



T  
552.2  
D335

**ESCUELA SUP**

**CNI**

**DEL**

**OR**

**Facultad de Ingeniería en Ciencia**



EL CONTEXTO GEOLOGICO DE LAS OCURRENCIAS  
DE ORO EN LA CORDILLERA OCCIDENTAL AL ESTE  
DE PONCE ENRIQUEZ  
(PROVINCIA DEL AZUAY Y DE EL ORO, ECUADOR)"

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de

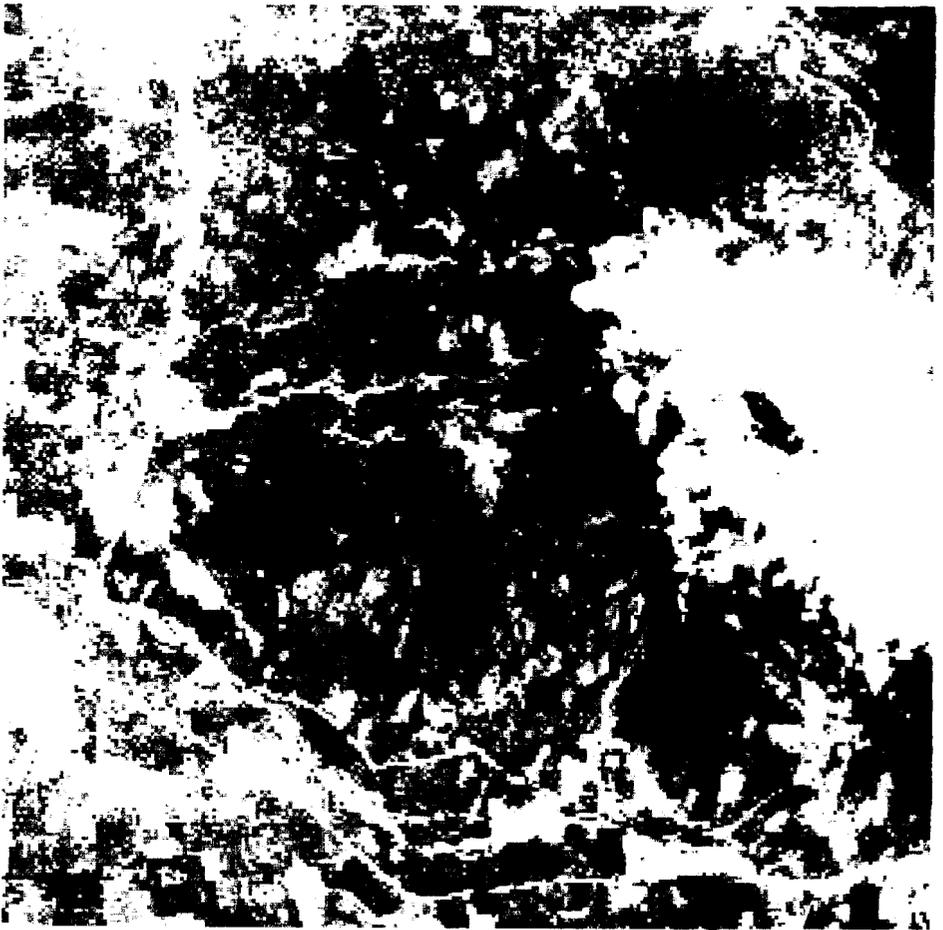
**INGENIERO DE MINAS**

Presentado por:

**JIMMY PANTA LUCAS**

Guayaquil - Ecuador

**1.994**



## A G R A D E C I M I E N T O

Mis sinceros agradecimiento al Sr. Dr. Gerard Laubacher por haber hecho posible la realización de ésta tesis, a la ORSTOM que financió ésta investigación, a la Compañía minera Gribipe S.A. por su acogida y alojamiento en el área de estudio, y al personal docente de la Facultad en Ciencias de la Tierra (ESPOL), en especial al Dr. Walter Camacho N.

# DEDICATORIA

A MIS PADRES

A MIS HERMANOS

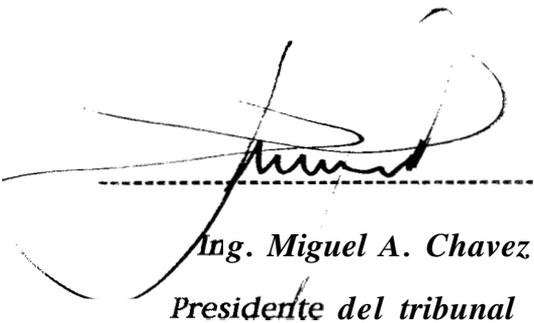
## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en ésta tesis, me corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL).

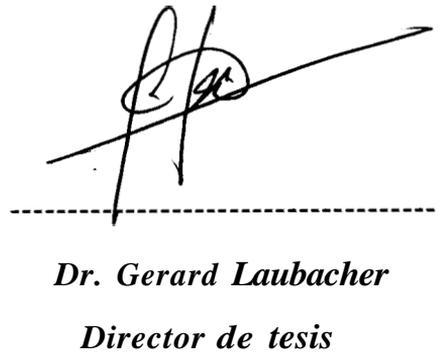
---

Jimmy Panta Lucas



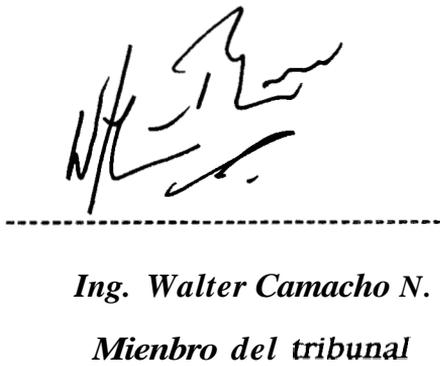
---

*Ing. Miguel A. Chavez*  
*Presidente del tribunal*



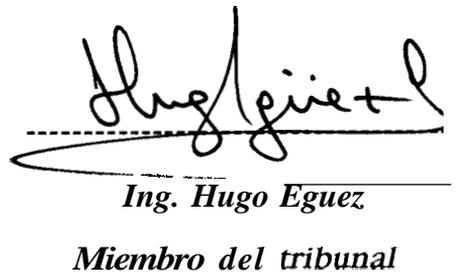
---

*Dr. Gerard Laubacher*  
*Director de tesis*



---

*Ing. Walter Camacho N.*  
*Miembro del tribunal*



---

*Ing. Hugo Eguez*  
*Miembro del tribunal*

## RESUMEN

El área de Ponce Enríquez se ubica en la Cordillera Occidental al sur del Ecuador. Está formada por dos grupos de rocas: 1) volcánicas, de composición mayormente básica, atribuidas a la Formación Macuchi (Eoceno) e 2) intrusivas, de composición granodiorítica, atribuidas tentativamente al Oligo-Mioceno.

La morfología general del área corresponde a crestas que dibujan una forma circular centrada sobre una depresión ocupada por el intrusivo del río Villa. Los buzamientos en las rocas volcánicas confirman la existencia de una estructura en domo. Esta estructura se interpreta como relacionada a la ascensión del intrusivo en forma diapírica.

Se realizó un estudio petrográfico determinándose varios tipos de rocas: basalto, andesita, dacita, porfido hornbléndico y cuarzo-diorita. El volcanismo es esencialmente de tipo basáltico emitido en un ambiente acuoso (presencia de basaltos en almohadas).

La misma cámara magmática que alimentó al cuerpo porfídico, suministró posiblemente también el magma de la fase cuarzo-diorítica utilizando como conducto, fracturas que generaron los dikes.

Estructuralmente el área está afectada por varios sistemas de fallas originadas en diferentes períodos de tiempo. Estos sistemas están en orden cronológico probable: 1) el juego NW-SE y NESW anterior al porfido, 2) el juego NS posterior al porfido y anterior a los dikes de cuarzo-diorita, 3) las fracturas EW que controlaron el ascenso de la fase cuarzo-diorita.

Se han hecho **18** ensayos al fuego sobre muestras de rocas del área. En los 12 ensayos hechos sobre rocas volcánicas Macuchi se han obtenido leyes en oro con **6** g/tn en promedio. Estas rocas volcánicas no son trabajadas

actualmente. El oro evidenciado en éstas rocas podría corresponder a una mineralización volcanogénica lo que sugiere un potencial aurífero interesante para la Formación Macuchi. Los resultados obtenidos con un número limitado de ensayos al fuego sobre el intrusivo porfido hornbléndico y vetas de socavones corresponden a leyes entre 10 g/tn y 21 g/tn. Se supone que éste oro está relacionado genéticamente al magmatismo granodiorítico terciario.

El oro, en el área de Ponce Enríquez, procede de varios tipos de mineralización albergados en diferentes tipos de rocas y emplazado en diferentes períodos,

actualmente. El oro evidenciado en éstas rocas podría corresponder a una mineralización volcanogénica lo que sugiere un potencial aurífero interesante para la Formación Macuchi. Los resultados obtenidos con un número limitado de ensayos al fuego sobre el intrusivo porfido hombléndico y vetas de socavones corresponden a leyes entre 10 g/tn y 21 g/tn. Se supone que éste oro está relacionado genéticamente al magmatismo granodiorítico terciario.

El oro, en el área de Ponce Enríquez, procede de varios tipos de mineralización albergados en diferentes tipos de rocas y emplazado en diferentes períodos,

## INDICE GENERAL.

|   |             |
|---|-------------|
| <b>RESUMEN.....</b>   | <b>VI</b>   |
| <b>INDICE GENERAL.....</b>                                  | <b>VIII</b> |
| <b>INDICE DE FIGU .....</b>                                 | <b>XI</b>   |
| <b>INDICE DE <del>TEX</del>.....</b>                        | <b>XII</b>  |
| <b>INDICE DE FOTOS.....</b>                                 | <b>XIII</b> |
| <b>ABREVIATURA.....</b>                                     | <b>XIV</b>  |
| <br><b>CAPITULO 1</b><br><b>INTRODUCCION.</b>               |             |
| <b>1.1. Objetivos.....</b>                                  | <b>15</b>   |
| <b>1.2. Antecedentes.....</b>                               | <b>16</b>   |
| <b>1.3. Metodología.....</b>                                | <b>17</b>   |
| <br><b>CAPITULO 11</b><br><b>GEOGRAFIA.</b>                 |             |
| <b>2.1. Localización y acceso.....</b>                      | <b>21</b>   |
| <b>2.2. Topografía y drenaje.....</b>                       | <b>24</b>   |
| <b>2.3. Clima y vegetación .....</b>                        | <b>24</b>   |
| <b>2.4. Actividades económicas.....</b>                     | <b>27</b>   |
| <b>2.5. Impacto ambiental de la actividad minera .....</b>  | <b>28</b>   |
| <br><b>CAPITULO 111</b><br><b>GEOLOGIA.</b>                 |             |
| <b>3.1. Cuadro geológico andino y region .....</b>          | <b>32</b>   |
| <b>3.1.1. Las grandes unidades morfoestructurales .....</b> | <b>33</b>   |

|   |    |
|---|----|
| 3.1.2. La Formación Macuchi.....  | 36 |
| 3.1.3. El cuerpo básico de La Cadena.....                                       | 38 |
| 3.1.4. La ígnimbrita La Fortuna.....  | 39 |
| 3.1.5. El Grupo Saraguro.....   | 40 |
| 3.1.6. El Grupo Tarqui.....   | 41 |
| 3.1.7. Los depósitos recientes.....   | 42 |
| 3.2. Geología del área estudiada.....   | 45 |
| 3.2.1. Presentación del nuevo mapa geológico.....                               | 45 |
| 3.2.2. Volcanismo (Formación Macuchi).....                                      | 46 |
| 3.2.3. Plutonismo.....  | 60 |
| 3.2.4. Tectónica.....   | 65 |
| <b>CAPITULO IX</b>  |    |
| <b>GEOLOGIA ECONOMICA .</b>   |    |
| 4.1. Explotaciones de oro en el área de Ponce Enríquez.....                     | 69 |
| 4.2. Plantas de cianuración.....  | 71 |
| 4.3. Muestreo y ensayos al fuego.....   | 71 |
| 4.4. Los tipos de yacimientos en el área.....                                   | 74 |
| 4.4.1. Mineralización aurífera relacionada al volcanismo básico.....            | 76 |
| 4.4.2. Mineralización aurífera relacionado al magmatismo granodiorítico.....    | 77 |
| 4.4.3. Mineralización aurífera en vetas.....                                    | 78 |
| 4.4.4. Oro aluvial.....   | 79 |
| 4.4.5. Modelo de evolución geológico-metalogénico.....                          | 79 |
| 4.5. Implicaciones del modelo sobre el potencial aurífero a nivel regional..... | 80 |

|  |            |
|--|------------|
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>                       | <b>82</b>  |
| <b><i>ANEXO A: Digitalización y Teledetección .....</i></b>      | <b>85</b>  |
| <b><i>ANEXO B: Descripción y análisis petrográfico .....</i></b> | <b>90</b>  |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>   | <b>132</b> |

## INDICE DE FIGURAS.

Fig .

|   |           |
|---|-----------|
| 1. Mapa geológico del Ecuador con ubicación del área _____                        | 22        |
| 2. Carreteros que dan acceso al área de estudio.....                              | <b>23</b> |
| 3. Mapa topográfico digitalizado del área en tres dimensiones.....                | 25        |
| 4. Crestas circundantes con capas que <b>dibujan</b> una estructura en domo. .... | 48        |
| 5. Histograma de ensayos al fuego de las rocas volcánicas.....                    | 75        |
| 6. Mapa de lineamiento binarizado.....  | <b>89</b> |

## INDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| 1. Resultados de ensayos al fuego..... | 72 |
| 2. Cargas usadas en la fundición.....  | 73 |

## INDICE DE FOTOS

Foto

|  |    |
|--|----|
| 1. Textura ofítica (basalto).....  | 51 |
| 2. Tremolita reemplazando a la augita (basalto).....   | 51 |
| 3. Sulfuros metálicos (basalto).....   | 52 |
| 4. Basalto en almohada.....  | 54 |
| 5. Hornblenda en proceso de destrucción .....  | 56 |
| 6. Cuarzo corroído (dacita) .....  | 58 |
| 7. Contacto discordante entre el intrusivo porfido hornbléndico y<br>las rocas volcánicas Macuchi..... | 61 |
| 8. Fenocristales de andesina zonada .....  | 63 |
| 9. Hornblenda alterandose en clorita .....   | 63 |
| 10. Compañía minera Gribipe S.A. y fuerte vegetación .....   | 70 |

## ABREVIATURA

|                 |                            |
|-----------------|----------------------------|
| m.s.n.m.        | metros sobre nivel del mar |
| g               | gramos                     |
| tn              | toneladas métricas         |
| fm              | formación                  |
| m               | metros                     |
| km              | kilómetros                 |
| km <sup>2</sup> | kilómetros cuadrado        |
| mm              | milímetros                 |
| fig             | figura                     |
| mg              | miligramo                  |
| l               | litros                     |

## CAPITULO 1

### INTRODUCCION.

#### 1.1. Objetivos.

El área de investigación, ubicada a unos 40 Km al norte de la ciudad de Machala e inmediatamente al este del pueblo de Ponce Enríquez, se sitúa entre las coordenadas geográficas 3°02' a 3°05' de latitud S y 79°45' a 79°41' de longitud W, cubriendo aproximadamente 50 km<sup>2</sup> de superficie. Es un área donde se desarrolla desde algunos años una gran actividad de prospección para oro. La información existente es escasa y corresponde al mapa geológico muy generalizado a escala 1:1000000 de la Dirección General de Geología y Minas (1982) y en pocos informes, generalmente inéditos de prospección o evaluación minera para oro. Debido a este interés minero recientemente evidenciado, esta área merece un estudio más profundizado de su geología y metalogenia que hasta la fecha han recibido poca atención.

