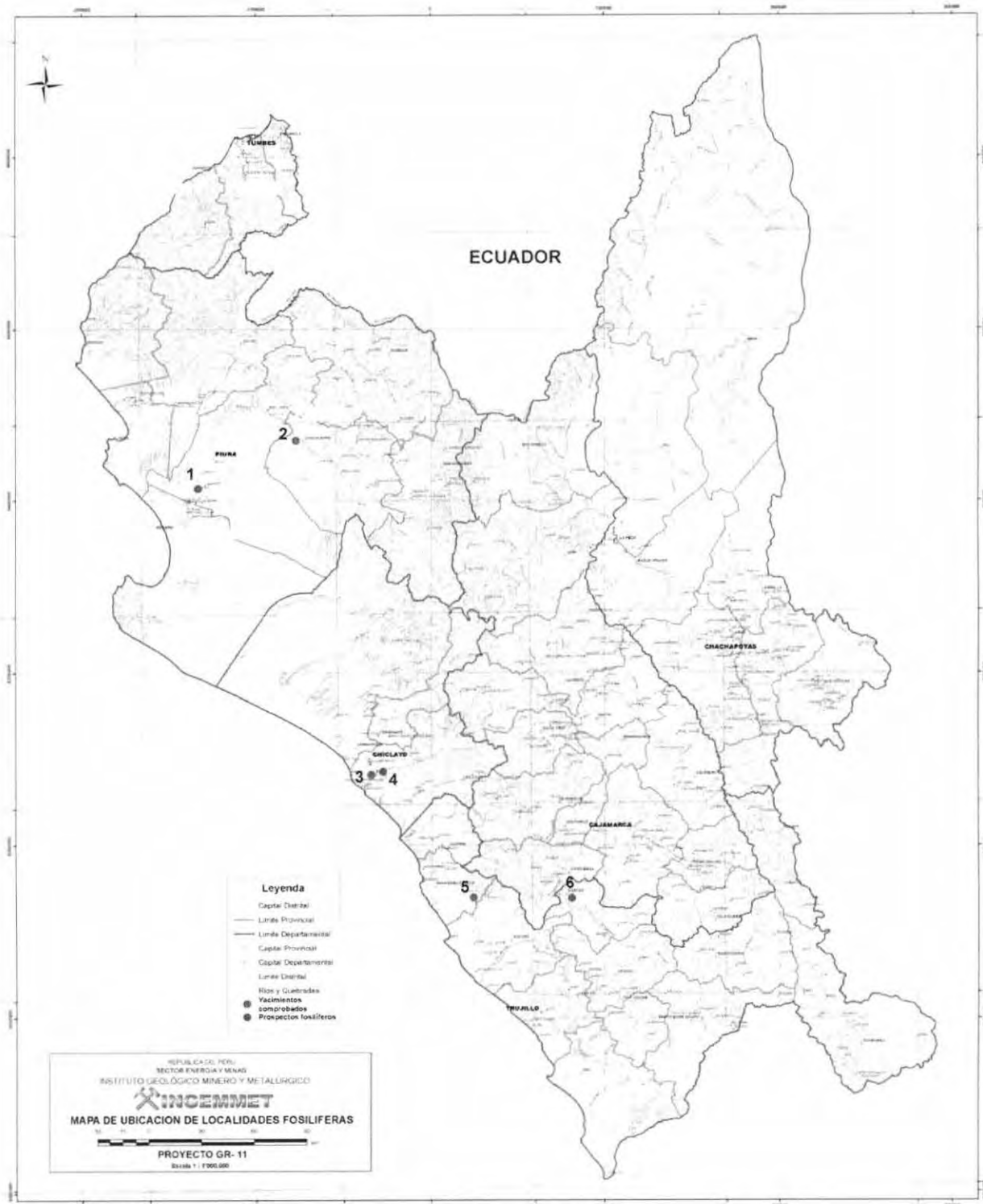


Fig. 6.33.- Mapa Temático paleontológico, comprendiendo las Localidades Fosilíferas comprobadas para esta campaña; y los Prospectos Fosilíferos, aquellos que aún necesitan más evidencias para ser considerados como yacimientos paleontológicos comprobados. 1: La Arena, Sechura; 2: La Encantada, Chulucanas; 3: Ucupe, Lambayeque; 4: Siete Techos, Requena; 5: Pampa de Los Fósiles, y 6: Cascas, La Libertad.

7. COMISIÓN DE SERVICIOS DEL AÑO 2008

7.1. PROSPECCIÓN, EXPLORACIÓN Y EXCAVACIÓN PALEONTOLÓGICA EN CHULUCANAS, PIURA

(Brigada: Aldo Alván & Jean Noel Martínez)

Durante el mes de Mayo del 2008, se reinició para este año las excavaciones paleontológicas en el Norte Peruano, específicamente en La Encantada, dado los antecedentes de Prospección Paleontológica y teniendo definido la zona de La Encantada, (Distrito de Chulucanas, Provincia de Morropón) como Yacimiento fosilífero; trabajo en cooperación con el Instituto de Paleontología de Vertebrados de la Universidad Nacional de Piura. Localidad registrada hasta la fecha como el yacimiento paleontológico pleistocénico más oriental de todo el Departamento.

7.1.1. Ubicación

A 5 kms al Oeste de Chulucanas (Fig. 7.1) se ubica la localidad de La Encantada, (comprendido en el Distrito de Chulucanas, Provincia de Morropón, Departamento de Piura) donde se tiene evidencias directas de la presencia de fósiles de la megafauna del Pleistoceno. Para acceder a Chulucanas se debe viajar 2 horas en dirección Este por la carretera de accesibilidad a Morropón-Frias.

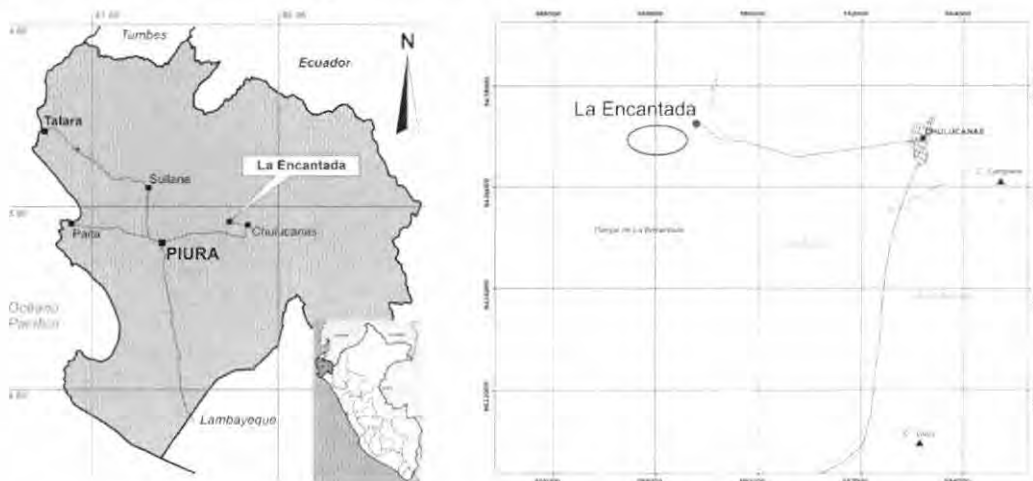


Fig. 7.1.- Mapa de ubicación y accesibilidad a la localidad de La Encantada, Chulucanas.

7.1.2. Objetivos

- Realizar en La Encantada, una excavación paleontológica, con el fin de reconocer el yacimiento fosilífero de la Encantada rescatar restos de mamíferos de la mencionada fauna mediante una excavación sistemática paleontológica con cuadrículas.
- Reconocer y levantar al detalle las secuencias estratigráficas pleistocénicas de La Encantada y alrededores para precisar los paleoambientes de sedimentación.
- Cartografiar las unidades pleistocénicas y reconocer los contactos con unidades más antiguas (Terciarias) para ubicar el yacimiento paleontológico en su contexto geológico regional.

7.1.3. Trabajos realizados

- Reconocimiento del yacimiento fosilífero de la Encantada (588523, 9436754 UTM), Chulucanas, Piura, con mamíferos del Pleistoceno en convenio con el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura.
- Excavación sistemática paleontológica (Fig. 7.2), donde el objetivo fue el de rescatar restos de vertebrados fósiles.

- Levantamiento e interpretación de columnas estratigráficas en los puntos a excavar y alrededores y mapeo geológico local (Fig. 7.10), para la zona de estudios.



Fig. 7.2.- Excavación paleontológica sistemática, nótese el armado de las cuadrículas antes de la excavación.

7.1.4. Contexto geológico

Se asume se tiene como basamento de la cobertura cuaternaria a las unidades cretácicas que corresponden a los volcánicos Lancones, y capas terciarias de la Formación Yapateros. Los volcánicos Lancones consisten de una acumulación volcánico-sedimentaria con contenido de ammonites Albianos, conformando el núcleo del sinclinal, de donde se extiende a los cuadrángulos de Las Playas, La Tina y Ayabaca; en las hojas de Morropón y Chulucanas.

Los estratos de rocas volcánicas consisten de andesitas piroclásticas, gris verdosas a gris violáceas, en una matriz microbrechosa, pero cementada con calcita que es lo que caracteriza en conjunto, a los niveles volcánicos del Volcánico Lancones; se intercalan capas sedimentarias más frágiles como margas, calizas areniscosas, limolitas y grauwas, que exhiben matices gris-rojizos a gris-violáceos (INGEMMET, 1995). Por consecuencia los clastos contenidos en la cobertura cuaternaria en la zona de Yapateros y más hacia el este, serán de esta composición volcánica y algunos de material granítico de la unidad Paltashaco (Fig. 7.4).

La zona de excavación y alrededores consisten de cobertura cuaternaria, pudiendo hacer diferenciaciones de estos depósitos (Fig. 7.10). De acuerdo a las columnas estratigráficas levantadas en el sitio mismo de la excavación y 500 metros más al este, se puede tener una idea precisa de los tipos de depósitos sedimentarios que albergan los fósiles vertebrados. Se trata de secuencias grano-decrecientes (Fig. 7.3) de microconglomerados a limolitas con laminaciones paralelas centimétricas y algunas oblicuas de bajo ángulo con dirección al Oeste, sugiriéndonos una llanura de inundación en la zona distal de depósitos fluviales, donde ocurrió un transporte ante-fosilización de los cadáveres sobre una corta distancia.

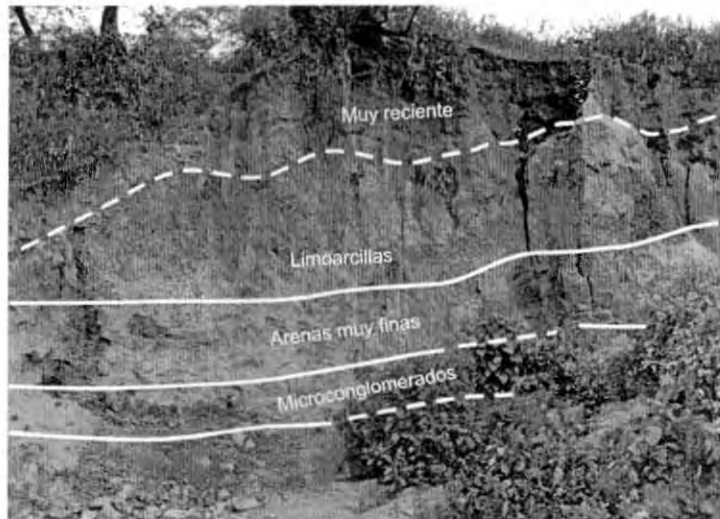


Fig. 7.3.- Secuencias grano-decrecientes cercanas a la excavación paleontológica.



Fig. 7.4.- Imbricaciones indicando una dirección Oeste-Suroeste en el abanico de la Encantada (593658, 9442742 UTM), localidad de Santa María.

Se tiene para las localidades de Yapatera, Fátima y Santa María, presencia de clastos con imbricaciones, los que van decreciendo en el orden mencionado, debido a que estamos frente a flujos aluviales con intermitencias fluviales, que van moldeando los depósitos, hasta tener en la localidad de La Encantada depósitos finos distales de procesos fluviales, donde termina la energía de estos procesos.

