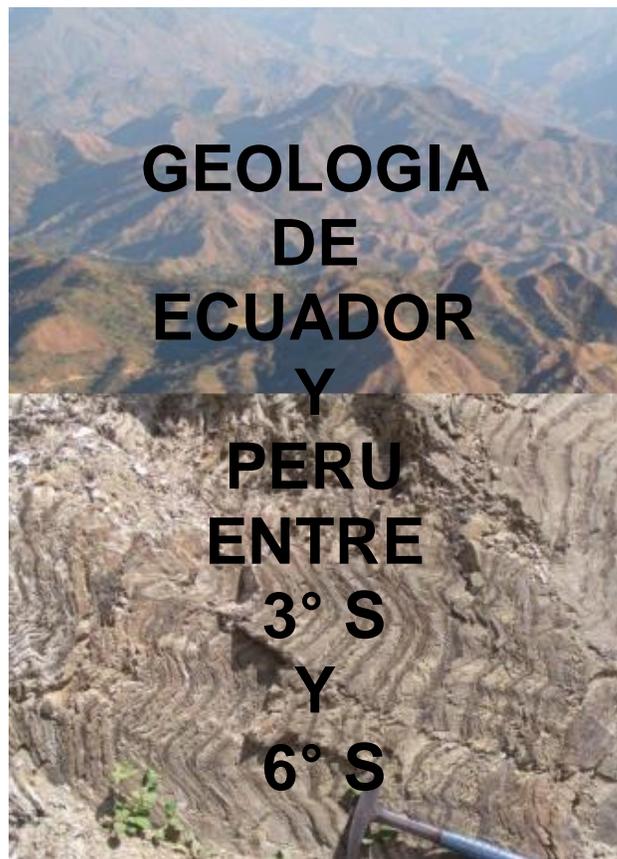


**PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO:GEOCIENCIAS  
PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS  
ECUADOR-PERU-CANADA**

**DINAGE**

**INGEMMET**



**LUIS PILATASIG M.  
DIEGO GORDON P.**

**OSCAR PALACIOS  
JOSE SÁNCHEZ I.**

**ABRIL, 2005**

## **CONTENIDO**

### **CAPITULO I : GENERALIDADES**

- 1. INTRODUCCIÓN**
- 2. ANTECEDENTES**
- 3. OBJETIVO**
- 4. UBICACIÓN**
- 5. METODOLOGÍA**

### **CAPITULO II : MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

- 1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS PREVIOS**
- 2. MARCO GEOLÓGICO**

### **CAPITULO III: GEOLOGÍA DE LA REGION SUR DEL ECUADOR Y NORTE DEL PERÚ ENTRE 3° S Y 6° S**

- 1. AMBIENTE TECTONICO**
- 2. SUMARIO ESTRATIGRÁFICO**

### **CAPITULO IV: LITOESTRATIGRAFIA**

- 1. CRATÓN GUAYANES-CUENCA ORIENTAL**
- 2. DOMINIO PUCARÁ-ZAMORA**
- 3. DOMINIO LOJA-OLMOS**
- 4. DOMINIO AMOTAPE-TAHUÍN**
- 5. TERRENO CHAUCHA**
- 6. TERRENO PALLATANGA-PIÑÓN**
- 7. CUENCA LANCONES-ALAMOR**
  - 7.1. REGION ORIENTAL**
  - 7.2. REGION OCCIDENTAL**

### **CAPITULO V: GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

- 1. FALLAMIENTO**
- 2. PLEGAMIENTO**

### **CAPITULO VI: GEOLOGÍA HISTORICA**

# **PROYECTO MULTINACIONAL ANDINO:GEOCIENCIAS PARA LAS COMUNIDADES ANDINAS**

## **ECUADOR-PERU-CANADA**

### **GEOLOGIA DE ECUADOR Y PERU ENTRE 3° S Y 6° S**

#### **CAPITULO I : GENERALIDADES**

##### **1. INTRODUCCIÓN**

La región austral del Ecuador y septentrional del Perú dentro del contexto geológico regional representa la zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes del Norte. La compleja distribución y naturaleza de las litologías y estructuras sumado a la falta de información sistemática a una escala adecuada impidieron entender comprensiblemente la evolución geológica de la zona y su significado dentro del contexto geológico del bloque Norandino localizado en el extremo noroccidental del continente Sudamericano.

El estudio geológico incluyendo compilación y mapeo orientado a obtener información comprensible de la de la región Sur del Ecuador y Norte del Perú entre 3° S y 6° S fue realizado como parte del Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas, PMA:GCA (MAP:GAC-siglas en ingles). El Proyecto es cofinanciado por los gobiernos de Ecuador, Perú, Colombia, Venezuela, Bolivia, Chile, Argentina y Canadá, a través del Servicio Geológico de Canadá, regional Vancouver.

El Mapa Geológico, escala 1:500.000, incluyendo la memoria descriptiva contienen información sobre las diferentes unidades litológicas y estructuras, descritas dentro de un contexto correlacionable a ambos lados de la frontera.

## **2. ANTECEDENTES**

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, INGEMMET del Perú con información geológica existente hasta 1993, proporcionada por la Dirección Nacional de Geología (DINAGE), entidad del Ministerio de Energía y Minas del Ecuador, compiló y editó el Mapa Preliminar de la región Sur de Ecuador y Norte de Perú, escala 1:1.000.000. La correlación de las diferentes litologías aflorantes a ambos lados del límite fronterizo se lo efectuó considerando las regiones fisiográficas (Planicie Costanera, Cordillera Occidental, etc). Desde el punto de vista geotectónico, en el Ecuador, algunos de estos términos no son compatibles con las unidades litológicas. El ejemplo más notable radica en que no es posible correlacionar la planicie costanera ecuatoriana con la peruana.

Las razones anteriores obligaron a que cada país realice independientemente y en casos específicos en forma conjunta, los estudios pertinentes que permitan tener una concepción más clara de geología del sector fronterizo.

## **3. OBJETIVO**

El objetivo principal es elaborar un Mapa de la Región Fronteriza a escala 1:500.000, dentro de marco conceptual que permita visualizar coherentemente las litologías y estructuras a ambos lados de la frontera, eliminando los contactos-fronterizos que marcaban cambios bruscos de ambientes geotectónicos.

Otro objetivo es generar información geocientífica orientada a ayudar a la gente que habita básicamente en las regiones andinas para prevenir la acción de Amenazas Geológicas mediante la producción de una consistente base de datos tanto geológica, lo cual es uno de los principales objetivos del Proyecto Multinacional Andino. Geociencias para las Comunidades Andinas.

#### 4. UBICACIÓN

El área de estudio (Fig. 1) se extiende desde la latitud 3 S hasta la latitud 6 S. Por el lado de Ecuador incluye la provincia de Loja, la zona occidental de la provincia de Zamora Chinchipe y la mayor parte de la zona sur de la provincia de El Oro.

La zona de interés fue definida en un trabajo de campo conjunto, ejecutado por funcionarios de la Dirección Nacional de Geología (DINAGE) de Ecuador y del Instituto Geológico Minero Metalúrgico (INGEMMET) del Perú, en Marzo de 2002.

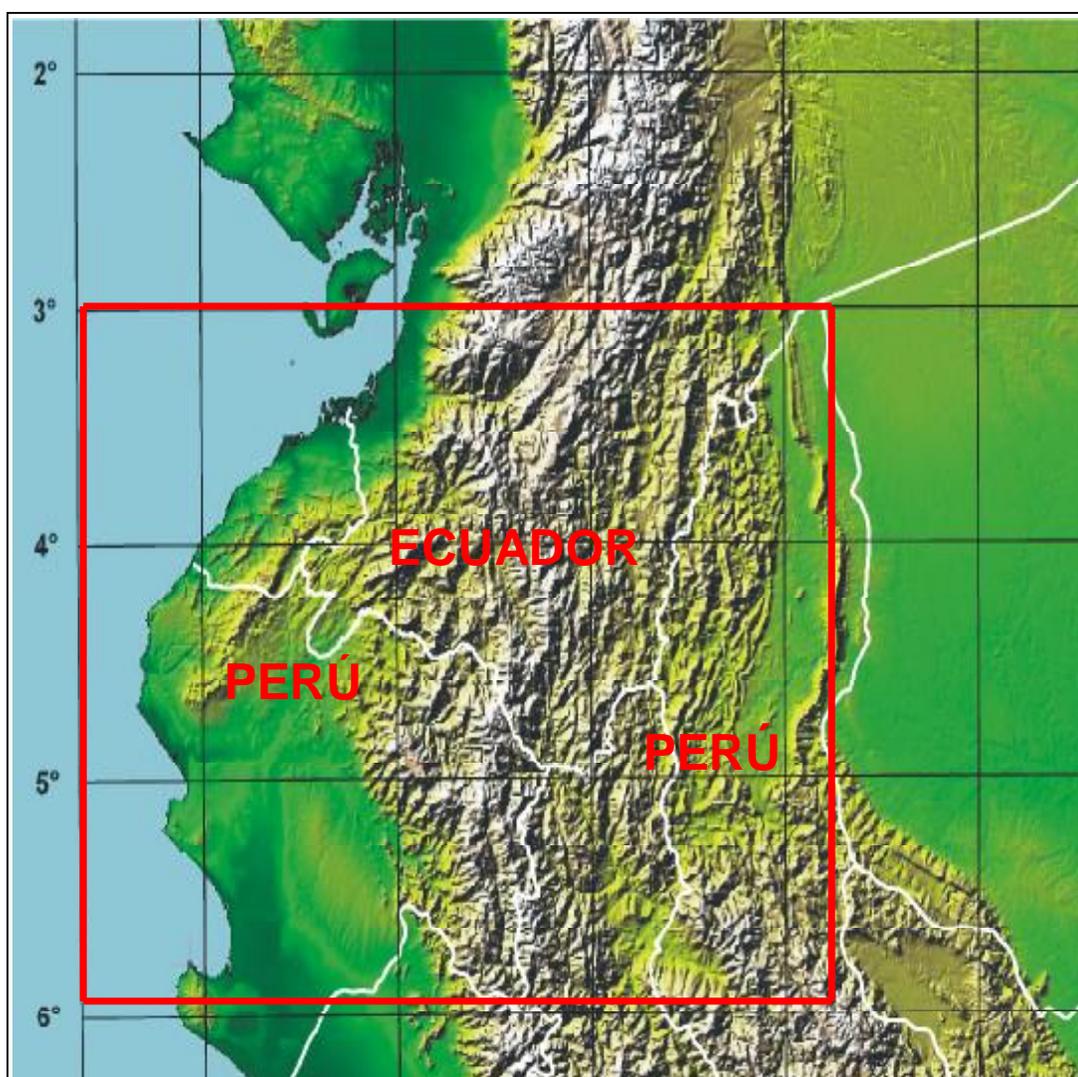


Figura No. 1.- Esquema indicando la zona de estudio (Línea roja límite de mapa).

## 5. METODOLOGIA

La información es producto de la compilación de información producida en las décadas de los 80 y 90 e inicios del 2000 por misiones extranjeras y del trabajo de campo, laboratorio e investigaciones en oficina realizadas por L. Pilatasig, D. Gordón, E. Ibadango, G. Rosero, G. Aguilera y W. Castillo (DINAGE, Ecuador) y Oscar Palacios, José Sánchez (INGEMMET, Perú). En este estudio se incluyen también observaciones y sugerencias emitidas por Egüez, A. Duque, P, Cisneros, G. y Viteri, F..

Las investigaciones de campo, fueron realizadas independientemente o conjuntamente por geólogos de DINAGE, Ecuador e INGEMMET, Perú, con asesoramiento de R. Shaw. Los datos de localización geográfica fueron tomados con la Proyección Universal Transversa de Mercator, Datum Provisional para América del Sur de 1956.

En el caso de Ecuador, para tener mayor información sobre la naturaleza y el ambiente geotectónico de las rocas volcánicas y volcanoclásticas de la Cuenca Lancones-Alamor, varias muestras fueron analizadas para elementos mayores, trazas y tierras raras Tabla No. 1 y 2. Estos datos geoquímicos conjuntamente con los obtenidos y analizados por Lebrat (1985) y Raynald (2000) incluidos en la tabla No. 3, se usaron para establecer una hipótesis sobre el ambiente geotectónico de emplazamiento más probable. Con la misma finalidad, muestras de los batolitos de Tangula y Portachuela, este último parte del Terreno Loja-Olmos, también fueron analizados para los mismos parámetros. Los datos geoquímicos conjuntamente con los obtenidos por Raynald (2000) se usaron para determinar el ambiente tectónico más probable de emplazamiento de los cuerpos ígneos.

Los datos fueron ploteados en los diagramas sumariados por Rollinson (1993), compilados en el programa MINPET 2.02, Mineralogical and Petrological Data Processing System (Richard, L.).

**Tabla No. 1.** Resultados de los análisis químicos (óxidos y trazas) realizados para las muestras recolectadas por el PMA:GCA.

<b>OXIDOS Y ELEMENTOS TRAZA</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>GA-019</b>	<b>DG-56</b>	<b>DG-80</b>	<b>LP-69</b>
UTM_X	674466	644952	607761	623200
UTM_Y	9476974	9541518	9545731	9514600
UNIDAD	Batolito Portachuela	Batolito Tangula	Quillosara	Punta de Piedra
LITOLOGIA	Diorita	Granodiorita	Toba	Gabro
SiO <sub>2</sub>	59.4	65.1	54.46	54.08
TiO <sub>2</sub>	0.68	0.49	0.87	1.11
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.64	14.69	16.12	16.62
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.8	4.8	9.1	9.62
MnO	0.1	0.1	0.16	0.17
MgO	3.17	1.46	3.93	4.71
CaO	6.38	3.88	7.22	6.91
Na <sub>2</sub> O	2.59	2.84	2.42	3.71
K <sub>2</sub> O	1.91	2.81	0.47	0.13
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.13	0.1	0.13	0.12
LOI	0.88	2.13	4.48	2.23
Total	99.76	98.55	99.43	99.46
Ba	391	780	219	81.8
Ce	30.1	26.5	17.5	10.2
Co	19	7.8	22	31.3
Cr	20	10	20	20
Cs	4	1.7	0.9	0.1
Cu	44	18	43	6
Hf	5	4	2	2
La	13.9	13	8.2	3.6
Nb	4	2	1	<1
Ni	15	6	13	18
Pb	11	6	9	5
Rb	75.5	74.4	11.6	1.4
Sr	332	284	199.5	198
Th	30	7	3	1
U	6.2	1.7	0.9	<0.5
V	160	70	216	335
Y	19.9	19.8	19.6	23.1
Zr	158.5	113	70.8	55.2
Zn	83	69	82	67
Mo	2	<2	<2	<2
Sn	1	<1	<1	<1
Ta	0.5	<0.5	<0.5	<0.5
Tl	<0.5	<0.5	<0.5	<0.5
W	2	1	2	1

Oxidos en % y Elementos Traza en ppm

**Tabla No. 2.** Resultados de los análisis químicos (tierras raras) realizados para las muestras recolectadas por el PMA:GCA.

<b>TIERRAS RARAS</b>				
<b>MUESTRA</b>	<b>GA-019</b>	<b>DG-56</b>	<b>DG-80</b>	<b>LP-69</b>
UTM_X	674466	644952	607761	623200
UTM_Y	9476974	9541518	9545731	9514600
UNIDAD	Batolito Portachuela	Batolito Tangula	Quillosara	Punta de Piedra
LITOLOGIA	Diorita	Granodiorita	Toba	Gabro
La	13.9	13	8.2	3.6
Ce	30.1	26.5	17.5	10.2
Pr	3.8	3.4	2.5	1.7
Nd	15.3	13.3	10.8	8.5
Sm	3.7	3	2.8	2.6
Eu	0.9	0.8	0.9	1
Gd	3.6	3.3	3.1	3.1
Dy	3.3	3	3.4	3.8
Er	2	2.2	2.3	2.6
Yb	1.9	2.3	2.2	2.5
Lu	0.3	0.4	0.3	0.4
Tierras Raras en ppm				

**Tabla No. 3.** Resultados de los análisis químicos de las Muestras de Lebrat (1985) y Raynald (2000) utilizados en las interpretaciones.

Muestra	Ec70 (Lebrat, 1985)	Ec73 (Lebrat, 1985)	LG03-12-93 (Raynald, 2000)	97-25a (Raynald, 2000)
SiO <sub>2</sub>	49.76	56.41	49.67	57.48
TiO <sub>2</sub>	0.75	0.82	1.02	1.08
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	17.88	16.9	18.96	18.88
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2	7.1		
MnO	0.18	0.13	0.18	0.08
MgO	5.04	2.03	4.95	2.18
CaO	10.39	4.08	9.6	4.78
Na <sub>2</sub> O	3.45	6.24	3.48	3.96
K <sub>2</sub> O	0.45	1.75	0.85	5.18
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.1	0.29	0.12	0.43
LOI			2.94	2.19
Ba	200	11	705.43	1433.26
Co	31	15	27.74	11.29
Cr	50	5		
Cs			0.64	2.87
Hf	1.1	2.46	1.16	3.85
Nb			1.06	11.82
Ni	27	9		
Pb			4.75	28.83
Rb	15	37	19.83	192.63
Sc	35	17		
Sr	265	566	602.95	575.83
Th	0.93		0.67	15.02
U			0.27	4.62
V	234	152		
Y			18.78	27.08
Zr			39.17	156.15
Ga				
Ta			0.07	0.78
Cu	104	48		
Zn	81	82		
La	3.65	18.79	3.47	37.83
Ce	7.97	39.2	8.36	74.1
Pr			1.3	8.95
Nd			6.63	33.9
Sm	1.96	4.98	2.08	6.4
Eu	0.7	1.47	0.75	1.37
Gd			2.76	5.43
Dy			3.08	4.56
Er			1.79	2.46
Yb	1.6	2.5	1.85	2.5
Lu	0.26	0.4	0.29	0.38

## **CAPITULO II : MARCO GEOLÓGICO REGIONAL**

### **1. ESTUDIOS GEOLÓGICOS PREVIOS**

#### **1.1. Ecuador**

La geología de la región sur del Ecuador está plasmada en mapas geológicos producidos desde 1892 (Wolf, T.) hasta el 2000 (CODIGEM-BGS), en escalas que varían desde 1:2.000.000 hasta 1:200.000. Feininger, T. (1978,1987) en el Macizo Amotape-Tahuin; Lebrat (1985) y Aguirre (1992) en la cuenca Lancones-Alamor, realizaron investigaciones cuyos resultados contribuyeron a un mejor entendimiento de la geología de la zona austral del Ecuador.

En los 80s y 90s, Lebrat, Aguirre y Jaillard y otros; y posteriormente en esta década, Hungerbühler y otros; y Raynald contribuyeron con datos para determinar la evolución, deformación y las implicaciones tectónicas regionales de las cuencas Cretácicas, Paleógenas y Neógenas de los Andes del Sur del Ecuador. Egüez y Poma (2001) aportaron con datos relacionados a la naturaleza de las rocas principalmente volcánicas de la denominada cuenca Lancones-Alamor. Estudios regionales posteriores no se tienen registrados.

## 2. MARCO GEOLOGICO

La zona de estudio, localizada en la zona noroccidental de la placa de Sur América, esta constituida por un complejo ensamblaje de rocas metamórficas, intrusivas, volcánicas y sedimentarias de diferente origen. Las edades de las rocas varían entre el Proterozoico (Cratón Guayanés o basamento cristalino de la Cuenca Oriente) hasta el Cuaternario. Parte de la zona constituye el denominado Bloque Norandino o Andes Nórdicos cuya evolución difiere sustancialmente con respecto a la evolución de los Andes Centrales localizados en el Perú (Mourier y otros, 1988). Las expresiones australes de los denominados Andes Nórdicos se encuentran en la zona suroccidental del Ecuador.

La zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes Nórdicos (sur del Ecuador y norte del Perú), denominada “Deflexión de Huancabamba” (Gansser, 1973 en Litherland y otros, 1994) o Andes de Huancabamba (Mourier y otros, 1988), constituye la mayor parte de la zona de estudio.

La zona oriental de los Andes Nórdicos está constituida por secuencias metamórficas que se desarrollaron en el borde occidental del Cratón Sudamericano. Las secuencias en Colombia y Ecuador son interpretadas como para-autóctonas (Litherland y otros, 1994; Cedié y otros, 2003).