El objetivo de éste trabajo es obtener nueva información básica:

a) sobre las formaciones volcánicas y plutónicas que albergan las mineralizaciones auríferas.

b) sobre las mineralizaciones (localizadas por trabajos mineros), **su**s relaciones con las formaciones encajantes, **su** modo de emplazamiento y las removilizaciones,

c) aportar con la evolución geológica de la región y proporcionar ideas guías para la prospección.

## 1.2. Antecedentes.

Las ocurrencias de oro en el área de investigación se presume que han sido trabajadas en épocas anteriores a la colonia. En 1970, INEMIN suscribió un contrato de exploración del área Ponce con la *Copperfields Mining Corporation*, pero es a partir de 1984 donde comienza realmente la explotación aurífera en el área (Elizalde, 1990).

Existen algunos trabajos en el campo metalúrgico para el tratamiento de oro en la área (Morales, 1992; De la Cadena, 1988; Alonso, 1992 y Villacreses, 1993 entre otros). Estos trabajos están orientados hacia una optimización del proceso hidrometalúrgico (cianuración) utilizado en la recuperación de minerales preciosos. Las conclusiones generales de estos trabajos son muy similares y demuestran que éste proceso aplicado a las arenas (colas) tiene una máxima recuperación en promedio de 80 %.

Sólo existen escasos estudios geológicos. Los principales datos disponibles son: el mapa geológico a escala 1:100000 publicado en

1980 por la Dirección General de Geología y Minas (D.G.G.M., Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Quito), Torres (1985). Las conclusiones generales de estos trabajos previos determinan en el área afloramientos volcánicos e intrusivos generalmente atribuidos al Cretácico y/o Terciario.

Cabe indicar que no se tuvo acceso a algunos informes o trabajos realizados por compañías privadas mineras asentadas en la área, por falta de colaboración.

### **1.3. Metodología.**

#### ***a. Investigación bibliográfica.***

La búsqueda de la escasa información geológica y minera sobre las formaciones geológicas y mineralizadas del área de investigación, se realizó en las instituciones públicas (ESPOL, Universidades, PRONAREG, CODIGEN, etc.) y en empresas privadas mineras.

#### ***b. Procesamiento e interpretación de fotos aéreas y mapa.***

Las fotos aéreas del área fueron interpretadas con ayuda del estereoscopio (WILD). Un extracto de la foto del área de estudio fué scanerizado y procesado mediante el programa PLANETES para la detección de lineamientos. Se digitalizó el mapa topográfico, escala 1:50000 del área de interés para la obtención de un modelo numérico de terreno (MNT) .

El desarrollo de estas técnicas se detallan en el anexo A.

### *c. Cartografía.*

Antes de realizar el trabajo de campo en el área de interés, se realizó un pre-estudio de las fotos aéreas con ayuda del estereoscopio anotando las observaciones hechas en un mapa base, esto es, lineamientos, fallas, posibles capas, límite entre afloramientos rocosos y el Cuaternario.

La base topográfica corresponde a la hoja de la Carta Nacional denominada: Ponce Enríquez, índice J72 1, escala 1:50000 del Instituto Geográfico Militar (I.G.M.), que para el mapeo fué ampliado a 1:25000. El levantamiento del área demandó dos meses, realizándose en varias etapas en función de las facilidades de acceso y alojamiento, llevándose en este lapso investigaciones, muestreos, mediciones estratigráficas y estructurales. Todos los resultados fueron compilados en diferentes mapas (geológico, estructural, etc.)

### *d. Muestreo y análisis petrográfico.*

El muestreo no fué sistemático: se realizó generalmente en función de las facilidades de acceso pero se trató que sea lo más representativo del área. Por la densa cobertura vegetal, los afloramientos de rocas son muy escasos y debido al clima, dichas rocas se encuentran fuertemente alteradas. salvo en cortes de

carreteras o socavones. Para la confección de láminas delgadas, se escogieron las muestras de rocas frescas o pocos alteradas.

El estudio de las rocas se hizo mediante análisis macroscópico y microscópico en secciones delgadas; dichas secciones fueron preparadas en el laboratorio petrográfico de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (ESPOL), utilizando el microscopio polarizante LEITZ WETZLAR. Para la determinación de minerales se utilizaron Mackenzie and Guilford, 1991; Mackenzie y otros, 1991; Kerr, 1965; Roubault y otros, 1963 y para clasificar a las plagioclasas se utilizó el método de Michel Levy.

#### *e. Muestreo para oro y ensayos al fuego*

Para los ensayos al fuego se muestrearon rocas alteradas, vetas y falla-vetas. Los 18 ensayos al fuego fueron elaborados en el laboratorio de Mineralúrgia (ESPOL).

El ensayo al fuego es una técnica antigua que permite obtener datos cualitativos y cuantitativos de diversos metales en muestras de rocas y concentrados; se señala aquí los principales pasos seguidos.

1. Preparación: es el primer paso después del cuarteo y de la homogenización; consiste en la trituración y pulverización de las muestras hasta llegar a una granulometría adecuada (<150 mesh).

**2. Tostación:** se realizó en varias muestras ricas en sulfuros para oxidar dichos sulfuros y facilitar que el plomo fluya hacia el fondo del crisol. Para evitar que las muestras se peguen con el recipiente de barro se le agregó una cierta cantidad de sílice.

**3. Pesada:** se pesó cada uno de los reactivos usados en la fundición (para mayor información vease el párrafo **4.3**).

**4. Fundición:** la carga fundente de cada muestra fué colocada en crisoles bien identificados, los mismos que se fundieron en la mufla a una temperatura de 1100°C; aproximadamente después de 45 a 60 minutos, los crisoles fueron retirados y vertidos en moldes. Como resultado se obtuvo dos fases: escoria (color verde oscura vítrea) y metálica que consiste en boton de plomo.

**5. Copelación:** los botones de plomo son colocados en recipientes llamado copela y fundidos a una temperatura de 950°C. En el fondo de las copelas queda el metal precioso denominado DORE. Dicho metal ya pesado es procesado químicamente mediante un ataque con ácido nítrico para la eliminación de la plata, quedando oro puro. Este último se pesa y después se calcula la ley de oro.

## CAPITULO 11

### GEOGRAFIA

#### 2.1. Localización y acceso.

El área de investigación se encuentra geográficamente enmarcada en las siguientes coordenadas (hoja topográfica de Ponce Enríquez, editada por el I.G.M.).

Latitud sur (3°05',3°02')

Longitud oeste (79°45',79 "41')

El área (fig. 1) se ubica aproximadamente a 150 km al sur-sureste de la ciudad de Guayaquil, inmediatamente al este de la localidad de Ponce Enríquez (cantón Santa Isabel, Provincia del Azuay).

Es accesible por varios carreteros (fig. 2) que entran hacia las minas de la compañía Gribipe S.A. y de la cooperativa Bella Rica. Otros carreteros dan acceso al recinto "La Lopez" y a la planta de cianuración "Rumicurí" al sur y al recinto "Santa Martha Nuevo" al norte del área.

Además se encuentran caminos de herradura que van hacia huertas y potreros y otros que terminan en socavones; en algunos casos se utilizó ríos y quebradas para buscar afloramientos.

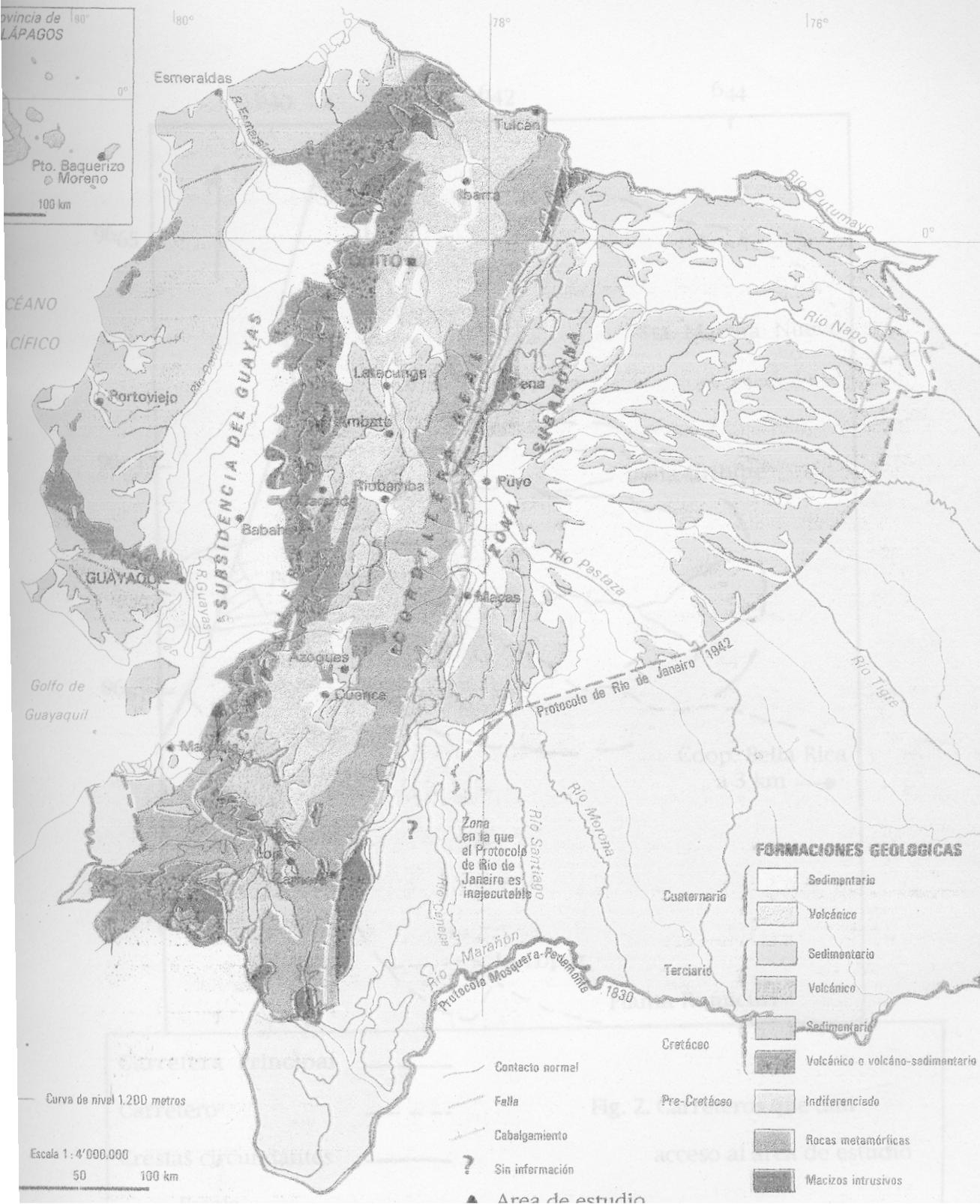
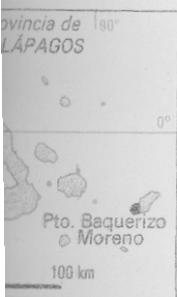
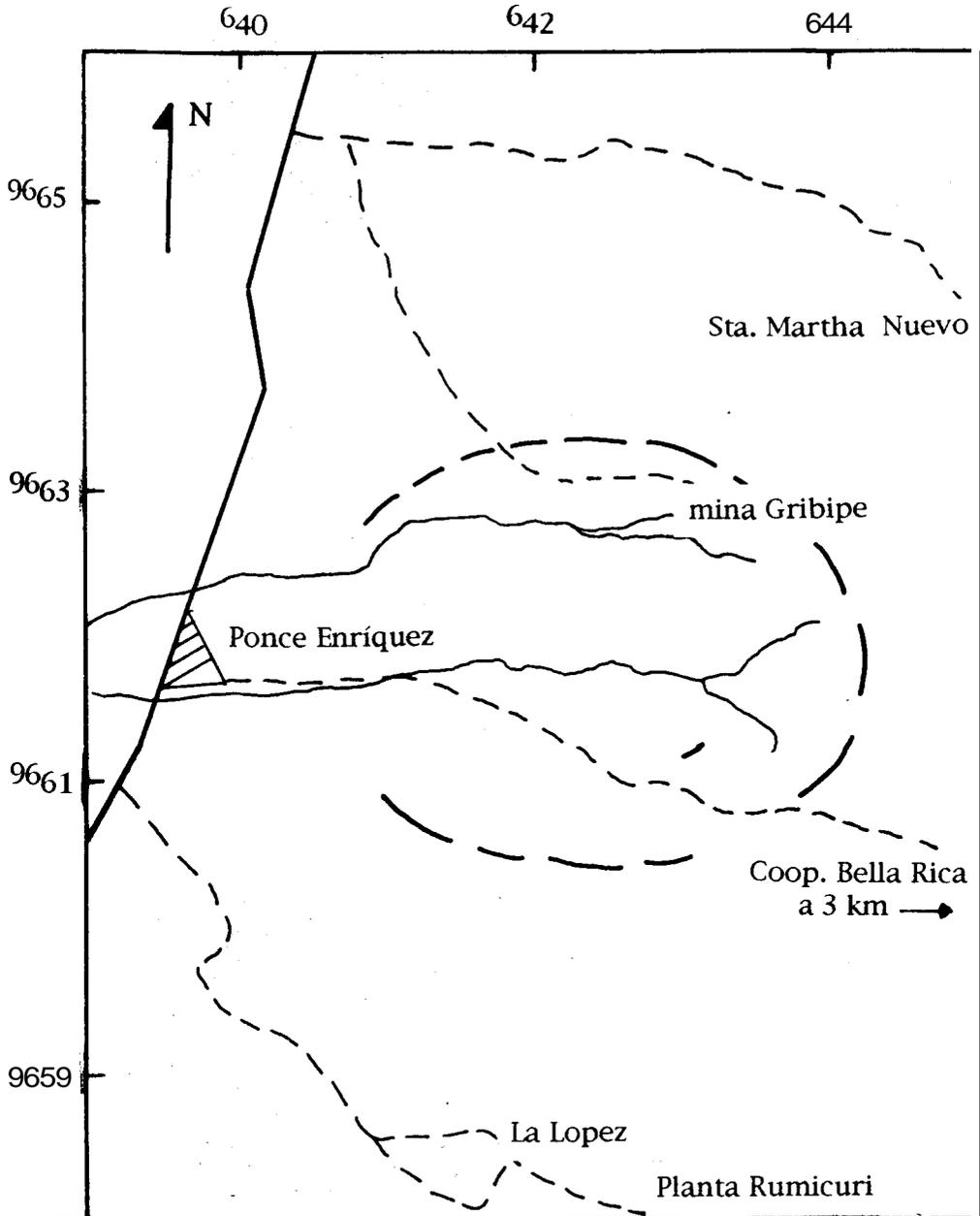


Fig. 1. Mapa geológico del Ecuador con ubicación del área de estudio.



|                      |           |   |
|----------------------|-----------|---|
| Carretera Principal  | ———       | <b>Fig. 2. Carreteros que dan<br/>acceso al área de estudio</b> |
| Carretero            | - - - - - |   |
| Crestas circundantes | ———       |   |