La columna estratigráfica en la zona de excavación y alrededores (Fig. 7.3) muestra intercalaciones de limolitas con pequeños canales de arenas gruesas a microconglomeráticas, con laminaciones paralelas finas.

7.1.5. Paleontología de Vertebrados

Mediante una excavación sistemática, se encontró en sus depósitos, de llanura de inundación, fósiles del perezoso terrestre *Eremotherium laurillardii* así como osteodermos (placas óseas dérmicas) del armadillo gigante *Pachyarmatherium*.

Se ha rescatado piezas óseas y dentales de perezosos terrestres, con la presencia confirmada del megaterio *Eremotherium* (Figs. 7.5 a 7.8), así como probablemente de una forma más pequeña. Se puede mencionar también el hallazgo de osteodermos de un posible gliptodonte y de una vértebra de un pequeño reptil. La eventual presencia de micromamíferos (roedores y/o murciélagos) todavía no está confirmada, quedando pendiente el lavado-tamizado de las muestras de sedimento.

Se tiene además la siguiente lista de muestras, determinadas por el Dr. Jean Noel Martínez, (estos fósiles están depositados en el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura), para la localidad de La Encantada, Provincia de Morropón, Piura:

Clase MAMMALIA Linnaeus, 1758
Cohorte PLACENTALIA Owen, 1837
Orden XENARTHRA Cope, 1889
Familia GLYPTODONTIDAE Gray, 1869
Pachyarmatherium Downing & White, 1995
***Pachyarmatherium* sp.**
Familia MEGATHERIIDAE Gray, 1821
Eremotherium Spillmann, 1948
Eremotherium laurillardi (Lund, 1842)

Observaciones:

- Por el momento, solo se puede asegurar la presencia de dos especies de mamíferos de la megafauna en el yacimiento de La Encantada: un megaterio (*Eremotherium laurillardi*) al cual sería atribuible la casi totalidad de las piezas encontradas y un gliptodonte (*Pachyarmatherium* sp.) determinado a partir de placas dérmicas aisladas (Fig. 7.9).
- *Pachyarmatherium* fue inicialmente considerado como un “verdadero armadillo” (Dasypodoidea) y luego ubicado en la subfamilia Glyptatelinae (grupo basal dentro de los Glyptodontidae). Es actualmente considerado como grupo hermano de la superfamilia Glyptodontoidea (conjunto Pampatheriidae + Glyptodontidae).
- La presencia de *Pachyarmatherium* en este yacimiento merece ser recalcada por dos razones: este taxón fue originalmente descrito en América del Norte y, por otro lado, es la primera vez que se registra un gliptodonte en el norte del Perú.
- La presencia de un perezoso de menor tamaño que *Eremotherium* (un milodóntido o un scelidoterio) es posible en vista del tamaño de algunas piezas fragmentarias. El análisis de la totalidad del material y/o nuevas prospecciones en el sitio permitirán confirmar o infirmar esta hipótesis.
- Una vértebra aislada de un reptil de pequeño tamaño ha sido encontrada en el mismo nivel fosilífero.



Fig. 7.5.- Extremidad proximal, perteneciente al megaterio *Eremotherium* (“perezoso gigante”).



Fig. 7.6.- Centro vertebral (*Eremotherium*).



Fig. 7.7.- Acumulación de costillas de muy gran tamaño, probablemente de *Eremotherium*.

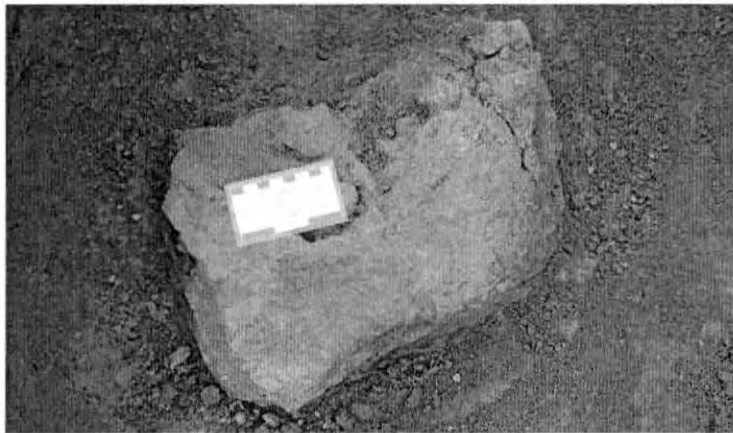


Fig. 7.8.- Hemimandíbula derecha subcompleta de *Eremotherium*, corresponde al animal representado en el extremo derecho.

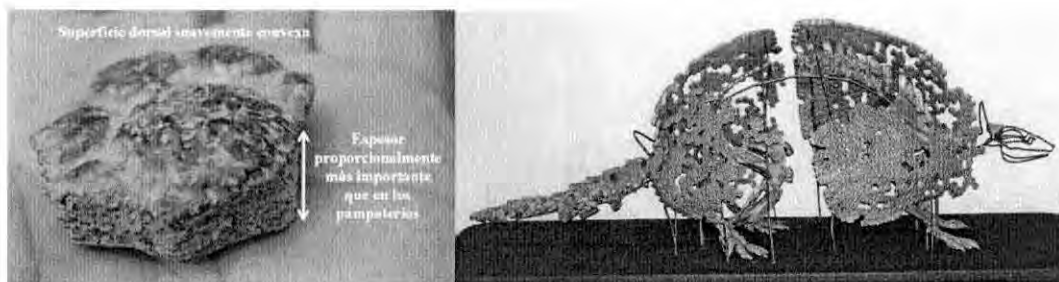


Fig. 7.9.- Se tiene bien identificada la presencia del gliptodonte (*Pachyarmatherium* sp.) determinado a partir de placas dérmicas aisladas, (determinado por Sergio Vizcaíno, Museo de La Plata).

7.1.6. Conclusiones

Los hallazgos paleontológicos en La Encantada son importantes, se ha rescatado piezas importantes pertenecientes a la megafauna de animales de tamaño excepcional, los fragmentos son determinables, y corresponden al Pleistoceno superior.

Las facies sedimentarias de La Encantada corresponden a un gran abanico fluvial con algunas facies aluviales, donde se tiene en las facies fluviales distales la presencia de los mamíferos fósiles, se interpreta de esto que han sufrido relativo transporte, lo suficiente para desarticular los miembros.

La localidad de La Encantada alberga a una gran cantidad de restos de mamíferos fósiles del Pleistoceno con un muy buen grado de preservación. La importancia de este yacimiento paleontológico es motivo suficiente para continuar con las labores de excavación, conjuntamente con estudios tafonómicos y sedimentológicos.

La distribución geográfica de los *Pachyarmatherium* (nunca antes mencionado en la región andina) se encuentra considerablemente ampliada hacia la parte occidental de Sudamérica. *Pachyarmatherium* ha sido encontrado hasta ahora en terrenos del Pleistoceno inferior, lo cual sugiere que La Encantada sería el yacimiento paleontológico más antiguo registrado en el Cuaternario piurano.

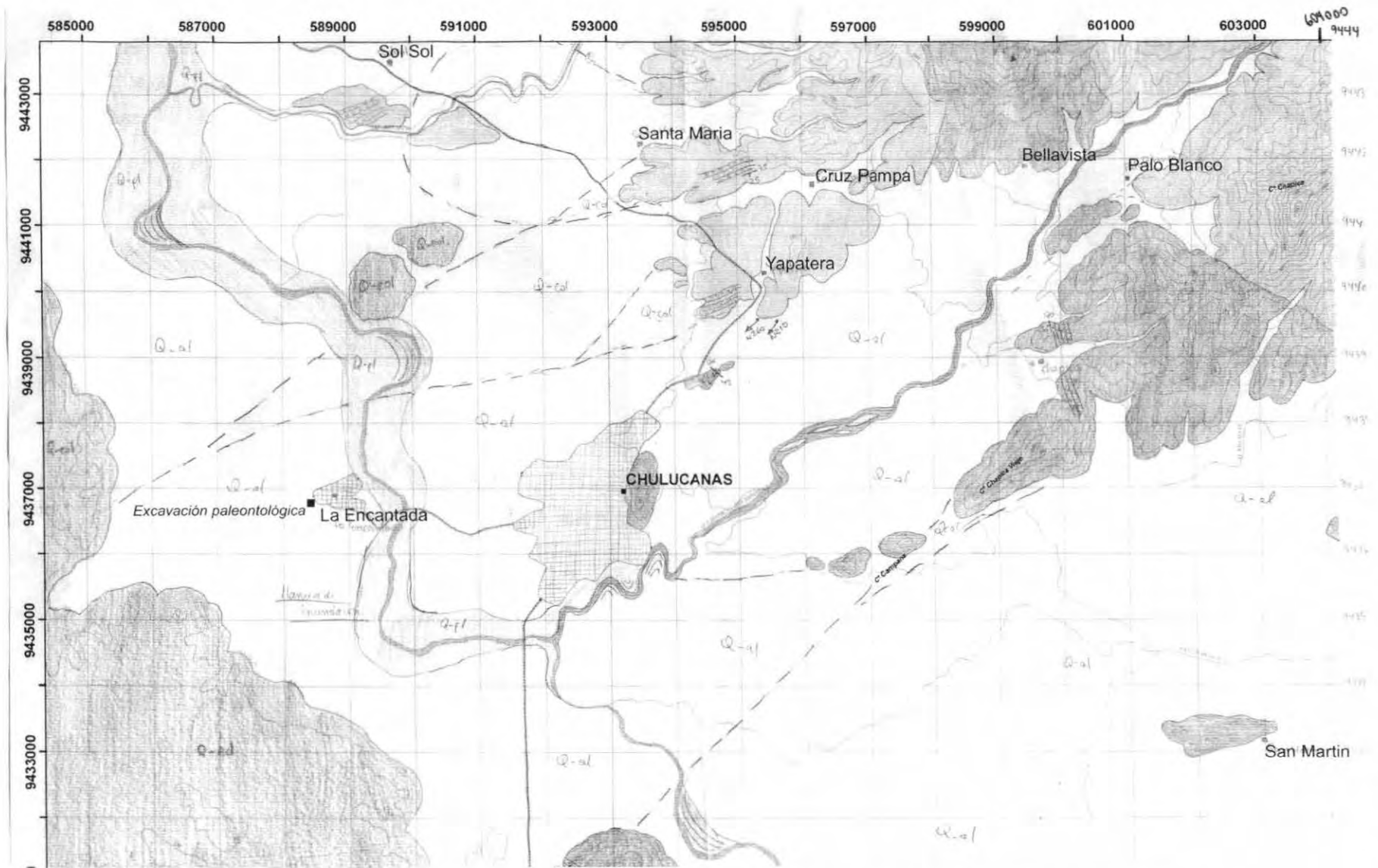


Fig. 7.10.- Mapa geológico local de La Encantada, se ha delimitado los abanicos aluviales en la zona de trabajo y alrededores, las extensiones fluviales podrían estar bajo la cobertura.

7.2. PROSPECCIÓN, EXPLORACIÓN Y EXCAVACIÓN PALEONTOLÓGICA EN YAMALUC, CHOTA, CAJAMARCA

(Brigada: Aldo Alván & Jean Noel Martínez)

Una segunda salida de campo en el año 2008, se dió en el mes de Julio, teniendo los antecedentes de prospección y exploración en el área, se procedió a la excavación paleontológica, y al reconocimiento estructural de las unidades litoestratigráficas del Cretácico con el fin de descubrir cavidades cársticas colapsadas, dando como resultado el hallazgo de importantes restos de fósiles vertebrados.

7.2.1. Ubicación

La zona de estudios esta comprendida en la localidad de Yamaluc, distrito de Huambos, departamento de Cajamarca, ubicado a 10 km al Suroeste del distrito de Cochabamba accesible por un camino afirmado (Fig. 7.11). Para acceder a este sitio desde Piura, es preferible usar la carretera de penetración a Cajamarca desde Chiclayo.