La zona occidental de los Andes Nórdicos desde la latitud  $\pm 3.5^\circ$  S hacia el N se caracteriza por la presencia fragmentos de corteza oceánica (Mc Court y otros, 1997) interpretados como terrenos alóctonos, desarrollados en ambientes oceánicos que acrecieron al continente Sudamericano en su borde noroccidental desde el Cretácico superior (Kerr y otros, 2002).

La configuración litotectónica presente en la zona de estudio, es el producto de la interacción entre la predecesora placa oceánica Farallón y la nueva placa oceánica de Nazca con el borde occidental de la Placa de Sudamérica.

## **CAPITULO III : GEOLOGIA DE LA REGION SUR DE ECUADOR Y NORTE DEL PERU ENTRE 3° S Y 6° S**

### **1. AMBIENTE TECTONICO**

La región fronteriza entre Ecuador y Perú esta localizada dentro de la denominada Deflexión de Huancabamba o Andes de Huancabamba (Mourier, 1988). Esta “estructura” o región geográfica, de acuerdo con algunos autores representa la zona de transición entre los Andes Centrales y los Andes Nórdicos (Gansser, 1973, en Feininger, 1987) y abarca el área comprendida entre los 2°30´ y 7° de latitud sur. Este segmento forma parte de una larga cadena montañosa localizada a lo largo del margen activo del Pacífico y que se extiende desde Patagonia (Argentina) hasta el Istmo de Panamá (zona limítrofe entre Colombia, Venezuela y Panamá). En la actualidad, el área está influenciada por la interacción existente entre la placa oceánica de Nazca y la placa continental Sudamericana que se está moviendo hacia el O a razón de 8 cms por año (BGS-CODIGEM, 1993).

### **2. SUMARIO ESTRATIGRAFICO**

La zona de transición entre los Andes Nórdicos y los Andes Centrales está constituida por rocas metamórficas cuyo rango de metamorfismo varía desde alto grado (gneis) a bajo grado (pizarras/esquistos). La edad de estas secuencias es muy discutida pero la mayoría de autores consideran que son del Paleozoico (Litherland, y otros, 1994). Las secuencias metamórficas son intruidas por cuerpos graníticos gneisificados que geoquímicamente tienden a ser Tipo S de edad Paleozoico Superior o Triásico (Litherland y otros, 1994).

En la zona oriental las rocas metamórficas están en contacto tectónico o son sobreyacidas discordantemente por secuencias volcánicas, volcanoclásticas, volcanosedimentarias y turbiditas marinas clásticas de edad Mesozoico – Cenozoico. Las rocas metamórficas y volcanoclásticas están intruidas por batolitos granodioríticos de edad Jurásico.

En la zona de la Cuenca Lancones- Alamor, las rocas metamórficas están sobreyacidas por las unidades litoestratigráficas Cretácicas, constituidas básicamente de rocas volcánicas y sedimentarias. Las secuencias sedimentarias, predominan en la zona occidental mientras la secuencia volcánica predomina en la zona oriental de la cuenca.

Las secuencias pre-Cenozoicas constituyen la base sobre las que se depositaron durante el Paleoceno rocas volcanosedimentarias mayormente en un ambiente continental; y más tarde en el Eoceno-Oligoceno-Mioceno, rocas volcánicas y volcanoclásticas típicas de arco volcánico continental. Localmente en cuencas locales interpretadas como tipo pull-apart por Lavenu y Noblet (1990) o como planicies costeras por Hungerbühler (2000), durante el Mioceno-Plioceno se depositaron rocas sedimentarias en ambientes continentales. Las secuencias mencionadas localmente fueron cubiertas por productos volcánicos relacionados al evento volcánico continental más joven reportado en la zona de estudio.

#### **CAPITULO IV : LITOESTRATIGRAFIA**

El área de estudio, para la descripción litoestratigráfica, se dividió en DOMINIOS LITOTECTÓNICOS, cada uno de los cuales abarcan unidades litotectónicas y formacionales que presentan características litológicas, estructurales y genéticas afines. Los Dominios interpretados como terrenos, macizos, cuencas y arcos; y definidos en el área de estudio son: Terreno Loja-Olmos, Macizos Amotape-Tahuín y Oriental; Cuencas Lancones-Alamor y Oriental, y Complejo Pucara-Zamora (Figura N. 2).

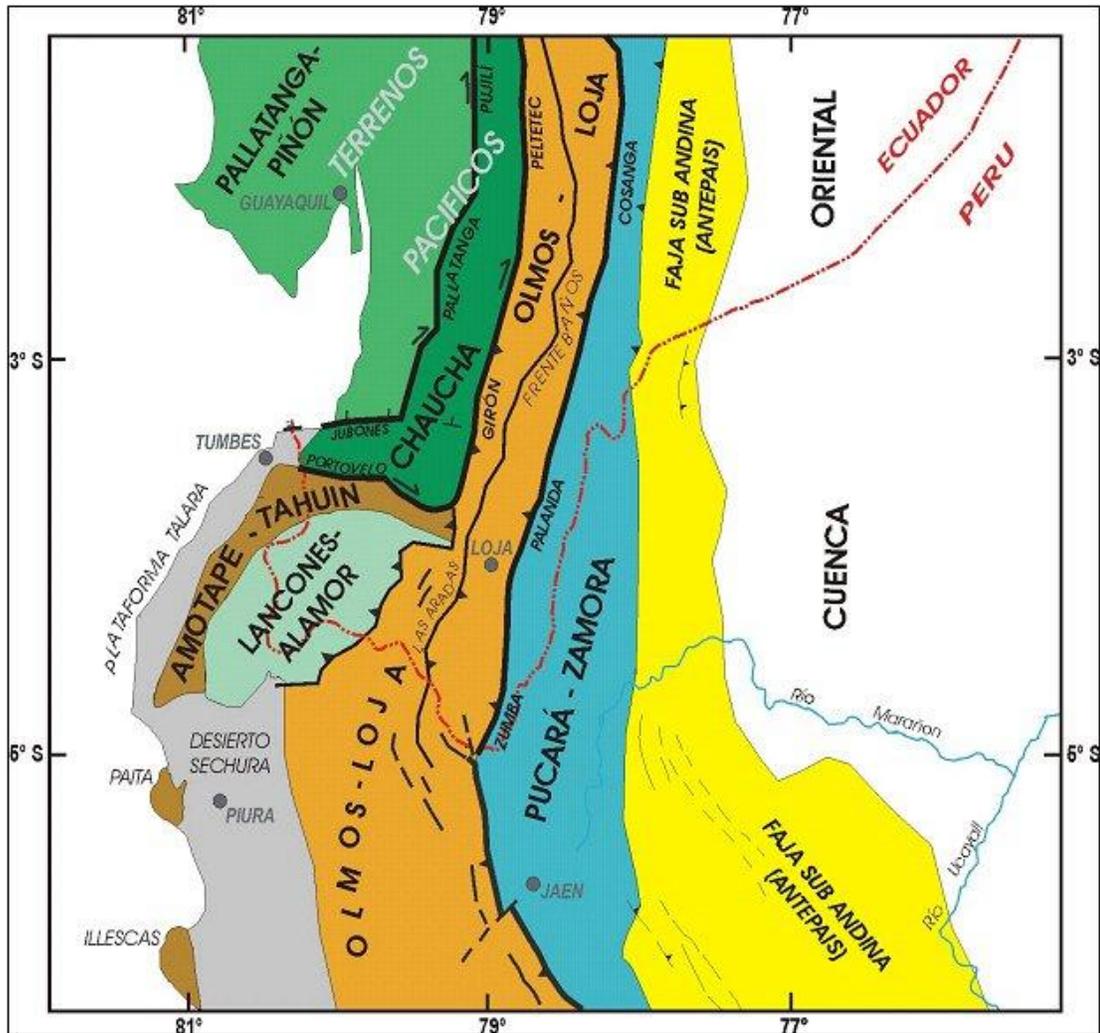


Fig. No. 2.- Esquema de los dominios litotectónicos del sur del Ecuador, incluyendo las principales fallas regionales, la mayoría de las cuales representan límites entre diferentes dominios litotectónicos.

**Terreno Loja-Olmos**, comprende las rocas y estructuras emplazadas dentro de la Cordillera Central o Real de Ecuador y Occidental de Perú. En el territorio ecuatoriano se incluyen los Terrenos Alao, Loja y Salado definidos por Litherland y otros (1994).

**Macizo Amotape-Tahuín**, comprende la faja metamórfica de las cordilleras de Amotape y Tahuín.

**Cuenca Oriental-Macizo Oriental**, dentro de este dominio se encuentran las unidades o eventos geológicos sucedidos en la Cuenca sedimentaria Post-

Jurasica. Se incluyen las rocas metamórficas de bajo grado de edad Paleozoico, así como las rocas del Jurasico que constituyen su basamento y que afloran en Cordillera Oriental del Perú y su prolongación expresada en el levantamiento Cutucú en el Ecuador.

**Cuenca Lancones-Alamor**, comprende las secuencias volcánicas, volcanosedimentarias y sedimentarias localizadas entre el Terreno Loja-Olmos y el Macizo Amotape-Tahuín. El basamento de ésta cuenca en sus bordes O y N son las rocas incluidas en el Macizo Amotape-Tahuín.

**Dominio Pucará-Zamora**, comprende las rocas volcánicas y sedimentarias relacionadas al rift Pucara expuesto extensamente en el Perú y a las rocas intrusivas y volcánicas del arco magmático Zamora, expuesto extensamente en el Ecuador, así como las estructuras localizadas entre el terreno Loja-Olmos y la Cuenca Oriental-Macizo Oriental.

**Terreno Chaucha** (Litherland y otros, 1994), comprende las rocas y estructuras existentes entre los Terrenos Oceánicos y el Macizo Amotape-Tahuín, así como las rocas emplazadas entre el Terreno Loja-Olmos y los terrenos oceánicos. En esta zona se incluyen las rocas del Terreno Birón (Feininger, 1987).

**Terreno Pallatanga-Piñón**, definidos como fragmentos ofiolíticos desmembrados y acresionados al continente, comprende un ensamble de rocas de origen oceánico, sobre las cuales se desarrollaron el arco de islas Macuchi, la cuenca de tras arco Apagua y las rocas sedimentarias del sector costanero ecuatoriano depositadas en un ambiente de plataforma.

Los límites de los terrenos, macizos y cuencas enunciados en los párrafos anteriores, en la mayoría de los casos constituyen estructuras tectónicas regionales, tales como las Fallas Peltetec-Romeral, Pallatanga-Pujilí-Caucapatía, Naranjo-Portovelo, Palanda-Cosanga-Palestina, Jubones, Las Aradas.

## 1. CRATÓN GUAYANES-CUENCA ORIENTAL

El Cratón Guyanes interpretado como el basamento metamórfico de las rocas Triásicas, Jurásicas, Cretácicas y Cenozoicas de la Cuenca Oriental aflora en la Cordillera del Cóndor y mas al N en la Cordillera del Cutucú (fuera de la zona de estudio), mientras que la Cuenca Oriental constituida mayormente por rocas sedimentarias ocurre al Este de la Cordilleras del Cóndor y Cutucú. Remanentes de la erosión intensa sufrida por las rocas de la cuenca, afloran como techos colgantes al oeste de la Cordillera del Cóndor.

Tabla No. 4. Unidades Litológicas del Cratón Guayanes-Cuenca Oriental					
Grupo/Unidad/Formación	Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Tena	Arcillas rojas		Maestrichtiano?-Paleoceno		Cuenca Continental
Napo	Calizas		Cenomaniano-Santoniano	Cretácico Superior	Marino epicontinental
Hollín	Areniscas cuarzosas		Aptiano-Albiano	Cretácico Inferior	Planicies Aluviales
Misahualí	Areniscas rojas, tobas y brechas volcánicas	*172 ± 2 Ma 40Ar/39Ar (hnb) (Romeuf y otros, en Ruiz, 2002) *162 ± 2 Ma 40Ar/39Ar (bt) (Spikings y otros en Ruiz, 2002)		Jurásico Medio-Cretácico Inferior	Arco Volcánico Continental
Chapiza		*173 ± 15- 128 ± 8 Ma (Fission Track) (Ruiz, 2002)			
Santiago	Calizas y limolitas			Triásico-Jurásico	Rift
Macuma*	Calizas, dolomitas, lutitas y areniscas		Carbonífero-Permico?	Paleozoico	
Pumbuiza*	Pizarras y areniscas cuarcíticas		Silurico?-Devonico	Paleozoico	Plataforma marina
Metamorfico Indiferenciado	Gneis			Pre-cámbrico?	?
<b>INTRUSIVOS</b>					
Batolito de Zamora	Granodiorita, Monzonita	*150 ± 4 -193 ± 9 Ma (12 edades) (K/Ar) (bt-hnb) Muestras Sector Palanda; *144 ± 35 Ma (Rb/Sr) (Litherland, y otros, 1994)		Jurásico	Magmatismo Continental
* No afloran en el área de estudio					

### **1.1. Pre-cambrico**

El Pre-cambrico consiste mayormente de rocas de alto grado metamórfico asignadas como gneisses indiferenciados. En el Ecuador, se han reportado en el sector de la cordillera de El Cóndor y ocurren como techos colgantes sobre el Batolito de Zamora (Litherland y otros, 1993).

### **1.2. Silurico?-Devónico**

Los periodos Siluriano? y Devónico en la zona de estudio esta constituido por rocas metamórficas de bajo grado que afloran en la Cordillera del Cóndor y más el N en la Cordillera del Cutucú (fuera del área de estudio). Las litologías típicas incluyen pizarras y areniscas cuarcíticas, muy deformados (Díaz y otros, 2004).

Las rocas son sobreyacidas con discordancia angular por las rocas sedimentarias calcáreas de edad Carbonífero (Díaz y otros, 2004) y sobreyacen con discordancia a las rocas del basamento cristalino (Baby y otros, en Díaz y otros, 2004).

La secuencia, interpretada como parte de una cuenca de plataforma marina (Díaz y otros, 2004), es asignada como de edad Siluriano?-Devoniano por los mismos autores.

En el Ecuador las rocas son incluidas en las Formaciones Pumbuiza (Goldschmid, 1941).

### **1.3. Carbonífero-Permico**

Litologías incluidas como parte del periodo Carbonífero son reportadas fuera del área de estudio, al N del Río Santiago en la Cordillera del Cutucú y comprende mayormente calizas biocásticas y dolomitas con intercalaciones de lutitas y areniscas, las cuales sobreyacen con discordancia angular a la Formación Pumbuiza (Díaz, y otros, 2004).

Díaz y otros (2004) sugieren que la secuencia es del Carbonífero-Pérmico. La ausencia de deformaciones sin-sedimentarias indica que la secuencia fue depositada en condiciones relativamente estables (Díaz y otros, 2004).

En el Ecuador las rocas de este periodo son incluidas en la Formación Macuma (Goldschmid, 1941).

#### **1.4. Triásico**

El periodo Triásico en la zona relacionada con el dominio cratón guayanés-cuenca oriental posiblemente esta representado por las rocas sedimentarias y volcánicas aflorantes en las estribaciones orientales de la cordillera del Cóndor (sector Río Coangos). Las litologías incluyen, rocas sedimentarias finogranulares silíceas, calizas, areniscas, arcillas y lavas.

Las secuencias asociadas al ciclo sin-tectónico Santiago-Sacha (Díaz y otros, 2004), registran la apertura de un "Rift" (Christophoul, en Díaz y otros, 2004), evento que es evidenciado por el desarrollo de un volcanismo continental de afinidad toleítica (Romeuf y otros, en Díaz y otros, 2004).

En el Ecuador las rocas de este periodo son incluidas en la formación Santiago (T-s) (Goldschmid, 1941) aflorante mayormente en el Río Santiago.

#### **1.5. Jurásico**

El periodo Jurásico en la zona de estudio esta representado mayormente por rocas sedimentarias de ambiente continental que incluyen principalmente areniscas rojas (capas roja). En menor proporción rocas origen volcánico que incluyen tobas y brechas de composición andesítica.

La edad no esta determinada, pero por correlación con rocas de similares características aflorantes más al N (Romeuf y otros, en Ruiz, 2002; Spikings y otros en Ruiz, 2002; Ruiz, 2002) y que geoquímicamente presentan características calcoalcalinas, típicas de un ambiente continental (Litherland y

otros, 1994; Romeouf y otros en Ruiz, 2002), se las asigna como del Jurásico Medio-Superior .

En el Ecuador las rocas volcanosedimentarias, incluyendo las areniscas rojas (capas rojas) y las brechas son incluidas en la Formación Chapiza (J-ch), mientras los equivalente volcánicos occidentales en la Unidad o Miembro Misahuallí (J-m) ( Diaz y otros, 2004).

## **1.6. Cretácico**

El periodo Cretácico esta constituido principalmente de rocas sedimentarias, las cuales incluyen potentes estratos de areniscas cuarzosas en la base, sobreyacidas discordantemente por estratos de lutitas calcáreas, areniscas y calizas. Estas son cubiertas en discordancia angular por capas rojas dentro de las cuales incluyen areniscas y arcillas.

La edad de esta potente secuencia sedimentaria, importante para la industria hidrocarburifera, oscila dentro del rango del Aptiano hasta el Maasthistiano periodo donde se reflejan drásticos cambios dentro de la plataforma somera Oriente (Barragán y otros, 2004).

En el Ecuador las litologías de la secuencia basal están agrupadas en la formación Hollín (K-h), las rocas calcáreas en la formación Napo (K-n); mientras las rocas clásticas (capas rojas) continentales del tope están incluidas en la Formación Tena (K-t).

## **1.7. Cenozoico**

Esta representado por depósitos clásticos de piedemonte o depósitos aluviales o terrazas.

## 2. DOMINIO PUCARA-ZAMORA

El dominio Pucara-Zamora (Tabla No. 5) comprende de una serie de rocas volcánicas y sedimentarias relacionadas al rift Pucara y al arco magmático continental Zamora.

Tabla No. 5. Unidades Litológicas del Dominio Pucará-Zamora						
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Ecuador					
Zumba		Conglomerados, areniscas, limolitas			Mioceno	Cuenca Continental
Misahuali		Tobas y brechas andesíticas	*172 ± 2 Ma 40Ar/39Ar (hnb) (Romeuf y otros, en Ruiz, 2002) *162 ± 2 Ma 40Ar/39Ar (bt) (Spikings y otros en Ruiz, 2002) *173 ± 15- 128 ± 8 Ma (Fission Track) (Ruiz, 2002)		Jurásico Medio-Cretácico Inferior	Arco Volcánico Continental
Isimanchi*		Filitas y esquistos grafiticos, mármol		Carbonífero-Pre-Jurásico (Litherland y otros, 1994)	Paleozoico?	Plataforma Continental
Ultramáficos Zumba*		Serpentinitas, esquistos talcoso y micáceos			Paleozoico?	Ofolita?
INTRUSIVOS						
Batolito de Zamora		Granodiorita, Monzonita	*150 ± 4 - 193 ± 9 Ma (12 edades) (K/Ar) (bt-hnb) Muestras Sector Palanda; *144 ± 35 Ma (Rb/Sr) (Litherland, y otros, 1994)		Jurásico	Arco Volcánico Continental

\* La posición en tabla no implica posición cronoestratigráfica dentro de la era o periodo

Las rocas de caja de las facies intrusivas del arco constituyen el basamento metamórfico paleozoico mientras que el basamento de las facies volcánicas constituye en parte las rocas metamórficas y considerando los datos obtenidos en el presente estudio, comprenden inclusive las rocas intrusivas.

Rocas sedimentarias relacionadas a la Cuenca Oriental ocurren como remanentes erosionales sobre las rocas relacionadas al arco magmático de edad Jurasica (Baldock, 1986; Litherland y otros, 1994).

Se incluyen en este dominio las rocas sedimentarias depositadas en un ambiente continental y que afloran entre las poblaciones de Zumba (Ecuador) y San Ignacio (Perú).