Escala

0 | km

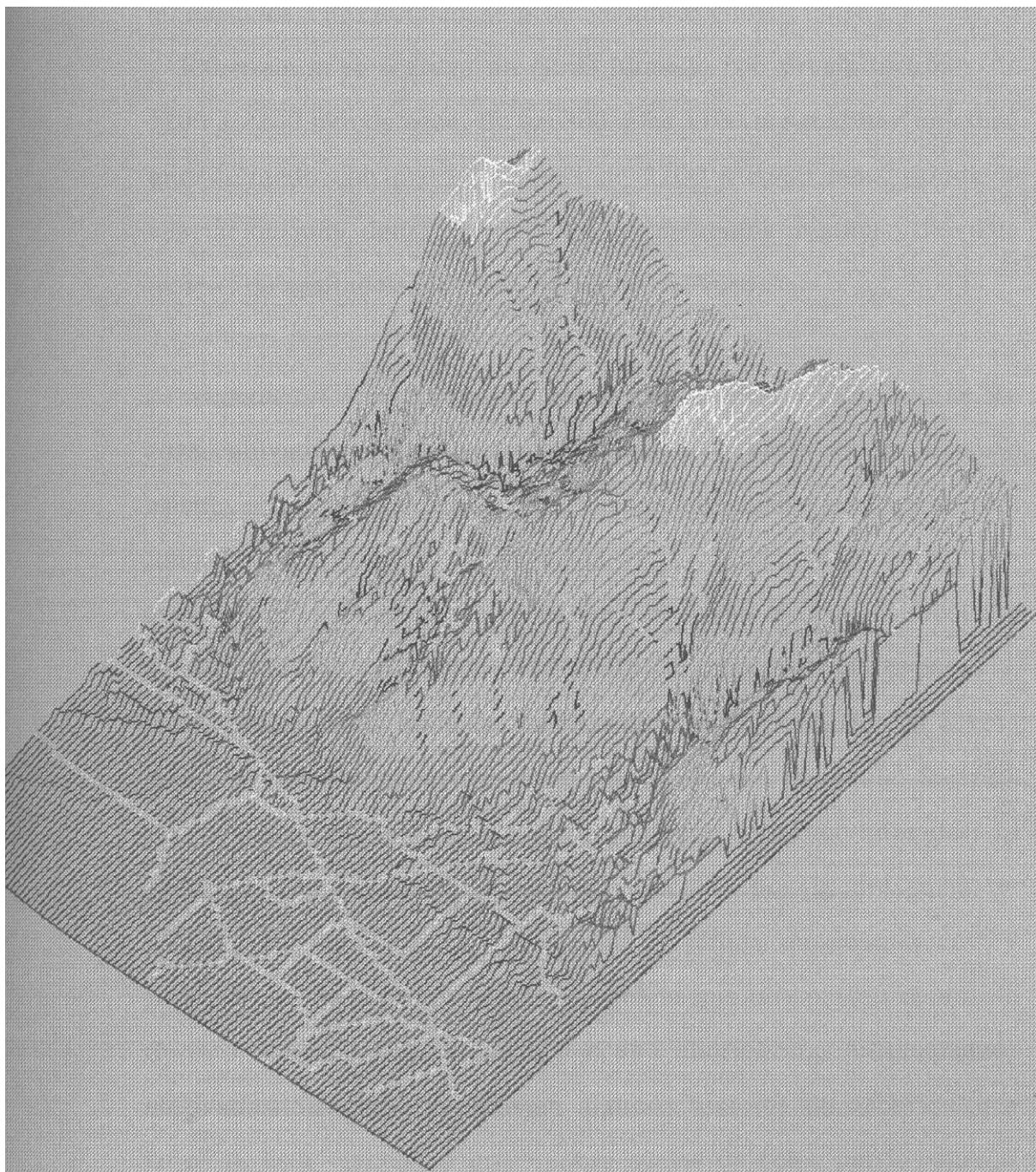
## 2.2. Topografía y drenaje.

El área de estudio corresponde a las últimas estribaciones de la Cordillera Occidental hacia el oeste (fig.3). Más al oeste se extiende la llanura costera sobre unos 25 a 30 km que bordea el Golfo de Guayaquil. El área presenta características montañosas de fuertes pendientes, alturas que sobrepasan los 1100 m.s.n.m., valles en "V" y crestas semi-redondeadas alargadas y angostas, cuya disposición semejan una forma semi-circular abierta hacia el oeste por la erosión de los ríos Villa y Guanache.

El drenaje lo constituyen básicamente los ríos Tenguel al norte y los ríos Nueve de Octubre y Siete al sur; el primero de los nombrados se une con el río Siete. Los ríos Villa y Guanache, que drenan directamente el área, tienen un caudal menor y se unen al río Fermin.

## 2.3. Clima y vegetación.

*El clima* en el área se lo clasifica como tropical, de dos estaciones (Collin, 1982). Diciembre a Mayo corresponde la estación invernal durante la cual las lluvias son abundantes y fuertes, y alternan con períodos de clima despejado. Durante la estación "seca" de Junio a Diciembre, hay casi siempre garúas y neblina. La temperatura varía durante el año dentro de un rango de 24°C a 17°C según la altura (De la Cadena, 1988).



**Fig. 3.** Mapa topográfico digitalizado del área en tres dimensiones

Sin embargo, teniendo en consideración que el área va desde la cota 60 hasta los 1100m.s.n.m, se producen microclimas; entre las cotas 60 y 300 m.s.n.m se registra un clima húmedo con precipitaciones de 1200 a 2200 mm de agua. De los 300 a los 1100m.s.n.m hay un clima muy húmedo con precipitaciones de 2200 a 3500 mm., donde la vegetación muy densa favorece las permanentes neblina y llovizna (mapas de aptitudes agrícola y Morfo-pedológico).

*La* vegetación corresponde a dos zonas: cultivada y de bosque. La zona cultivada se extiende desde las cotas 60 m hasta 300 m.s.n.m.. Se asienta en un suelo compacto de color pardo-rojizo a pardo y textura limo-arcillosa. En el área se presenta una gran diversidad de cultivos como el cacao (dominante), el banano, el café y cítricos. El substrato es duro a suave y pedregoso, con textura arcillosa a arcillo-arenosa y, a más profundidad, arenosa. La zona de bosque, por arriba de la cota de los 300 m.s.n.m., es de difícil acceso y poco cultivada. Se trata mayormente de un bosque tropical denso (alborea húmeda); la existencia de este bosque esta influenciada por la presencia de garúas y neblina. La flora corresponde a apifitas, musgos, líquenes y bromiláceas. En las fotos aéreas se aprecia que una parte importante de este bosque no es primario y ocupa ahora zonas antiguamente cultivadas. Sin embargo, existen algunos sectores de arboricultura tropical. Esta vegetación crece sobre suelos de color pardo-rojizo a pardo y textura arenosa a arcillosa (mapas de Morfo-pedológico y formaciones vegetales y uso actual).

## 2.4. Actividad económica.

Los habitantes de Ponce Enríquez se dedican fundamentalmente a tres tipos de actividades: la explotación del oro, la agricultura y el comercio.

### *a. La explotación del oro.*

En la zona de Ponce Enríquez la actividad aurífera se inició en los años 70 con los trabajos de exploración de la Copperfields Mining Corporation, con el fin de determinar su potencial. Al final del estudio, después del fuerte invierno 1983-84, campesinos invadieron la concesión de la compañía empezando una explotación de tipo informal (Elizalde, 1990).

Actualmente existen varias decenas de asentamientos, tanto en minería informal (cooperativas como El Paraíso, 24 de Mayo, 3 de Enero, Bella Rica y diversas asociaciones de mineros) y compañías mineras (Gribipe S.A., La Millonaria, Prominex, Eurofrut, etc.) dedicadas a la exploración, explotación y/o procesamiento de mineral.

En el área de estudio, ésta actividad provee empleo a centenares de personas en los frontones, plantas de conminución y plantas de cianuración. Los frontones están dispersos en toda el área, explotando vetas; la selección del material con alta ley, en el sitio mismo, es importante para disminuir el costo de transporte y de

molienda. La roca de caja superior e inferior es desechada (material minado); sin embargo, éste mismo material contiene también un porcentaje significativo de oro y en Bella Rica es seleccionado en el botadero y trabajado por los chamberos (niños, ancianos y jóvenes).

Otra fuente de empleo son las plantas de conminución, en las cuales el material seleccionado es pulverizado y tratado, hasta obtener un concentrado y relaves; el propietario de dicha planta cobra por tonelada y además se queda con los relaves. Las plantas de cianuración están ubicadas en la localidad de Ponce Enríquez o cercanías.

#### ***b. Agricultura.***

El pueblo de Ponce Enríquez se encuentra rodeado en **su** mayor parte por plantaciones bananeras y cacaoteras. La minería ha provocado un decaimiento de la agricultura por abandono y falta de atención.

#### ***c. Comercio.***

La actividad minera ha favorecido un fuerte desarrollo del comercio y de los transportes.

### **2.5. Impacto ambiental de la actividad minera.**

La actividad humana en general y más particularmente la actividad minera aurífera tiene un fuerte impacto sobre el ambiente del área.

En el caso de la extracción del oro éste impacto depende del método, del tipo de tecnología y de las sustancias químicas usadas: se trata principalmente del cianuro y mercurio que se pierden en el procesamiento del oro, al igual que los sólidos suspendidos conminuados en la minería y arrastrados por los ríos, inciden sobre el ambiente.

Debido a su alto nivel tóxico y su comportamiento en el ciclo biológico donde es bio-acumulativo, el mercurio y el cianuro son muy peligrosos.

El mercurio, en el proceso de amalgamación, tiene pérdidas 1) al inicio del proceso, 2) por exceso de mercurio en el cedazo y 3) durante el calentamiento de la masa amalgamada. Este mercurio se escapa hacia la atmósfera en estado líquido y gas: el primero afecta al suelo y al agua, el segundo precipita en forma de lluvia. Una vez en la atmósfera, el mercurio se comporta como un ciclo hidrológico y puede acumularse en las plantas, los animales y seres humanos. Para éstos últimos, el mercurio puede causar deterioro en la salud por inhalación, absorción a través de la piel, absorción de alimentos contaminados directamente o durante el ciclo biológico.

El cianuro, al igual que el mercurio, afecta al medio ambiente durante el proceso de cianuración. 1) por desborde de las piscinas con relaves tratados con la solución sodio-zinc-cianuro, 2) por descuido del cianuro almacenado. El cianuro es también altamente tóxico para las plantas, los animales y para la salud humana. A

diferencia del mercurio, los efectos del cianuro sobre el medio ambiente van disminuyendo a medida que se aleja de la zona afectada: el cianuro y **sus** componentes pierden toxicidad por dilución, procesos de biodegradación, volatilización y fotodegradación.

Los sólidos suspendidos constituyen otra forma de contaminación minera y tienen impactos diferentes, según el proceso específico usado. La removilización del material, en los procesos de concentración y extracción, producen materiales con granulometría fina que se descargan en los ríos. Altos niveles de sólidos suspendidos o suspensión coloidal en un río pueden tener efectos dramáticos sobre el régimen hidrológico, la sedimentación y la bioproductividad (plantas y animales) del río y áreas aledañas.

En el área, Torres (1990), y Jennifer y otros (1994) realizaron estudios geoquímicos del agua y sedimentos en los ríos Margarita, Siete, Guanache, Villa, Fermin, Tenguel y la quebrada La Florida (contaminada) proveniente de la cooperativa minera Bella Rica. *Los resultados de los 10 sitios muestreados sugieren que la contaminación por mercurio y cianuro está actualmente limitado a los ríos Siete y Guanache.*

En todos los ríos, los análisis revelan que los sólidos suspendidos son los principales contaminantes. Comparando los datos de 1990 y 1994 el incremento de los sólidos suspendidos es del orden del 50% que indudablemente refleja un incremento en la actividad minera.

Para el mercurio, el valor normal en las aguas no contaminadas no sobrepasa 0.0005 mg/l. En el río Guanache y sobretodo en el Siete se encontró concentraciones anómalas en los sedimentos. Una comparación entre los resultados de 1990 y 1994 muestran un fuerte incremento de 0.00088 mg/l a 0.0013 mg/l respectivamente en el río Siete.

El cianuro muestra concentraciones altas solamente en el río Siete donde se obtuvo valores de 0.9 mg/l directamente detrás de las plantas de cianuración y de 0.0825 mg/l, aguas abajo, en el puente de la carretera principal.

En conclusión, es indudable que la actividad minera de la región de Ponce Enríquez es un centro de contaminación importante que tiende a crecer a medida que se desarrolla la explotación. La contaminación por mercurio parece ser mayormente el resultado de la explotación informal que hace pocos esfuerzos para controlar la fuga de mercurio. Al contrario la contaminación por cianuro se debe esencialmente a las plantas de cianuración. Por fin, la contaminación por sólidos suspendidos procede tanto de la minería informal como de las compañías.

## CAPITULO 111

### GEOLOGIA.

#### 3.1. Cuadro geológico andino y regional

La Cordillera de los Andes del Ecuador se constituyó por el enfrentamiento entre las fuerzas antagónicas de la litósfera oceánica del Pacífico y el margen continental ecuatoriano desde los principios del Mesozoico. Los estudios (Sauer, 1965; Goossens, 1974; Lebrat, 1985; Baldock, 1982; Henderson, 1979 y 1981 entre otros) evidencian 1) una historia pre-Eoceno superior con fenómenos muy complejos como acreción de microbloques de naturaleza continental y/o oceánica 2) una historia post-Eoceno superior de tipo "andino" o mejor dicho relacionado al funcionamiento de la subducción frente a la costa ecuatoriana y cuyo resultado más visible es la existencia de un arco volcánico continental todavía activo.

Actualmente el dominio oceánico frente a la costa ecuatoriana está caracterizado por la existencia de un relieve submarino llamado "Carnegie Ridge". Dicho relieve se está subductando en la fosa ecuatorina-colombiana que marca la subducción de la placa de Nazca bajo el margen continental frente al Ecuador.

### 3.1.1. Las grandes unidades morfoestructurales.

El territorio continental del Ecuador comprende, del oeste hacia el este, las siguientes unidades geomorfoestructurales que están relacionadas a la subducción:

- **La Zona Costera**, se extiende al oeste de la Cordillera, con un ancho de alrededor de 200 km al norte del Golfo de Guayaquil y con un ancho inferior de 40 km al este de éste mismo golfo. Dicha zona esta constituida por relieves menores a los 700 metros y amplias cuencas, de las cuales la principal es la cuenca del Guayas. La constitución geológica de la zona costera corresponde a un sustrato de litósfera oceánica (Formación Piñon, Cretácico pre-Turoniano) con una cobertura volcánica y sedimentaria de edad Cretácico superior a Terciario superior.

- **La Cordillera Occidental**, separada de la zona costera por una zona de grandes fracturas NNE-SSW, corresponde a una faja de altos relieves alcanzando 6300 m. con el volcan Chimborazo. En términos geológicos la Cordillera Occidental esta constituida por litósfera oceánica (Fm Piñon), rocas volcánicas y sedimentarias generadas en un ambiente oceánico (arco-isla Macuchi, Fm Yunguilla, Fm Silante, etc., de edad pre-Eoceno superior). El límite este de dichas formaciones es una sutura ofiolítica (falla de Pújilí, mapa geológico del Ecuador, 1/1000000 1993) que las separa de un

conjunto de rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias generadas en un ambiente continental. Por encima yacen rocas volcánicas y volcanosedimentarias mayormente de edad Neógeno y Cuatemario.