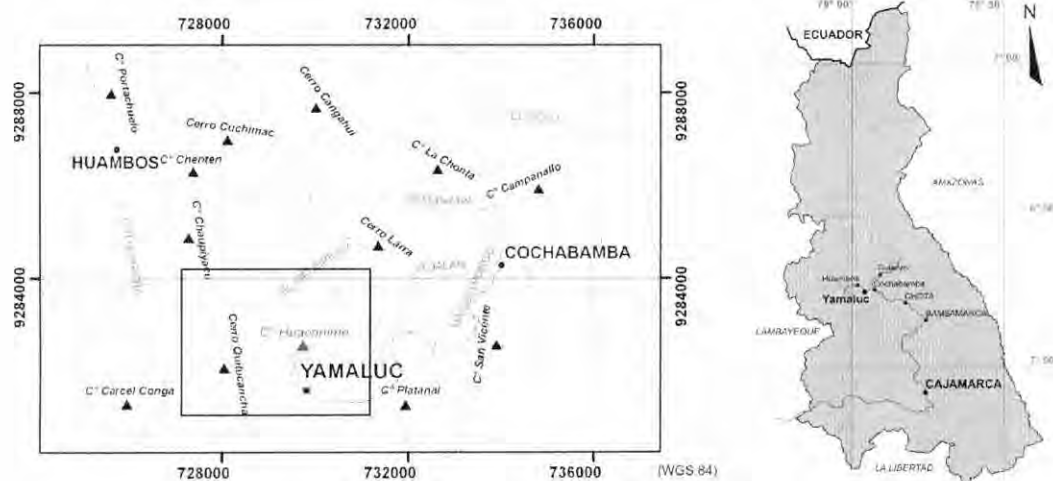


Fig. 7.11.- Ubicación de Yamaluc, la zona de trabajo (excavación paleontológica) se realizó en el cerro Huacanime.

7.2.2. Objetivos

- Iniciar un estudio detallado del contexto sedimentológico, estratigráfico y tafonómico del yacimiento paleontológico de Yamaluc (Distrito de Huambos, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca), en convenio con el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura.
- Reconocer y levantar al detalle las secuencias estratigráficas pleistocénicas de los alrededores de Yamaluc.
- Cartografiar las unidades pleistocénicas y reconocer los contactos con unidades más antiguas (cretácicas).

7.2.3. Trabajos realizados

Excavación paleontológica en el yacimiento fosilífero de Yamaluc (730349, 9282334 UTM), Distrito de Huambos, Provincia de Chota, Departamento de Cajamarca, con abundante presencia de restos de mamíferos del Pleistoceno (Fig. 7.3). Trabajo realizado en el marco del convenio de cooperación interinstitucional entre INGEMMET y el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura.

Mapeo Geológico local del Yacimiento Paleontológico (Fig. 7.7).

7.2.4. Contexto geológico

Durante el inicio del Cretácico inferior, se formaron 4 grandes zonas paleogeográficas (Robert et al., 1998), tratándose de la zona costera, umbral del Marañón, el cual separa a las cuencas Occidental y Oriental. En la parte Noroeste Peruana, mediante eventos transgresivos, se depositaron grandes cantidades de sedimentos calcáreos de plataforma carbonatada y sedimentos anóxicos.

El Grupo Pulluicana consiste de calizas grises oscuras, margas, lutitas y areniscas, posicionado en el Norte de Perú, aflorante mayormente a manera de ondulaciones. Los estratos de calizas contienen *Exogyras* e *Inoceramus*, siendo escasos los ammonites. Estas unidades fueron datadas mediante ammonites por Benavides (1956) como Albiano medio a Cenomaniano con el hallazgo de *Oxytropidoceras carbonarium* (GABB) y *Acanthoceras*. Sobre estas capas se depositaron los volcánicos Llama, Porculla y Huambos del Terciario, los cuales consisten de conglomerados con tobas andesíticas con presencia de troncos fósiles, el centro volcánico corresponde a una fase de vulcanismo continental cuyo foco esta en la parte occidental de la región. La evolución del margen activo es continua y esta controlada por la subducción de la placa oceánica, teniéndose numerosas fallas y fracturas alineadas direccionados al Noroeste, los cuales son tapados por la cobertura coluvial de la disgregación de los componentes calcáreos de las unidades litológicas presentes.

De acuerdo al mapeo geológico en la zona de trabajo (Fig. 7.17) se ha podido poner en evidencia un grupo de líneas de fracturas en dirección promedio N 140°, las cuales coincidirían con procesos de erosión cárstica. Las cavidades y fisuras correspondientes, ubicadas en calizas de la Formación Pulluicana, pueden haber sido utilizadas como guaridas para ciertas especies o haber funcionado como trampas naturales para otras (Fig. 7.12). Los sedimentos que contienen a los fósiles se tratan de arcillas a limolitas calcáreas con abundantes fragmentos líticos redondeados de caliza, producto de la erosión de las rocas carbonatadas que forman el almacén de estas estructuras.

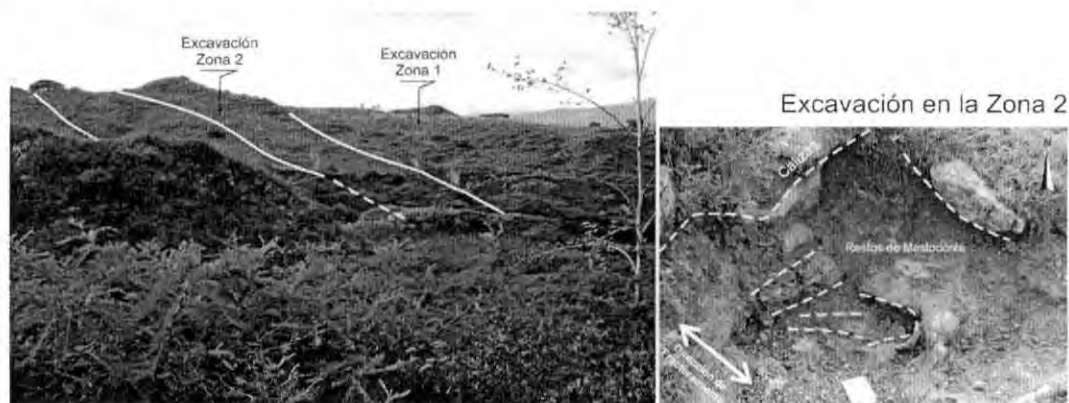


Fig. 7.12.- En el cerro Huacanime se realizaron dos excavaciones, situados en fracturamientos alineados en promedio N140° (líneas blancas); en la zona 2 se tiene un relleno cárstico colapsado, donde se encontró restos de mastodonte.

7.2.5. Paleontología de Vertebrados

En el cerro Huacanime, Yamaluc, se tiene evidencias directas de la presencia de fósiles de la megafauna del Pleistoceno. Además de colectas de superficie, se realizó una excavación sistemática (Fig. 7.13) con el fin de rescatar restos de la mencionada fauna y a la vez estudiar su contexto geológico.

Se ha rescatado piezas óseas y dentales correspondientes a un mínimo de 9 especies de mamíferos grandes, medianos y pequeños: perezoso *Megatheriinae* (*Eremotherium*), armadillos (probablemente

dos especies), mastodonte (Fig. 7.13 y 7.14), caballo (*Amerhippus*), cérvido (Fig. 7.15), roedores (por lo menos dos especies: Fig. 7.16) y un pequeño carnívoro (*Canidae* o *Mustelidae*).

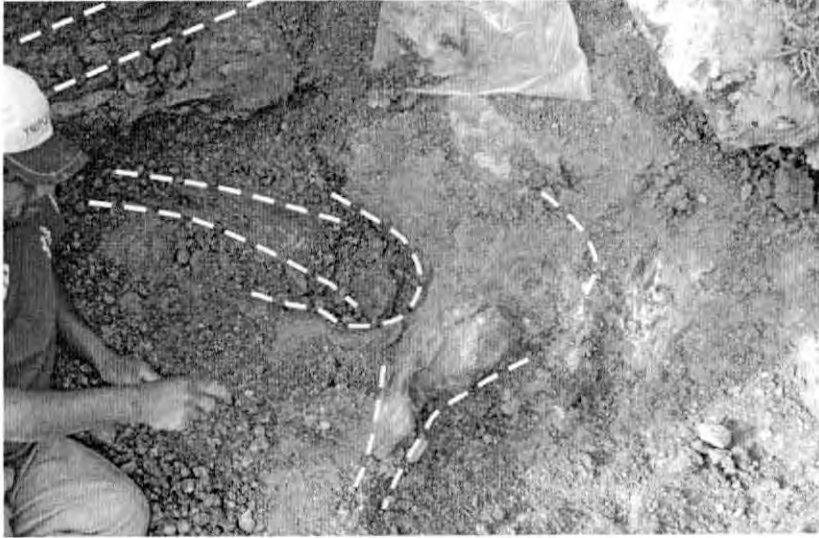


Fig. 7.13.- Excavación en el Yacimiento Paleontológico de Yamaluc, Zona 2: restos de un esqueleto de Mastodonte.

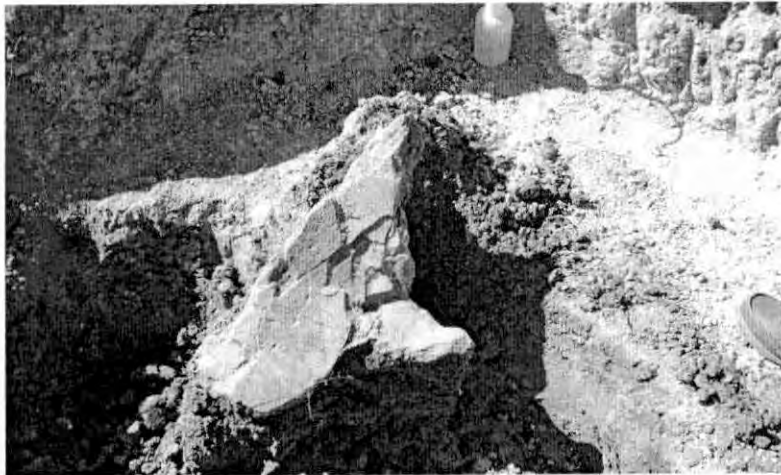


Fig. 7.14.- Acumulación de huesos de muy gran tamaño, pertenecientes a un mastodonte.



Fig. 7.15.- Molar superior de cérvido.

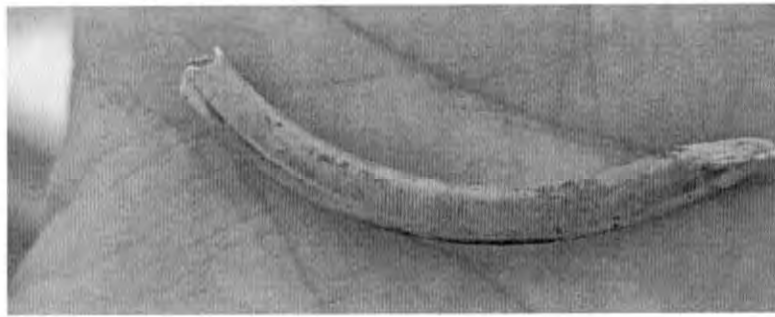


Fig. 7.16.- Incisivo de roedor.

De acuerdo a estos hallazgos, se tiene las determinaciones de estas especies, parte de estas muestras están depositadas en el Instituto de Paleontología de Vertebrados de la Universidad Nacional de Piura, (muestras determinadas por Dr. Jean Noel Martínez).

Clase MAMMALIA Linnaeus, 1758

Cohorte PLACENTALIA Owen, 1837

Orden XENARTHRA Cope, 1889

Familia DASYPODIDAE Gray, 1821

Dasypodidae indet.

Familia GLYPTODONTIDAE Gray, 1869

Pachyarmatherium Downing & White, 1995

Cf. Pachyarmatherium sp.

Familia MEGATHERIIDAE Gray, 1821

Eremotherium Spillmann, 1948

Eremotherium laurillardi (Lund, 1842) o

Megatherium Cuvier, 1796

Megatherium sp.

Orden RODENTIA Bowdich, 1821

Rodentia indet. (2 especies)

Orden CARNIVORA Bowdich, 1821

Familia CANIDAE Fischer de Waldheim, 1817

Canidae indet.?