## 2.1. Paleozoico

El Paleozoico en la zona de estudio esta constituida por rocas de bajo grado metamórfico y comprende mayormente esquistos grafitosos, filitas negras y verdes, mármoles y en menor proporción cuarcitas. Adicionalmente se incluyen rocas ultramáficas serpentinizadas y esquistos micaseos que afloran en el sector de Zumba (Ecuador) como un pequeño lente tectónico de  $\pm 3$  Km de largo y 200 m de ancho.

La naturaleza del contacto con las rocas metamórficas del terreno Loja-Olmos es tectónico (Foto No. 1). La estructura representa una falla de cabalgamiento de ángulo variable con vergencia hacia el E, donde las metapelitas están sobreyacidas e infrayacidas tectónicamente por gneis de edad Paleozoico.



Foto No. 1. Esquistos meteorizados (UTM:703822-9478922), afectados por fuerte deformación dúctil (S de Palanda, camino Palanda-Los Entierros).

Hacia el E, la secuencia metapelítica está en contacto intrusivo con las rocas del batolito no deformado de edad Jurásica. A lo largo del contacto, las rocas se encuentran intensamente silicificadas y cornuvianizadas.

La potencia de la secuencia es desconocida, dado que se encuentra intercalada tectónicamente entre los gneisses de la Unidad Sabanilla e intruida por el batolito de edad Jurásico.

Evidencia estructural y un análisis paleontológico de las muestras de mármol del E de Valladolid (BGS, 1989), sugieren una edad entre Carbonífera y pre – Jurásica.

En el Ecuador, las rocas metapelíticas de esta Era son incluidas en La Unidad Isimanchi (Pz-i) (Litherland y otros, 1994), mientras las rocas ultramáficas son incluidas en el Complejo Ultramáfico Zumba (Pz-z).

Las rocas son interpretadas como parte de una cuenca ensialica desarrollada sobre plataforma continental, mientras que las rocas ultramáficas podrían representar un sutura de edad Paleozoico?.

## **2.2. Triásico**

El periodo Triásico en la zona de estudio esta representado por rocas volcánicas y volcanosedimentarias que incluyen básicamente lavas vesiculares de composición basáltica.

Las roca son incluidas en la Unidad Piuntza (T-p) (hacia la Cordillera Real) y formación Santiago (T?J-s) hacia la zona oriental del dominio.

## **2.3. Jurásico**

Las facies volcánicas interpretadas como parte de un arco volcánico continental calcoalcalino incluidas en este trabajo en el dominio Pucará-Zamora, incluyen volcanoclastos de colores gris-verdoso y crema. Las litologías típicas mayormente

consisten de tobas andesíticas y riolíticas epidotizadas y cloritizadas. En UTM: 705175-9463603, las rocas contienen sulfuros diseminados y calcita en vetillas. La secuencia volcánica al sur de Zumba hasta el sector de San Ignacio (Perú), es afectada por alteración hidrotermal, lo cual ha producido caolinización.

La relación con las secuencias adyacentes no se observa claramente, sin embargo por la posición topográfica en la zona de Zumba, se interpreta que sobreyace discordantemente a los esquistos negros (Unidad Isimanchi) y está en contacto tectónico con las rocas del Complejo Ultramáfico de Zumba. Con respecto a la relación con las rocas intrusivas de edad Jurásico (Batolito de Zamora), en el sector La Chonta-El Chito y en el sector Colorado (NO de Zumba), la secuencia volcánica no presenta indicios macroscópicos de metamorfismo de contacto, por lo que se interpreta que las rocas volcánicas sobreyacen a las rocas granodioríticas del Batolito y son sobreyacidas discordantemente por las rocas de la Unidad Zumba.

La edad de la secuencia en base a muestras tomadas más al N (fuera de la zona de estudio) es de  $172 \pm 2$  Ma (Romeuf y otros, en Ruiz, 2002);  $162 \pm 2$  Ma (Spikings y otros en Ruiz, 2002); y  $173 \pm 15$ -  $128 \pm 8$  Ma (Ruiz, 2002) .

En el Ecuador las facies volcánicas aflorantes al oeste del domino son incluidas en la Unidad Misahualli (JK-m) (Goldschmid en Duque, 2000).

#### **2.4. Cretácico**

Rocas básicamente sedimentarias asignadas al periodo Cretácico, que incluyen principalmente areniscas cuarzosas, lutitas calcáreas y calizas ocurren como remanentes erosionales (techos colgantes) o lentes tectónicas al E del dominio Olmos-Loja.

Al igual que en el dominio Cratón Guayanes-Cuenca Oriental, las areniscas cuarzosas son incluidas en la formación Hollín (K-h), mientras las rocas calcáreas, incluyendo las calizas en la formación Napo (K-n).

## **2.5. Cenozoico**

La era Cenozoica esta representado por las rocas sedimentarias depositas en la cuenca continental Zumba-Namvalle.

En el Ecuador estas rocas son agrupadas en la Unidad Zumba (N1-s) correlacionable en tiempo con las rocas aflorantes en las Cuencas de Loja, Malacatos, Santa Isabel agrupadas en el Grupo Ayancay (Baldock, 1986, Pratt et al. 1997).

## **2.6. INTRUSIVOS**

Las litologías intrusivas aflorantes en el Sur del Ecuador, que forman parte del dominio Pucará-Zamora, constituyen el Batolito de Zamora. El cuerpo intrusivo aflora desde el N del Perú hasta la zona de la confluencia de los Ríos Indanza y Zamora (Ecuador). Las litologías principales, generalmente muy meteorizadas son de grano grueso, textura hipidiomórfica, contienen plagioclasa, feldespato potásico, biotita y (-) anfíbol; y tienden a ser monzonitas biotíticas ricas en feldespato potásico y granodioritas hornblendicas. Las rocas del batolito de Zamora y las contemporáneas del Granito de Abitagua, parte del Arco Zamora, como se indica en el acápite relacionado al Permico-Triásico del Dominio Loja-Olmos, son interpretadas por Litherland y otros (1994) como de Tipo I (Fig. No. 4).

En la zona de estudio, el batolito intruye las rocas metamórficas incluidas en la Unidad Isimanchi por lo que en los bordes la secuencia metasedimentaria está recristalizada por metamorfismo de contacto. Sin embargo, dada la ausencia de metamorfismo de contacto en las rocas volcánicas incluidas en el Unidad Misahualli aflorantes en el sector La Chonta-El Chito y en el camino Zumba-Jimbura se interpreta que el granitoide está sobreyacido por la secuencia volcánica, lo que sugiere que el cuerpo ígneo es producto de 2 o más eventos magmáticos ocurridos entre  $\pm 145$  Ma y  $\pm 195$  Ma, edades obtenidas con el método K-Ar (BGS-CODIGEM, 1993). Dentro de esta interpretación no se pueden descartar las edades obtenidas por BGS-CODIGEM (1994) con el método Rb-Sr

que determinan una edad Triásico Superior-Jurásico Inferior, lo que sugiere nuevamente la posible existencia de un evento magmático más antiguo.

Lo anterior es soportado con información obtenida por la Industria petrolera en el Pozo OGLAN localizado al SE de la ciudad de Tena ( $77^{\circ} 40' 37.19''$ -  $01^{\circ} 20' 37.94''$ ) inmediatamente al E de los afloramientos del Batolito de Abitagua, interpretado igualmente como parte del arco. La descripción litológica obtenida indica que a la profundidad de 6588 pies, granito clorítico biotítico considerado como el basamento cristalino, es sobreyacido por una capa de Anhidrita de 34 pies de potencia de la Unidad Chapiza (Anglo-Ecuadorian Oilfields Ltda., 1973). La capa de anhidrita interpretada como indicador de la parte basal de la Unidad Chapiza no presenta indicios de metamorfismo de contacto (Cisneros, comun. verbal, 2005).

### 3. DOMINIO LOJA-OLMOS

El dominio Loja-Olmos (Tabla No. 6) constituido en su núcleo mayormente por rocas metamórficas. El grado de metamorfismo varia desde la facie de esquistos verdes (bajo grado) hasta la facie de gneis (alto grado). Localmente, las secuencias Pre-Cretácicas están cubiertas por depósitos de origen volcánico.

Tabla No. 6. Unidades Litológicas del Terreno Loja-Olmos						
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Perú					
Tarqui					Mioceno Tardío (Dunkley y Gaibor, 1997)	Arco Volcánico Continental
Volcánicos Indiferenciados					Paleogeno-Neogeno	Arco Volcánico Continental
Nabón		Conglomerados, areniscas, lutitas	14.1 ± 1.6- 10.6 ± 0.8 Ma, Fission Track (Hungerbühler, 2000)	Neogeno (Bristow y Hoffstetter, 1977)		Cuenca Continental
Jubones		Tobas soldadas	23.2 ± 0.8 Ma (Fisión Track) y 22.76 ± 0.97 (K/Ar) (Pratt y otros, 1997)		Mioceno	Arco volcánico continental
Saraguro/Loma Blanca		Tobas dacítico-riolíticas, lavas andesíticas y rocas volcano-sedimentarias	* 35.9 ± 0.9 K/Ar (Egüez y otros, en Dunkley y Gaibor, 1997) - 22.76 ± 0.97 Ma, K/Ar (bt) (Pratt y otros, 1997) * 40.6 ± 5.4- 22.5 ± 0.9 Ma, Fission Track (Hungerbühler, 2000)		Eoceno-Oligoceno	Arco Volcánico Continental
Sacapalca			55- 44 Ma (Noble en Jaillard y otros, 1996)		Paleoceno-Eoceno Inferior	
Alao-Paute*		Esquistos verdes			Jurasico?	Arco de Islas
El Pán*		Esquistos grafiticos			Jurasico?	Cuenca de tras arco
Upano*		Esquistos verdes			Jurasico?	Arco Volcánico Continental
Sabanilla-Tres Lagunas		Ortogneis y paragneis	200 ± 12 Ma (Rb/Sr) Granito Tres Lagunas 224 ± 37 Ma (Rb/Sr) Unidad Sabanilla 227.3 ± 2.2 Ma (U/Pb) Granito Tres Lagunas (Litherland, y otros, 1994)		Pérmico-Triásico	Continental-Anatexia
Chiguinda*		Esquistos grafiticos, cuarcitas, metasamitas			Devonico?	Cuenca Intracratónica
Agoyán*		Esquistos micáceos			Paleozoico	
INTRUSIVOS						
Batolito Portachuela		Granodiorita-diorita	* 12 ± 1 - 24 ± 5 Ma (K/Ar) (bt-hnb) (Litherland, y otros, 1994) (7 edades) * 17.4 ± 0.2 y 17.8 ± 0.5 Ma, 40Ar/39Ar (bt y hnb) (Ullrich, PMA.GCA 2004)		Mioceno	Arco Continental
Intrusivo El Tingo		Granodiorita	50 Ma (Misión Británica, 1972-1980)		Eoceno	Arco Continental
Intrusivo San Lucas		Granodiorita	51 ± 2- 66 ± 4 Ma K/Ar (bt y hnb) (Litherland y otros, 1994)		Paleoceno	Arco Continental

\* La posición en tabla no implica posición cronoestratigráfica dentro de la era o periodo

### **3.1. Paleozoico**

En la zona de estudio, el Paleozoico es representado por las rocas de bajo-medio grado de metamorfismo. La secuencia consiste básicamente de pelitas y psamitas metamorfozadas, e incluyen esquistos graffíticos, sericíticos y cloríticos junto con filitas negras. Localmente, se encuentran lentes de cuarcitas. Adicionalmente ocurren esquistos biotíticos.

El desarrollo de una fuerte foliación con un tren andino, crenulación (replegamiento de la foliación) y 2 hasta 3 clivajes de fractura son las principales características estructurales de la secuencia. La deformación de lentes de cuarzo dando lugar a estructuras tipo "boudin" es otra particularidad de los afloramientos de esta Unidad. En general la secuencia se encuentra fuertemente deformada por lo que en algunos lugares ocurren pliegues volcados e inclinados y cabalgamientos.

La edad de la secuencia es pobremente definida. La presencia de fósiles determina que es de los periodos Devoniano y Carbonífero, posiblemente expendiéndose al Pérmico (Litherland y otros, 1994). Las rocas son interpretadas por los mismos autores como semipelitas típicas de cuencas ensialicas.

En el Ecuador, las rocas de bajo grado metamórfico son incluidas en la Unidad Chiguinda (PZ-ch), mientras los esquistos biotíticos en la unidad Agoyán (PZ-a) (Litherland y otros, 1994). Otra unidad litotectónica importante e interpretada también como de edad Paleozoica es la Unidad Sabanilla-Tres Lagunas, denominación dada a los granitoides defomormados y gneises aflorantes al E y O de la Unidad Chiguinda. Sin embargo por su importancia los describiremos en el siguiente acápite.

### **3.2. Pérmico-Triásico**

Los periodos Pérmico y Triásico en la zona de estudio esta constituido por un complejo ensamble de rocas metamórficas de medio-alto grado, las litologías típicas incluyen ortogneis y paragneis de grano grueso a medio. Litherland y otros

(1994) reportan la presencia de migmatitas. Rocas cuyo protolito tiende a ser intrusivo y son cartografiadas como ortogneis contienen cuarzo, plagioclasa, biotita y muscovita. Estas rocas en general como las que ocurren en UTM (705700-9505650) presentan débil lineación.

Los paragneises son rocas de color gris oscuro fuertemente bandeadas por la segregación de máficos y félsicos. Localmente se encuentran deformados presentando micropliegues. Las rocas básicamente contienen biotita bien orientada y en menor proporción muscovita. La facie félsica es dominada por pg y qz por segregación. Litherland y otros (1994) reportan la presencia de granate, éste fue observado en rodados de paragneises presentes en la Q. Los Rubíes, donde los fenocristales alcanzan hasta los 5 mm de diámetro.

Rocas de grano grueso fuertemente deformadas y con presencia de foliación andina ocurren en el camino Valladolid-Yangana (UTM:707867-9502176). Las rocas tienen el aspecto de migmatitas (Foto No. 3).



Foto No. 3. Rocas metamórficas donde se observan facies ígneas de grano grueso y facies de aspecto sedimentario que parecen fueron asimiladas.

Paragénesis minerales comunes son: sillimanita - biotita – cuarzo – albita, cianita – biotita – ortoclasa – cuarzo, es decir asociaciones de alto grado metamórfico (Litherland y otros, 1994).

Las rocas localmente se encuentran atravesadas por diques pegmatíticos de 2 micas (biotita y muscovita) sin foliación, cuyos fenocristales alcanzan hasta los 3 cm de diámetro.

Geoquímicamente, los granitoides incluidos en este dominio tienden a ser tipo S (Fig. No. 3) o de Anatexia (Litherland y otros, 1994) sugiriendo que las rocas gnéissicas de los dos cinturones comparten un mismo origen.

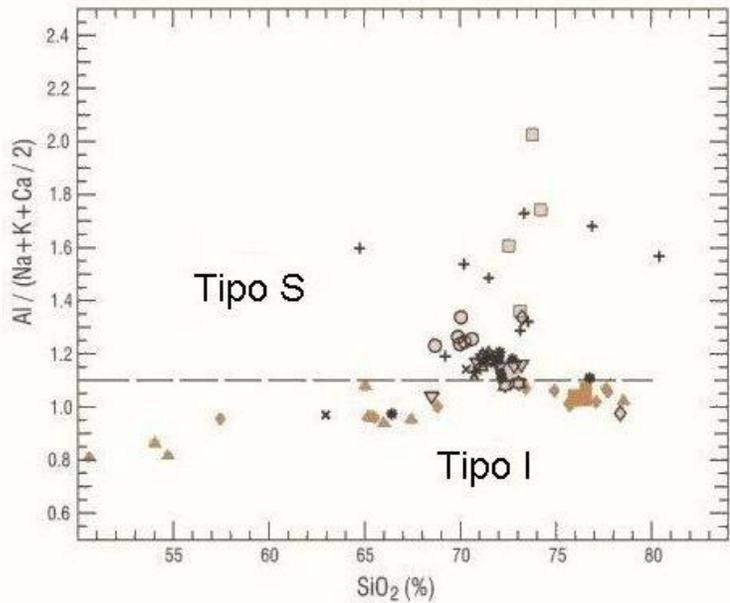


Figura No. 3. Diagrama Índice de Aluminosidad vs SiO<sub>2</sub> para Granitoides. Las muestras de las Dominios Litotectónicos Loja-Olmos y Amotape-Tahuín caen en el campo de los Granitos Tipo S, mientras los relacionados al Arco Zamora caen en el campo de los Granitos Tipo I (adaptado de Litherland y otros, 1994).

- |   |   |   |
|---|---|---|
| ▲ | Batolito de Zamora                      | } ARCO ZAMORA   |
| ◆ | Granito de Abitagua                     |   |
| ■ | Metaplutón Azafrán                      |   |
| □ | Granito Tres Lagunas, Sector Valladolid | } LOJA-OLMOS<br>Granitoides<br>Tres Lagunas-Sabanilla |
| ○ | Granito Tres Lagunas, Sector Malacatos  |   |
| △ | Granito Tres Lagunas, Sector Peggy      |   |
| ▽ | Granito Tres Lagunas, Sector Saraguro   |   |
| ☆ | Granito Tres Lagunas, Sector Baños      |   |
| ◇ | Migmatita Sabanilla                     |   |
| * | Granito Marcabelí                       | } AMOTAPE-TAHUÍN<br>Granitoides<br>Moromoro           |
| + | Granito El Prado                        |   |
| x | Migmatita Moromoro                      |   |

Los contactos con las rocas metamórficas de edad Paleozoico incluidas en el dominio Pucará-Zamora hacia el E son tectónicos y están representados por un sistema de fallas de cabalgamiento con vergencia al E.

La edad más probable de la secuencia establecida a base a una combinación de isócronas Rb-Sr en roca total es de 224+/-37 Ma (Litherland y otros, 1994). Edades K – Ar de 70 – 80 Ma en micas y de alrededor 130 Ma en Hornblenda posiblemente indican eventos metamórficos.

En Ecuador, las rocas son incluidas en el Complejo Tres Lagunas-Sabanilla (PT-I), que agrupa a las litologías incluidas por Litherland y otros (1994) en la Unidad Sabanilla y en el Granito Tres Lagunas.

### 3.3. Jurásico

El periodo Jurásico en el Ecuador es el más enigmático. Las rocas que se incluyen dentro de este periodo ocurren como bloques tectónicos en ambos flancos del núcleo paleozoico del dominio Loja-Olmos. Las litologías incluyen esquistos cloríticos, metaandesitas y metasedimentos.

La edad no está claramente establecida, sin embargo por fósiles encontrados en las rocas meta-sedimentarias en el sector del Río Jadán al NE de Cuenca (fuera del área de estudio, ver Litherland y otros, 1994), se asigna una edad Jurásica.

En el presente trabajo, dentro del periodo Jurásico se incluyen a las Unidades **Alao-Paute (J-a)**, **El Pan (J-e)** y **Upano (J-u)**, definidas y descritas ampliamente por Litherland y otros (1994). Sin embargo, como se describirá más adelante en el acápite relacionado con la Cuenca Lancones-Alamor, rocas foliadas aflorantes en el sector La Purga (UTM:653707-9509145) y en la Q. San Juan al SO del poblado de Cariamanga (UTM: 654418-9516220), sobreyacidas en discordancia erosional por las rocas volcanosedimentarias de la Unidad Sacapalca, podrían representar ventanas de la Unidad Alao-Paute. Rocas verdes con foliación ocurren también formando parte de la brecha de falla en el sector Bella María (UTM: 654046-9536577) y como xenolitos dentro del Batolito de edad Cretácica

(emplazado en las rocas de la cuenca Lancones-Alamor) en el sector San Pedro (UTM: 654277-9521148).

### 3.4. Paleoceno-Eoceno

El periodo Paleoceno-Eoceno esta constituido mayormente por productos sedimentarios y volcánicos. Las litologías sedimentarias típicas incluyen conglomerados, areniscas y limolitas. La secuencia sedimentaria contiene gran cantidad de líticos volcánicos de composición andesítica (Foto No. 4). En la mayoría de los afloramientos, los clastos están soportados en una matriz de material arcilloso rojizo-púrpura, característica que influye a que las rocas en los afloramientos presenten tonos gris-púrpura.



Foto No. 4.- Conglomerados con clastos volcánicos subredondeados a redondeados soportados en matriz volcánica (NO de Cariamanga-Ecuador).