- ***La Depresión Interandina***, se extiende entre la Cordillera Occidental y la Cordillera Oriental, corresponde a un graben que empezó a funcionar después del Eoceno. Su substrato consta de rocas metamórficas, volcánicas y sedimentarias de edad pre-Eoceno superior, las mismas que afloran en las Cordilleras Occidental y Oriental. El relleno post-Eoceno comprende depósitos continentales sedimentarios y volcánicos sedimentados en cuencas intramontañas.

- ***La Cordillera Oriental o Real***, corresponde a una faja NNE-SSE de altos relieves que domina hacia el oeste la depresión interandina y hacia el este la cuenca amazónica. La Cordillera Oriental consta de rocas metamórficas de bajo a alto grado y de rocas intrusivas mayormente graníticas, cuya edad va del Paleozoico al Cretácico (Aspden y otros, 1992). También afloran rocas volcánicas terciarias, mientras que algunos de los más altos relieves corresponden a volcanos cuatemarios y/o actuales (Cotopaxi 5800 m, etc...).

- ***La Faja subandina***, con alturas que van de 400 m a 2500 m y cabalgada al oeste por la Cordillera Oriental, constituye

una faja de colinas de dirección NNE-SSW de hasta 100 km. de ancho. Se trata de formaciones volcánicas y sedimentarias paleozoicas a terciarias, que fueron plegadas durante el Neógeno (Tschopp,1948)

- *La Llanura Amazónica u Oriente*, al pie de la faja subandina corresponde una cobertura Paleozoica a Cuaternaria del Escudo Guyanés (Precámbrico) poco deformada.

El área de estudio pertenece a la vertiente pacífica de la Cordillera Occidental de los Andes sur ecuatorianos. En el mapa geológico 1:100000 de Machala se distinguen varios conjuntos sedimentarios, volcánicos y plutónicos cuyas edades van desde el Cretácico hasta el Cuaternario. Estas corresponden a la Formación Macuchi atribuída al Cretácico, volcánico La Fortuna atribuída al Cretácico superior, cuerpo básico La Cadena (Cretácico superior a Terciario inferior). Sobre estas formaciones están: el Grupo Saraguro (Oligoceno a Mioceno), la Formación Tarqui (Plioceno) y depósitos recientes. En el mapa de Machala afloran también rocas plutónicas, de composición variada, cuya edad, es mal conocida, se presume ser post-Eoceno superior. Las Únicas edades radiométricas reportadas en la Cordillera Occidental del sur de los Andes son de la tonalita de Chaucha (10 Ma, Muller-Kahle 1970 y 12 Ma, Snelling in, Bristow y Hoffstetter 1977). El basamento metamórfico mencionado en el mapa de

Machala, no aflora en los alrededores de la zona estudiada y corresponde a afloramientos del bloque de Tahuin.

Más adelante veremos que éstas atribuciones y edades son cuestionadas por algunas observaciones de campo.

### 3.1.2. **La Formación Macuchi.**

Gran parte de la vertiente pacífica de la Cordillera Occidental del Ecuador, esta compuesta de una potente secuencia de rocas volcánicas básicas, originalmente denominada "Formación Porfirítica y Diabásica" (Sauer 1965) o también "Piñon de la Sierra" (S.N.G.M., 1969). Actualmente está conocida como Formación Macuchi (Bristow y Hoffstetter, 1977). Considerada como de edad Cretácica superior por Sigal (1968) y Faucher et Savoyat (1973), nuevos descubrimientos fosilíferos por Henderson (1979 y 1981) y Bourgois et al (1990), sugieren que la Formación Macuchi incluye sedimentos del Eoceno. Henderson (1981) reporta una edad radiométrica K-Ar de 51,5 Ma (Eoceno inferior) obtenida por Cotecchia y Zezza (1969) sobre volcánicos atribuidos a la Formación Macuchi. Por otra parte, en la Cordillera Occidental al norte de Ecuador Van Thournout y Quevedo (1990) describen un complejo volcánico y sedimentario de arco y tras-arco fechado del Eoceno por K-Ar y que atribuyen en parte al arco Macuchi. En realidad, la extensión, la posición estratigráfica y la edad del arco

Macuchi siguen siendo muy controvertidos. Juteau y otros (1977), Raharijaona (1980), Baldock (1982), Lebrat (1985) y Aguirre & Atherton (1987) han tratado de esclarecer el origen, las características petrográficas y geoquímicas de ésta formación.

Según Baldock (1982, 1985) la Formación Macuchi comprende cerca de 8 km (pero sólo 2 km para Aguirre & Atherton, 1987) de lavas andesíticas a basálticas, rocas volcanoclásticas de la misma composición e intercalaciones sedimentarias.

Las lavas varían de porfiríticas de grano fino a afaníticas, de macizas a vesiculares y de color gris verdoso a gris. Las lavas de composición basáltica muestran frecuentemente estructuras de almohadas (Henderson, 1981). Los basaltos presentan plagioclasa, piroxeno (augita), anfíbol (hornblenda verde y actinolita reemplazando a los piroxenos), clorita, epidota y minerales opacos (Lebrat, 1985; Aguirre y Atherton, 1987).

Estas lavas están interestratificadas con potentes estratos de brechas dacíticas a basálticas. Localmente ocurren sedimentos constituídos de grauwacas, de lutitas detríticas silicificadas y de calizas (Fauchery Savoya, 1973, Henderson, 1979).

Las rocas volcánicas de la Fm Macuchi están afectadas por un metamorfismo no deformativo de bajo grado, caracterizado por zeolita, pumpelita y esquistos verdes (Aguirre y Atherton, 1987). Un estudio geoquímico realizado por Lebrat 1985, basado principalmente sobre un análisis y una interpretación del espectro de los elementos en trazas (elementos raros de la tierra), concluyó que los basaltos y andesitas de la Formación Macuchi son de naturaleza toleítica y *se* originaron en un arco-ísla oceánico.

Las conclusiones de Lebrat se asemejan a las anteriormente expuestas por Henderson (1979), Feininger (1980) que también han interpretado a la Formación Macuchi como un arco insular adherido a la placa sudamericana por el rompimiento de una paleozona de subducción.

***En la hoja Machala,*** la Formación Macuchi se describe como constituida por lavas andesíticas y basálticas interestratificadas con tobas, areniscas y limolitas volcánicas. Al este de Ponce Enríquez se indican lavas andesíticas porfiritas ricas en sulfuros, con rumbo aproximado NS y probable buzamiento hacia el W.

### **3.1.3. El Cuerpo Básico de La Cadena.**

Este cuerpo (mapa geológico de Machala) está constituido de basaltos macizos, de color gris oscuro, que afloran en el

cauce del río Chaguana cerca de la localidad La Cadena donde fué definida la formación, a unos 15 km al este de El Guabo. Son derrames con marcada estructura columnar en posición discordante sobre volcánicos de la Formación Macuchi. La matriz generalmente afanítica contiene pequeños cristales de piroxeno y una cierta cantidad de plagioclasa. Las observaciones hechas en el campo muestran que a los basaltos se encuentran asociados volcánico andesítico y niveles volcanoclásticos ácidos a intermedios.

Al basalto La Cadena se ha atribuído tentativamente una edad Cretácico superior por su posición estratigráfica. Sin embargo, por la diversidad de rocas observadas no se puede descartar que sea más joven, p. ej. Oligo-Mioceno.

#### **3.1.4. La ígnimbrita La Fortuna.**

Rocas de ésta formación afloran al norte de la localidad de La Cadena, donde constituyen las colinas de los cerros La Fortuna, donde fué defínida la formación. Las capas buzan nítidamente al SW y la Formación La Fortuna se presume discordante sobre la Formación Macuchi. No se pudo observar esta discordancia en el campo pero se nota bastante bien en las fotos aéreas por el aspecto morfológico. En la colina de El Vergel, 2 km al sureste de El Guabo, se describen (mapa geológico de Machala) ígnimbritas, riodacitas, tobas y conglomerados con fragmentos de rocas volcánicas ácidas y

granodioríticas que también pertenece a la Formación La Fortuna. Estas rocas volcánicas presentan una matriz afanítica silicificada, con cuarzo cristalino de uno a dos milímetros de diámetro, feldespato y piroxeno alterado.

A la Formación La Fortuna se ha atribuído una edad Cretácico superior a Terciario inferior por su posición estratigráfica (mapa geológico de Machala). Sin embargo, su posición estratigráfica sobre el cuerpo básico de La Cadena y su composición muy ácida, sugiere más bien que se trata de un evento probablemente relacionado a la subducción Oligo-Neógena. En realidad, tanto el cuerpo básico La Cadena como las ígnimbritas La Fortuna, son denominaciones locales y ambas formaciones probablemente son de edad post-Eoceno.

### **3.1.5. El Grupo Saraguro.**

El Grupo Saraguro fué defínido en la región de Saraguro por Kennerly (1973), donde descansa discordantemente sobre rocas metamórficas.

Constan de lavas andesíticas y riolíticas, ígnimbritas y sobretodo de piroclastos (Baldock, 1982). Localmente existen sedimentos interestratificados. Los piroclastos varían desde tobas finas hasta aglomerados gruesos. La edad del Grupo Saraguro varía según los autores del Paleógeno al Neógeno.

Una edad K-Ar de 26 ma (Snelling 1974, in Bristow et Hoffstetter, 1977) corresponde al límite Oligoceno-Mioceno.

En la hoja Machala, las rocas atribuídas al grupo Saraguro constan de lavas andesíticas y riolíticas con piroclásticos ácidos. Estas rocas descansan sobre otros volcánicos atribuídos a la Formación Macuchi y más al este en la zona de Chaucha sobre rocas metamórficas. Dichas relaciones estratigráficas no permiten tener mucha precisión para fechar éstas rocas y sólo sugieren su correlación con el Grupo Saraguro.

### **3.1.6. El Grupo Tarqui.**

Cerca del pueblo de Tarqui, al SSW de Cuenca (Schneider-Scherbina, 1965) fué defínida la Formación Tarqui, pero aqui usaremos el término de "Grupo Tarqui" para designar el conjunto de rocas volcánicas y volcano-sedimentarias discordante sobre el Grupo Saraguro. La edad de la Formación Tarqui se considera pleistocénica en base a la datación de una muestra de madera fósil (Baldock, 1982). Sin embargo, la edad del "Grupo Tarqui" es todavía mal defínida y asumimos que agrupa rocas volcánicas cuya edad va del Plioceno al Cuaternario.

En los mapas geológicos, gran parte de la Sierra Sur del Ecuador aparece cubierta por los depósitos volcánicos del

"Grupo Tarqui" donde predominan los piroclásticos de composición riolíticas a andesíticas, lavas dacíticas a riodacíticas, tobas, cenizas e ígnimbritas, generalmente caolinizadas y/o silicificadas. Horizontes sedimentarios aparecen muy esporadicamente (Baldock, 1982). En la zona alta de la Cordillera Occidental (región de Angas), afloran también rocas atribuídas al "Grupo Tarqui" (Van Thournout y Guzman, 1988).

Recientemente, en la región de Cuenca y de Nabon (al sur del Ecuador), se han obtenido edades miocénicas (K-Ar, Laveny y otros, 1992; F-T, Winckler y otros, 1993) sobre muestras de rocas volcánicas atribuídas previamente al Plioceno-Pleistoceno. La ausencia de edades pliocénicas y cuaternarias en esta región, lleva a estos autores a concluir que la Formación Tarqui y el volcanismo pliocénico, en el sur del Ecuador, su extensión es mucho más reducida de lo que se pensaba. Sin embargo, no es seguro que ésta hipótesis sea también válida para los afloramientos de "Tarqui" cartografiados en la Cordillera Occidental.

### **3.1.7. Los Depósitos recientes.**

En la hoja Machala, los depósitos recientes se describen como terrazas (conos), aluviales y coluviales todos considerados de edad Holoceno.

Las observaciones hechas en el campo permiten proponer un esquema bastante diferente. Los ríos que vienen de la Cordillera desembocan en el Golfo de Guayaquil. En las zonas altas dominan los fenómenos de erosión, mientras que en las zonas bajas predominan los procesos de acumulación. En ésta última zona, los depósitos recientes que se observan sobre las fotos aéreas e imágenes satélites (Laubacher y Soubrane, 1994) corresponden principalmente a abánicos de conos, terrazas aluviales y pantanos (manglares) en la interfase mar-tierra.

Otros depósitos frecuentes son los coluviales y los deslizamientos de pendiente

#### **a. *Los depósitos aluviales***

##### **- Los Conos.**

En la salida de los valles, el desemboque de los ríos en la llanura costera se marca casi siempre por la formación de una secuencia de abánicos-conos. Al sur de Guayaquil observamos así hasta tres generaciones de conos encavados. Esta disposición, con los más jóvenes cavados en los más antiguos, indica tres episodios de levantamiento de la Cordillera referente al nivel del mar. La litología corresponde generalmente a bloques y cantos, más o menos redondeados, cuyo tamaño disminuye hacia la llanura. El más

antiguo de estos conos es el potente abánico de El Triunfo al ENE de Pasaje que domina varios decenas de metros al río Jubones. Los conos más bajos que pasan en continuidad a la llanura costera son los más jóvenes.

#### - **Las terrazas aluviales.**

La llanura costera corresponde a una zona de acumulación de depósitos aluviales. Estos depósitos constan de conglomerados, gravas, arenas y arcillas, la proporción de finos aumentan hacia el Golfo. En las fotos aéreas y en las imágenes satélites se nota, por los paleocausas a veces bien visibles (río Jubones y Siete), que los ríos han barrido una amplia zona entre los conos y el mar. En realidad se observan un número reducido de superficies o terrazas, todas jóvenes y en relación con el último sistema de conos. Eso se debe muy probablemente a la subsidencia de la zona costera que favoreció la fosilización de las terrazas antiguas.

En la franja costera anegada durante la pleamar y emergida durante la bajamar, se encuentran arenas de distinta granulación, arcillas, limos y lodos sobre las cuales se desarrollan manglares (mapa geológico de Machala). La existencia de manglares en la costa, al sur de Guayaquil asevera la tendencia al hundimiento de dicha zona.

### **b. *Los depósitos coluviales.***

En la fachada costera se observan raramente grandes masas coluviales. Se trata generalmente de pequeños deslizamientos y coladas de barros a veces intercalados en los conglomerados de los conos.

## **3.2. Geología del área estudiada.**

### **3.2.1. Presentación del nuevo mapa geológico.**

El objetivo inicial fué una cartografía geológica de una zona, bastante extensa, desde el río Tenguel hasta el río Jubones. Debido a las dificultades de acceso y de transporte se decidió reducir la zona al área minera de Ponce Enríquez.

Los documentos utilizados fueron principalmente el mapa topográfico 1:50000 (hoja de Ponce Enríquez) y fotos aéreas. Una imagen satélite de la zona no fué utilizada por la importante cobertura de nubes y no se tuvo acceso a las imágenes de radar existentes (Clirsen).