Orden ARTIODACTYLA Owen, 1848

Familia CERVIDAE Goldfuss, 1820

Odocoileus Rafinesque, 1832

- Cf. *Odocoileus* sp.**
Orden PERISSODACTYLA Owen, 1848
Familia EQUIDAE Gray, 1821
Amerhippus Hoffstetter, 1950
Cf. *Amerhippus* sp.
Orden PROBOSCIDEA Illiger, 1811
Familia GOMPHOTHERIIDAE Hay, 1922
Cuvieronius Osborn, 1923
Cf. *Cuvieronius hyodon* (Fischer, 1814)

Observaciones:

- Un mínimo de 9 o 10 especies constituiría la fauna de mamíferos de Yamaluc.
- Una placa dérmica muy similar a las encontradas en La Encantada (Chulucanas, Piura) sugiere la presencia del gliptodonte *Pachyarmatherium*. Otras placas más pequeñas serían atribuibles a “verdaderos” armadillos (Daspodidae).
- El megaterio de Yamaluc puede ser alternativamente *Eremotherium* o *Megatherium* (debe ser determinado sobre piezas diagnósticas).
- Dos incisivos aislados demuestran la presencia de dos roedores de tamaños muy distintos.
- Dos astrágalos podrían ser atribuidos a un cánido de pequeño tamaño (por confirmar).
- Algunos fragmentos de astas son compatibles con *Odocoileus*. El análisis de la totalidad del material óseo y dental (molares aislados) determinará si debe ser referido a una o dos especies de cérvidos.
- El caballo de Yamaluc es probablemente un *Amerhippus* distinto del *Amerhippus santaelenae* presente en los yacimientos de la costa.
- El mastodonte de Yamaluc - aunque deba todavía ser demostrado - tiene proporciones más compatibles con *Cuvieronius* que con *Stegomastodon* pero el material es muy fragmentario y necesita más trabajo de restauración y análisis para poder argumentar mejor esta hipótesis.
- Estas determinaciones son todavía muy imprecisas, pues mucho material fósil colectado en Yamaluc está todavía en fase de restauración.

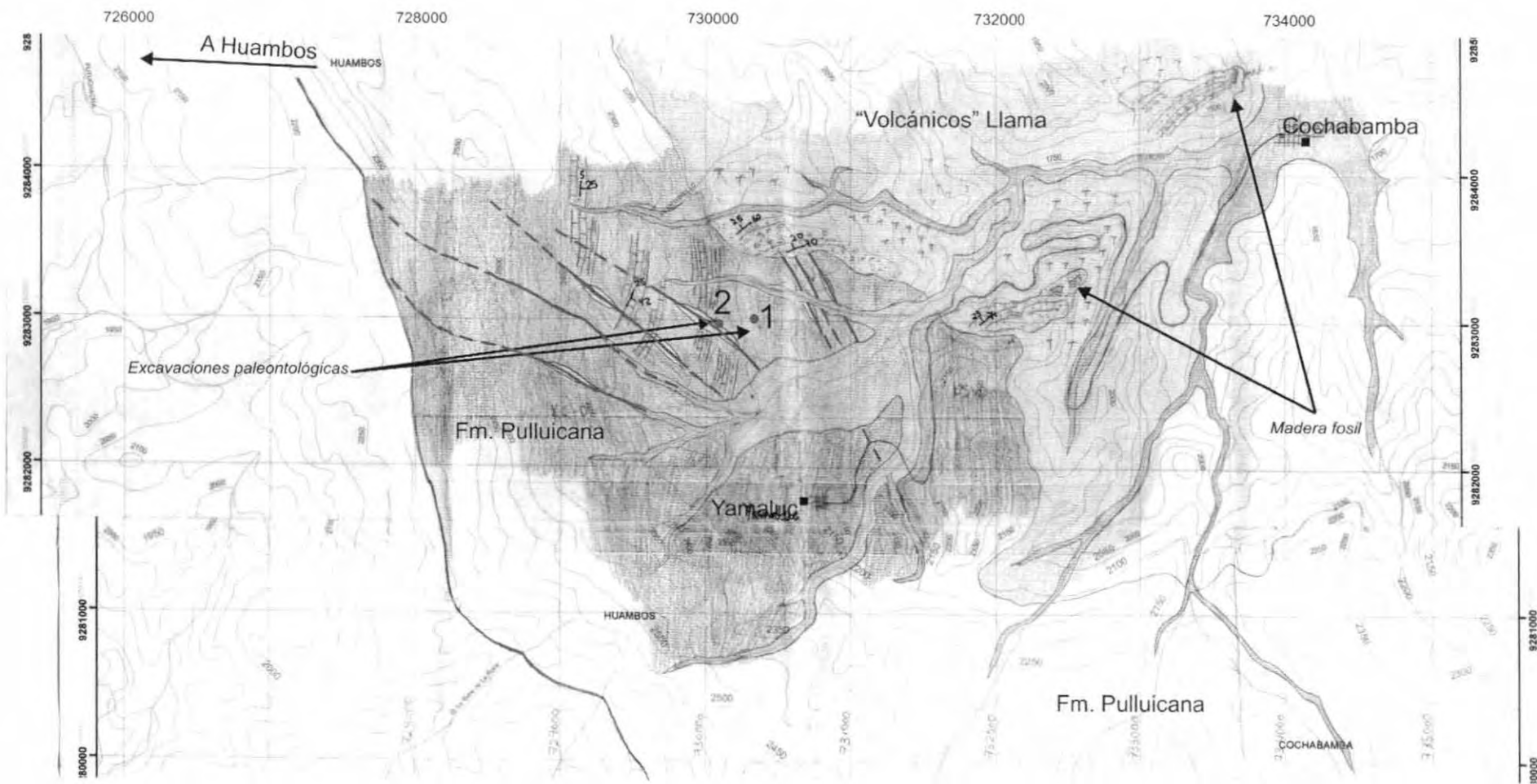


Fig. 7.17.- Mapa geológico local del cerro Huacanime y alrededores en Yamaluc, nótese el alineamiento de las fracturas (en líneas rojas) rellenas con sedimentos calcáreos, (cavidades cársticas colapsadas) allí se han hallado restos importantes de la megafauna. Se tiene hallazgos de madera fosil en terrenos terciarios.

7.3. PROSPECCIÓN, EXPLORACIÓN Y EXCAVACIÓN PALEONTOLÓGICA EN SANTA ROSA DE CELENDÍN, CAJAMARCA

(Brigada: Aldo Alván & Jean Noel Martínez)

Durante el mes de Noviembre del año 2008, se realizó la última salida de campo para este año, comprendiendo a la localidad de Santa Rosa de Celendín, Provincia de Celendín, Cajamarca. Con los antecedentes de exploración y prospección paleontológica evaluados el año 2007, se procedió a realizar una excavación sistemática.

7.3.1. Ubicación

La excavación paleontológica se realizó en la localidad de Santa Rosa de Celendín. Esta localidad se ubica a 3.8 km al Este del centro de Celendín (Fig. 7.18). En las faldas del cerro Cueñas punta, se tiene cavidades cársticas rellenas con material suelto calcáreo, conteniendo los restos fósiles a describir.

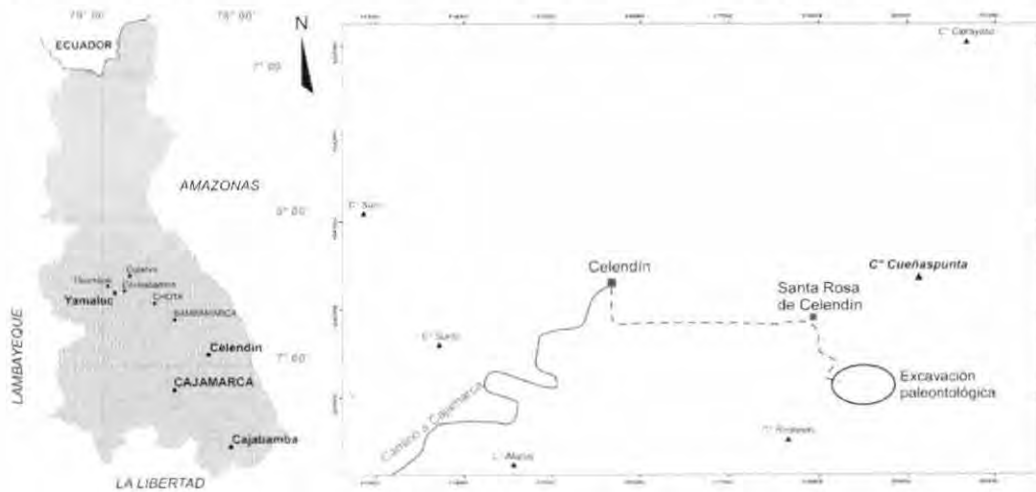


Fig. 7.18.- Ubicación y accesibilidad a Santa Rosa de Celendín.

7.3.2. Objetivos

- Completar el estudio detallado del contexto paleoambiental y tafonómico del yacimiento paleontológico de Santa Rosa de Celendín (Distrito y Provincia de Celendín, Departamento de Cajamarca), en convenio con el Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura.
- Reconocer y levantar al detalle las sucesiones estratigráficas pleistocénicas representados por los rellenos cársticos en los alrededores de Celendín, sugerencias de reconstrucciones paleoambientales para el Pleistoceno.
- Cartografiar las unidades pleistocénicas y reconocer los contactos con unidades más antiguas (cretácicas).

7.3.3. Trabajos realizados

- Excavación puntual en el yacimiento paleontológico de Celendín y muestreo de sedimento para lavado-tamizado (búsqueda de dientes de micromamíferos), y análisis sedimentológico.
- Levantamiento de columnas estratigráficas en el yacimiento mismo y en los alrededores de Celendín.
- Cartografiado geológico en la localidad de Santa Rosa de Celendín y alrededores para el cuaternario y su contacto con unidades más antiguas.

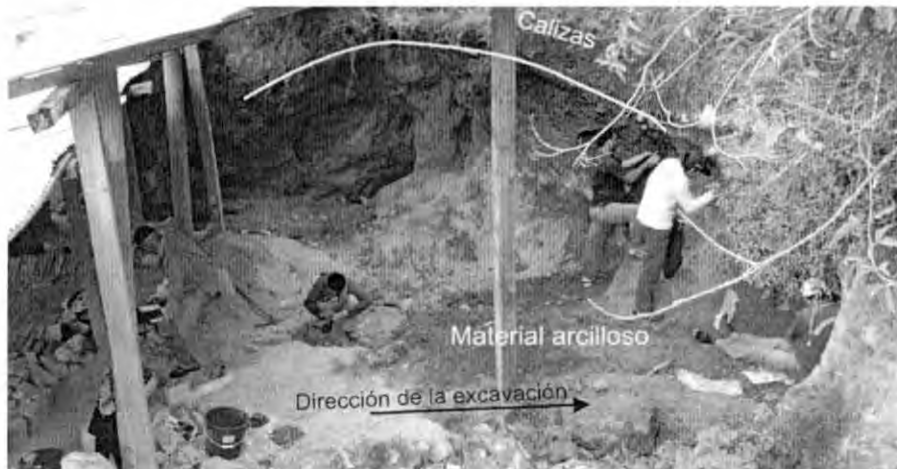


Fig. 7.19.- Excavación paleontológica en Santa Rosa de Celendín, se diferencian 3 niveles de material carbonatado pertenecientes a la Formación Pulluicana, parte inferior del cerro Cueñas punta.

7.3.4. Contexto geológico

Cajamarca se encuentra ubicado en el valle altoandino septentrional de la cordillera occidental de los andes del norte peruano, limitado de occidente a oriente por las cadenas montañosas, conteniendo localidades con yacimientos de vertebrados fósiles.

En estas localidades se reportan unidades del Cretácico superior correspondiendo a las Fms. Cajamarca, Celendín y Chota, consistiendo de calizas bioclásticas marinas de aguas relativamente someras con abundantes *Exogyra* sp. y equinoideos, en las cuales favorece el desarrollo cárstico, muchas veces rellenados, y también a veces aislados y hasta colapsados, estos se caracterizan por sus depósitos sedimentarios y su contenido paleontológico del pleistoceno.