Las rocas volcánicas mayormente son brechas y en menor proporción lavas que ocurren intercaladas entre los paquetes sedimentarios. Las lavas y brechas en el

río Sanambay-Ecuador (672831-9492316) ocurren pseudoestratificadas entre las facies sedimentarias.

En los sectores mencionados en el párrafo anterior, la ausencia de metamorfismo de contacto así como de vetas conteniendo material ígneo relacionado al batolito de edad Cretácico, en la secuencia volcano-sedimentaria, sugiere que estas se depositaron sobre el batolito previamente levantado y erosionado.

La edad de la secuencia en base a fósiles es pobremente establecida sin embargo por las relaciones con cuerpos intrusivos de edad Paleoceno (San Lucas y el Tingo de Ecuador), se interpreta como del Paleoceno-Eoceno ( Pratt y otros, 1997).

En el Ecuador, las rocas son agrupadas en la Unidad Sacapalca, que ocurre como una secuencia elongada de rumbo N-S, entre las rocas metamórficas del Terreno Loja-Olmos y las rocas volcánicas y volcano-sedimentarias de la Cuenca Lancones-Alamor.

### **3.5. Oligoceno**

En este periodo se agrupa a las rocas piroclásticas ácidas, incluyendo principalmente tobas y ignimbritas. Las rocas volcánicas están depositadas sobre las secuencias que forman el Dominio Loja-Olmos y en el Ecuador se las cartografía como Grupo Saraguro.

### **3.6. Mioceno**

Rocas de edad Mioceno se restringen a cuencas sedimentarias formadas dentro del dominio Loja-Olmos y son importantes rasgos morfoestructurales y tectónicos presentes en la zona de estudio, más aún cuando sobre ellas se han desarrollado los más importantes asentamientos humanos del sur del Ecuador. Las litologías típicas incluyen conglomerados, areniscas, lutitas y limolitas. Ocasionalmente ocurren lentes de carbón tipo hulla.

Las cuencas se caracterizan por el fuerte control ejercido por las principales estructuras tectónicas durante y después de su emplazamiento y relleno, producto de lo cual se encuentran fuertemente deformadas. Estas deformaciones se reflejan en el fuerte plegamiento y en la presencia de cabalgamientos de bajo ángulo presente en las rocas sedimentarias, así como en las rocas metamórficas que constituyen los bordes de las cuencas (UTM: 703720-9560016).

El basamento de las cuencas constituye las rocas metamórficas de edad Paleozoico y localmente las rocas volcánicas-volcanoclásticas de edad Paleoceno-Eoceno-Oligoceno (Hungerbühler, 2000). Hungerbühler (2000) interpreta que las secuencias sedimentarias de las cuencas mayormente son de edad Mioceno.

En el Ecuador se incluyen las cuencas de Loja, Malacatos, Gonzanamá y Nabón.

### **3.7. Mioceno-Plioceno**

El periodo Mioceno-Plioceno se caracteriza por el desarrollo de actividad volcánica riolítica, incluida en La Formación Tarqui (Ecuador). La secuencia se encuentra yaciendo sobre las secuencias volcánicas y volcanoclásticas incluidas en la Unidad Sacapalca y Grupo Saraguro.

### **3.8. INTRUSIVOS**

Dentro de la zona de estudio, los cuerpos intrusivos mapeados y que están intruyendo rocas del dominio Loja-Olmos son el Plutón San Lucas y el batolito Portachuela.

El Plutón San Lucas consiste básicamente de granodioritas fuertemente meteorizadas aflorantes a lo largo de las carreteras nueva y antigua Cuenca-Loja (Sector San Lucas). En el Río Zamora (UTM:698359-9573666) el intrusivo es afectado por una falla de cabalgamiento de bajo ángulo. En base a métodos radiométricos, se lo considera de  $53 \pm 2$  Ma (BGS-CODIGEM, 1994).

El batolito Portachuela consiste básicamente de granodioritas ricas en hornblenda aflorantes en la carretera Zumba-Jimbura desde  $\pm 2$  Km al SE del caserío San Andrés (UTM: 689850-9467600) hasta unos  $\pm 7$  Km al SE de Jimbura . Las rocas en los alrededores de San Andrés están muy meteorizadas mientras al SE de Jimbura las rocas son muy duras. Geoquímicamente la roca tiende a ser una diorita (Fig. No. 4) emplazada en un ambiente de arco volcánico continental (Fig. N. 5) y tiende a ser un Granitoide Tipo I (Fig. No. 6). En base a métodos radiométricos, se lo considera de 20 Ma (BGS-CODIGEM, 1993). Edades con el método Argón-Argón de  $17.4 \pm 0.2$  y  $17.8 \pm 0.5$  Ma en biotita y hornblenda fueron establecidas por (Ullrich, 2004) para el PMA.GCA (MAP:GAC, siglas en ingles). Esta última edad es obtenida de una muestra de diorita recolectada en el camino Zumba-Jimbura (UTM: 674466-9476974).

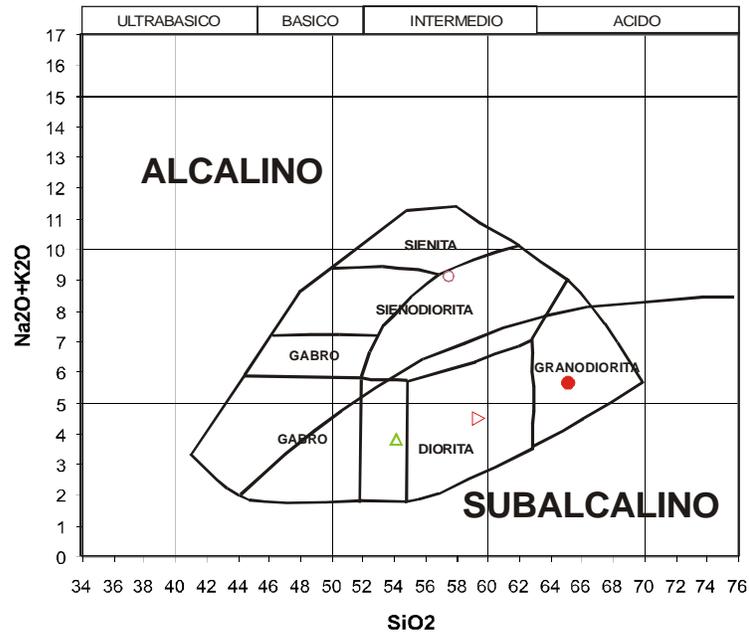


Figura No. 4. Diagrama de clasificación de rocas plutónicas, incluyendo los campos alcalinos y subalcalinos propuestos por Miyashiro (en Wilson, 1994). Leyenda: círculo relleno rojo= Batolito de Tangula; Triangulo rojo = Batolito de Portachuela; Triangulo verde= Gabro de Sabiango-Unidad Punta de Piedra y Circulo café= Gabro-Raynald, 2000.

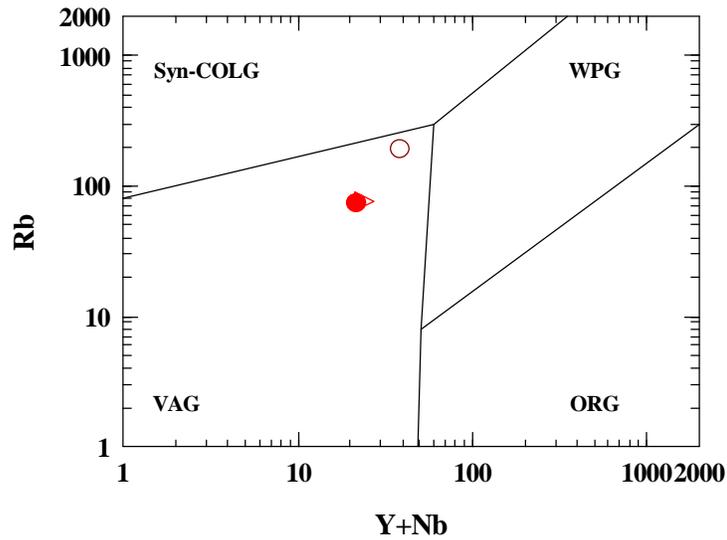


Figura No. 5. Diagrama de discriminación de ambientes tectónicos de granitoides.

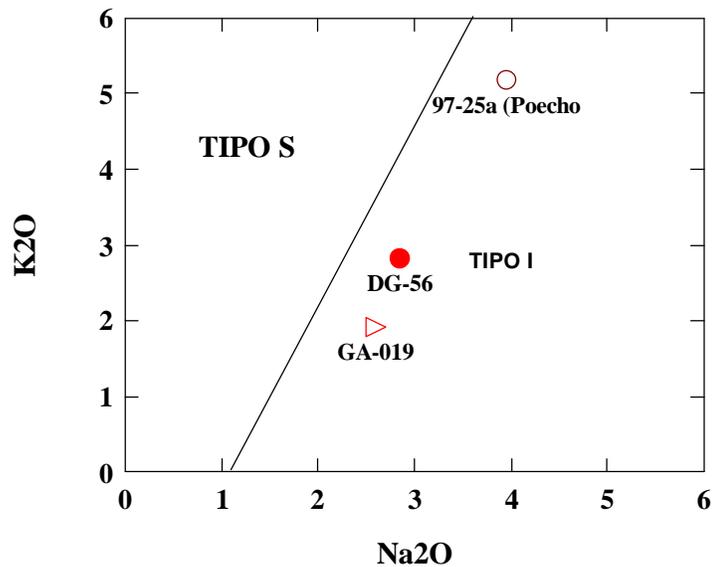


Figura No. 6. Diagrama de Discriminación (K<sub>2</sub>O-Na<sub>2</sub>O) para granitoides tipos I y S.

Otros cuerpos intrusivos pequeños como El Tingo y otros indiferenciados de composición tonalítica-granodiorítica cortan las secuencias Pre-Miocénicas, en el sector Sacapalca-Saraguro (Pratt y otros, 1997).

#### 4. DOMINIO AMOTAPE-TAHUÍN

El dominio Amotape-Tahuín (Tabla No. 7), comprende todas las rocas metamórficas aflorantes entre el dominio o terreno Chaucha y la cuenca Lancones-Alamor, descritas ampliamente por Feininger (1980), Duque (1992) y Litherland y otros (1994). La naturaleza y origen de este dominio todavía continua en discusión, Litherland y otros (1994) sugieren que es un fragmento desmembrado de las rocas metamórficas del dominio Loja-Olmos, mientras Mourier y otros (1988) y Feininger (1987) proponen que este dominio Litotectónico es alóctono.

Tabla No. 7. Unidades Litológicas Pre-Cretácicas del Dominio Amotape-Tahuín						
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Perú					
	Moromoro	Granitoide, ortogneis y paragneis	193 ± 13 - 221 ± 6 Ma K/Ar (msc-bt) (4 edades) 219 ± 22 Ma (Sm/Nd) 546 ± 3.3 y 227.5 ± 8 Ma U/Pb (Litherland y otros, 1994)		Permico-Triásico	Continental-Anatexia
	La Victoria*	Esquistos		Devonico-Carbonifero?	Paleozoico	
	El Tigre*	Metagrawacas, filitas		Devonico-Carbonifero (Martinez y Mourier en Litherland y otros, 1994)	Paleozoico	Turbidítico
	Piedras*	Anfibolitas	* 743 ± 13 Ma, K/Ar (hnb) (Kennerley, en Litherland y otros, 1994) ** 647 ± 37 y 224 ± 3 Ma, K/Ar (hnb) 221 ± 18 -16 Ma, U/Pb (Litherland y otros, 1994)		Paleozoico	Oceánico

\* La posición en tabla no implica posición cronoestratigráfica dentro de la era o periodo

##### 4.1. Paleozoico

Las rocas asignadas como de edad paleozoico son predominantemente metamórficas. El grado de metamorfismo varía de facies de grado bajo (filitas) hasta facies de grado medio metamórfico (esquistos biotíticos), incluyendo facies de anfibolitas. También se incluyen en este dominio rocas no metamorizadas como grauwas. Las rocas son afectadas por un moderado clivaje de crenulación y boundinage de cuarzo, características presentes también en las rocas metamórficas del dominio Loja-Olmos.

Hacia el S y E, las rocas de este dominio litotectónico son recubiertas en discordancia erosional por las rocas de edad Cretácico de la cuenca Lancones – Alamor. Hacia el N, al SE de Piñas-Ecuador las secuencias metamórficas son sobreyacidas discordantemente por las rocas volcánicas de arco continental del evento volcánico Oligoceno-Mioceno.

En Ecuador, Literhland y otros (1994) interpreta que la secuencias metamórficas descritas en los párrafos anteriores son del Paleozoico por correlación con litologías similares en el sector del Perú. Xenolitos de esquistos micáceos (UTM:627320) dentro de los ortogneis (Foto No. 5) y metamorfismo de contacto en las rocas de bajo grado metamorfico (UTM: 616800-9581830) sugieren que los granitoides fueron emplazados en las secuencias paleozoicas.



Foto No 5.- Granitoide conteniendo xenolitos de metasedimentos (Río Balas-Ecuador).

Adicionalmente, xenolitos de rocas foliadas verdes tendientes a ser anfibolitas, dentro del granitoide, aflorante en el Río Arenillas (UTM:589075-9591585), sugieren las secuencias son de edad Paleozoico.

En el Ecuador, Litherland, otros (1994) basado en estilos de deformación y características tectónicas incluyen en las facies de bajo grado metamórfico (filitas-grauwacas esquistos) en las unidades **El Tigre (PZ-t)** y **La Victoria (PZ-v)** respectivamente; mientras las anfibolitas en la **Unidad Piedras (PZ-d)**.

Feininger (2005, comun. personal) basado en patrones metamórficos, sugiere que los contactos entre las litologías incluidas en las unidades anteriores no son tectónicos, sino más bien un cambio de facies por variación del grado metamórfico, por lo tanto las rocas de las litologías de las unidades el Tigre y la Victoria representan las facies de bajo grado metamórfico, mientras los paragneis que se describirán en el siguiente acápite son parte de la suite de alto grado metamórfico.

#### **4.2. Pérmico-Triásico**

Rocas del periodo Pérmico-Triásico en el dominio Amotape-Tahuín, anterior a los trabajos de Litherland y otros (1994) no eran reportadas en el Ecuador e inclusive en el Perú. Las litologías típicas incluyen granitoides de composición granodiorítica a tonalítica (Vinasco, 2004) y ortogneis. Estas litologías ígneas están relacionadas con paragneises y migmatitas reportadas por Litherland y otros (1994). En general las rocas gnéicas conteniendo 2 micas (biotita y muscovita) son de grano grueso, son intruidas por diques de pegmatitas sin foliación de composición aplítica, ricas en muscovita (UTM: 619496-9590183).

Geoquímicamente, los granitoides incluidos en este dominio tienden a ser tipo S (Fig. No. 3) o de Anatexia (Litherland y otros, 1994). Litherland y otros (1994) en base a análisis radiométricos asignan una edad Triásico para los granitoides. La edad Permico-Tríasico se las define por las relaciones de campo y por los datos obtenidos por Vinasco (2004).

En el Ecuador las rocas de este periodo son incluidas en la Complejo Moromoro dentro del cual se incluyen los granitoides de Marcabelí, La Florida y El Prado.

## 5. TERRENO CHAUCHA

El complejo ensamblaje de litologías incluidas en este trabajo dentro del dominio litotectónico denominado Terreno Chaucha (Tabla No. 8), interpretadas como parte de un microcontinente denominado Chaucha (Litherland y otros, 1993; Litherland y otros, 1994), ocurren al N de la Falla Naranjo-Portovelo y al O del Sistema de Fallas Girón-Peltetec.

Tabla No. 8. Unidades Litológicas Terreno Chaucha						
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Perú					
		Sedimentos Indiferenciados				
		Tarqui	Tobas riolíticas y rocas sedimentarias tobáceas	9.6 Ma (Steinmann, 1997)		Mioceno Tardío Arco volcánico continental
		Quimsacocha	Lavas andesíticas y brechas tobáceas			Mioceno Tardío Arco volcánico continental
		Turupamba	Tobas riolíticas y dacíticas			Mioceno Tardío Arco volcánico continental
		Turi	Conglomerados y areniscas tobáceas	9.6-8 Ma (Steinmann, 1997)		Mioceno Tardío Cuenca continental
		Ayancay	Brechas tobáceas andesíticas y rocas sedimentarias	18.4 ± 0.8- 10 Ma (Hungerbuhler, 1997)		Mioceno Cuenca continental (pull-apart o planicies costeras)
		Jubones	Ignimbrita y tobas riolíticas	23.2 ± 0.8 Ma (Fisión Track) y 22.76 ± 0.97 (K/Ar) (Pratt y otros, 1997)		Mioceno Arco volcánico continental
		Saraguro	Tobas andesíticas, dácíticas y riolíticas	38.6 ± 1.3 Ma (K/Ar) y 25 ± 1.1 Ma (Fisión Track) (Dunkley y Gaibor, 1997)		Eoceno-Mioceno Arco volcánico continental
		Sacapalca	Lavas andesíticas, conglomerados y sedimentos tobáceos			Paleoceno-Eoceno Arco volcánico continental
		Yunguilla	Luitas calcáreas y areniscas		Campaniano-Maestrichtiano	Cretácico superior
		Complejos Ultramáficos*	Serpentinitas			Jurasico? Ofiolita
		Raspas*	Esquistos azules y eclogitas	132 ± 5 Ma K/Ar (Feininger y Silberman, en Litherland y otros, 1994)		Jurasico? Ofiolita
		Panupali*	Esquistos verdes			Jurasico? Corteza Oceánica?
		Palenque*	Filitas y pizarras			Jurasico? Ofiolita
		Moromoro	Granitoide y gneis	193 ± 13 - 221 ± 6 Ma K/Ar (msc-bt) (4 edades) 219 ± 22 Ma (Sm/Nd) 546 ± 3.3 y 227.5 ± 8 Ma U/Pb (Litherland y otros, 1994)		Permico-Triásico Continental-Anatexia
		La Victoria*	Esquistos		Devonico-Carbonífero?	Paleozoico

\* La posición en tabla no implica posición cronoestratigráfica dentro de la era o periodo

Las secuencias incluyen rocas metamórficas que varían desde rocas sialicas de origen continental (ortogneis-paragneis) hasta ultramáficas (Serpentinitas). El grado metamórfico varia desde las facies de esquistos verdes hasta gneis. Al igual que las rocas del Macizo Amotape-Tahuín las rocas son descritas ampliamente por Feininger (1980), Duque (1992) y Litherland y otros (1994).

Las secuencias son interpretadas como parte de los Terrenos Pacíficos. Sin embargo, la presencia de grandes áreas donde están expuestos ortogneis y paragneis (Cuenca del Río Casacay-S de la falla Jubones); esquistos (Chaucha-SE de la Falla Bulubulu) conteniendo granate, sillimanita y andalucita (Dunkley y Gaibor, 1997), más al N (sector de Pujilí) granitoides foliados con muscovita dentro de la Unidad Pujilí (Hughes y otros, 1999) y el reporte de xenolitos metamórficos en las lavas del volcán Guagua Pichincha (Bruet, en Hughes y otros, 1998), sugieren que el sustrato del dominio denominado Terreno Chaucha esta constituido por rocas de origen continental.

### **5.1. Paleozoico**

Rocas asignadas tentativamente por sus características litológicas, estructurales y relaciones estratigráficas dentro del periodo Paleozoico, ocurren como ventanas erosionales o lajas tectónicas en los sector del Río Casacay, Chaucha y mas al N fuera del área de estudio en la carreteras Naranjal-Cuenca y El Triunfo-Azoguez.

Las litologías incluyen esquistos y gneis incluidos en la Unidades La Victoria (PZ-v) y Moromoro (PT-m). Estructuralmente, estas rocas ocurren al S y al E de las rocas basálticas de afinidad MORB (Mc Court y otros, 1997) incluidas en el ensamblaje de Terrenos Pallatanga-Piñón de origen oceánico.

La edad absoluta de las secuencias metamórficas enunciadas no esta determinada por los escasos trabajos desarrollados en las mismas.