Para facilitar la cartografía geológica del área se amplió parte de una foto aérea desde 1:60000 hasta 1:13000 que fué utilizado para confeccionar un mapa básico a la misma escala. Sobre éste mapa base se compilaron las observaciones realizadas en el campo (afloramientos, buzamientos de capas

y fallas) e interpretadas en la foto aérea (fallas, fracturas y dikes inferidos). La confección del mapa geológico se benefició también con la determinación de las rocas en las láminas delgadas. La síntesis de los datos existentes permitió elaborar un mapa geológico y estructural en el cual aparecen dos grandes grupos de rocas: 1) un grupo de rocas volcánicas mayormente básicas que han sido atribuída a la Formación Macuchi; 2) un grupo de rocas plutónicas, mayormente de composición granodiorítico, que intruyen a la formación volcánica. También se pudo identificar un gran número de fallas que afectan ambos grupo de rocas, pero las rocas volcánicas, en su mayoría, han sufrido un tectonismo más fuerte que las rocas plutónicas.

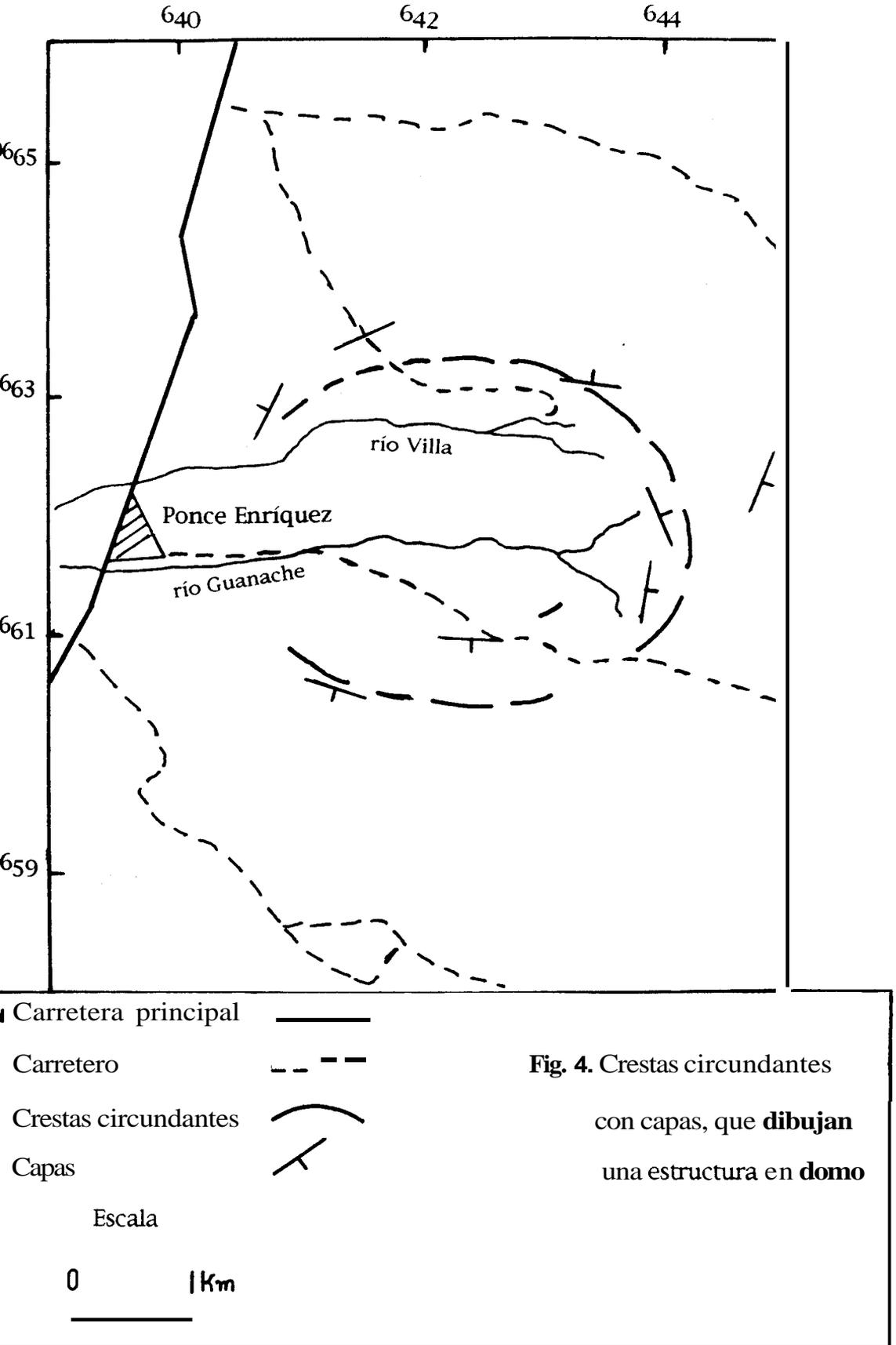
### **3.2.2. Volcanismo (Formación Macuchi).**

#### ***a. Geometría de los afloramientos: una estructura en domo.***

El área de interés esta cubierta por una densa vegetación y es de acceso difícil. Por lo tanto, hay pocos afloramientos de buena calidad lo que dificultó la cartografía. Además, las posibilidades de medir buzamientos en los depósitos volcánicos fueron escasas debido a la naturaleza generalmente maciza de la roca. Sin embargo, los buzamientos obtenidos en las crestas circundantes en el área y la morfología general de dichas crestas, sugieren la

existencia de una estructura circular, abierta hacia el oeste frente al pueblo de Ponce Enríquez. Esta forma circular aparece también claramente en el mapa digitalizado (fig. 3) y en la foto aérea de la zona. Las crestas están constituidas de niveles estratificados de rocas volcánicas y la depresión central, drenada por los ríos Villa y Guanache, está ocupada en parte por la concesión de la compañía minera Gribipe, aflorando un intrusivo de varias hectáreas de superficie. Geólogos de dicha compañía consideran la posibilidad de que se trate de una caldera magmática; las observaciones no permiten confirmar ésta hipótesis. El tamaño relativamente reducido de la estructura y del intrusivo, la no observación de rasgos tectónicos característicos de una caldera (fajas de brechas asociadas a un sistema de fallas dibujando formas circulares y un volcanismo efusivo diversificado) sugieren más bien que se trate de una estructura en domo (fig. 4) con un núcleo intrusivo.

La génesis de esta estructura en domo queda sujeto a interrogaciones. Una posibilidad, que parece la que mejor explica el caso con los datos disponibles, es una deformación en domo, en relación con el emplazamiento del núcleo intrusivo del río Villa por diapirismo.



***b. Las facies volcánicas: caracterización petrográfica.***

Las rocas volcánicas del área conforman más del 90% de los afloramientos. En general, están representadas por rocas de grano fino con textura afanítica, de color gris oscuro a verdusco cuando son frescos. Mayormente son macizos, pero se han observado unos niveles con aspecto estratificado y más raramente brechas de flujo volcánico. Se trata principalmente de basaltos, andesitas y dacitas. No se han encontrado intercalaciones de rocas sedimentarias o volcanosedimentarias.

Al este del área, en Bella Rica, afloran también rocas volcánicas basálticas y/o andesíticas con epidota y calcita, asociadas a abundantes brechas volcánicas. De esta zona se recogió pocas muestras; todas son rocas volcánicas del mismo tipo **que** el área de estudio, pero generalmente son más alteradas (abundancia de epidota y calcita).

**1. Las rocas basálticas.**

Los basaltos constituyen la mayor parte de los afloramientos del área y en consecuencia forman la mayoría del muestreo (17 muestras, mapa petrográfico). Dentro de estas muestras se pudo distinguir dos tipos de basaltos:

### - Los basaltos s.s.

Los basaltos s.s. constituyen la gran mayoría de los basaltos (16 muestras). El examen microscópico muestra una textura vitrofítica a ofítica (foto 1), sin ninguna orientación preferencial, salvo en pocos casos donde la textura es radial (tremolita) y vítrea. Las láminas están compuesta esencialmente por plagioclasa (andesina o labradorita) anhedral, clinopiroxenos (augita verde palida y pigeonita amarillo palido en LN) subhedrales a anhedrales. Los clinopiroxenos están más o menos alterados en epidota, clorita y tremolita, éste último que a veces reemplaza totalmente a los clinopiroxenos (foto 2). Estas rocas contienen minerales opacos dispersos. También hay pequeñas geodas y fracturas que contienen minerales opacos y un relleno con aspecto de feldespatos pero que podrian ser zeolitas (Lebrat 1985). Además, la hornblenda verde, subhedral a anhedral, alterada en epidota y clorita, está presente en algunos basaltos.

Una variedad de los basaltos s.s., que llamamos basalto bandeado (lámina 31), corresponde a una roca en la cual los minerales opacos son alineados y concentrados en "capas" subparalelas de espesor milimétrico (foto 3). Estas capas se presentan como vetillas de feldespato dentro de los basaltos s.s., el contacto entre ambos se marca por una estrecha zona de microcristales de feldespato y clinopiroxenos. Obviamente



Foto 1. Basalto (lámina 39). Se observa la textura ofítica propia de los basaltos (cruse de plagioclasas) y augitas incrustadas entre estos.

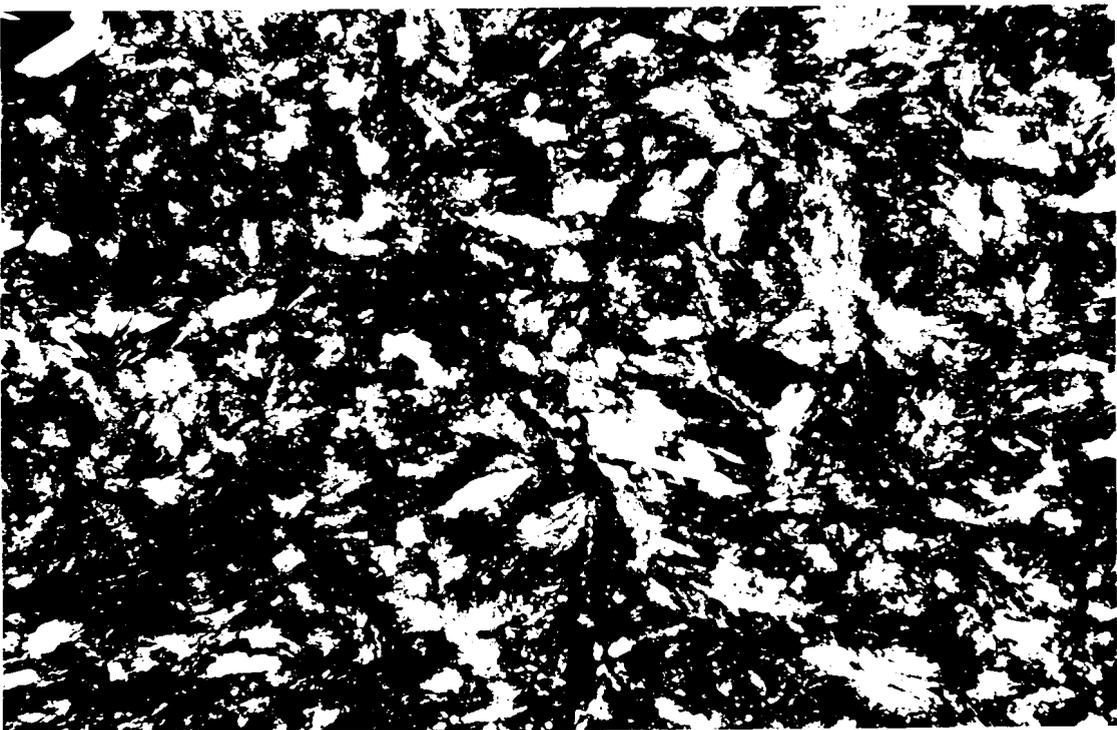
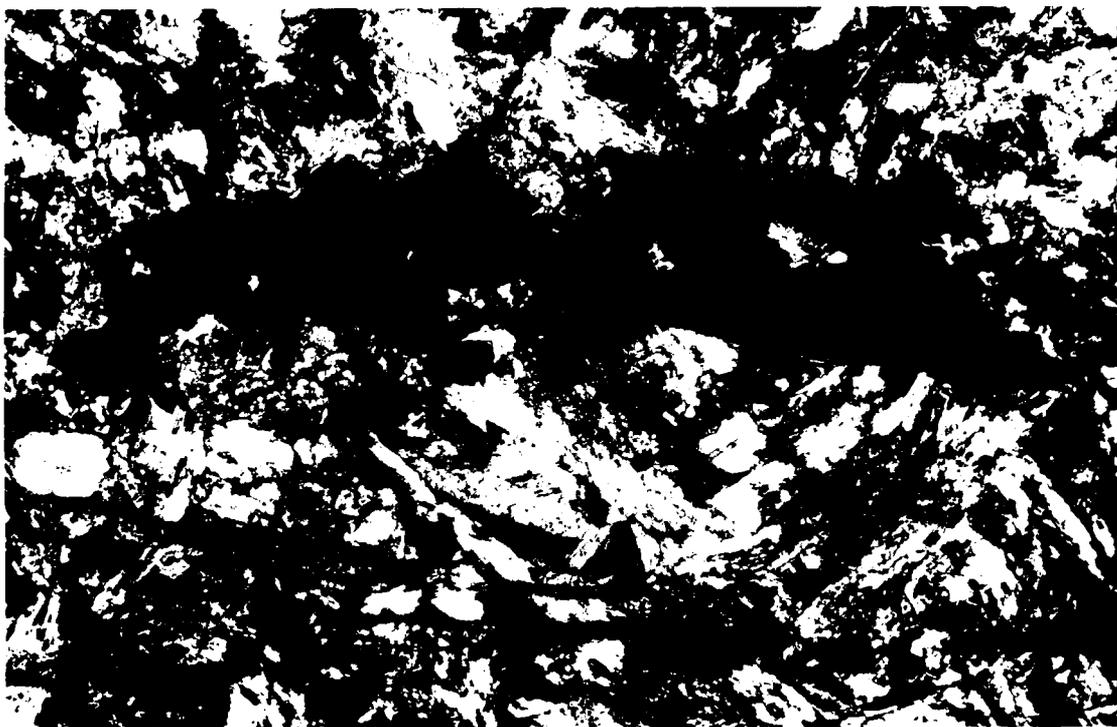


Foto 2. Basalto (lámina 45). Se observa que la tremolita ha reemplazado en su mayoría a la augita.



**Foto 3. Basalto (lámina 31).** En el centro se aprecia un enorme sulfuro metálico color negro, alrededor de este se presentán labradorita color gris y augita color amarillo.

este bandeamiento no resultó de algún fenómeno tectónico, más bien está probablemente relacionado a fenómenos metazomático o hidrotermal.

Afloramientos de lavas en forma de almohadas (Va, mapa geológico) se encuentran al sur del área frente a la planta de cianuración "Rumicuri" (lámina 36). En un bloque caído se observa basaltos en almohadas ímbricadas y empiladas. Se nota nítidamente que cada almohada presenta un cortex vítreo y un corazón bien cristalizado (foto 4). En la lámina 36 que procede del corazón de una almohada, cuya mineralogía difiere de los basaltos s.s.. por la existencia de geodas rellenas de feldespatos y/o zeolitas.

#### - **Los basaltos brechosos.**

Contiene la misma composición que los basaltos s.s. y afectado por la misma alteración, los basaltos brechosos (lámina 14) difiere por **su** textura vitrofítica, por la presencia de bandas fluidales feldespáticas con fragmentos de rocas de composición feldespática y una matriz afanítica feldespática.