Estas formaciones han sido mencionada recientemente en publicaciones anteriores (Pujos, 2002) en la cual trata de diferenciar los terrenos cársticos Plio-Pleistocénicos de la zona de Celendín, mediante estudios petrográficos y sedimentológicos, reportando megafauna para este sector; y el cual, es una de las metas de este proyecto.

Contexto sedimentológico local

Se trata de la localidad plio-pleistocénica de Santa Rosa de Celendín, comprendido en un contexto geológico de socavamiento, relleno y colapso cárstico. Se tiene capas de calizas que buzcan hacia el NW, para todo este sector; allí también se reporta estratos disconformes a manera de colapsamiento; sobre los rellenos cársticos allí presente. En estos rellenos cársticos se ha reportado la presencia de vertebrados fósiles.

Se trata de paleoredes cársticas que han servido de guaridas y atrapamiento natural para la megafauna y microvertebrados, presentes en el sitio de estudios; se tienen fracturas alineadas en promedio OSO (N 70° en promedio) en el cerro Cueñas punta, las corrientes subterráneas de agua han socavado durante miles de años estas juntas; produciendo espacios subterráneos a manera de cavernas (Fig. 7.20), las corrientes subterráneas alteran y disuelven las paredes carbonatadas (de color amarillo) y produciendo fluidos cargados de material arcilloso; al final queda un relleno marrón oscuro con clastos de calizas alteradas y abundante material fosilífero.

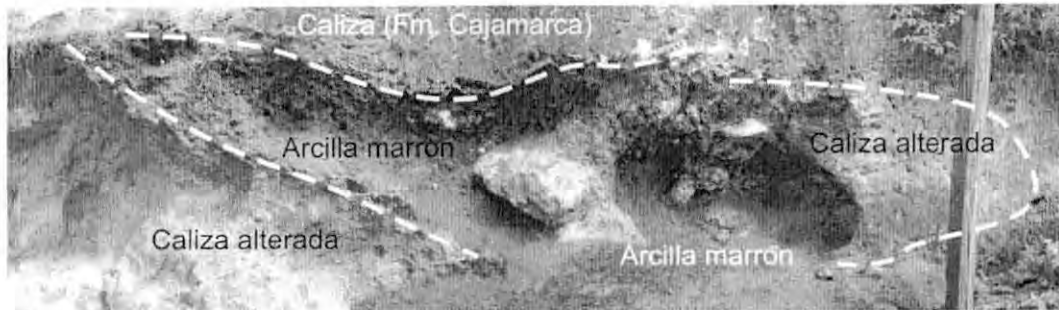


Fig. 7.20.- en el sitio de la excavación, se tiene diferenciado 3 niveles importantes, las calizas del Cretácico superior de la Fm. Cajamarca, las calizas alteradas, y las arcillas-limolitas marrones, con clastos de calizas amarillas, estos sedimentos contienen abundantes fósiles de microvertebrados (roedores), se tiene reportes del hallazgo de perezosos gigantes fósiles.

7.3.5. Paleontología de vertebrados

Por el momento se tiene determinado piezas que corresponden a roedores fósiles.

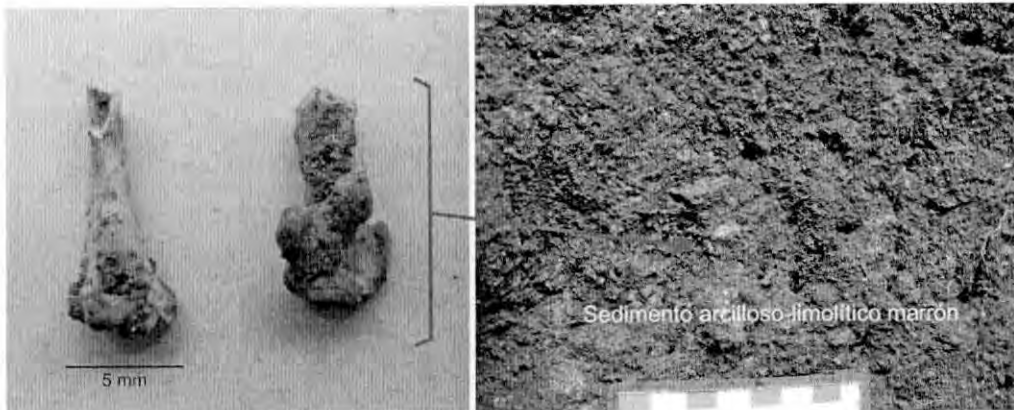


Fig. 7.21.- Roedores fósiles en las cavidades cársticas.

7.3.6. Conclusiones

Se obtuvo información geológica puntual (estructural, paleontológica, estratigráfica) al detalle, pues se hizo reconocimiento geológico y paleontológico de vertebrados. Los vertebrados fósiles se encuentran en paleocarsts, en unidades litoestratigráficas correspondientes a las Formaciones Cajamarca y/o Celendín (caso de la localidad de Santa Rosa de Celendín).

En esta localidad, se tienen capas gruesas de calizas con diaclasamiento intenso y direccionado aguas abajo (coordenadas UTM 8172, 92392) hacia el OSO, siendo estas capas socavadas por el agua meteórica formando carsts. Estos han sido rellenados y colapsados, siendo evidente, en la actualidad, la presencia de un sistema de paleocarsts en el cual se encuentran acumulaciones de fósiles vertebrados.

Observaciones:

Con estos datos, obtenidos al 2008, se puede tener un nuevo mapa temático paleontológico, donde nos muestra los Yacimientos Paleontológicos y Prospectos Paleontológicos (Fig. 7.23).

8. RECOMENDACIONES

La prospección realizada en la costa y sierra de este departamento pone en evidencia el potencial fosilífero en la costa de Piura y denota su escasez en la región andina, existiendo un marcado contraste entre estas zonas.

Para las localidades de Tumbes, continuar con los trabajos de prospección Paleontológica en La Quebrada Cruz y Cerro Uña Gatal para localizar nuevos afloramientos con contenido de fósiles vertebrados y realizar una evaluación integral del área para determinar si se trata de un yacimiento. Trabajar en forma conjunta con el Instituto de Cultura para proteger y conservar los restos que se encuentren.

Para La Brea, Talara, se recomienda profundizar la excavación para comprobar si hay otros niveles fosilíferos con mayor o menor cantidad de restos óseos o diversidad de fauna; realizar excavaciones en diferentes lugares de La Brea para establecer correlaciones y un tamizado sistemático en el campo que permita recuperar la mayor cantidad de elementos óseos de microvertebrados. Realizar el estudio de microvertebrados para precisar la biocronología y obtener datos sobre la paleoecología a partir de las características paleoambientales. Se recomienda realizar un análisis tafonómico en los alrededores de la zona explorada con la finalidad de establecer el origen del agregado.

La localidad de La Encantada alberga a una gran cantidad de restos de mamíferos fósiles del Pleistoceno con un muy buen grado de preservación. La importancia de este yacimiento paleontológico es motivo suficiente para continuar con las labores de excavación, conjuntamente con estudios tafonómicos y sedimentológicos.

La localidad de Yamaluc, alberga una gran cantidad de restos de mamíferos fósiles del Pleistoceno con un muy buen grado de preservación. La importancia de este yacimiento paleontológico es motivo suficiente para continuar con las labores de excavación, conjuntamente con estudios tafonómicos, paleoambientales y estructurales.

Para Cajabamba, se recomienda un mínimo de dos semanas de trabajo, considerando que se trata este caso de un mínimo de cinco yacimientos fosilíferos en esta localidad, trazándose como tarea:

- Visita a los cinco yacimientos fosilíferos mencionados por los responsables del Centro Cultural Yachayhuasi de Cajabamba (ver Anexo 10.1);
- Rescate de los vertebrados fósiles susceptibles de ser dañados por la erosión;
- Levantamiento de columnas estratigráficas, interpretación del contexto sedimentológico-estratigráfico de cada yacimiento;
- Lavado-tamizado sistemático para buscar evidencias de micromamíferos;
- Evaluación del potencial de cada yacimiento para programar acciones específicas.

Estos trabajos se realizarán en coordinación con el INC-Cajamarca, haciendo lo posible para que los fósiles, después de ser restaurados y estudiados, sean devueltos a su lugar de origen para ser exhibidos en museos locales (respectivamente en Chota, Celendín y Cajamarca). Hasta que esta devolución sea posible, los fósiles estarán depositados en las colecciones del Instituto de Paleontología de la Universidad Nacional de Piura y en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET.

Se recomienda para Santa Rosa de Celendín realizar más excavaciones sistemáticas en los rellenos cársticos más cercanos al Caserío y a la zona excavada en Noviembre del 2008; junto con Lavado-tamizado sistemático para buscar evidencias de micromamíferos; y Levantamiento de columnas estratigráficas al detalle, y análisis material de relleno. Se propone para esta localidad, Prospección en los alrededores para establecer un mapa de ubicación de las cavidades cársticas más importantes.

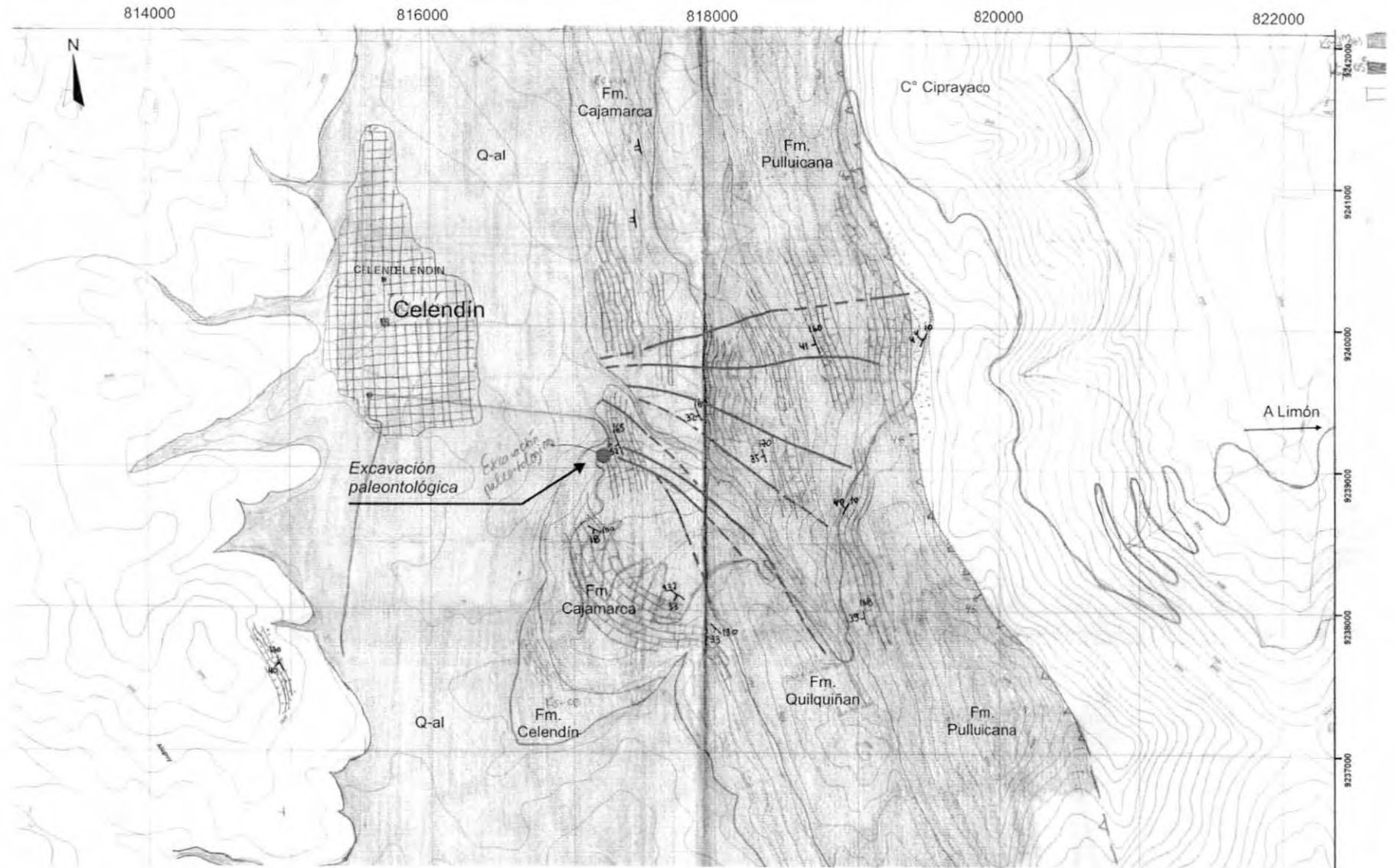


Fig. 7.22.- Mapa geológico local de Celendín y alrededores. Las líneas rojas indican fracturas, trazos que sugieren nuevas rutas de cavidades cársticas para la exploración paleontológica de vertebrados.