## 5.2. Jurásico

El periodo Jurásico en la zona de estudio, esta representado por un complejo ensamblaje de rocas de bajo grado metamórfico, dentro de la cual incluyen esquistos cloríticos, esquistos azules, eclogitas, metasedimentos y rocas serpentinizadas. Las diferentes litologías, restringidas al sector localizado entre las fallas Jubones y Naranjo-Portovelo, están dispuestas en una serie de lajas tectónicas de rumbo E-O.

Las edades absolutas de las secuencias incluidas en esta era son pobremente establecidas, sin embargo edades relativas que caen dentro del rango del Jurasico-Cretácico a sido establecido por Litherland y otros (1994).

Considerando que la Unidad Guamote (fuera de zona de estudio), estructuralmente localizada al O de la secuencia ofiolítica Peltetec, constituye una secuencia de margen continental pasivo (Litherland y otros, 1994), entonces, el ensamblaje de litologías (metamórficas, metasedimentarias y ultramáficas), incluidas en los Terrenos Pacíficos, tenderían a ser también aloctonas.

Las facies de esquistos y metasedimentos son incluidos en las **Unidades Panupali (JP) y Palenque (JQ)**; mientras los esquistos azules y eclogitas se incluyen en la **Unidad Raspas (JR)** (BGS-CODIGEM, 1994). Las rocas serpentinizadas incluyendo las serpentinitas El Toro se agrupan en los **Complejos Ultramáficos (JU)**.

## 5.3. Cretácico

Rocas del periodo Cretácico dentro del terreno Chaucha son reportadas por Pratt y otros (1997). La secuencia ocurre como una ventana erosional al NO de Saraguro. Las rocas sin indicios de metamorfismo consisten mayormente en lutitas negras calcareas fuertmente deformadas por tectonismo.

Otros afloramientos de esta secuencia ocurren más al N fuera de la zona de estudio, constituyendo el basamento de la cuenca de Cuenca y como lajas

tectónicas entre las rocas metasedimentarias pre-Cretácicas, dentro del trazo de la Falla Peltetec (Alausí-Chicho Negro, UTM: 757222-9747424).

La edad de la secuencia en base a fosiles establecida en la localidad de Chicho Negro es Coniaciano-Maestrishtiano (Petroproducción-C.I.G.G., 2004).

Las ocurrencias de esta secuencia agrupadas en la Unidad Yunguilla (K-y) son fundamentales en cualquier interpretación, por cuanto sugiere que gran parte de este dominio Litotectónico, al Norte de la Falla Jubones constituyó durante el Cretácico Superior el basamento de una cuenca desarrollada en el margen continental en un ambiente de plataforma somero y durante un periodo de regresión marina (Petroproducción-C.I.G.G., 2004). En este contexto, la acreción al borde continental del Dominio Litotectónico denominado Terreno Chaucha mas probablemente ocurrió antes del Coniaciano-Maestrishtiano. La regresión puede estar relacionada con la llegada desde el O del Terreno Oceánico Pallatanga y el levantamiento de la Protocordillera Real.

#### **5.4. Cenozoico**

Las secuencias metamórficas Pre-Cenozoicas aflorantes al N de las fallas Zanjón-Naranja y Piñas-Portovelo, incluidas en el Terreno Chaucha son recubiertas por las rocas volcánicas de edad Paleoceno-Eoceno incluidas en la **Unidad Sacapalca** (E1E2-s) y Eoceno-Mioceno agrupadas en el **Grupo Saraguro** (E2N1-s) (ver en Pratt y otros, 1997). En el sector Santa Isabel-Cuenca (NO de la falla Girón) las secuencias pre-Miocenicas son cubiertas por rocas sedimentarias agrupadas en en el **Grupo Ayancay** (N1-ga) y en las formaciones **Turupamaba** (N1-tu), **Turi** (N1-t). Las zona altas del sector están constituidas por rocas volcánica incluidas en las formaciones **Quimsacocha** (N1-q) y **Tarqui** (N1-tq).

## 6. TERRENO PALLATANGA-PIÑÓN

El terreno Pallatanga-Piñón (Tabla No. 9) comprende un ensamblaje complejo de rocas de origen oceánico aflorantes como ventanas erosionales o lajas tectónicas al norte y oeste del sistema de fallas Jubones y Bulubulu-Pallataga-Pujilí. En el sector de interés, las rocas oceánicas están intercaladas tectónicamente con rocas turbidíticas.

Tabla No.9. Unidades Litológicas del Dominio Pallatanga-Piñón						
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Perú					
Sedimentos Indiferenciados		Arenas y limos			Cuaternario	Abanicos aluviales
Jubones		Tobas soldadas	23.2 ± 0.8 Ma (Fisión Track) y 22.76 ± 0.97 (K/Ar) (Pratt y otros, 1997)		Mioceno	Arco volcánico continental
Saraguro		Tobas	38.6 ± 1.3 Ma (K/Ar) y 25 ± 1.1 Ma (Fisión Track) (Dunkley y Gaibor, 1997)		Eoceno-Mioceno	Arco volcánico continental
Yunguilla		Lutitas		Maestrichtiano (Thalman, 1946)	Cretácico	Plataforma marina
Pallatanga		Basaltos toleíticos y rocas ultramáficas			Cretácico	Plateau Oceánico

### 6.1. Cretácico Inferior

El Cretácico Inferior tardío está representado por un ensamble de rocas intrusivas y efusivas de composición ultrabásica a básica. Las rocas incluyen complejos ultramáficos serpentinizados, gabros y basaltos.

Por las características petrográficas, tipo de alteración y composición geoquímica, las rocas basálticas oceánicas se correlacionan con las rocas basálticas aflorantes más al NO, en el sector Guayaquil-Manta que constituyen el basamento sobre las que se desarrollaron en el Cretácico superior arcos de islas intraoceánicas (Boland y otros, 2000; Mamberti y otros, 2003) y en el Eoceno cuencas de antearco.

Los basaltos tienden a ser toleíticos (Pratt y otros, 1997) y por correlación con los basaltos toleíticos de afinidad MORB aflorantes más al N (sector de Pallatanga de donde toma el nombre), son interpretados como parte de una ofiolita desmembrada acrosionada al continente en el Cretácico superior (McCourt y otros, 1997).

En la zona de interés, las rocas basálticas oceánicas son incluidas en la Unidad Pallatanga (K-pa).

## **6.2. Cretácico Superior**

En la zona de interés, las rocas de este periodo ocurren como pequeñas ventanas erosionales o lajas tectónicas asociadas en forma directa (geográfica y estructuralmente) con las rocas basálticas de la Unidad Pallatanga.

Las litologías típicas, las cuales mayormente son calcáreas, incluyen básicamente sedimentos turbidíticos marinos dentro de lo que se diferencian niveles de areniscas, lutitas y limolitas (Pratt y otros, 1997). La edad de la secuencia establecida mediante análisis micropaleontológico indica una edad Cretácico tardío, probablemente Maestrichtiano, lo cual es correlacionable con lo establecido por Thalmann, 1946 en la localidad tipo (sector Yunguilla-NO de Quito).

Las litologías de este periodo se agrupan en la Unidad Yunguilla (K-y) (Thalmann, 1946).

## **6.3. Eoceno-Mioceno**

Las épocas Eoceno-Mioceno se caracteriza por el desarrollo de un volcanismo muy voluminoso que cubrió gran parte de la zona sur relacionada con el terreno Pallatanga-Piñón. Los depósitos llegan hasta la planicie costanera (E de Machala).

Las litologías, descritas ampliamente por Dunkley y Gaibor (1997) y Pratt y otros, (1997), incluyen tobas de cristales y brechas tobáceas, soldadas, de composición riolítica a dacítica; lavas andesíticas y esporádicamente estratos de rocas sedimentarias.

La edad de la secuencia en base a métodos radiométricos, tomada de muestras recolectadas más al N, oscila entre  $38.6 \pm 1.3$  Ma (K/Ar) y  $25 \pm 1.1$  Ma (Fisión Track) (Dunkley y Gaibor, 1997).

Las rocas de este periodo, las cuales que sobreyacen discordantemente a las rocas del terreno Pallatanga-Piñón, son incluidas en el Grupo Saraguro (E2N1-s), grupo que incluyen a la Formación Las Trancas y en el “Grupo Saraguro indiferenciado” de Pratt y otros (1997).

#### **6.4. Mioceno**

El vulcanismo Eocénico-Miocénico continua, dando lugar a depósitos volcánicos piroclásticos, sin embargo, estos se depositan discordantemente sobre las rocas pre-existentes. Las litologías ampliamente descritas por Pratt y otros (1997), incluyen básicamente un potente nivel de ignimbrita sobreyacida por tobas.

La edad de la secuencia establecida oscila entre de  $23.2 \pm 0.8$  Ma (Fisión Track) y  $22.76 \pm 0.97$  (K/Ar) (Pratt y otros, 1997).

Las rocas de este periodo aflorantes en la zona relacionada con el terreno Pallatanga-Piñón son agrupadas en el Grupo Jubones (N1-j). Este grupo incluye a las formaciones La Fortuna y Jubones (Pratt y otros, 1997).

#### **6.5. Cuaternario**

Depósitos cuaternarios (Q-s) recubriendo las rocas relacionadas con el Terreno Pallatanga-Piñón, incluyen básicamente terrazas, aluviales y grandes conos de deyección localizados en el piedemonte de la Cordillera Occidental.

## 7. CUENCA LANCONES-ALAMOR

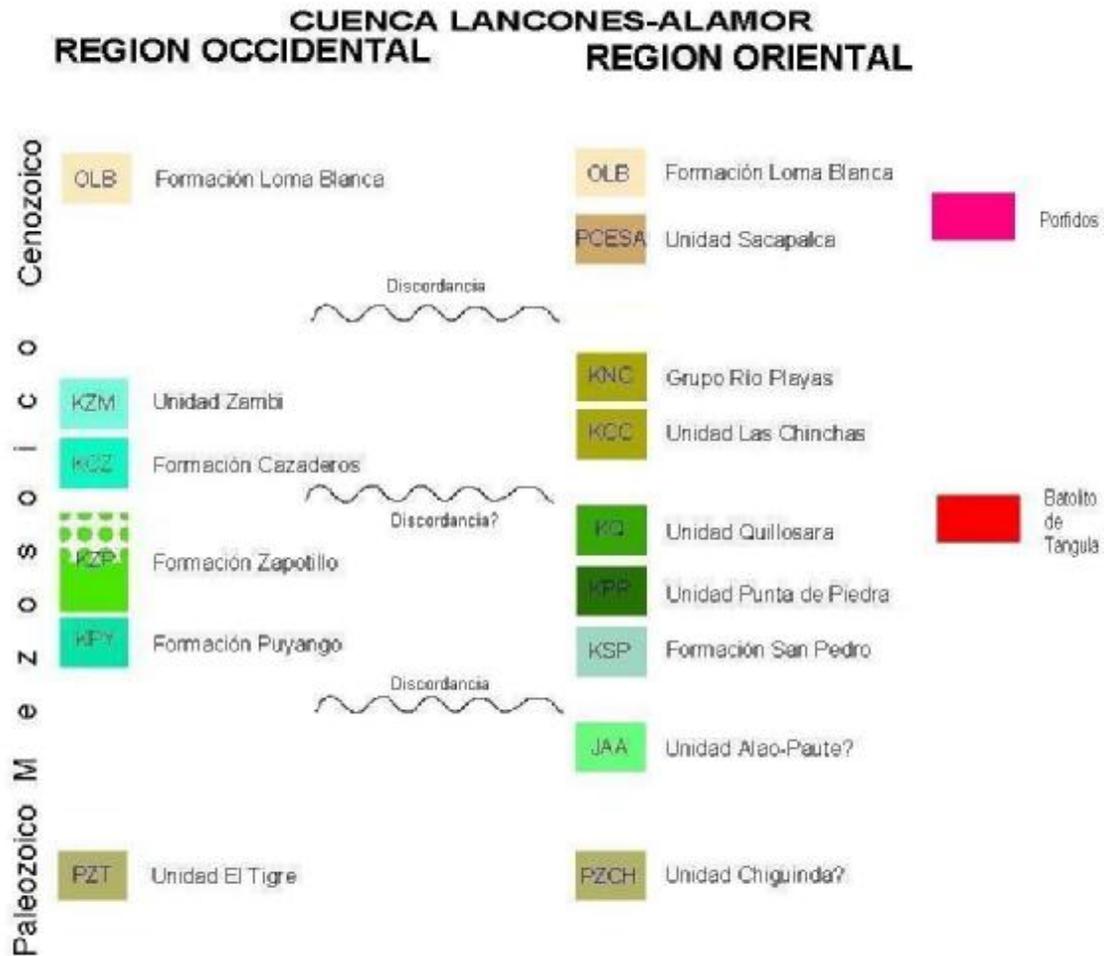
La cuenca Lancones-Alamor denominada por otros autores como Lancones-Celica, localizada entre el Terreno Loja-Olmos y el Macizo Amotape-Tahuín, constituye una estructura elongada en general de rumbo N-S. La mayor parte de las secuencias que forman parte de la cuenca afloran en el sector peruano, mientras en el Ecuador rocas de esta secuencia afloran hasta el sector del Río Pindo-Zambi, donde se acuñan entre las secuencias metamórficas del Macizo Amotape-Tahuín y las rocas volcánicas de edad Paleoceno-Eoceno aflorantes en la zona occidental del Dominio Loja-Olmos. Por el E, el contacto entre las secuencias de la cuenca y las rocas del Dominio mencionado es tectónico, mientras que el contacto con las rocas del Macizo Amotape-Tahuín es discordante aunque localmente se ha definido la presencia de fallas locales.

La naturaleza de la cuenca y el basamento son temas que continúan en discusión. Aguirre (1992) basado en patrones metamórficos presentes en rocas volcánicas aflorantes en Ecuador interpreta a estas como parte de una cuenca marginal ensialica abortada, desarrollada sobre el sustrato sialico del margen occidental de Sudamérica, sugiriendo implícitamente que el basamento esta constituido por rocas metamórficas del cratón Sudamericano. Según el mismo autor, la cuenca posiblemente se desarrolló en un régimen extensional resultado de un fuerte adelgazamiento de la corteza continental. La interpretación es soportada por datos geoquímicos obtenidos por Lebrat (1985).

Litherland y otros (1993) basados en los estudios realizados en los complejos metamórficos interpretan que la cuenca denominada Lancones, es tipo pull apart y fue desarrollada entre las rocas que componen los Dominios Loja-Olmos (Cinturón metamórfico de la Cordillera Real) y Amotape-Tahuín (parte sur del Cinturón Metamórfico de El Oro). Esta última interpretación es compartida por Raynald (2000).

La descripción de las secuencias litológicas que rellenan la cuenca se lo hará considerando la posición estructural con respecto a la extensión lateral de la

cuenca y el origen de las litofacies. Esto conlleva a dividir a la cuenca en dos regiones denominados Oriental y Occidental (Fig. No. 7).



**Figura No. 7.** Columna estratigráfica de la Cuenca Lancones-Alamor, incluye las Unidades Litológicas o Formaciones que rellenan la cuenca en las regiones oriental y occidental.

El contacto entre las dos regiones se interpreta como transicional e interdigitado por lo que es muy difícil de diferenciar en el campo, sin embargo en algunos sectores como Alamor-Celica, Chaguarpamba-Río Pindo, se pasa bruscamente de facies volcano-sedimentarias de ambiente marino a sedimentarias con influencia continental y posiblemente los contactos son tectónicos.

La Cuenca Lancones-Alamor, por su localización dentro del marco geotectónico regional y la diversidad de criterios sobre su origen, es de particular interés en este trabajo, por lo que la investigación se centró en las secuencias que forman

especialmente la zona oriental predominantemente de origen volcánico y la zona occidental predominantemente de origen sedimentario.

## 7.1. REGION ORIENTAL

Las unidades litológicas que ocurren en el sector oriental (Tabla No. 10), son predominantemente de origen volcánico depositadas mayormente en un ambiente marino y varían desde lavas de composición basáltica y afinidad toleítica hasta sedimentos silíceos finogranulares. Las facies de origen volcánico son intruidas por el batolito de Tangula.

Tabla No. 10.- Unidades Litológicas de la Cuenca Lancones								
Región Oriental								
Grupo/Unidad/Formación		Litologías Típicas	Composición	Alteración	Edad Radiométrica	Edad Paleontológica	Edad Relativa	Ambiente
Ecuador	Perú							
Loma Blanca		Toba de cristales, conglomerados, areniscas y limolitas	Riolítica-andesítica		42.2 ± 3.4 - 31.1 ± 2.8 Ma, Fission Track (Hungerbühler, 2000)		Oligoceno	Arco volcánico continental
Sacapalca		Tobas de clastos, brechas, areniscas, limolitas.	Andesítica	Clorítica	55- 44 Ma (Noble en Jaillard y otros, 1996)		Paleoceno-Eoceno Inferior	Arco volcánico continental
Las Chinchas		Lutitas, limolitas, calizas					Cretácico Superior	Plataforma continental?
Río Playas		Conglomerados y lutitas				Campaniano-Maastrichtiano (Jaillard y otros, 1996)	Cretácico Superior	Cuenca continental
Quillosara		Brechas volcánicas y tobas basálticas	Basalto-andesítica	Epidota-clorita			Cretácico Inferior	Cuenca oceánica
Punta de Piedra		Basaltos, gabros, brechas, areniscas volcánicas, limolitas	Basáltica y basalto-andesítica	Epidota-clorita y prennita-pumpellyita			Albiano	Cuenca oceánica ? o arco de islas?
San Pedro		Chert y lutitas					Cretácico Inferior	
INTRUSIVOS								
Batolito deTangula		Granodiorita			* 110 Ma (Misión Británica, 1972-1980) * 93 ± 1.1 Ma, 40Ar/39Ar (bt) (Ullrich, PMA:GCA 2004)		Cretácico Superior - Cretácico Inferior	Arco volcánico continental

### 7.1.1. Albiano-Aptiano

Las litologías típicas incluyen gabros, basaltos, andesitas, brechas volcánicas, tobas, areniscas, limolitas fuertemente deformadas.

Los gabros ocurren principalmente en el Río Sabiango al E de Macara (6232-95146) y consisten de cuerpos intrusivos pequeños. Macroscópicamente, las rocas son de color gris-verdoso, grano medio a grueso, presentan textura alotriomórfica y contienen básicamente fenocristales de color negro de hasta 0.4 mm de diámetro (80%), los cuales tienden a ser piroxenos. Una de las características de estas rocas es que son muy duras, lo cual sugiere que han sufrido procesos de recristalización. En lámina delgada las rocas contienen piroxeno, plagioclasa como minerales principales; mientras anfíbol, clorita y epidota ocurren como minerales de alteración. La plagioclasa tiende a ser labradorita-bytownita (An50-An90).

Los basaltos ocurren principalmente en el sector del Río Sabiango, en el Camino Río Sabiango-La Bocana y en el cerro Punta de Piedra (SE de Sosoranga). Macroscópicamente las rocas son de color verde, grano fino, presentan textura afanítica. Las rocas contienen cristales prismáticos de plagioclasa, máficos y opacos como minerales primarios mientras clorita y epidota como minerales de alteración. En los bordes cerca del contacto con el Batolito de Tangula, como en Colaisaca (UTM 645552,9523390) y Cerro Punta de Piedra (UTM 639004-9519273), los basaltos afaníticos contienen adicionalmente biotita fina y Qz por metamorfismo de contacto. Localmente las rocas son vesiculares (6232-95146).

Las rocas volcanoclásticas y clásticas, consisten básicamente de brechas, areniscas y limolitas. Las brechas son de color verde con parches amarillentos por la presencia de clorita y epidota, contienen líticos angulosos a subredondeados y ocurren en capas cuyos espesores exceden los 5 metros. Localmente dentro de las brechas ocurren lentes de limolitas negras tobáceas cuyos espesores son de alrededor de 30 cm (Foto No. 4).



**Foto No. 4.** Lente de limolitas negras dispuesta en capas bien estratificadas, centimétricas, intercalada en brechas volcánicas (UTM:629200-9506350).