La muestra 20 considerada como "brecha de flujo volcánico" , de color gris oscuro, presenta una textura afanítica y también pequeños fragmentos de roca. Microscópicamente, la textura es brechoide con pasta fluidal vítreo-feldespática, conteniendo fragmentos de la misma composición. Dentro y

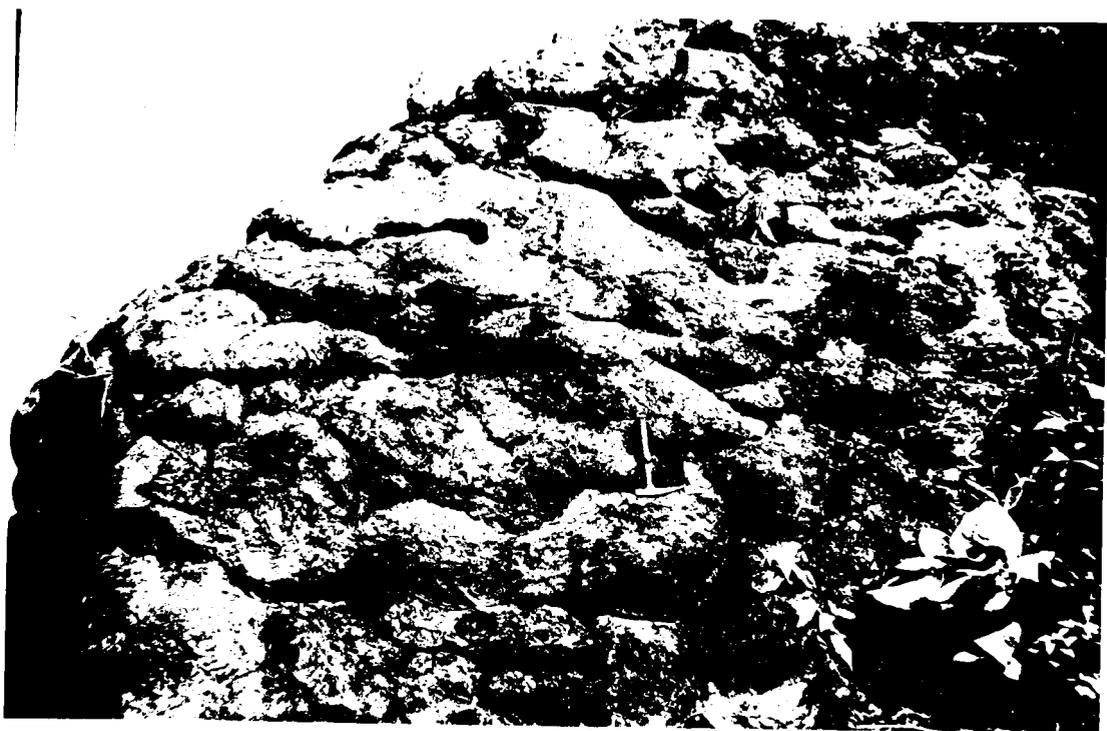


Foto 4. Basaltos en almohadas (La Lopez).

fuera de la pasta flotan feldespatos y lamprobolita (variedad de hornblenda) anhedrales, alterados en epidota.

## **2. Las rocas andesíticas.**

Las andesitas constituyen menos del **20%** de las rocas volcánicas del área. El estudio de las láminas permitió distinguir dos tipos de rocas andesíticas: sin biotita (láminas **21, 41, 42 y 46**) y con biotita (lámina **32**).

Las muestras son relativamente frescas, de color gris claro, con textura afanítica y porfídica. Microscópicamente, la textura es porfídica, y la lámina muestra fenocristales de plagioclasa subhedral a anhedral zonada (andesina, oligoclasa y labradorita), augita y hornblenda verde subhedrales a anhedrales, alteradas principalmente en clorita y epidota (foto 5). Estos minerales están dentro de una matriz microcristalina y criptocristalina de composición feldespática. Esta mineralogía está presente en todas las láminas a excepción de una (lámina **32**), donde el segundo mineral en importancia es la biotita que forma concentraciones. Estas láminas presentan minerales opacos diseminados.



**Foto 5.** Andesita (lámina 46). En el centro se nota una hornblenda que está en proceso de destrucción o alteración, alrededor de ésta figuran plagioclasas bien destruidas color gris y blanco.

### 3. Las rocas dacíticas.

Las rocas dacíticas son todavía menos frecuentes que las andesitas. Macroscópicamente, son rocas frescas de color gris claro y textura porfídica con raros cristales milimétricos de anfíbol.

Microscópicamente, la textura es porfídica, y la lámina 5 presenta fenocristales de cuarzo corroídos (foto 6) y plagioclasa subhedral zonada (andesina) y hornblenda verde subhedral alterada en clorita y epidota. Estos minerales están dentro de una matriz microcristalina y criptocristalina de composición cuarzo-feldespática. Se ha identificado otro tipo de dacita con minerales de cuarzo brechosa (lámina 7). Cabe indicar que la diferencia entre ambos tipos de dacita radica en la forma en la cual se presenta el cuarzo: fenocristales de cuarzo corroídos por un lado y cuarzo xenomorfo por otro lado.

#### *c. Naturaleza, edad y correlación*

Las observaciones de campo y el estudio petrográfico muestran que estamos en presencia de un volcanismo esencialmente basáltico emitido en un ambiente acuoso, como lo sugiere la presencia de basalto en almohadas.

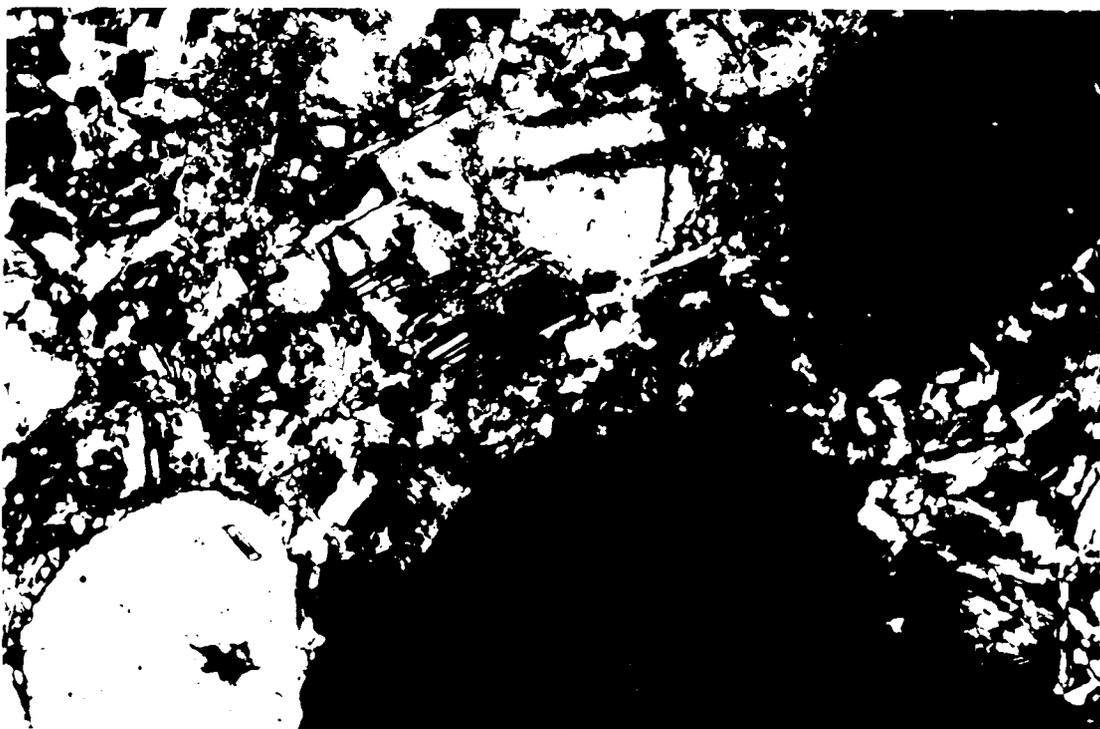


Foto 6. Dacita con cuarzo corroidos (lámina 5). Se observan fenocristales de cuarzo en la parte superior derecha e inferior, una andesita destruida en el centro. **Estos** minerales están dentro de una matriz microcristalina feldespática.

A unos 50 km al NE del área, en la vieja carretera de Tamarindo a Molleturo, Lebrat (1985) menciona la existencia de basaltos y andesitas toleíticas. En base a un estudio geoquímico del espectro de los elementos en trazas y raros de la tierra, este autor concluyó que dichas rocas se originaron en un sistema de subducción intraoceánica formando un arco-ísla que el atribuye a la Formación Macuchi.

En el presente estudio no se realizó ningún análisis geoquímico que permitiera sacar conclusiones más precisas en cuanto al origen del volcanismo que generó las rocas volcánicas del área. En la hoja Machala, las rocas del área son atribuidas a la Formación Macuchi en base a su aspecto y su composición petrográfica básica. En esta zona no se conoce la base de la Formación Macuchi, que suele descansar sobre litósfera oceánica o sedimentos pelágicos. El tope de la Formación Macuchi tampoco se reconoció, es decir, alguna formación diferente, sedimentaria o volcánica de edad cretácica y/o eocénica. Estos volcánicos son en todo caso anteriores a la intrusión del porfido hornbléndico cuya edad también se desconoce aunque se considera emplazado durante el Oligo-Mioceno.

La edad del volcanismo basáltico y andesítico del área de Ponce Enríquez queda indeterminada. En ausencia de datos más precisos conservamos la atribución de éste volcanismo a la Formación Macuchi (\*).

-----  
 (\*) Dentro de un proyecto "estudio de isótopos de plomo y minerales de rocas del Ecuador" se remitió al Ing. Jorge Calle dos muestras de roca ígnea y volcánica, para ser procesadas en los EEUU. Hasta el momento no se tiene ningún resultado del estudio radiométrico.  
 -----

### 3.2.3. Plutonismo.

#### a. El porfido hornbléndico del río Villa.

Afloramientos de rocas intrusivas fueron encontrados 1) aguas arriba del río Villa cerca del campamento minero de la Cia Gribipe, 2) en la carretera que conduce a Bella Rica y 3) en un socavon ubicado aguas arriba del río Guanache (mapa geológico) donde se aprecia claramente como el porfido hornbléndico recorta en forma discordante (foto 7) las rocas volcánicas (ubicación **9661.8** y 643.5). Los afloramientos discontinuos del porfido y sus relaciones con el encajante volcánico indican claramente que estamos en el tope del intrusivo. La erosión todavía no llega a hacer aflorar plenamente el intrusivo. Dentro del intrusivo porfido hornbléndico se observo una roca que tiene una composición de aplita (Xa, mapa geológico), que forma una diferenciación o cuerpo menor (muestra 44).



**Foto 7.** Contacto discordante entre el intrusivo porfido hornbléndico y las rocas volcánicas Macuchi.

También se habrían encontrado gabros (información oral de geólogos de la Cia Gribipe).

En general, las muestras son frescas de color gris claro, y presentan una textura porfídica a holocristalina con cristales de hornblenda. El porfido hornbléndico constituye el tipo de roca intrusiva más abundante del área (láminas **10, 16, 17, 18, 24, 40 y 48**).

En el microscopio, la roca presenta una textura porfídica con fenocristales de plagioclasa zonada (andesina, foto 8) y de hornblenda verde, ambos euhedrales a subhedrales. Estos son los minerales más abundantes en la roca y están dentro de una matriz microcristalina a criptocristalina feldespática. La hornblenda está parcialmente alterada en epidota y clorita (foto 9). Hay presencia de minerales opacos diseminados. En general el porfido aparece poco deformado en las láminas delgadas; sin embargo, en las fotos aéreas parece afectado (mapa estructural) por fallas de rumbo aproximado NS y EW.

Cabe mencionar que la lámina **44** corresponde a una aplita con textura granular de cuarzo xenomorfo y feldespatos, con frecuentes fenocristales de feldespato y hornblenda.



Foto 8. Porfido hornbléndico (lámina 48). En la parte superior izquierda e inferior derecha se destacan fenocristales de andesina zonada.

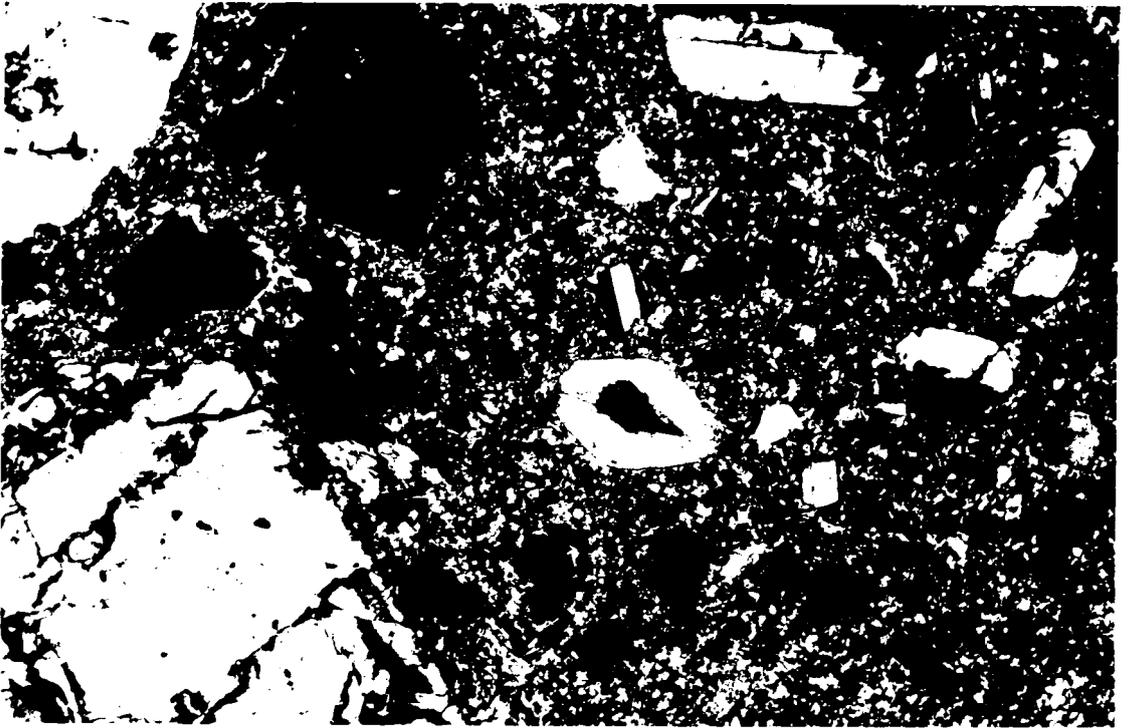


Foto 9. Porfido hornbléndico (lámina 18). En el centro se observa una hornblenda que está alterándose en clorita.

## **b. Cuarzo diorita.**

Por medio de las fotos aéreas se detectaron lineamientos marcados que tienen rumbo E-W a NE-SW. Los trabajos en el campo no muestran la mayoría de ellos que corresponden a dikes de composición cuarzo diorita (Xc), con un espesor variable, que puede alcanzar 10 m y una extensión de varios km. El rumbo muy rectilíneo de estos dikes sugiere que tienen un buzamiento fuerte hasta vertical. Estas grandes láminas intrusivas cortan tanto la Formación Macuchi como al porfido hornbléndico. Las posibilidades de observar estos dikes en el campo son limitadas, pero se les encontró aflorando al norte del río Villa (mapa geológico) y en la carretera a Bella Rica.