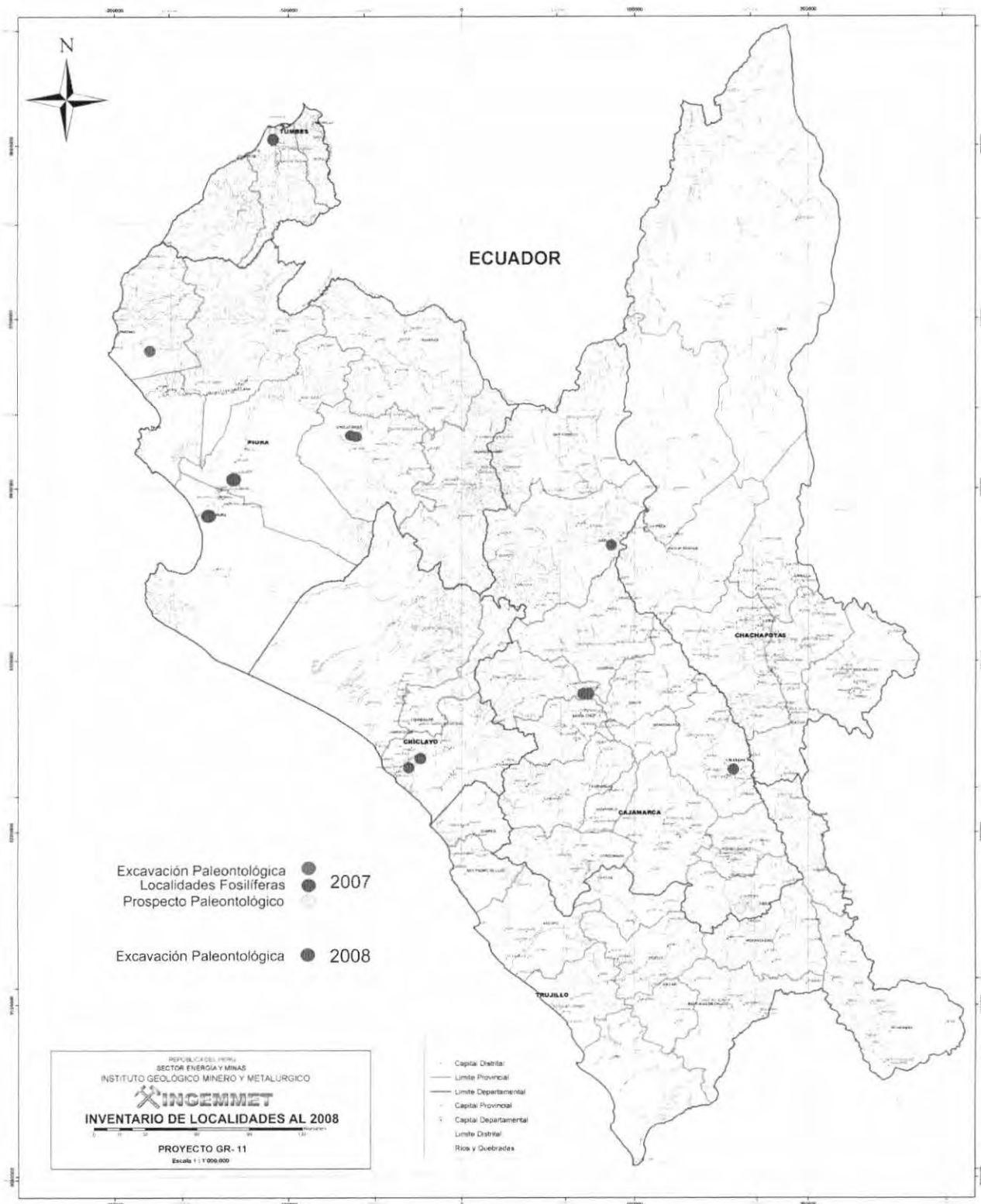


Fig. 7.23.- Mapa temático de localidades fosilíferas, actualizado a Noviembre del 2008.

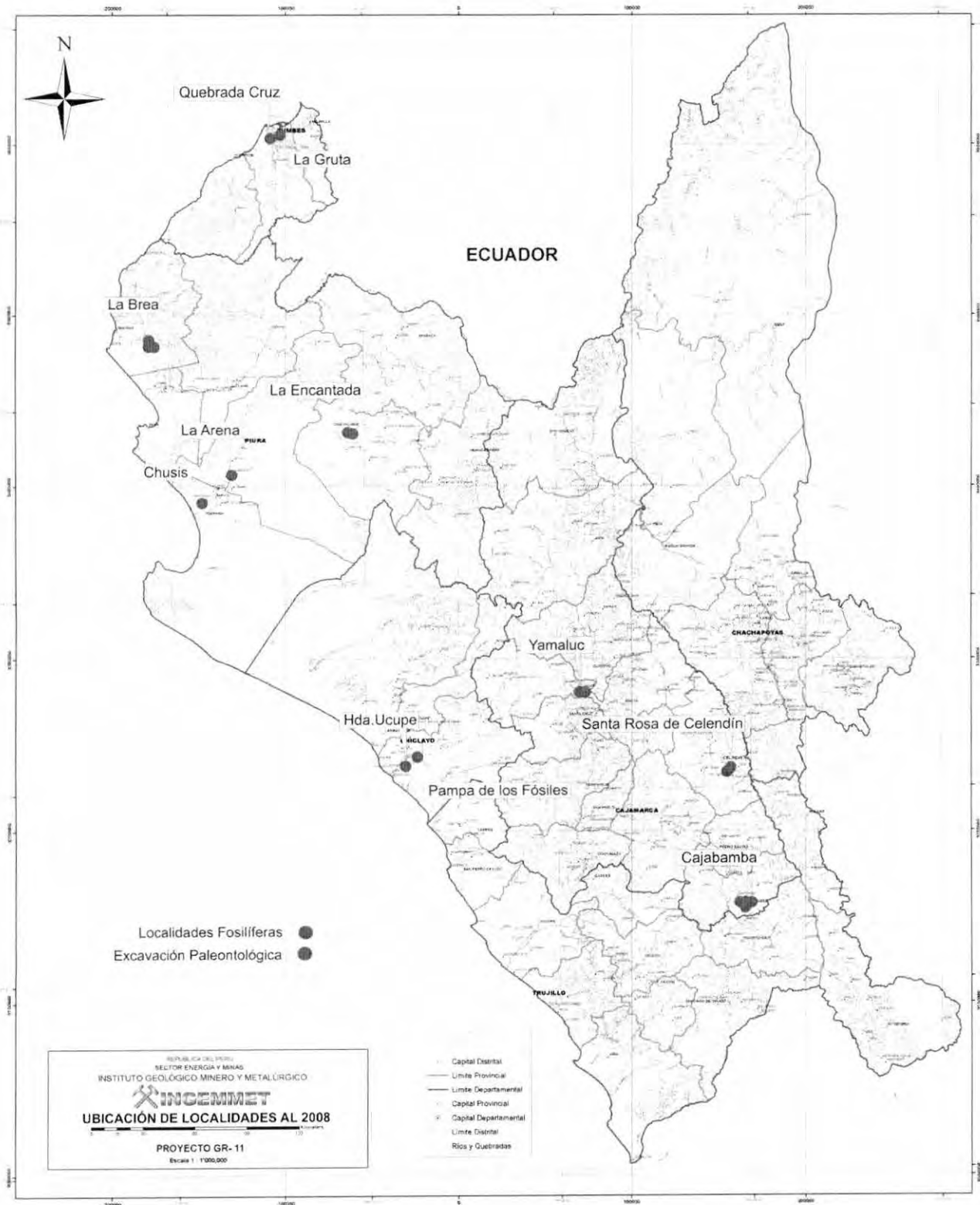


Fig. 7.24.- Mapa temático de localidades fósilíferas, y de excavaciones paleontológicas.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arche, A. (1989).- Sedimentología, Volumen I. Concejo Superior de Investigaciones Científicas. 541 p.
- Bosworth, T. (1922).- Geology of North-West Peru.
- Bryan, A. (1973).- Paleoenvironments and cultural diversity in the late Pleistocene in South America. *Quaternary Research*, 3, 237-256.
- Cadenillas, R. & Martínez, J.-N. (2006).- Cuatro especies de murciélagos (Mammalia, Chiroptera) registradas en el Pleistoceno superior de La Brea (Provincia de Talara, Departamento de Piura). XIII Congreso Peruano de Geología, p. 599-602.
- Campbell Jr. K. E. (1979).- The non-passerine Pleistocene avifauna of the Talara tar seeps, Northwestern Peru. *Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions*, 18: p. 1-203.
- Campbell Jr. K. E. (1982).- Late Pleistocene events along the coastal plain of Northwestern South America. En Ghillean T. Prance (ed.), *Biological diversification in the tropics*, Columbia University Press, New York, p. 423-440.
- Czaplewski, N. J. (1990).- Late Pleistocene (Lujanian) occurrence of *Tonatia silvicola* in the Talara tar seeps, Peru. *An. Acad. Bras. Ciênc.*, 62, p. 235-238.
- Churcher, C. S. (1959).- Fossil Canis from the tar pits of La Brea, Peru. *Science*, 130, p. 564-565.
- Churcher, C. S. (1962).- *Odocoileus salinae* and *Mazama* sp. from the Talara tar seeps, Peru. *Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions*, 57, p. 1-27.
- Churcher, C. S. (1965).- Camelid material of the genus *Palaeolama* Gervais from the Talara tar-seeps, Peru, with a description of a new subgenus, *Astylolama*. *Proceedings of the Zoological Society (London)*, 145, p. 161-205.
- Churcher, C. S. (1966).- The insect fauna from the Talara tar seeps, Peru. *Canadian Journal of Zoology*, 44, p. 985-993.
- Churcher, C. S. & van Zyll de Jong C. G. (1965).- *Conepatus talarae* n. sp. from the Talara tar seeps, Peru. *Royal Ontario Museum, Toronto, Life Science Contributions*, 62, p. 115.
- Cruzado J. & Kuang J. (1985).- Revisión geológica del Paleozoico en el área típica de los cerros Amotape. Informe Técnico de Petroperú.
- INGEMMET (1995).- Geología del Perú. Bol. 55, Serie A: Carta Geológica Nacional, 177 p.
- Lemon, R. & Churcher, C. (1961).- Pleistocene geology and paleontology of the Talara region, Northwest Peru. *American Journal of Science*, 259, 410-429.
- Macharé, J. & Ortlieb, L. (1993).- Coastal neotectonics in Peru: Subduction regime and Quaternary vertical motions. *Second ISAG, Oxford (UK)*, 9, p. 21-23.
- Marshall, L., Berta, A., Hoffstetter, R., Pascual, R., Reig, O., Bombin, M. & Mones, A. (1984).- Mammals and stratigraphy: Geochronology of the continental mammal-bearing Quaternary of South America. *Palaeovertebrata Mem. Extraord.*, 76 p.
- Martínez, J.-N. & Cadenillas R. (2004).- Paleoambiente de la región Talara, La Brea (Piura, Perú) hacia el fin del Pleistoceno: Datos sugeridos por las paleocomunidades de mamíferos. XII Congreso Peruano de Geología, p. 481-484.
- Martínez, M. (1970).- Geología del Basamento Paleozoico en las montañas de Amotape y posible origen del petróleo en rocas paleozoicas del noroeste del Perú. *Primer Congreso Latinoamericano de Geología*, Tomo 2, p. 105-138.
- Miall, A. (1996).- *The Geology of Fluvial Deposits*. 565 p.
- Nauss, W. (1944).- A Reconnaissance Geological Survey of the La Brea Mountain Front. *Reporte Interno Petroperú*. N° 121-2.
- Newell, N., Chronic J. & Roberts T. (1949) - Upper Paleozoic of Peru. *Univ. Serv. Bureau Col. Univ.*, 1-126 p.
- Palacios, O. (1994).- Geología de los cuadrángulos de Paita, Piura, Talara, Sullana, Lobitos, Quebrada Seca, Zorritos, Tumbes y Zarumilla. *Boletín N° 54, Serie A, INGEMMET*.
- Palacios, O., Rober S., Sanchez J., Pilatasig J. & Gordon D. (2004).- Entidad paleozoica en la faja Amotape- Tahuín y cordilleras: Occidental (Perú) – Real (Ecuador). XII Congreso Peruano de Geología, p. 237-240.