Rocas de color gris-verdoso foliadas a débilmente foliadas ocurren en dos pequeñas ventanas erosionales en el sector La Purga (Río Calvas) (Foto No 5) y en la Q. San Juan al SO del poblado de Cariamanga (UTM:654418-9516220). Las litologías típicas incluyen rocas metavolcánicas de composición intermedia a básica, las cuales en UTM:653707-9509145 y UTM:653524-9511281, en lámina delgada presentan una fuerte lineación de los minerales por metamorfismo regional.

El desarrollo de anfíbol secundario (hornblenda fina alrededor de los porfiroblastos de piroxeno), mica, clorita y epidota, sugiere que las rocas sufrieron metamorfismo regional de bajo grado. La mineralogía indica que las rocas tienden a ser esquistos verdes. Adicionalmente cuarzo recristalizado en la zona de contacto con la granodiorita rica en feldespato potásico (Batolito de Tangula) sugiere que la secuencia, posterior al metamorfismo regional, fue afectada por metamorfismo de contacto. Preliminarmente, estas rocas son incluidas dentro de la Unidad Punta de Piedra, sin embargo es posible que representen facies metavolcánicas de la Unidad Alao-Paute, parte del terreno Loja-Olmos.



**Foto No. 5.** Rocas clásticas ricas en biotita con fuerte foliación N-S buzando fuertemente al E. Las rocas tienden a esquistos biotíticos formados de un protolito arcilloso, rico en cuarzo (Sector Las Purgas, Río Calvas UTM: 653707-9509145).

Rocas basálticas-andesíticas cuya relación con las rocas básicas no es bien establecida, afloran 2.5 Km al SE de la confluencia de los ríos Calvas y Sabiango. Las rocas son de color gris, textura subporfirítica, contiene fenocristales de plagioclasa y piroxeno, en una matriz rica en cristales prismáticos de plagioclasa y piroxeno. Las plagioclasas son zonadas, mientras los piroxenos son reemplazados por anfíbol. Posiblemente son mantos de lavas más jóvenes o diques emplazados en la secuencia oceánica.

En el Ecuador las rocas son incluidas en al Unidad Punta de Piedra (K-pp) (Eguez y Poma, 2001)

### **Geoquímica de rocas**

Las rocas volcánicas incluidas en este periodo geológico (LP69 y LG03-12-93), en el diagrama  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  para clasificación de rocas caen en los campos de basaltos y andesitas basálticas (Fig. No. 8), mientras en el diagrama de

discriminación de toleitas Ti-Cr caen en el campo de toleitas con bajo contenido de K (Fig. No.9).

**Legenda para rocas ígneas y volcanoclásticas máficas**

- △ Muestra LP69-Gabro Rio Sabiango (Unidad Punta de Piedra)
- ▲ Muestra LG03-12-93 (Raynald, 2000) (Unidad Punta de Piedra)

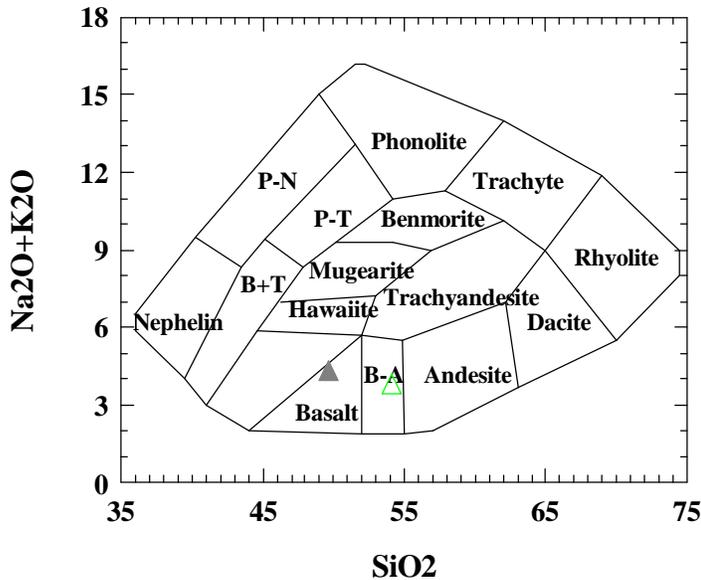


Figura No. 8. Diagrama de clasificación de rocas máficas.

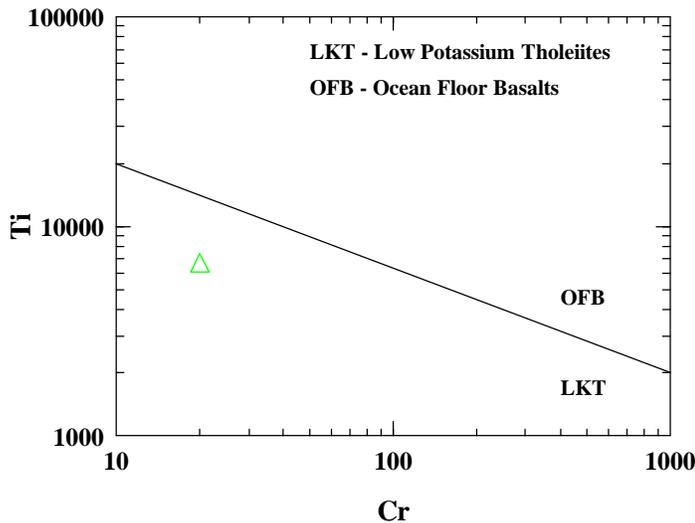


Figura No. 9. Diagrama de Discriminación de Toleitas.

En el diagrama de discriminación de ambientes tectónicos (Fig. No. 10), las muestras LP69 y LG03-12-93 caen en el campo de las toleitas de arco de islas.

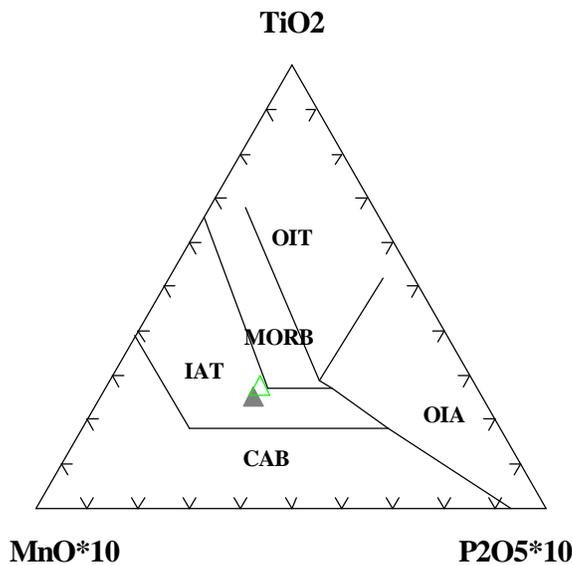


Figura No. 10. Diagrama discriminatorio para rocas máficas.

En el diagrama Spider (Fig. No. 11), las muestras de la Unidad Punta de Piedra presentan un enriquecimiento máximo de hasta x70 veces de los elementos LIL (litofilos de iones grandes) más móviles: Cs, Rb, Ba con respecto al MORB, con excepción de la muestra LP69 la cual tiene un valor de Rb cercano a la unidad. Esta muestra inclusive es enriquecida en máximo x8 veces en Cs, Ba, Th. La muestra LG-03-12-93 presentan una anomalía negativa en lo que respecta a Nb. En los restantes elementos traza y tierras raras, no presenta enriquecimiento fuerte, con excepción del leve enriquecimiento de Sr. En los elementos traza menos móviles los valores son cercanos a la unidad.

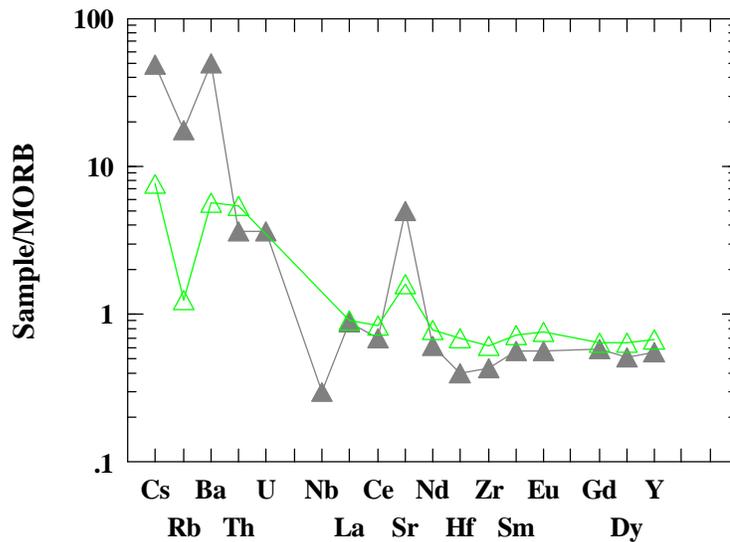


Figura No. 11. Diagrama Spider normalizado con respecto a MORB.

En el diagrama REE (Fig. No. 12), aunque las muestras LP69 y LG03-12-93, presentan un ligero enriquecimiento de Tierras Raras Livianas, las curvas presentan un patrón plano, similar a los basaltos MORB, en lo que respecta a Tierras Raras Pesadas. La anomalía negativa de Eu que sugeriría fraccionamiento de plagioclasa no se observa claramente.

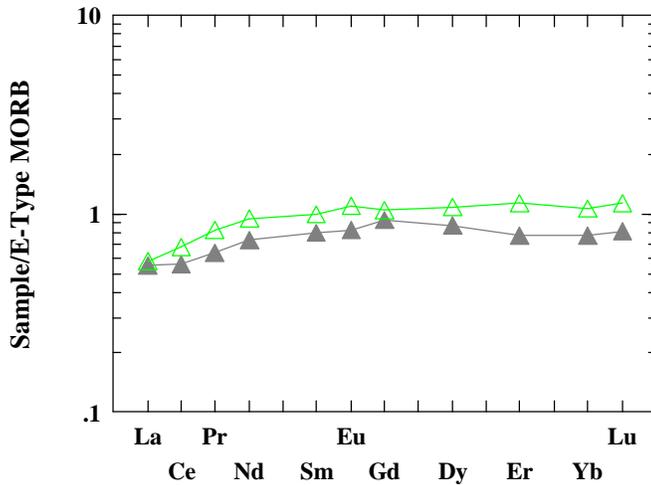


Figura No. 12. Diagrama extendido de incompatibilidad de Tierras Raras, normalizado con respecto a E-Type MORB.

Con respecto a Chondrita las muestras de la Unidad Punta de Piedra presentan igualmente un patrón plano, aunque enriquecido en x10 (Fig. No. 13).

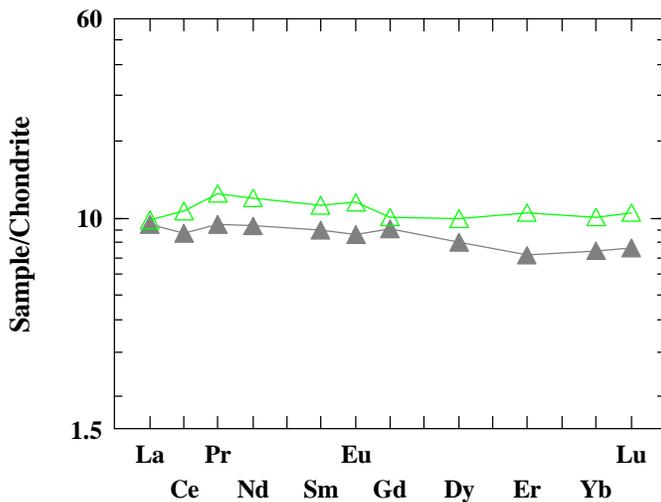


Figura No. 13. Diagrama extendido de incompatibilidad de Tierras Raras, normalizado con respecto a Chondrita.

Los datos geoquímicos obtenidos sugieren que las muestras tienen un origen primario. Los patrones paralelos y cercanos a la unidad de las tierras raras refuerzan la hipótesis anterior. El enriquecimiento de LIL incluyendo Sr puede estar relacionado a contaminación cortical mientras los valores negativos en el tramo Nb-Y puede representar fusión parcial.

En resumen, las rocas de la Unidad Punta de Piedra tienden a ser composición gabroica con empobrecimiento de Nb y enriquecimiento de Zr con respecto a los típicos gabros relacionados a arcos de islas o plateau oceánicos. Los datos geoquímicos indican que presentan características de toleítas con bajo contenido de potasio pero relacionada a una fuente magmática primitiva. Lo anterior sugiere que posiblemente las rocas están relacionadas con magmas de carácter primitivo producto de fusión parcial del manto, posiblemente contaminado con material cortical durante el emplazamiento.

### **Relaciones estratigráficas y edad**

Las relaciones de las rocas interpretadas como de edad Aptiano-Albiano con las secuencias infrayacente y suprayacente no está definido. La relación con las rocas intrusivas del Batolito de Tangula está representado por un contacto intrusivo. Al O con las rocas volcanoclásticas de edad Albiano-Cenomaniano posiblemente es transicional e interdigitado sin embargo localmente en la carretera Celica-Catacocha (UTM: 630660-9546450) el contacto es tectónico.

### **Interpretación**

La secuencia fue definida como parte de un volcanismo de arco calcoalcalino (Lebrat, 1985), con desarrollo de un metamorfismo regional de grado muy bajo comprendido entre las facies de zeolita a prehnita-pumpellyita (Aguirre, 1992). La presencia de flujos de basaltos oceánicos (Egüez y Poma, 2001) y gabros relacionados con cuerpos intrusivos pequeños dentro de la secuencia aflorante al E de Macara (Río Sabiango) sugiere que la secuencia no es parte de un típico arco volcánico continental. Litherland y otros (1994) y más tarde Raynald (2000), basado en datos geoquímicos de los gabros emplazados dentro de la secuencia

Copa Sombrero interpretan que son parte de una cuenca localizada lejos de la fosa que actuó como tipo pull-apart.

La presencia de rocas básicas (gabros y basaltos afaníticos), cuyos datos geoquímicos de muestras recolectadas en el Ecuador (Muestras LP-69 y LG03-12-93), sugieren que la Unidad Punta de Piedras representa un arco volcánico toleítico formado en una cuenca desarrollada sobre corteza continental “adelgazada” por el “abombamiento” (diapirismo) del manto durante el Cretácico Inferior Tardío. Sin embargo un componente de rifting no se debe descartar dada la naturaleza primitiva del magma.

En el Ecuador las rocas de edad Cretácico Inferior, mayormente volcánicas y volcanoclásticas y localmente volcanosedimentarias, incluidas por BGS-CODIGEM, (1993) en la Unidad Celica, son incluidas en este trabajo en las Unidades Punta de Piedra (Egüez y Poma, 2001).

### **7.1.2. Albiano-Cenomaniano**

Las litologías típicas asignadas al periodo Albiano-Cenomaniano incluyen brechas, areniscas, limolitas y lutitas que se presentan en capas fuertemente plegadas no mayores a 10 cm espesor. Las facies finogranulares son de composición silíceas por lo que tienden ser chert. Las rocas generalmente presentan alteración epidota-clorita y contienen sulfuros diseminados.

Las brechas, tobas y areniscas dominan la secuencia y contienen predominantemente líticos de origen volcánico, incluyendo lavas afaníticas, soportadas en una matriz rica en cristales rotos de plagioclasa y piroxeno. Las rocas presentan alteración epidota-clorita, similar a las rocas de la Unidad volcánica Punta de Piedra; también están presentes esporádicos líticos redondeados de Qz.

En el Ecuador la secuencia mayormente volcanosedimentaria, incluida inicialmente en la Unidad Celica son incluidas en la Unidad Quillosara (Jaillard y otros, 1999).

## Geoquímica de rocas.

Las rocas volcanoclásticas incluidas en la Unidad Quillosara (DG80, Ec70 y Ec73) en el diagrama  $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}-\text{SiO}_2$  para clasificación de rocas caen en los campos de basaltos, andesitas basálticas y traquiandesitas (Fig. No.14), mientras en el diagrama de discriminación de toleitas Ti-Cr, las muestras DG80 y Ec70 caen en el campo de toleitas con bajo contenido de K (Fig. No.15).

### Leyenda para rocas volcanoclásticas máficas

- Muestra DG80-Toba Cordillera de Celica (Unidad Quillosara)
- Muestra Ec70-Celica (Lebrat, 1985) (Unidad Quillosara)
- + Muestra Ec73-Playas(Lebrat, 1985) (Unidad Quillosara)

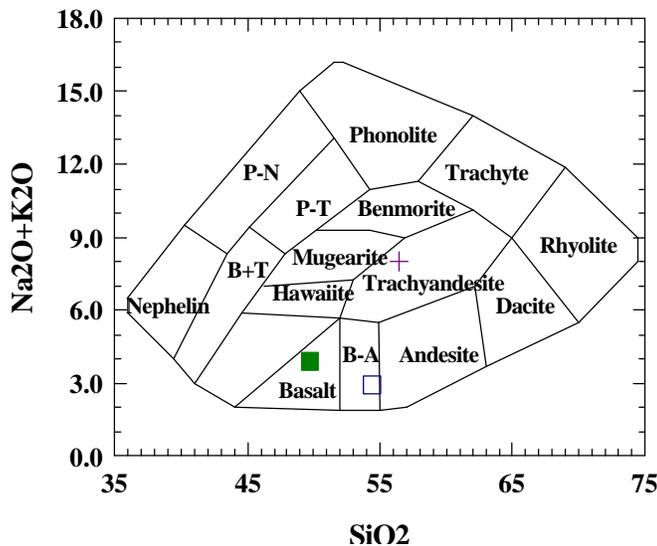


Figura No. 14. Diagrama de clasificación de rocas máficas.

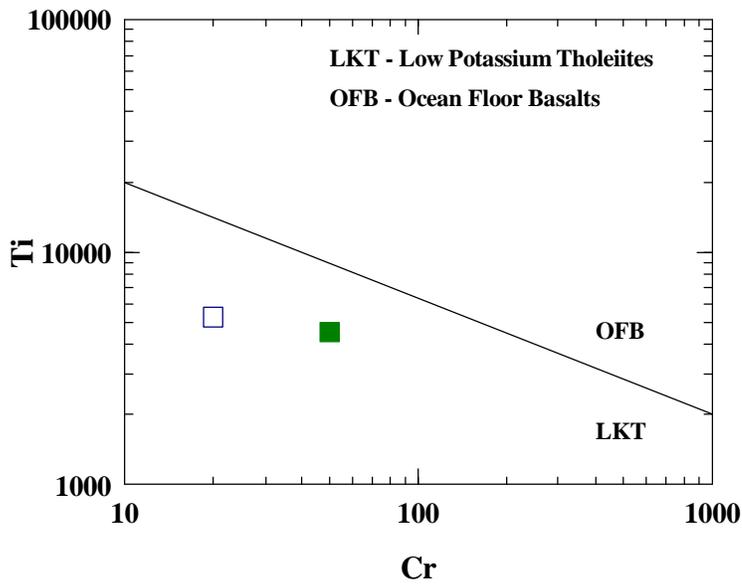


Figura No. 15. Diagrama discriminatorio para rocas máficas.

En el diagrama de discriminación de ambientes tectónicos (Fig. No. 16), las muestras DG80 y Ec70 caen en el campo de las toleitas de arco de islas, mientras la muestra Ec73 cae dentro del campo calcoalcalino.

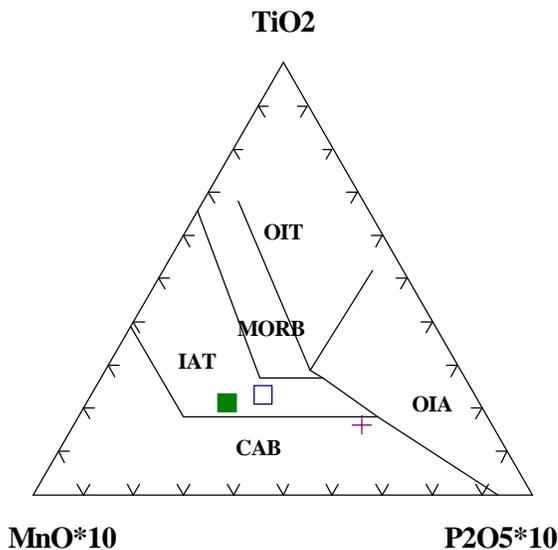


Figura No. 16. Diagrama discriminatorio para rocas máficas.