Las láminas 4, 25 y 26 se realizaron a partir de muestras frescas tomadas en diferentes dikes, todas presentan una composición de cuarzo diorita o tonalita, Macroscopicamente se trata de rocas de color gris claro con textura fanerítica, con cristales de cuarzo de hasta un mm. En el microscopio, estas rocas muestran una textura granular con abundante plagioclasa (andesina) y cuarzo, así como hornblenda y augita. Tanto la roca como los minerales no han sufrido deformación alguna.

c. Edad y modo de emplazamiento.

Se desconoce la edad precisa del intrusivo cuarzo diorítico. Se atribuye a la Formación Macuchi una edad Eoceno (Henderson, 1979 y 1981; Bourgois et al; 1990 y Van Thournout y Quevedo, 1990) y al porfido hornbléndico que la intruye una edad de rango Oligo-Mioceno. La intrusión de los dikes en el porfido indica que su emplazamiento tuvo lugar durante el mismo periodo, aunque en un tiempo posterior. Una cierta similitud de la composición petrográfica, entre el porfido y la cuarzo diorita, sugiere que ambos podrían derivar de un mismo magma madre, y posiblemente de una misma cámara magmática emplazada en profundidad bajo la Cordillera.

Como se ha sugerido en el párrafo (3.2.1), el magma de dicha cámara ascendió en forma diapírica cuando se emplazó el cuerpo porfídico. La misma cámara en una fase posterior alimentó los dikes cuarzo dioríticos, pero esta vez, el magma utilizó una red de fracturas abiertas para ascender.

**3.2.4. Tectónica.**

Para los aspectos tectónicos, se apoyó en la información que proporcionan las fotografías aéreas y en las observaciones de campo. Esta información es local y es difícil proponer unas correlaciones a nivel regional.

Cabe destacar que el diagrama de Smith no se lo empleó por las pocas mediciones estructurales hechas a consecuencia de la densa vegetación que cubre el área.

*a. Estructuras tectónicas observadas.*

En el mapa estructural figuran los buzamientos medidos en capas de la Formación Macuchi, lo que pone en evidencia la forma en domo que constituye el área. En éste mismo mapa se compilaron también las fallas, los lineamientos y los dikes observados en las fotos aéreas y en el campo. Además una búsqueda de lineamientos (anexo A), mediante scanerización de la foto aérea y su procesamiento digital, permitió confirmar y completar los resultados obtenidos con otros métodos.

Se llegó a diferenciar varias direcciones de fallas; las más frecuentes tienen un rumbo NW-SE y NS. La dirección NW-SE de fracturación podría ser conjugada con una dirección de fracturamiento poco marcada NE-SW. Las fallas NS se marcan muy bien en la topografía. Estas fallas afectan tanto a la Formación Macuchi como al porfido.

También hay fallas con dirección EW, menos frecuentes, que mayormente se encuentran al norte y sur de la estructura en domo. Esta última dirección podría ser la misma que favoreció el emplazamiento de los dikes cuarzo dioríticos. Las

fracturas y dikes con esta dirección recortan las fallas y lineamientos NW-SE y NS. Sin embargo localmente la dirección EW está afectada por una removilización de las fallas anteriores. Todas estas fallas se observan generalmente tanto en el campo como en las fotos aéreas.

***c. Cronología relativa de las deformaciones.***

Debido a la poca extensión de la zona de estudio, con un número reducido de formaciones, cuya edad precisa es desconocida, sólo queda la posibilidad de esbozar una cronología relativa en base a las consideraciones expuestas en los párrafos anteriores.

- 1) Deposición de las rocas volcánicas, correlacionadas tentativamente con la Formación Macuchi, en un contexto de arco-isla (durante el Eoceno inferior ?).
- 2) Acreción del arco-isla Macuchi al margen continental ecuatoriano (al Eoceno superior ?), posiblemente asociado al desarrollo de un juego de fallas NW-SE y NE-SW.
- 3) Emplazamiento por diapirismo del porfido hornbléndico y fasies asociados (durante el Oligo-Mioceno ?).
- 4) Tectonismo (Lavenu y otros, 1992) que produjo deformaciones en el sur de la Cordillera Occidental (al

Mioceno ?), en relación con el desarrollo del sistema de fallas NS y una removilización del sistema conjugado de fallas NW-SE y NE-SW.

5) Emplazamiento de los dikes EW (al Mioceno superior ?) en relación con una posible fase de distensión NS.

## CAPITULO IV

### GEOLOGIA ECONOMICA.

#### 4.1. Explotaciones de oro en el área de Ponce Enríquez.

En el área se asientan varias compañías y cooperativa mineras (mapa de muestreo de ensayo al fuego):

- La Compañía minera Gribipe S.A., (grupo Filanbanco), trabaja una zona previamente explorada por la Compañía Newmont que realizó perforaciones para evaluar el potencial del porfido y de las rocas encajantes. Actualmente, Gribipe (foto 10) se ha limitado a instalar una planta piloto, para explotar el nivel superficial disgregado, alterado y muy arcilloso, del porfido hornbléndico. La planta de construcción casera consta de tromel (lavado), bomba de agua y concentradores Nelson. Otras compañías mineras se asientan al norte (Palmira), al oeste (La Millonaria) y al sur (Cooperativa minera Guanache y 3 de mayo) de Gribipe. A excepción de la Compañía Gribipe, estos asentamientos explotan roca encajante y veta, quedando éste último como material de interés, La Compañía minera Prominex, asentada a unos 3 km al suroeste de Gribipe, esta iniciando la prospección.

- La Cooperativa minera Bella Rica, situada a unos 6 km al sureste de Gribipe, es la más grande que existe en el sector. Alrededor de ésta se asientan las cooperativas minera Pueblo Nuevo y 3 Ranchos al sur, 24



**Foto 10.** Muestra el campamento minero Gribipe **S.A.** y una fuerte vegetación.

de Enero al norte y El tierrero al este. Todas explotan rocas volcánicas como material encajante y vetas como material de interés.

#### **4.2. Plantas de cianuración.**

- La Planta de cianuración Eurofrut, Ponce Enríquez. Los relaves son comprados en Bella Rica y sus alrededores y transportados en volquetas hasta la planta. Cabe indicar que esta planta tiene una capacidad de **100 tn/día**, pues resulta ser la más grande del área.

- Las plantas de cianuración Rumicuri y Rengel, La Lopez, transportan los relaves de Bella Rica y sus alrededores por vía hidráulica (tubo PVC), aprovechando el desnivel de más de **1000 m** que existe entre Bella Rica y las plantas.

#### **4.3. Muestreo y ensayos al fuego.**

En el mapa de muestreo de ensayo al fuego están ubicadas todas las muestras. Las muestras **49, 50, 51, 52, 54, 55, 56, 58, 59, 61, 63 y 66** son rocas volcánicas alteradas, las muestras **53, 57, 60, 62 y 64** son vetas y la muestra **65** procede del porfido hornbléndico. Las cargas y los resultados de los análisis al fuego se presentan en la tabla **1 y 2**.

El primer grupo de muestras (rocas volcánicas alteradas) dió en promedio una ley de oro de **6.01 g/tn**. (**1 g/tn** mínimo y **40/3 g/tn** máximo). El segundo grupo (vetas) dió un promedio de **21.0 g/tn** de oro, mientras que la muestra del porfido hornbléndico dió una ley de

TABLA # 1

## RESULTADOS DE ENSAYOS AL FUEGO.

| MUESTRA | Id. en<br>los mapa | TIPO DE<br>ROCA | BOTON DE<br>PLOMO(g) | DORE<br>(gr.) | LEY DE<br>Au(g/tn) |
|---------|--------------------|-----------------|----------------------|---------------|--------------------|
| 11AGP3  | 49                 | Volcanica       | 17.71                | 0.0008        | 6.666667           |
| 15JGP7  | 50                 | Volcanica       | 20                   | 0.0006        | 3.333333           |
| 15JGP5  | 51                 | Volcanica       | 20.41                | 0.0008        | 6.666667           |
| 15JGP8  | 52                 | Volcanica       | 38.19                | 0.0011        | 1.666667           |
| 16JGP4  | 53                 | Veta            | 19.73                | 0.0014        | 20                 |
| 14JGP1  | 54                 | Volcanica       | 31.83                | 0.0006        | 5                  |
| 15JGP6  | 55                 | Volcanica       | 31.32                | 0.0014        | 13.333333          |
| 17JGP5  | 56                 | Volcanica       | 39.47                | 0.0018        | 8.333333           |
| 16JGP3  | 57                 | Veta            | 17.65                | 0.0022        | 66.666667          |
| 30JGP2  | 58                 | Volcanica       | 19.92                | 0.0008        | 1                  |
| 30JGP7  | 59                 | Volcanica       | 37.55                | 0.0009        | 6.666667           |
| 19JGP7  | 60                 | Veta            | 24.99                | 0.0008        | 10                 |
| 17JGP1  | 61                 | Volcanica       | 29.63                | 0.0008        | 1.666667           |
| 17JGP6  | 62                 | Veta            | 15                   | 0.0005        | 8.333333           |
| 15JGP4  | 63                 | Volcanica       | 21.56                | 0.0007        | 6.666667           |
| 30JGP3  | 64                 | Veta            | 31.84                | 0.0006        | 3.333333           |
| Intrus  | 65                 | Intrusivo       | 27.84                | 0.0003        | 15                 |
| 11AGP5  | 66                 | Volcanica       | 26.36                | 0.0009        | 6.666667           |

TABLA # 2  
CARGAS USADAS EN LA FUNDICION

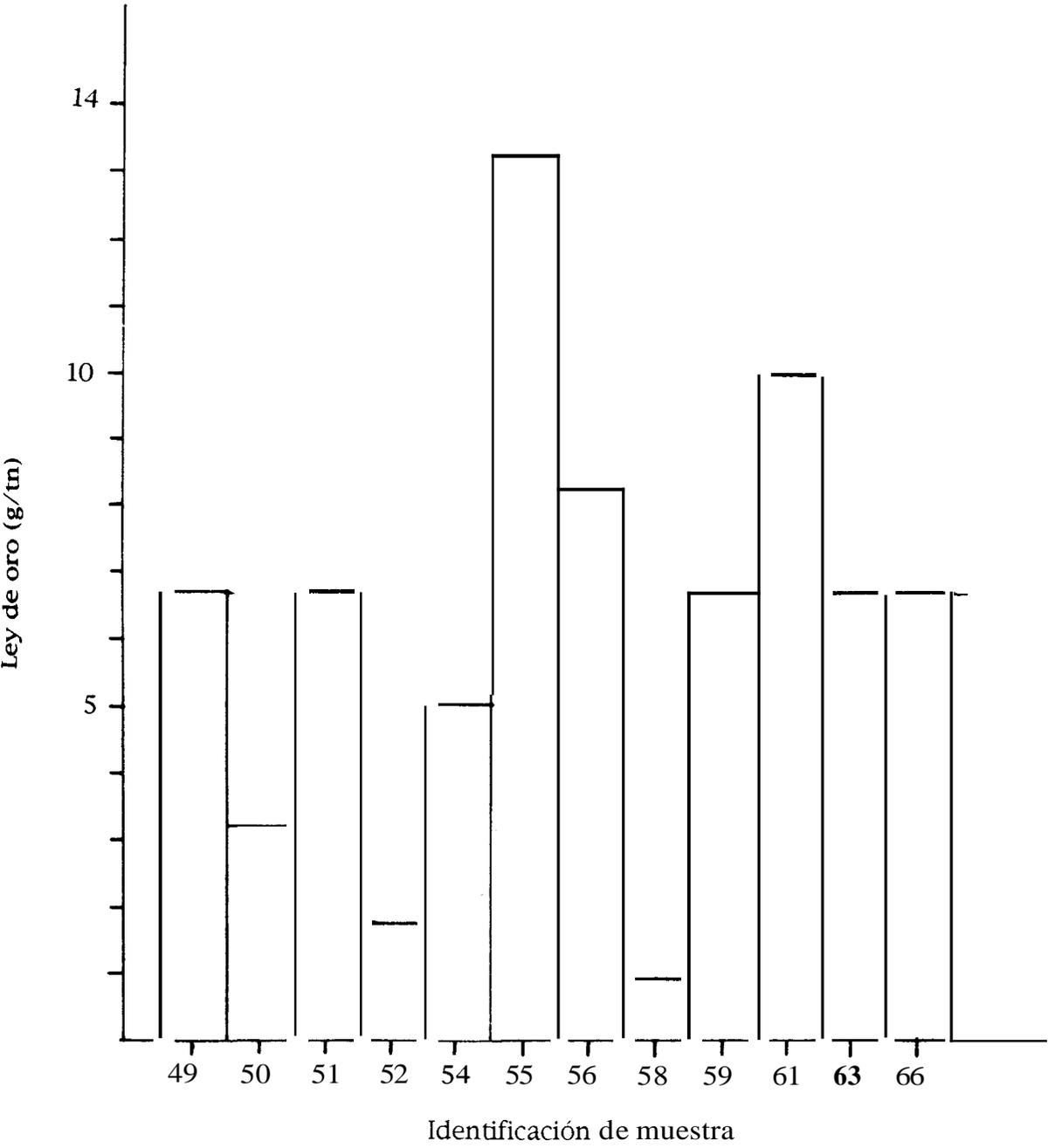
| Id. de Muestras |        | Carga de fundicion        |   |
|-----------------|--------|---------------------------|---|
| S. tos.         | C. tos | Sin tostacion             | Con tostacion                           |
| 49, 50          | 52     | 70 g de PbO               | 70 g de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> . |
| 51, 53          | 56     | 30 g. de muestra          | 30 g. de muestra tosta.                 |
| 54, 55          | 57     | 11 g de borax             | 35 g de CaCO <sub>3</sub> .             |
| 58, 59          | 60     | 35 g de CaCO <sub>3</sub> | 9 g de borax.                           |
| 61, 62          | 66     | 2.5 g de harina           | 5 g de silice.                          |
| 63, 64          |        |                           | 3.5 g de harina                         |
| 52              | 60     | Carga de tostacion        |   |
| 56              | 57     | 50 g de muestra.          |   |
| 66              |        | 5 g de silice             |   |

10 g/tn.

Es evidente que los resultados del muestreo puntual no permiten afirmar definitivamente que dichas rocas contienen realmente las leyes promedias obtenidas aquí. La ley promedio de 21 g/tn, obtenida en las muestras de veta, no constituye una sorpresa siendo dichas vetas la roca de interés en toda la zona. Sin embargo, los resultados obtenidos en las rocas volcánicas sobre 12 muestras (fig. 5), indican claramente que dichas rocas son sistemáticamente mineralizadas en oro, lo cual constituye una sorpresa. Aunque con una ley baja, estas rocas son consideradas estériles por los mineros, la simple presencia de oro indica que las rocas volcánicas tienen un potencial aurífero. El resultado (10 g/tn) del porfido es también interesante, aunque puntual, y confirma la existencia de un potencial aurífero que trata de explotar la Compañía Gribipe.