- Pujos, F. (2002).- Estudio geológico, estratigráfico y sedimentológico de la cueva de mamíferos del Pleistoceno de Santa Rosa (Perú): Interpretación paleoambiental. Bull. Inst. Fr. Etudes Andines, Vol 31 (1), p. 101-113.
- Reading, H. (1978).- Sedimentary environments and facies. Blackwell Scientific Publications, 569 p.
- Thomas, H. (1928).- An Upper Carboniferous Fauna From the Amotape mountains, North-Western Peru. Geologic Magazine (Journal of Geology). Vol. 65, p. 146-152.

10. ANEXOS

10.1. Lista de contactos, obtenidos durante las campañas de campo del año 2007 y 2008, para los Yacimientos y Prospectos paleontológicos en los departamentos de La Libertad, Piura y Cajamarca.

Piura

Chulucanas-Sitio Arqueológico de La Encantada (588524, 9436744 UTM)

Fotos: 2041-2043, 2044-2045, 2050 SE, 2051, 2052-2055.

Sr. Luis Tavera Basapera, Jr. Puno 273, Chulucanas, Piura, Tlf.: 074-200836
(Profesor, primer contacto para el sitio arqueológico)

Sr. Adriano Hernandez Chapilliquen, Av. Los Ceramistas Cdra. 2, Chulucanas, Piura (Gobernador de la localidad de La Encantada)

Lambayeque

Sr. Froilan Tantalean, Av. Maria Parado de Bellido 322, Lambayeque

Fotos: 2285-2329.

Dr. Walter Alva, Museo de las Tumbas Reales de Sipan; Dr. Carlos Wester LaTorre, Arq. Marco Fernandez, Museo Bruning, Lambayeque

Fotos: 2102-2132.

Sr. Wilberto Romero, Sr. Pedro Idiarte, localidad de Ucupe (649970, 9228386 UTM)
Fotos: 2141-2165.

Chiclayo

Sr. Mario Lopez Mesones, Av. Pedro Ruiz Gallo 1480, Chiclayo, E-mail: lopezmesones@yahoo.es, elm_lop@yahoo.es, Tlf.: 074-223974, 074-9772136.

Localidad de Siete Techos (634204, 9243480 UTM), cercano a la localidad de Reque.

La Libertad

Tembladera-Centro Educativo San Isidro

Sr. Wilder Cabrera Barboza, Jr. Cajamarca 733, Tembladera.
(Director del Colegio y del Museo arqueológico de la mencionada institución).

Sr. Genaro Yepes, Jr. Contumaza 617, Tembladera.

Cascas, (738134, 9171740 UTM)

Fotos: 2408-2410, 2418-2419, 2420-2421.

Sr. Cesar Solis, Cascas, Tlf.: 044-9178204.

Trujillo

Universidad Nacional de Trujillo, Facultad de Arqueología

Dr. Santiago Uceda, (Director de la Escuela), Sr. Enrique Sanchez Maura (Director del INC-La Libertad), Arq. Cesar Galvez, INC. Paijan-Pampa de los Fósiles (684376, 9168804 UTM)

Cajamarca, Celendín

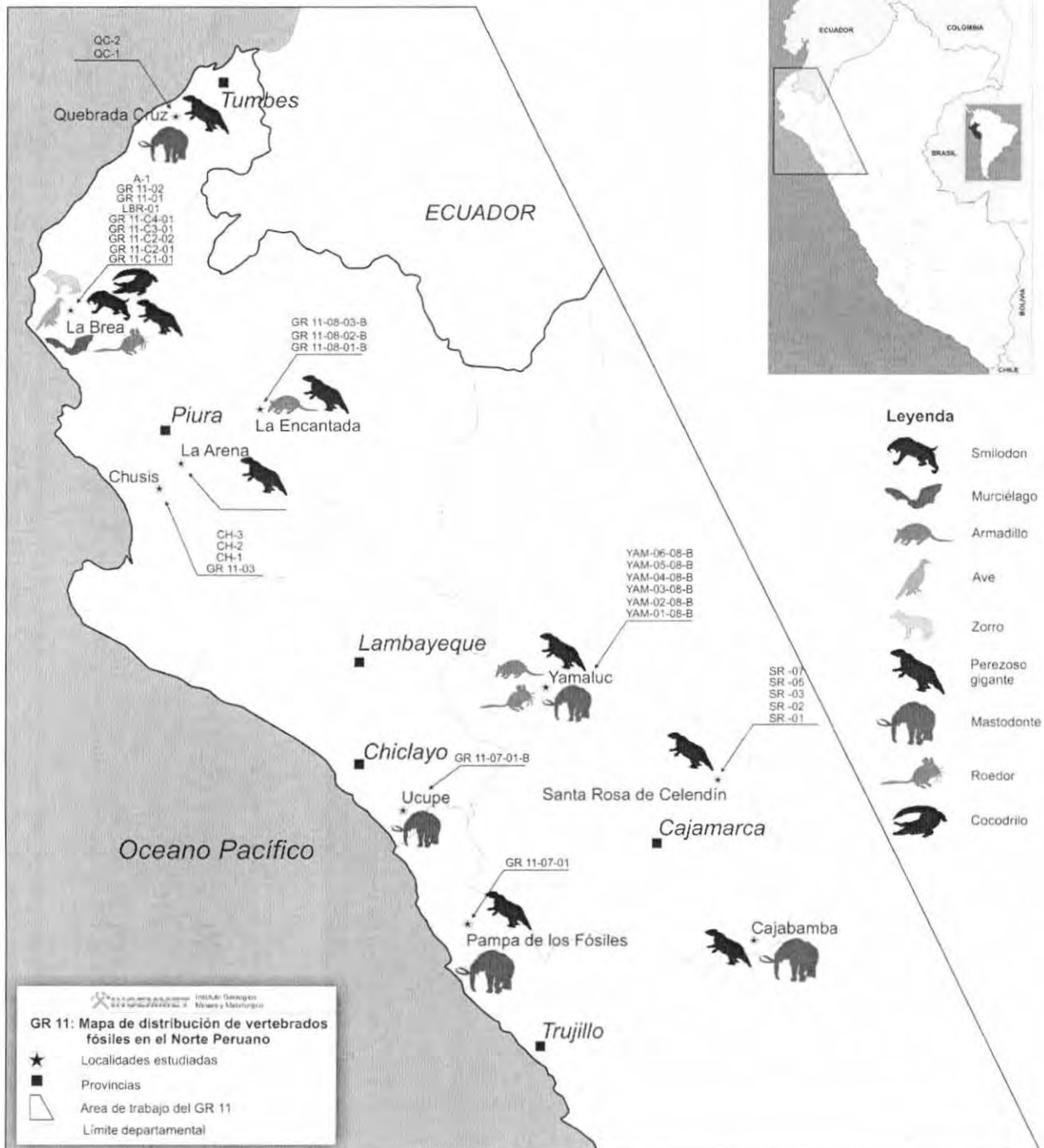
Sr. Pepe Vera Silva, Santa Rosa de Celendín, Celendín, Cajamarca (Propietario de los afloramientos).

Cajabamba

Sr. Pipo Morales, responsable del Museo "Yachayhuasi".

10.2. Mapa de ubicación de muestras, listado para las campañas realizadas durante los años 2006 a 2008, muestras existentes en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET. Distribución de especies de la megafauna durante el Plioceno – Pleistoceno para el Norte Peruano.

Proyecto GR 11 Evolución de los ecosistemas continentales durante el Plio pleistoceno en el Norte Peruano



10.3. Lista de muestras de fósiles y de sedimentos a tamizar; conservados en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET.

Chusis (Piura) y quebrada Cruz, Tumbes (2006).

N°	Código	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	Ch -1	520350	9389631	Chusis	Paíta	Piura
2	Ch -2	520350	9389631	Chusis	Paíta	Piura
3	Ch -3	520350	9389631	Chusis	Paíta	Piura
4	QC -1	547067	9597148	Quebrada Cruz	Zorritos	Tumbes
5	QC -2	547067	9597148	Quebrada Cruz	Zorritos	Tumbes

La Brea, Talara, Piura (2007).

N°	Código (*)	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	GR11-01	483720	9486172	Talara	Talara	Piura
2	GR11-02	483720	9486172	Talara	Talara	Piura
3	GR11-03	520684	9389930	Chusis	Paíta	Piura

Santa Rosa de Celendín, Cajamarca (2007).

N°	Código (*)	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	SR-01	817265	9239160	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
2	SR-02	817265	9239160	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
3	SR-03	817265	9239160	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
4	SR-05	817288	9239218	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
5	SR-07	817326	9239050	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca

La Encantada, Chulucanas, Piura (2008).

N°	Código (*)	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	GR11-07-01-B	649970	9228386	Ucupe	Chocope	La Libertad
2	GR11-08-01-B	588523	9436754	La Encantada	Chulucanas	Piura
3	GR11-08-02-B	588518	9436750	La Encantada	Chulucanas	Piura
4	GR11-08-03-B	588520	9436752	La Encantada	Chulucanas	Piura

Yamaluc, Cajamarca (2008).

N°	Código (*)	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	YAM-08-01-B	730348	9282332	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca
2	YAM-08-02-B	730348	9282332	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca
3	YAM-08-03-B	730320	9282300	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca
4	YAM-08-04-B	730320	9282300	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca
5	YAM-08-05-B	730320	9282300	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca
6	YAM-08-06-B	732582	9283340	Yamaluc	Cutervo	Cajamarca

Santa Rosa de Celendín, Cajamarca (2008)

N°	Código (*)	Y	X	Lugar	Cuad.	Dep. Prov.
1	CEL-08-01-B	588520	9436753	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
2	CEL-08-02-B	588520	9436753	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
3	CEL-08-03-B	588520	9436753	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca
4	CEL-08-04-B	588520	9436753	Santa Rosa	Celendín	Cajamarca

(Códigos presentados como "códigos de campo", consultar nuevo códigos en el Laboratorio de Paleontología del INGEMMET).

10.4. Convenio suscrito entre el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico y el Instituto Nacional de Cultura (INC).

CONVENIO DE COOPERACIÓN INTER INSTITUCIONAL ENTRE EL INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA Y EL INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO

Conste por el presente documento, el Convenio de Cooperación Técnica Interinstitucional que celebran, de una parte, el INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA, con RUC 20131370483, con domicilio en la Av. Javier Prado Este 2465, distrito de San Borja, provincia y departamento de Lima, que en adelante se denominará EL INC, debidamente representado por su Directora Nacional, Dra. Maria Cecilia Bákula Budge, identificada con DNI N° 06261706, designada por Resolución Suprema N° 028-2006-ED, y, de la otra parte, el INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO, con RUC N° 20112919377, con domicilio legal en la Av. Camaná N° 1470, San Borja, distrito y departamento de Lima, que en adelante se le denominará EL INGEMMET, debidamente representado por el Presidente del Consejo Directivo, Ing. Victor Lay Biancardi, identificado con DNI N° 07278406, designado mediante Resolución Suprema N° 022-2006-EM de fecha 17 de mayo del 2006; en los términos y condiciones siguientes:

CLÁUSULA PRIMERA.- ANTECEDENTES

EL INC es un Organismo Público Descentralizado dependiente del Sector Educación, con personería jurídica de derecho público interno, con autonomía técnica, administrativa, económica y financiera. Constituye el ente rector y central de los órganos que conforman su estructura orgánica, incluyendo las Direcciones Regionales. Tiene como finalidad afirmar la identidad nacional, partiendo de la noción de diversidad cultural, mediante la ejecución descentralizada de acciones de investigación, protección, conservación, puesta en valor, promoción y difusión del Patrimonio Cultural de la Nación y el fomento del desarrollo cultural, para contribuir al desarrollo nacional, con la participación activa de la comunidad y los sectores público y privado, de conformidad con el Decreto Supremo N° 017-2003-ED, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Instituto Nacional de Cultura y la Ley N° 28296, Ley General del Patrimonio Cultural de la Nación.