En el diagrama Spider (Fig. No. 17), todas las muestras presentan un enriquecimiento máximo de hasta x70 veces de los elementos LIL (litofilos de iones grandes) más móviles: Cs, Rb, Ba con respecto al MORB. Las muestras DG80 presentan una anomalía negativa en lo que respecta a Nb. En los restantes

elementos traza, no presentan un fuerte enriquecimiento, con excepción del leve enriquecimiento de Sr. En los elementos traza menos móviles los valores son cercanos a la unidad con excepción de la muestra Ec-73.

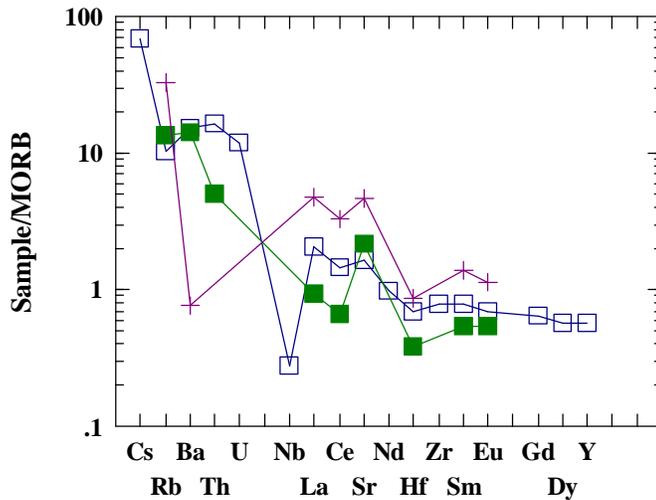


Figura No. 17. Diagrama Spider normalizado con respecto a MORB.

En el diagrama REE normalizado con respecto al E-MORB (Fig. No. 18), las muestras DG80 y Ec70, presentan un incipiente enriquecimiento y empobrecimiento de Tierras Raras Livianas, aunque el patrón tiende a ser plano, en lo referente a Tierras Raras Pesadas. La muestra Ec73 presenta un fuerte fraccionamiento de las tierras raras y por lo tanto marcadas diferencias con respecto a las muestras DG80 y Ec70. La anomalía negativa de Eu que sugeriría fraccionamiento de plagioclasa, al igual que en las rocas de la Unidad Punta de Piedra, no se observa claramente.

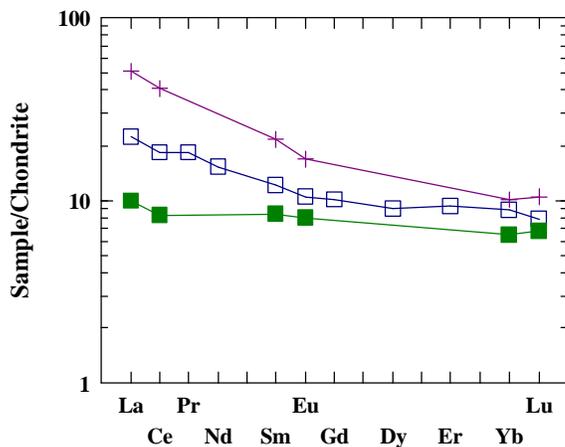


Figura No. 18. Diagrama extendido de incompatibilidad de Tierras Raras, normalizado con respecto a E-Type MORB.

Con respecto a Chondrita la muestra Ec70 presentan un patrón plano, aunque enriquecido en x10 (Fig. No. 19), mientras las muestras DG80 y EC73 presentan un patrón inclinado, aunque en el caso de la muestra DG80, los valores son cercanos a la unidad.

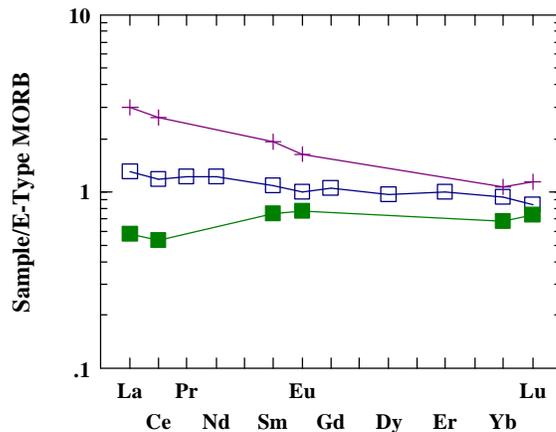


Figura No. 19. Diagrama extendido de incompatibilidad de Tierras Raras, normalizado con respecto a Chondrita.

### Relaciones estratigráficas y edad

El contacto con la subyacente Unidad Punta de Piedra no está bien definido y aunque localmente es tectónico (UTM:630660-9546450), se interpreta como transicional e interdigitado. En el sector de Río Playas, la secuencia Quillosara es la base sobre la que se depositaron las rocas sedimentarias de las Formaciones Naranjo y Casanga, interpretadas previamente por Hungerbühler (2000) como parte de la Formación Río Playas, e incluidas en el presente trabajo en el Grupo Río Playas de edad Campaniano-Maastrichtiano (Jaillard y otros, 1999).

La edad de la secuencia no se ha establecido, pero en el sector de El Carmelo (NO de Catacocha), la secuencia Quillosara es aparentemente sobreyacida concordantemente por rocas sedimentarias de edad Cenomaniano-Turoniano (Jaillard y otros, 1999), correlacionadas en este trabajo con la Unidad Zapotillo. Entonces una edad Albiano-Cenomaniano se asigna a las rocas de la Unidad Quillosara.

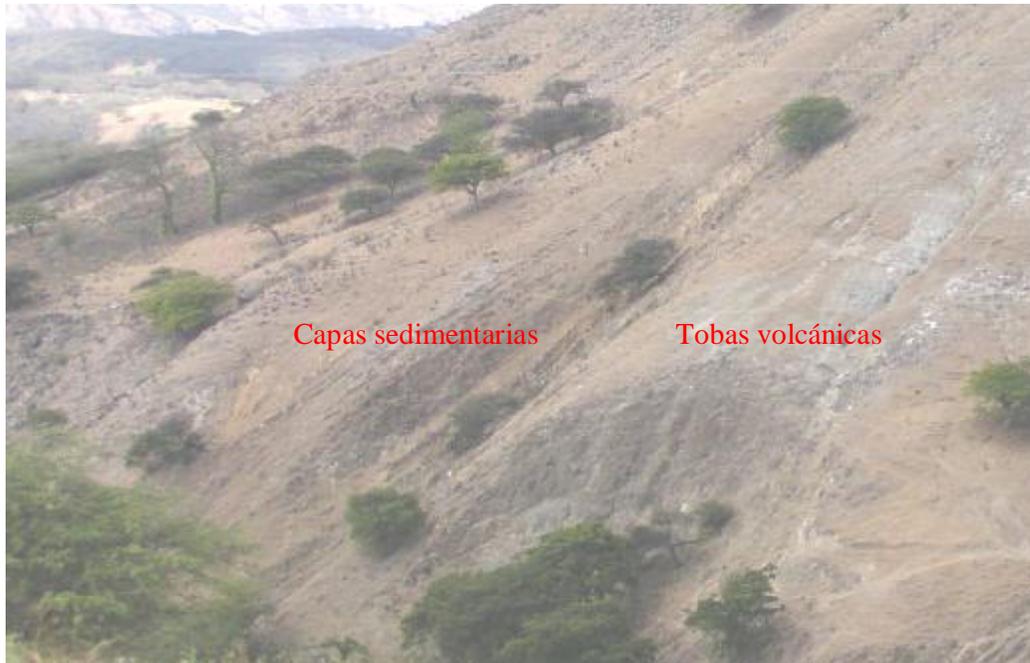
## **Interpretación**

Las relaciones estratigráficas, el tipo de alteración y los datos geoquímicos de roca total, permiten interpretar que la secuencia mas probablemente representa la facie volcanoclástica proximal y distal del evento volcánico que dio origen a la Unidad Punta de Piedra. La presencia de tobas conteniendo líticos volcánicos afaníticos, alto porcentaje de cristales máficos y plagioclasa rotos sugieren que la fuente de la secuencia fueron con mayor probabilidad las estructuras volcánicas de la Unidad Punta. La presencia de rocas finogranulares silíceas tipo chert y la fuerte alteración pervasiva epidota-clorita sugiere que la mayor parte de la secuencia se depositó en un ambiente marino profundo localizado en los bordes de estructuras volcánicas básicas.

### **7.1.3. Campaniano-Maastrichtiano**

La secuencia consiste mayormente de facies distales (limolitas y lutitas negras) y en menor proporción de proximales (conglomerado y microconglomerados) depositados en una cuenca sedimentaria abierta en la secuencia Albiano-Cenomaniano. Los conglomerados y microconglomerados conteniendo clastos redondeados de cuarzo, chert negro y líticos volcánicos verdes soportados en una matriz arenosa de similar composición ,ocurren en capas potentes pero bien estratificadas. Hacia el Este (carretera Catacocha-Catamayo, Ecuador) litologías simiares a las finogranulares estan intercaladas con estratos delgados de areniscas máficas de grano fino. Localmente en ese sector la secuencia es calcárea.

El contacto con las rocas sedimentarias de la Unidad Quillosara aflorantes al N de la secuencia es tectónico (Falla Casanga-Yamana). La falla es inversa y tiende a ser E-O con un plano buzando al N, mientras por el S aparentemente yace discordante sobre las rocas volcanoclásticas (tobas de clastos) de la Unidad Quillosara (Foto No. 6). Hacia el E de Yamana los conglomerados son recubiertos discordantemente por las tobas riolíticas de edad Eoceno-Oligoceno.



**Foto No. 6.** Contacto Grupo Naranjo-Casanga (Loma El Limón). La imágenes es tomada de O al E desde el punto de coordenadas (UTM: 639854-9554075) donde se encuentra el contacto entre las rocas sedimentarias y las rocas volcánicas.

Con respecto a las rocas sedimentarias aflorantes al E de Catacocha, el contacto con la rocas clásticas de la serie occidental es tectónico, mientras por el S las rocas sedimentarias sobreyacen tectónicamente a las rocas de la Unidad Sacapalca (Falla EL Cisne-La Illaca).

La edad de la secuencia es discutida, sin embargo Jaillard y otros (1996) en base a fósiles determina que es de edad Campaniano-Maastrichtiano. En el sector Yamana ( $\pm 6$  Km. NO de Catacocha) las rocas sedimentarias son sobreyacidas discordantemente por rocas volcanoclásticas ácidas del Eoceno-Oligoceno. Esto sugiere que se asigne una edad Pre-Eoceno. Considerando que sobreyace discordantemente a las rocas de la Unidad Quillosara, una edad Cretácico Superior se ha establecido para la secuencia.

En el Ecuador las rocas sedimentarias de este periodo fueron incluidas por Kennerley (1973) en la Formación Río Playas y posteriormente, Baldock (1982) las incluyó en la Formación Yunguilla. Hungerbühler (2000) las incluyo igualmente en la Formación Río Playas retomando lo enunciado por Kennerley en 1973.

Posteriormente, Jaillard (1996) en base a fósiles las redefine e incluye en las Formaciones Naranjo y Casanga agrupadas en este trabajo en el Grupo Río Playas (K-rp). Las rocas aflorantes al E de Catacocha incluidas en la Unidad Las Chinchas (K-c) (Egüez y Poma, 2001), por su posición estructural con respecto a la cuenca (Serie Oriental), pueden correlacionarse con el Grupo Naranjo-Casanga, por lo que una edad Cretácico Superior se asigna a la secuencia.

#### **7.1.4. Eoceno-Oligoceno**

La secuencia de este periodo agrupa a un conjunto de litologías que varían desde mantos de rocas volcanoclásticas de composición ácida hasta estratos de sedimentos de origen continental. Las litologías incluyen rocas sedimentarias con matriz volcánica y tobas riolíticas.

En la zona de Catacocha, la secuencia volcánica sobreyace a las rocas sedimentarias de edad Camapaniano-Maastrichtiano y volcánica andesíticas de edad Paleoceno-Eoceno. En la zona de Malacatos-Yangana (Ecuador) las tobas sobreyacen discordantemente el basamento metamórfico (Dominio Loja-Olmos) y son sobreyacidas por las rocas sedimentarias de la Cuenca de Malacatos.

Datos radiométricos de la toba riolítica aflorante al SE de Yamana, indican una edad de 43 Ma (Hungerbühler, 2000). La secuencia de origen volcánico depositado en un ambiente continental, es correlacionable con el evento volcánico denominado Saraguro.

En el Ecuador las rocas volcánicas son incluidas en la Unidad Loma Blanca definida por Hungerbühler (2000).

## **7.2. REGION OCCIDENTAL**

Las unidades litológicas que ocurren en el sector occidental, consisten básicamente de rocas sedimentarias depositadas en un ambiente marino con fuerte aporte de material continental (Tabla No. 11).

Tabla No. 11.- Unidades Litológicas de la Cuenca Lancones				
Región Occidental				
Unidad/Formación		Litologías Típicas	Edad Paleontológica	Edad Relativa
Ecuador	Perú			
Zambi		Lutitas y limolitas		Cretácico Superior
Cazaderos		Lutitas y calizas	Campaniano (Jaillard y otros, 1999)	Cretácico Superior
Zapotillo		Lutitas, limolitas, areniscas y conglomerados	* Cenomaniano-Turoniano (Reyes y Caldas; y Reyes y Vergara en Jaillard y otros, 1999). * Cenomaniano Tardío-Turoniano (Jaillard y otros, 1999).	Cretácico Superior
Puyango		Grawacas, brechas, calizas y limolitas	Albiano Temprano-Albiano Tardío (Bristow and Hoostetter; y Shoemaker en Jaillard y otros, 1999)	Cretácico Inferior

### 7.2.1. Albiano

Este piso geológico consiste de lutitas y limolitas, en menor proporción lentes de areniscas cuarzosas, areniscas volcánicas y brechas.

Las areniscas en (UTM:6064-95728) son de color blanco con patinas de óxido, grano medio, contienen básicamente cuarzo mientras en (UTM:6273-95709), margen derecho de la Q. Cochurco, tienden a ser cuarcitas. Las capas de areniscas ocurren en bancos cms a dms bien estratificados, formando una estructura sinclinal asimétrica cuyo eje se encuentra en la margen izquierda del Río Puyango y tiende a ser NE-SO.

Las limolitas afloran en la quebrada Sabalo (UTM 601000-9571800) al NO de Puyango son de color gris oscuro, afloramientos en los cuales se encuentran intercalados los troncos de árboles fosilizados (Foto No. 7) e improntas de hojas. En el sector mencionado, así como en el camino hacia el Parque Nacional Puyango, los estratos buzan suavemente al SE. Los macrofósiles que ocurren en la margen izquierda del Río Puyango (Parque Nacional Puyango), están relacionados a esta secuencia.



**Foto No. 7.** Troncos de árboles fosilizados intercalados en limolitas de la Formación Puyango en afloramiento localizado en la Q. Sabalo (NO de Puyango).

Las rocas de la Unidad Puyango hacia el NO sobreyacen discordantemente a las rocas metamórficas de la Unidad El Tigre, mientras que el contacto con las rocas sedimentarias cizalladas de la Unidad Cazaderos en la margen derecha del Río Cochurco (carretera Alamor-Río Puyango) es tectónico.

Por las relaciones con las Unidades El Tigre y Cazaderos, una edad Cretácico inferior se asigna a la secuencia.

Las rocas son parte de una cuenca desarrollada en el borde de una zona levantada formada por rocas metamórficas parte del Dominio Litotectónico Amotape, interpretadas como corteza continental que constituye con más probabilidad la fuente de los granos de cuarzo, componente principal de las areniscas aflorantes en (6064-95728).

### 7.2.2. Cenomaniano-Turoniano

El periodo Cenomaniano-Turoniano agrupa a las facies predominantemente lutaceas que ocurren como una franja elongada depositada entre el Macizo Amotape-Tahuín y las facies volcano-sedimentarias verdes del sector oriental. El rumbo de la secuencia en el sector de Zapotillo es NE-SO, mientras en el sector de Chaguarpamba tiende a ser E-O.

En los afloramientos tipo (Zapotillo hacia el Perú) consiste básicamente de limolitas y lutitas de color negro finamente laminadas. Mas al NE, en territorio ecuatoriano, las facies finas negras se restringen, mientras las facies gruesas de color gris-verdoso constituyen las rocas predominantes. Las litologías clásticas de grano grueso típicas incluyen conglomerados, microconglomerados y areniscas.

Las lutitas y limolitas negras, débilmente calcáreas que forman parte de la Unidad Zapotillo constituyen las facies mas finas o dístales de las Series Occidentales de la Cuenca Lancones-Alamor. Las litologías que en el sector de Zapotillo ocurren en capas delgadas, bien estratificadas y plegadas, en las carreteras Alamor-Arenillas y Chaguarpamba-Río Pindo, presentan un fuerte cizallamiento, el cual en algunos sectores da lugar al desarrollo de un fuerte clivaje con presencia de estructuras tipo S-C.

Las areniscas y microconglomerados de color gris-verdoso, en el camino Zapotillo-Alamor ocurren en bancos masivos métricos, bien estratificados, mientras en el camino Chaguarpamba-Río Pindo presentan un débil clivaje debido a cizallamiento cerca del contacto con las facies finas cizalladas. Los conglomerados en el sector Mangaurco que según Jaillard y otros (1999) constituyen el tope de la secuencia, contienen clastos de cuarzo y cuarcitas en una matriz rica en muscovita y plagioclasa.

Por el E, la secuencia sobreyace a las rocas de la Unidad Quillosara (Jaillard 1999), mientras por el O parece sobreyacer a las rocas sedimentarias de la base de la cuenca. Con respecto a las relaciones con las secuencias más jóvenes, en

el sector Mangaurco, el estrato de conglomerado, tope de la secuencia es sobreyacido por otra secuencia lutacea.

La edad de la secuencia en los afloramientos tipo no se ha establecido, pero en el sector de El Carmelo (UTM:6413000-9559400), rocas sedimentarias contienen fósiles de edad Cenomaniano-Turoniano (Jaillard y otros, 1999). Por la posición estratigráfica y estructural con respecto a las facies volcanoclásticas verdes, esas rocas son correlacionables con estas litologías, por lo que una edad Cenomaniano-Turoniano se asigna a la secuencia.

En el Ecuador, las rocas de esta edad son incluidas en la formación Zapotillo (K-zp).

### **7.2.3. Cretácico Superior**

Dentro del Cretácico Superior se incluye la secuencia lutacea, capas delgadas, bien estratificada, localmente deformadas por cizallamiento que aflora al O de la carretera nueva Alamor-Río Puyango (Ecuador). Adicionalmente se incluye también secuencia aflorante en el sector de Zambí (Ecuador), constituida por lutitas y limolitas negras con débil lineación y lentes de sulfuros tipo estratiformes, presentes en capas bien estratificadas y débilmente deformadas. La deformación está marcada por el desarrollo de un débil clivaje. Posiblemente, esta característica estructural permitió definir las como Filitas Zambí (Egüez y Poma, 2001).

En la primera secuencia Al N de Mangaurco (Ecuador), las facies lutaceas sobreyacen en aparente discordancia erosional a los conglomerados interpretados por Jaillard y otros (1999) como el tope de la Unidad Zapotillo (Ecuador); mientras que la segunda está en contacto tectónico con las rocas de las Unidades Puyango y Las Chinchas.

La potencia de las dos secuencias es desconocida por la fuerte deformación. Por las relaciones de campo Egüez y Poma (2001) interpretan que es del Cretácico posiblemente Superior.

La edad de la secuencia es pobremente establecida pero por sobreyacer discordantemente a las rocas de la Unidad Zapotillo, una edad Cretácico Superior se asigna a la secuencia.

En el Ecuador las rocas lutaceas de este periodo son incluidas en las Unidades Cazaderos (K-cz) y Zambí (K-z) (Eguez y Poma, 2001).

### **7.3. INTRUSIVOS**

El principal cuerpo intrusivo que aflora en la zona de estudio y que esta emplazado dentro del dominio litotectónico denominado Cuenca Lancones-Alamor es el Batolito de Tangula. El cuerpo intrusivo superficialmente muy meteorizado ocupa aproximadamente el 50 % del área del denominado Sector Oriental.