EL INGEMMET es un organismo público descentralizado del sector Energía y Minas con personería jurídica de derecho público interno y autonomía técnica, económica y administrativa, que tiene como funciones, entre otras, la constante actualización de la Carta Geológica Nacional y las Cartas Temáticas Básicas, el Inventario Nacional y Regional de los Recursos no Renovables y la caracterización de los fenómenos naturales que pueden causar desastres, así como el otorgamiento de títulos de concesión minera, elaborar el catastro minero y administrar el derecho de vigencia y penalidad, para lo cual además de asesorar a otras entidades públicas puede realizar investigaciones que coadyuven a la promoción de la inversión en el país.

CLÁUSULA SEGUNDA.- OBJETO

El presente Convenio tiene por objeto establecer lazos de cooperación interinstitucional entre las partes, a fin de aunar esfuerzos orientados a una efectiva y eficiente protección del Patrimonio Cultural de la Nación mediante el intercambio de información, técnicas, experiencias y apoyo técnico, así como la colaboración en proyectos de mutuo interés. En tal sentido, se concertará acciones en los siguientes ámbitos:

- 2.1. Paleontológico, vinculado con la identificación, inventario, asesoría, consultoría, elaboración de informes, peritajes y otros relacionados al tema
- 2.2. Estudios y monitoreos geológicos, geodinámicos, hídricos y de las condiciones físicas y ambientales de los sitios del patrimonio cultural nacional y mundial y su entorno, y realización de



mapas de riesgos, con la finalidad de orientar la prevención y anticipación de desastres y su planificación.

2.3. Prevención de riesgos o acciones de emergencia, frente a inundaciones, deslizamientos, huaycos, fenómenos naturales y otros que pongan en riesgo el patrimonio cultural inmueble de la Nación.

2.4. Catastro y concesiones mineras, que permita tener información pormenorizada del catastro minero nacional, petitorios, concesiones mineras y titularidad de áreas geográficas que involucren patrimonio cultural inmueble de la Nación.

CLÁUSULA TERCERA.- COMPROMISOS DE LAS PARTES

En virtud de lo señalado en la Cláusula Segunda, se establecen los siguientes compromisos:

EL INGEMMET se compromete a:

Paleontológico:

- 3.1 Brindar información referida a la identificación de especies y de zonas fosilíferas inventario de tipos de fósiles y de zonas fosilíferas de interés paleontológico, asesoría científica y técnica, consultoría en casos específicos, elaboración de informes y peritajes sobre material paleontológico y otros sobre el particular.
- 3.2 Proponer las áreas de protección de yacimientos fosilíferos así como sistemas de manejo de los mismos.
- 3.3 Aunar esfuerzos que permitan establecer las acciones de protección y manejo del tema paleontológico coadyuvando a la formulación de normas y procedimientos sobre el particular.

Estudios y monitoreos geológicos:

- 3.4 Elaborar en coordinación con EL INC, mapas geológicos, mapas de riesgo o peligros geológicos y susceptibilidad a los movimientos en masa, así como modelos y simulación de flujos de detritos y perfiles geofísicos, entre otros, de los sitios del patrimonio cultural nacional y mundial.
- 3.5 Brindar información sobre el monitoreo geológico e hídrico.

Prevención de riesgos y desastres:

- 3.6 Intercambiar información y apoyo técnico en la prevención de riesgos o acciones de emergencia frente a inundaciones, deslizamientos, huaycos, fenómenos naturales y otros que pongan en riesgo el patrimonio cultural inmueble.
- 3.7 Elaboración, en forma conjunta con EL INC, del mapa de riesgos naturales y el patrimonio cultural.

Catastro y concesiones mineras:

- 3.8 Proporcionar a EL INC la base gráfica en formato Shape, indicando el sistema de coordenadas, Zona y Datum, sobre petitorios y concesiones mineras de áreas geográficas que involucren patrimonio cultural inmueble de la Nación.
- 3.9 Proporcionar a EL INC, a su solicitud, la información correspondiente a la titularidad de lo expresado en el numeral precedente.
- 3.10 Brindar a EL INC asesoramiento técnico en levantamientos geodésicos, en técnicas de procesamiento de datos geográficos y en otros campos de interés común, a fin de estandarizar las técnicas de procesamiento de datos.



EL INC se compromete a:

- 3.11 Proporcionar a EL INGEMMET, a su solicitud y de acuerdo a disponibilidad, la información digital del patrimonio cultural inmueble en formato CAD en los Datum PSAD 56 y WGS 84, de corresponder, expresamente aprobados mediante Resolución Directoral Nacional.
- 3.12 Remitir copias de las Resoluciones Directorales que declaren áreas como Patrimonio Cultural de la Nación y aquellas que aprueben o modifiquen las delimitaciones y/o planos correspondientes.

CLÁUSULA CUARTA: COMPROMISOS RECÍPROCOS

- 3.13 Comunicar formalmente las designaciones de su personal directivo, profesional o técnico de acuerdo con el ámbito de acción, que se encargará de coordinar con su contraparte.
- 3.14 Coordinar entre las partes la elaboración de propuestas normativas y directivas relacionadas con materias que involucren la competencia de las entidades.
- 3.15 Trabajar en coordinación en los casos en que se necesite apoyo en lo indicado en la Cláusula Tercera, numeral 3.1.
- 3.16 Promover el desarrollo de estudios científicos y técnicos paleontológicos que coadyuven al mejor conocimiento del Patrimonio Cultural de la Nación.
- 3.17 Realización de estudios científicos y técnicos de geología, geomorfología, geodinámica, geofísica, peligros geológicos e hídricos que coadyuven al mejor conocimiento de las condiciones de riesgo del patrimonio cultural de la Nación y el patrimonio mundial, particularmente en cuanto a su preservación frente a los efectos geológicos.
- 3.18 Elaboración de mapas en temas de interés común.
- 3.19 Facilitar la utilización de bienes muebles e inmuebles y equipos técnicos en la realización de actividades de interés común en relación al Patrimonio Cultural de la Nación, atendiendo siempre a la disponibilidad y operatividad de los mismos.
- 3.20 Designar a los profesionales, técnicos y recursos humanos en general necesarios para la buena consecución de los fines del presente Convenio.
- 3.21 Coordinar la realización conjunta de conferencias y charlas, a fin de capacitar al personal de ambas instituciones en temas de interés.
- 3.22 Favorecer, a través de una decidida participación, la realización de diversos eventos y/o actividades en las que intervengan ambas instituciones, así como organismos relacionados con los bienes culturales y los riesgos naturales en el país.
- 3.23 Monitorear y evaluar las acciones efectuadas en el marco del presente Convenio.
- 3.24 Informar semestralmente a sus respectivas instituciones, a través de los coordinadores designados, sobre los resultados de los mencionados monitoreo y evaluaciones.

CLÁUSULA QUINTA.- COORDINADORES INSTITUCIONALES

Las partes establecerán mecanismos de permanente comunicación, designando como coordinadores a:

Por EL INC: El Director de la Dirección de Defensa del Patrimonio Histórico, el Director de Arqueología o sus representantes y el Director de Sitios de Patrimonio de la Humanidad, que



dependiendo de las acciones realizadas, informarán a la Dirección de Gestión, sobre el compromiso a que se refiere el numeral 3.18 de la Cláusula precedente.

Por INGEMMET: El Director Geocientífico y el Director de Catastro Minero.

CLÁUSULA SEXTA.- PROYECTOS ESPECÍFICOS

Las partes del presente Convenio podrán establecer actividades permanentes como identificación de fósiles, entre otras, así como la realización de Proyectos Específicos destinados a actividades científico-técnicas establecidas según sus competencias.

CLÁUSULA SÉTIMA.- USO DE LA INFORMACIÓN

La información a la que acceden las partes tiene carácter referencial e informativo y su certificación requiere la expedición del documento oficial correspondiente expedido por la autoridad competente en ejercicio de sus funciones.

CLÁUSULA OCTAVA.- VIGENCIA, RENOVACIÓN Y RESOLUCIÓN

El presente Convenio tendrá una vigencia de dos (02) años, contados a partir de la fecha de su suscripción pudiendo prorrogarse de manera automática por un periodo similar, de no mediar comunicación en contrario de algunas de las partes, o resuelto por mutuo acuerdo entre las partes, o cuando se produzca el incumplimiento de alguno de los compromisos contraídos en el. Esta decisión deberá ser comunicada mediante carta simple con un plazo de treinta (30) días hábiles de anticipación, manifestando los hechos que la motivaron, sin que ello origine responsabilidad alguna para las partes.

CLÁUSULA NOVENA.- MODIFICACIONES

Las partes podrán introducir modificaciones y/o ampliaciones al presente Convenio como resultado de las evaluaciones periódicas que se realicen durante el tiempo de su vigencia, mediante la suscripción de una Adenda.

CLÁUSULA DÉCIMA.- PATRIMONIO INTELECTUAL

Los productos, estudios o resultados de los programas, proyectos, trabajos o investigaciones desarrollados o ejecutados al amparo del presente Convenio, constituyen propiedad intelectual de ambas partes y llevarán el logotipo de cada una de las instituciones participantes del mismo.

El ejercicio de los derechos relativos a la propiedad intelectual perteneciente a cualquiera de las partes así como la propiedad común, se sujeta a las disposiciones legales vigentes y a los instrumentos específicos que sobre el particular suscriban las partes.

CLÁUSULA UNDÉCIMA.- COMUNICACIÓN DE LAS PARTES

Toda comunicación o notificación que, con motivo del presente Convenio deba ser cursada a cualquiera de las partes, se entenderá como válidamente efectuada si es dirigida a los domicilios consignados en la introducción del presente Convenio.

Cualquier modificación a los domicilios antes indicados, deberá ser notificada a la otra parte con una anticipación no menor de tres (03) días hábiles, en caso contrario, toda comunicación o



INGEMMET
ARCHIVO TÉCNICO
2017

notificación realizada a los domicilios indicados en la introducción del presente Convenio, se entenderá válidamente efectuada para todos los efectos.

CLÁUSULA DUODÉCIMA.- DE ADHESIÓN

Ambas partes declaran que la adhesión al presente Convenio de Colaboración Técnica Interinstitucional se realiza de manera libre y voluntaria, a fin de alcanzar los objetivos y metas institucionales en las materias de su competencia.

CLÁUSULA DÉCIMA TERCERA.- SOLUCIÓN DE DIFERENCIAS

Las partes acuerdan realizar sus mejores esfuerzos para dar solución armoniosa a las diferencias que puedan presentarse con ocasión de la ejecución del presente Convenio, sin embargo, renuncian al fuero de sus domicilios y se someten a las leyes y disposiciones legales vigentes sobre la materia y la jurisdicción de los jueces y salas especializadas del Distrito Judicial de Lima.

Las partes, debidamente enteradas del contenido del presente Convenio Marco, se ratifican en cada una de sus cláusulas, obligándose a su fiel cumplimiento y lo suscriben en dos (02) ejemplares iguales, en Lima, a los veinticinco días del mes de mayo del año dos mil siete.

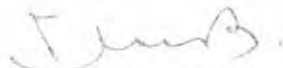


INSTITUTO NACIONAL DE CULTURA



CECILIA BAKULA BUDGE
Directora Nacional

INSTITUTO GEOLOGICO MINERO Y METALURGICO



VICTOR LAY BIANCARDI
Presidente Consejo Directivo