Macroscopicamente esta dominado por una roca de color gris-rojizo, grano grueso, textura hipidiomórfica, compuesta básicamente de feldespato K, pg, qz, biot, (- hnb); la cual tiende a ser granodiorita. En sectores como el Guato (SO de Catacocha) (UTM 644952-9541518), la roca es de color gris claro, grano medio, textura hipidiomórfica, contiene pg, qz, hnb, (-biot) y tiende a ser una Granodiorita Hornblendica.

Los resultados de los análisis geoquímicos indican que la roca tiende a ser granodiorita (Fig. No. 5), tipo I (Fig. No. 7), emplazada a un arco volcánico continental (Fig. No. 6), relacionado a procesos de subducción.

Los contactos con las rocas circundantes incluidas en las Unidades Punta de Piedra y Quillosara es intrusivo, mientras que por el E (SO de Cariamanga), el batolito es recubierto por la rocas volcanoclásticas de la Unidad Sacapalca. Sin embargo en el sector Bella Maria, las rocas intrusivas se encuentran sobreyaciendo tectónicamente a las rocas volcánicas de la Unidad mencionada. En el Río Calvas y en la Q. San Juan, las rocas de caja constituyen esquistos cloríticos y metavolcánicos andesíticos, interpretados como parte de la Unidad Punta de Piedra.

Las edades reportadas para las rocas del Batolito de Tangula oscilan entre 110 reportados por la Misión Británica (1982). Una edad con el método Argón-Argón de  $93 \pm 1.1$  Ma en biotita fue establecida por Ullrich (2004) para el PMA.GCA. Esta última edad es obtenida de una muestra de granodiorita recolectada en el sector el Guato, SO de Catacocha (UTM: 644952-9541518).

## **CAPITULO V : GEOLOGÍA ESTRUCTURAL**

### **ECUADOR**

Las rocas de las secuencias Pre-Cenozoicas incluidas en esta memoria se encuentran fuertemente plegadas y tectonizadas. En general y sobre todo las rocas de las facies metamórficas de bajo grado metamórfico incluidas en la Unidad Chiguinda parte del núcleo del Terreno Loja-Olmos se encuentran fuertemente deformadas (deformaciones dúctil y frágil). Las secuencias metamórficas presentan un foliación paralelo al tren andino (NE-SO). Localmente las facies de bajo grado (esquistos) son afectadas por clivaje de crenulación y plegamiento intenso (Foto No. 8). Adicionalmente, las secuencias metamórficas están fuertemente diaclasadas (Foto No. 9), evidenciándose hasta 2 clivajes de fractura.



**Foto No. 8.** Pliegues con ejes fuertemente inclinados afectando a esquistos gráficos y metasamitas de la Unidad Chiguinda en la carretera Malacatos-Yangana (UTM.702045-9518915).



**Foto No. 9.** Afloramiento de rocas metamórficas de bajo grado de la Unidad Chiguinda en el carretera Loja-Zamora (UTM: 722837-9553156). La foliación tiende a ser vertical, mientras se observa la presencia de 2 clivajes de fractura.

## **1. FALLAMIENTO**

Las principales estructuras que afectan las rocas incluidas dentro de las diferente Unidades Litotectónicas o Formaciones Litológicas descritas en la zona de estudio son las fallas. La mayor parte de estas estructuras tienden a representar límites entre dominios litotectónicos (Fig. No. 2). Las fallas que se destacan por su rol dentro de la evolución del marco geotectónico de la zona son las fallas tipo inverso, que en algunos casos tienden a ser fallas de cabalgamiento, por el ángulo de inclinación del plano.

## **2. PLEGAMIENTO**

El plegamiento en las secuencias de bajo grado metamórfico, aunque generalmente no es observable, sin embargo considerando que en muchos afloramientos el rumbo y inclinación de los lentes de pizarras, cuarcitas y esquistos es paralelo a la foliación se puede considerar que están fuertemente

plegadas, en algunos sectores como en la carretera Malacatos-Yangana, estos pliegues están relacionados al fallamiento (Foto No 10).



Foto No. 10. Afloramiento de esquistos gráficos plegados en contacto tectónico con lentes de metaareniscas (Unidad Chiguinda) en la carretera Malacatos Yangana. Eje del pliegue es subhorizontal (UTM: 701521-9519885).

En Ecuador, pliegues afectando las rocas aflorantes en el área de estudio fueron reportadas por Pratt y otros (1997) en los sectores Piñas y Chuquiribamba (Sinclinal de Chuquiribamba). Esta estructura, cuyo eje tiende a ser N-S esta plegando las rocas de la Unidad Sacapalca. En los dos casos las estructuras tienden a ser paralelas a las fallas regionales que atraviesan el área. Otros pliegues sinclinales ocurren en el sector del Río Puyango y al S de Alamor.

En general las rocas de la Unidades Cretácicas que están relleno la cuenca Lancones-Alamor están fuertemente deformadas. En la mayor parte de la zona al E de la carretera Celica-Puyango, los estratos de sedimentos están fuertemente plegados y deformados. Esto produce una fuerte lineación en las lutitas y limolitas e inclusive en las rocas clásticas de grano grueso.

## **CAPITULO VI : GEOLOGÍA HISTORICA**

El cratón Sudamericano de edad pre-Cámbrico durante el Ordovícico-Carbonífero constituyó el basamento sobre el que se depositan en una cuenca ensialica las rocas de bajo grado metamórfico. En este contexto, las anfibolitas (Unidad Piedras, Ecuador) podrían representar el fragmento de corteza oceánica o arco de islas desarrollado al O, contemporáneamente al desarrollo de la cuenca o un terreno alóctono.

Las rocas ultramáficas y esquistos talcosos intercalados tectónicamente, en las rocas paleozoicas del dominio Pucará-Zamora, dentro del trazo del Sistema de Fallas Cosanga, denominada en Colombia Falla Palestina (Cediell y otros, 2003), sugieren la presencia de una sutura paleozoica.

Durante el Pérmico-Triásico en el inicio de la fragmentación de Pangea (Vinasco, 2004) en un ambiente de rifting denominado evento Tres Lagunas (Litherland y otros, 1994)) se emplazaron en los dominios Loja-Olmos y Amotape-Tahuín granitoides deformados tipo S (Litherland y otros, 1994). La presencia de xenolitos de metasedimentos y rocas verdes posiblemente anfibolitas, en el granitoide Moromoro, cerca del contacto con las anfibolitas y esquistos paleozoicos, refuerzan la interpretación que las secuencias de caja son las rocas interpretadas como de edad Paleozoico. El Triásico en los dominios Púcara-Zamora y Cuenca Oriente se caracteriza por el desarrollo de un rift (Litherland y otros, 1994; Christophoul, en Díaz y otros, 2004).

El periodo Jurásico, se caracteriza por el desarrollo dentro del dominio Olmos-Loja de los arcos de islas Alao y continental Salado (Litherland y otros, 1994), mientras más al O en el Dominio Chaucha se depositan rocas metasedimentarias, en un ambiente de margen continental pasivo. Entre los dos se encuentra una paleocorteza oceánica (Complejos Ofiolíticos El Toro y Peltetec). Hacia el E de las secuencias del Paleozoico se emplaza en un ambiente de margen continental activo el batolito de Zamora y las rocas volcánicas y volcanosedimentarias.

En el Jurásico-Cretácico, ocurre la acreción del Dominio Chaucha incluyendo las rocas del margen continental pasivo (metasedimentos Jurásicos?) y la obducción de corteza oceánica y metasedimentos relacionados con los Complejos Ofiolíticos.

El Cretácico en los dominios orientales está definido por la subsidencia y formación de la Cuenca Oriental, mientras que en el O en un ambiente posiblemente en principio extensivo y posteriormente dextral, se produce el desprendimiento del Amotape-Tahuín del Loja- Olmos y la migración del primero hacia el N. El desprendimiento y migración posiblemente produce el cizallamiento de las rocas foliadas del Río Calvas (Ecuador). Este evento se relaciona a la formación de la Cuenca Lancones-Alamor, dentro de la cual en la parte oriental en el Albiano se depositan lavas de composición basáltica a basalto-andesítica y se emplazan cuerpos pequeños gabroicos afinidad toleítica. En el occidente sobre basamento metamórfico se depositan sedimentos que rellenan la zona occidental de la cuenca.

Entre 100 y 93 Ma en un régimen compresivo, posiblemente por la llegada del Terreno Pallatanga-Piñon, se forma una zona de subducción al NO de Amotape, generando la formación de un arco magmático tipo I (intrusión del Batolito de Tangula) y levantamiento de la cuenca Lancones-Alamor. En el Cretácico superior ocurre la subsidencia de la zona más occidental de la Cuenca Lancones-Alamor y la formación de cuencas donde se depositan las secuencias lutáceas y conglomeráticas.

En el Paleoceno-Eoceno en ambiente continental, se forma un arco volcánico de composición andesítica (evento Sacapalca). En el Oligoceno, el volcanismo cambia a uno más ácido (evento Saraguro). En el Mioceno, localmente se forman cuencas sedimentarias, interpretadas como tipo pull-apart por Lavenu y Noblet (1990) y como planicies costeras por Hungerbühler (2000). Localmente, las rocas que constituyen la zona de estudio, en el Mioceno son cubiertas por productos volcánicos del evento Tarqui.

## REFERENCIAS

- Aguirre, L. 1992.** METAMORPHIC PATTERN OF THE CRETACEOUS CELICA FORMATION, SW ECUADOR, AND ITS GEODYNAMIC IMPLICATIONS. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam.
- Anglo-Ecuadorian Oilfields Ltd., 1973.** COMPOSITE WELL LOG OGLAN No. A-1.
- Baldock, J., 1982.** MAPA GEOLÓGICO NACIONAL DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. Instituto of Geological Sciences (NERC) y Dirección General de Geología y Minas- Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos.
- Barragán, R., Christophoul, F., White, H., Baby, P., Rivadeneira, M., Ramirez, F. y Rodas J. 2004.** ESTRATIGRAFIA SECUENCIAL DEL CRETÁCICO DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR, en La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. IFEA, IRD y PETROECUADOR.
- Bristow, C. R. et Hoffsetter, R., 1977.** AMERIQUE LATINE, Sous la direction de Robert Hoffstetter, Paris. Fascicule 5 a 2. Union Internationale des Sciences Geologiques. Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
- British Geological Survey and Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica, 1993.** GEOLOGICAL AND METAL OCCURRENCE MAPS OF THE SOUTHER CORDILLERA REAL METAMORPHIC BELT, ECUADOR, 1994. Escala 1:500.000.
- British Geological Survey and Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica, 1993.** MAPA GEOLOGICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR. Escala 1:1000.000.
- Cediel F., Shaw, R.P. and Cáceres, C., 2003.** TECTONIC ASSEMBLY OF THE NORTHERN ANDEAN BLOCK, in Bartolini, C., R.T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 815 – 848.
- Diaz, M., Baby, P., Rivadeneira, M. y Christophoul, F. 2004.** EL PRE-APTENSE EN LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA, en La Cuenca Oriente: Geología y Petróleo. IFEA, IRD y PETROECUADOR.
- Dirección General de Geología y Minas, 1975-1986.** MAPA GEOLÓGICO DEL ECUADOR, ESCALA 1:100.000, HOJAS No. 20, 37, 55, 75, 21, 38, 56, 76, 22, 39, 57, 77, 23, 40, 58, 78, 59, 79. Ministerio de Energía y Minas-Ecuador.

- Dunkley, P. y Gaibor A. ,1997.** MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 2° Y 3° S, ESCALA 1:200.000. British Geological Survey y Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica. Ministerio de Energía y Minas, Quito-Ecuador.
- Duque, P. 1992.** CONDICIONES DE FORMACIÓN DE LAS ROCAS METAMORFICAS DE ALTA PRESIÓN DE LA FORMACIÓN RASPAS. Boletín Geológico Ecuatoriano, Vol. 3, No. 1, 63-78.
- Duque, P. 2000.** BREVE LÉXICO ESTRATIGRAFICO DEL ECUADOR. UCP-PRODEMINCA Proyecyo MEM BIRF 3655EC.
- Egüez A. y Poma O. 2001.** LA CUENCA ALAMOR-LANCONES EN EL CONTEXTO GEODINÁMICO DE LOS ANDES DE HUANCABAMBA, SW ECUADOR. Cuartas Jornadas en Ciencias de la Tierra, Memorias, pp 19-22. Escuela Politécnica Nacional.
- Feininger, T. 1982.** THE METAMORPHIC 'BASEMENT' OF ECUADOR. Bulletin of the Geological Society of America. Vol. 93,87-92.
- Feininger, T. 1987.** ALLOCHTHONOUS TERRANES IN THE ANDES OF ECUADOR AND NORTHWESTERN PERU. Can. J. Earth Sci. 24, 266-278.
- Granja, J. 1969.** MAPA GEOLÓGICO DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR, ESCALA 1:1'000.000. Servicio Nacional de Geología y Minería (SNGM)-Institut Francais du Petrole (IFP). Instituto Geográfico Militar, Quito-Ecuador.
- Hughes, R., Bermúdez, R. Y Espinel G. 1999.** MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 0° Y 1° S, ESCALA 1:200.000. British Geological Survey y Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica. Ministerio de Energía y Minas, Quito-Ecuador.
- Hughes, R , Pilatasig, L. F. 2002.** CRETACEOUS AN TERTIARY TERRANE ACCRETION IN THE CORDILLERA OCCIDENTAL OF THE ANDES OF ECUADOR. Tectonophysics 345. ELSEVIER Science B. V.
- Hungerbuhler, D. 1997.** NEOGENE BASIN IN THE ANDES OF SOUTHERN ECUADOR: EVOLUTION, DEFORMATION AND REGIONAL TECTONIC IMPLICATIONS. Diss. ETHZ No. 12371. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.
- Hungerbuhler, D., Steinmann, M., Winkler, W., Seward, D., Eguez, A., Peterson D., Helg, U. and C. Hammer. 2001.** NEOGENE STRATIGRAPHY AND

ANDEAN GEODYNAMIC OF SOUTHERN ECUADOR. Elsevier Science Publishers B. V. Amsterdam.

**Jaillard, E., Ordóñez, M., Berrones, G., Bengtson, P., Bonhomme, M., Jiménez, N., I. Zambrano. 1996.** SEDIMENTARY AND TECTONIC EVOLUTION OF THE ARC ZONE OF SOUTHWESTERN ECUADOR DURING LATE CRETACEOUS AND EARLY TERTIARY TIMES. *Journal of South American Earth Sciences*, Vol. 9, Nos 1/2. Great Britain.

**Jaillard E., Laubacher, G. Bengtson P., Dhondt, A. Bulot L. 1999.** STRATIGRAPHY AND EVOLUTION OF THE CRETACEOUS FOREARC CELICA-LANCONES BASIN OF SOUTHWESTERN ECUADOR. *Journal of South American Earth Science* 12 pp51-68. Elsevier Science Ltda.

**Kerr, A. C., Aspden, J., Tarney, J. and L. F. Pilatasig. 2002.** THE NATURE AND PROVENANCE OF ACCRETED OCEANIC TERRANES IN WESTERN ECUADOR: GEOCHEMICAL AND TECTONIC CONSTRAINTS. *Journal of the Geological Society, London*, Vol. 159, pp 577-594.

**Lavenu A. y Noblet, C. 1990.** ANÁLISIS SEDIMENTOLOGICO Y TECTONICO DE LA CUENCA INTRAMONTAÑOSA TERCIAARIA DE CUENCA (SUR DEL ECUADOR). *Bol. Geol.* , Vol.1, no.1, 1990, pp. 11-25. Quito –Ecuador.

**Lebrat, M. 1985.** CARACTERISATION GEOCHIMIQUE DU VOLCANISME ANTE-OROGENIQUE DE L'OCCIDENT EQUATORIEN : IMPLICATIONS GEODYNAMIQUES. *Documents et Travaux. Centre Geologique et Geophysique de Montpellier No. 6. Université deas Sciences et Techniques du Languedoc. Montpellier, Cedex-France.*

**Litherland, M., Aspden, J. A. and Jemielita, R. A., 1994.** THE METAMORPHIC BELTS OF ECUADOR,. *British Geological Survey, Overseas Memoir 11.*

**Mc Court, W, Duque, P. Pilatasig, L. y R. Villagomez, 1997.** MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL DEL ECUADOR ENTRE 1° Y 2° S, ESCALA 1:200.000. *British Geological Survey y Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica. Ministerio de Energía y Minas, Quito-Ecuador.*

**Mourier, T., Laj C., Megard, F., Roperch, P., Mitouard, P., Farfan, A. 1988.** AN ACCRETED CONTINENTAL TERRANE IN NORTHWESTERN PERU. *Elsevier Science PublishersB.V. EPSL 02617.*

**Petroproducción-Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil (C.I.G.G.), 2004.** ANÁLISIS MICROPALAEONTOLÓGICO DE LAS MUESTRAS SF-46, SF-51 Y F-1 DE SANTA ROSA DE CHICHO, ALAUSÍ. Memorando No. 199-SH-2004. documento no publicado. Ministerio de Energía y Minas, Quito.

**Pilatasig L., Castillo W. y Lima A., 2002.** MAPA PRELIMINAR DE LA ZONA NORTE DE PERU Y SUR DE ECUADOR, ESCALA 1:1.000.000, COMENTARIOS Y OBSERVACIONES Memorando No. 615-DINAGE-CRM-2002. Ministerio de Energía y Minas, Quito-Ecuador.

**Pratt, W., Figueroa, J. y Flores, B.1997.** MAPA GEOLÓGICO DE LA CORDILLERA OCCIDENTAL ENTRE 3° - 4° S, ESCALA 1:200000. British Geological Survey y Corporación de Desarrollo e Investigación Geológico Minero-Metalúrgica. Ministerio de Energía y Minas, Quito-Ecuador.

**Raynald, E. 2000.** LES MAGMATISMES D'AVANT-ARC CRETACE ET NEOGENE DE LA MARGE ANDINE NORD (EQUATEUR-PEROU)IMPLICATIONS GEODYNAMIQUES. Stage de recherche 2000. D.E.A Dynamique de la Lithosphere, des marges océaniques aux Caín de montagne. Université Aix-Marseille III.

**Rollinson, H. 1993.** USING GEOCHEMICAL DATA:EVALUATION, PRESENTATION, INTERPRETATION. LONGMAN SCIENTIFIC & TECHNICAL. John Wiley & Sons, Inc., New York.

**Ruiz, G. M. H., 2002.** EXHUMATION OF THE NORTHERN SUB-ANDEAN ZONE OF ECUADOR AND ITS SOURCE REGIONS: A COMBINED THERMOCHRONOLOGICAL AND HEAVY MINERAL APPROACH. Diss. ETH No. 14905. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

**Sauer, W. 1950.** MAPA GEOLOGICO DEL ECUADOR, ESCALA 1'500.000. Universidad Central del Ecuador y Ministerio de Economía, Dirección General de Minas, Quito.

**Steinmann, M. 1997.** THE CUENCA BASIN OF THE SOUTHERN ECUADOR: TECTONO-SEDIMENTARY HISTORY AND THE TERTIARY ANDEAN EVOLUTION. Diss. ETHZ No. 12297. Swiss Federal Institute of Technology Zurich.

**Ullrich, T. D., 2004.** SUMMARY REPORT ON  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  DATING FOR MAP:GAC ACTIVITY EC-50 ECUADOR. SAMPLES DG-56 AND GA-019. Argon

Geochronology Laboratory. Pacific Centre for Isotopic and Geochemical Research  
Earth & Ocean Sciences, University of British Columbia.

**Vinasco, C. 2004.** EVOLUCAO CRUSTAL E HISTORIA TECTONICA DOS  
GRANITOIDES PERMO-TRIASSICOS DOS ANDES DO NORTE. Tese de  
Doutoramento. Programa de pos-graduacao em Geoquímica e Geotectónica.  
Universidade de Sao Paulo, Brasil.

**Wolf, T. 1892.** CARTA GEOLÓGICA DEL ECUADOR. Instituto Geográfico de H.  
Wagner and E. Debez en Leipzig.

**Wilson, M. 1994.** IGNEOUS PETROGÉNESIS, A GLOBAL TECTONIC  
APPROACH. CHAPMAN & HALL. London-Great Britain.