#### **4.4. Los tipos de yacimientos en el área**

En el presente estudio no hubo la oportunidad de realizar análisis químicos para la búsqueda de metales de interés económico, por falta de fondos, por las mismas razones, no se pudo realizar secciones pulidas para buscar y estudiar eventuales metales preciosos asociados a los minerales opacos. De modo, que sólo quedan las indicaciones cualitativas de los mineros, el conocimiento geológico de la zona y los resultados de los ensayos al fuego, para discutir la presencia de oro en cual o tal formación y de los tipos de yacimientos. Por los argumentos frágiles, las conclusiones aquí presentadas deben



**Fig. 5.** Histograma de ensayos al fuego de las rocas volcánicas.

considerarse como una hipótesis de trabajo a confirmar con estudios complementarios.

En base a los resultados obtenidos, el presente estudio sugiere que el oro del área de Ponce Enríquez procede de varios tipos de mineralización albergados en diferentes tipos de rocas y muy probablemente emplazados en varias épocas.

#### **4.4.1. Mineralización aurífera relacionada al volcanismo básico.**

Los ensayos al fuego han puesto en evidencia la presencia de oro con una ley significativa, en todas las muestras de basalto y andesita de la Formación Macuchi. Cabe notar que las muestras de rocas volcánicas, tomadas en forma dispersa en toda la zona, han dado en general leyes de oro parecidas y no tienen ninguna relación con vetas, lo que sugiere que la mineralización que alberga el oro es de tipo paragenético. Por lo tanto, parece que el volcanismo de la Formación Macuchi es un metalotecto con una mineralización aurífera caracterizada en el área de estudio, por una ley baja pero constante. Si ésta hipótesis se confirma una parte del oro de la Cordillera Occidental tendría su origen en el volcanismo Macuchi. Es muy probable que éste oro primario disperso no haya formado directamente yacimientos, pero si por removilización posterior en diferentes eventos tectónicos y/o magmáticos (oro epigenético).

#### 4.4.2. Mineralización aurífera relacionada al magmatismo granodiorítico.

En los informes de prospección de la Cordillera Occidental entre La Troncal y el río Jubones, generalmente se supone que el oro está relacionado con los intrusivos granodioríticos, es decir, de tipo epigenético. Esto es probable en muchos casos y se supone que es valedero también para el oro del porfido del río Villa.

El porfido hornbléndico está mineralizado en oro. Está comprobado por su presencia en batea, la ley obtenida con un ensayo al fuego y por datos no publicados de la Compañía Newmont. El contenido aurífero del porfido parece ser suficiente como para llevar a la Compañía Gribipe a trabajar la capa superficial alterada y deslenable del intrusivo. A partir de esta capa se recupera mecánicamente el oro libre, mediante el proceso clásico de lavado por tromel y de concentración mediante centrifugadores (concentradores Nelson). Sin embargo, no se sabe bajo que forma se encuentra la mineralización aurífera en la roca fresca, nativo o asociado a los opacos y liberado posteriormente por la alteración meteórica de estos sulfuros. A la intrusión del porfido están asociados brechas y silicificaciones. El área está afectada por una marcada alteración hidrotermal: propilitización de los ferromagnesianos, silicificación en las zonas proximales a la intrusión porfídica.

Sin embargo, no hay ningún informe o publicación que compruebe de una manera irrefutable una relación genética del oro con el magmatismo Terciario.

#### **4.4.3. Mineralización aurífera en vetas.**

En el área de Ponce Enríquez, son vetas que generalmente están trabajadas en socavones por los mineros informales y las cooperativas. En los pocos informes internos existentes se mencionan vetas de cuarzo y vetas de sulfuros con piritita, marcasita, arsenopiritita, pirrotina, calcopiritita, galena y calcita (Torres, 1986, Spat 1987). El oro está generalmente asociado a arsenopiritita, pirrotina, calcita, calcopiritita y cuarzo. El espesor de las vetas varía de unos centímetros a más de 50 cm, la mayoría de éstas vetas alcanzan un espesor de 20 cm. Se tuvo poco acceso a los socavones para obtener datos sobre la geometría de estas vetas, las pocas mediciones hechas figuran en el mapa estructural. Las vetas de sulfuros con calcita son muy abundantes en el área de explotación de la cooperativa Bella Rica, mientras que las vetas de cuarzo y/o sulfuros abundan sobre todo en el área. Se sugiere tentativamente que las vetas de cuarzo se relaciona genéticamente con el magmatismo granodiorítico, mientras que las de sulfuros con calcita sería de tipo metasomático, generados por fluidos que removilizaron elementos de las rocas volcánicas.

#### 4.4.4. Oro aluvial.

En el área, la explotación de oro aluvial es una actividad accesoria. Sin embargo, varios ríos han sido trabajados entre los cuales los más principales son: Siete, Tenguel, Villa, Guanache y Nueve de Octubre. Se han encontrado a veces ricas concentraciones trabajadas por los mineros informales. Sin embargo, los volúmenes de sedimentos aluviales en el lecho de los ríos son insuficientes para justificar una explotación a escala mayor. En los informes, no se menciona ninguna explotación de los conos y terrazas, cuya prospección queda por hacer.

Se presume que el oro aluvial del área deriva tanto de las mineralizaciones asociadas al volcanismo Macuchi como las del complejo plutónico Terciario.

#### 4.4.5. Modelo de evolución geológico-metalogénico.

En base a los resultados obtenidos en el presente estudio y a los datos existentes sobre la repartición del oro en las formaciones rocosas y sus relaciones con éstas formaciones se propone tentativamente una evolución geológico-metalogénica con las siguientes etapas:

1) Génesis del arco-isla Macuchi con una mineralización aurífera volcanogénica asociada al magmatismo básico (Paleoceno-Eoceno?),

2) Removilización de la mineralización aurífera en los procesos de metamorfismo y probablemente al momento de la acreción del arco al margen ecuatoriano al Eoceno superior,

3) Intrusión de plutones granodioríticos con fluidos mineralizados en oro, y posiblemente removilización en vetas de oro de los basaltos (Oligo-Mioceno),

4) Varias fases tectónicas Neógenas deforman la Cordillera Occidental y provocan removilizaciones en vetas del oro de la Formación Macuchi y de los intrusivos granodioríticos.

#### 4.5. Implicaciones del modelo sobre el potencial aurífero a nivel regional.

A nivel regional, muy poco se sabe sobre las condiciones de la génesis de los yacimientos auríferos de la vertiente pacífica de los Andes entre 2° y 3° de latitud sur. Ultimamente esta zona está dando lugar a explotaciones puntuales, generalmente de mineros informales que después se organizan en cooperativas, no existen en la actualidad trabajos de prospección sistemáticos y estudios

exhaustivos que intenten esclarecer en que condiciones se ha generado el oro en ésta zona. En los pocos informes internos de prospección puntual consultados, el oro se considera epigenético y relacionado estrechamente al magmatismo que generó los intrusivos granodioríticos de la Cordillera Occidental. Muy poco se ha escrito sobre el potencial y las reservas probadas de los yacimientos explotados, sea que no se hizo ninguna evaluación seria o que estos datos son confidenciales. Por consiguiente no se puede, presentar cifras de reservas o de potencial de oro para la zona y el área. Sin embargo, se estableció, en los ensayos al fuego realizados sobre una secuencia de 12 muestras de rocas volcánicas de la Formación Macuchi, la presencia de una ley significativa de oro en todas las muestras. Por lo dicho anteriormente, se sugiere que la génesis de este oro se relaciona al volcanismo del arco isla Macuchi. Si ésta hipótesis se confirma en futuros trabajos, se deberá considerar a la Formación Macuchi como un nuevo metalotecto de gran interés minero, por lo menos en el área de estudio y zonas circundantes. Debido a la gran extensión de la Formación Macuchi sería muy interesante emprender estudios más profundizados y extendidos para comprobar el potencial de ésta formación.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

1. El área está constituida por dos tipos de rocas:

- Rocas volcánicas de composición esencialmente básica (basaltos) y en menor proporción, de composición intermedia (andesitas y dacitas). El conjunto de estas rocas volcánicas se atribuye a la Formación Macuchi datada del Paleoceno-Eoceno.
- Rocas intrusivas constituidas por un cuerpo porfídico, y potentes y extensos diques de cuarzo diorita que recortan, tanto los volcánicos como al porfido. La edad de éstos intrusivos es Oligo-Mioceno.

2. El área sufre dos tipos de deformaciones:

- deformación de las rocas volcánicas, una estructura en domo globalmente centrado sobre el intrusivo porfídico. Esta estructura se interpreta como el resultado de la ascensión en forma diapírica del magma que originó el porfido hornbléndico a través de las capas volcánicas.
- un fallamiento politectónico que afectó más o menos a las rocas volcánicas y los intrusivos. El juego NE-SW y NW-SE, no afecta al porfido hornbléndico y los diques cuarzo-dioríticos. Por lo tanto es anterior al plutonismo, y se supone que se relaciona a la acreción del arco-isla Macuchi. Un sistema NS que afecta al porfido. Una dirección de fracturación EW, posterior al porfido y contemporánea con la intrusión de los diques de cuarzo-diorita, corresponde a una fase de extensión NS.

3. Las mineralizaciones parecen ser poligenéticas:

- el porfido hornbléndico, al igual que otros intrusivos de la Cordillera Occidental, es considerado por los mineros de la zona como asociado

genéticamente a la mineralización aurífera del área. La presencia de oro disperso en un ensayo al fuego de una muestra del techo del porfido del río Villa, apoya esta aserción.

- Los resultados de 12 ensayos al fuego de muestras de rocas basálticas han dado leyes de oro promedias de 6 g/tn. En primer lugar, la presencia sistemática de oro en todas las muestras volcánicas sugiere que existe en los volcánicos del área un buen potencial aurífero; en segundo lugar, estos resultados sugieren que éste oro está genéticamente relacionado con el volcanismo Macuchi.

Estos primeros resultados sobre el posible potencial del volcanismo Macuchi justifican estudios metalogenéticos mucho más profundizados que en éste estudio. En efecto, una confirmación de la existencia de oro volcanogenético relacionado al volcanismo Macuchi aportaría nuevas perspectivas para la comprensión de la metalogenia aurífera y para la prospección del oro en el área y posiblemente en otras zonas de la Cordillera Occidental.

Se recomienda realizar los siguientes estudios:

4. Un estudio geológico y estructural de la Cordillera Occidental entre 2" y 3°20' de latitud sur para determinar mejor los límites y constitución de la Formación Macuchi y de los intrusivos granodioríticos que la intruyen. Mediante dataciones radiométricas, estudios geoquímicos y estructurales precisar la evolución geodinámica de este sector de la Cordillera occidental.
5. Un estudio complementario del área mediante secciones pulidas, microscopia electrónica y análisis químicos específicos para establecer: a)

**sí**, en los basaltos auríferos de la Formación Macuchi, el oro está asociado a los sulfuros metálicos y en que forma. b) **sí**, el oro del porfido y vetas asociadas tienen una paragénesis propia (asociado al cuarzo). Se trataría de afianzar o refutar las hipótesis aquí expuestas sobre el oro genéticamente asociado al volcanismo básico.

6. Extender el presente estudio a la zona de Bella Rica que se ubica más al este.

7. Un estudio geomorfológico y una prospección de los abánicos y terrazas cuaternarias al pie de la Cordillera Occidental, para buscar eventuales concentraciones en oro y otros minerales pesados (platino ?) y evaluar su potencial.

8. Supervisar la contaminación del medio ambiente que produce la actividad minera en el área de Ponce Enríquez por el mercurio, el cianuro y los sólidos suspendidos. Proponer medidas adecuadas para que ésta contaminación quede en límites soportables.

## ANEXO A

### DIGITALIZACION

La hoja topográfica Ponce Enríquez, escala 1:50000, usada en el presente trabajo, fué digitalizada para confeccionar un modelo numérico en 3 dimensiones.

#### **Requisitos**

Para realizar éste trabajo, se requiere de una computadora con monitor EGA o VGA, de 512K de memoria RAM libre, de un raton y de una tabla digitalizadora.

Se dispone de 2 programas: TOSCA (modulo de digitalización distribuido con Idrisi) e IDRISI: el primero para la digitalización de un documento cartográfico, y el segundo para su tratamiento. Se recuerda que la digitalización con TOSCA utiliza el modo vector, mientras que IDRISI utiliza el modo raster. En el modo vector, un rasgo (punto, arco y polígono) esta definido por un identificador secuencial, un identificador numérico y a veces por un nombre Label.

A continuación se presenta los pasos principales seguidos en la digitalización (para más detalle ver los manuales, laboratorio de teledetección FICT-ESPOL).

#### **Preparación**

Colocar el mapa a digitalizar sobre la tabla digitalizadora dentro del área sensible. Antes de digitalizar se tiene que escoger las coordenadas entre las cuales se ubica el área, los puntos de control dentro del área (por lo menos

4) y los dos puntos NW y SE levemente fuera del área, que corresponden al área visualizada en la pantalla. El set de puntos de control representa un sistema de referencia para el archivo sobre el cual *se* calibrará periódicamente. Después el operador tiene que definir los rasgos que se quiere digitalizar. En el caso del área de Ponce Enríquez se escogieron los siguientes rasgos:

|                 |   |
|-----------------|---|
| Carreteras      | 1 |
| Ríos            | 2 |
| Curvas de nivel | 3 |

Los números 1, 2 y 3 que se ha dado a cada rasgo, respectivamente a carreteras, ríos y curvas de nivel corresponden al identificador numérico. Al mismo tiempo hay que definir la distancia que se requiere entre cada curva de nivel. Esta distancia es generalmente constante.

### **Digitalización**

Después de la fase de preparación abrir tosca y en el Menu principal Eligir *DIGITIZE*. Eligir *Define File* y dar el nombre al archivo. Tosca pregunta después por las coordenadas x,y mínimas y máximas del archivo, las coordenadas de los puntos de control. Si el error (RMS) es satisfactorio, digitalizar dos extremos opuestos de la ventana de visualización.

#### **Ahora se puede empezar a digitalizar:**

Estando dentro del menú *DIGITIZE*., Tosca pregunta por la identificación numérica de cada figura (carretera, ríos, etc.). Cabe señalar que cada una de estas figuras corresponde a un archivo diferente, los que posteriormente se pueden superponer.

Se digitaliza la figura elegida mediante el cursor. Una vez terminado se continua con otro rasgo dandole otro número identificador y siguiendo el mismo procedimiento.

Una vez concluida la digitalización, cambiarse a IDRISI. Este programa consta de **más** de 100 modulos.

Dentro de éste programa se uso para realizar la imagen 3D los siguientes modulos:

1. *INITIAL* para crear un archivo 1 (vacío): una nueva imagen con un valor constante

2. *LINERAS* para convertir lineas vectorizadas del archivo digitalizado en Tosca a **su** equivalente raster que sera cargado en el archivo 1 creado con *INITIAL*.

3. *COLOR* permite visualizar la imagen 1 creada con los pasos anteriores. *COLOR* permite también visualizar archivos vectorizados sobrepuestos sobre imágenes raster.

4. *INTERPOL* interpola todos los datos de un archivo de rasgo.

5. *ORTHO* produce y prepara una vista ortográfica en tres dimensiones lista para la impresión. Una segunda imagen puede ser montada sobre la primera, para obtener una imagen a color. Esta imagen se crea con *STRETCH* y *CROSSTAB*.

Para imprimir la imagen del área de Ponce Enríquez fué necesario emplear otro programa (CorelDRAW 2.0). El archivo fué importado del programa IDRISI a través del comando *TIFIDRIS* (convierte un archivo IDRISI a un archivo TIFF). El archivo importado .TIFF fué visualizado en la pantalla y después enviada a una impresora CANON DJC-600 para obtener una imagen a color.

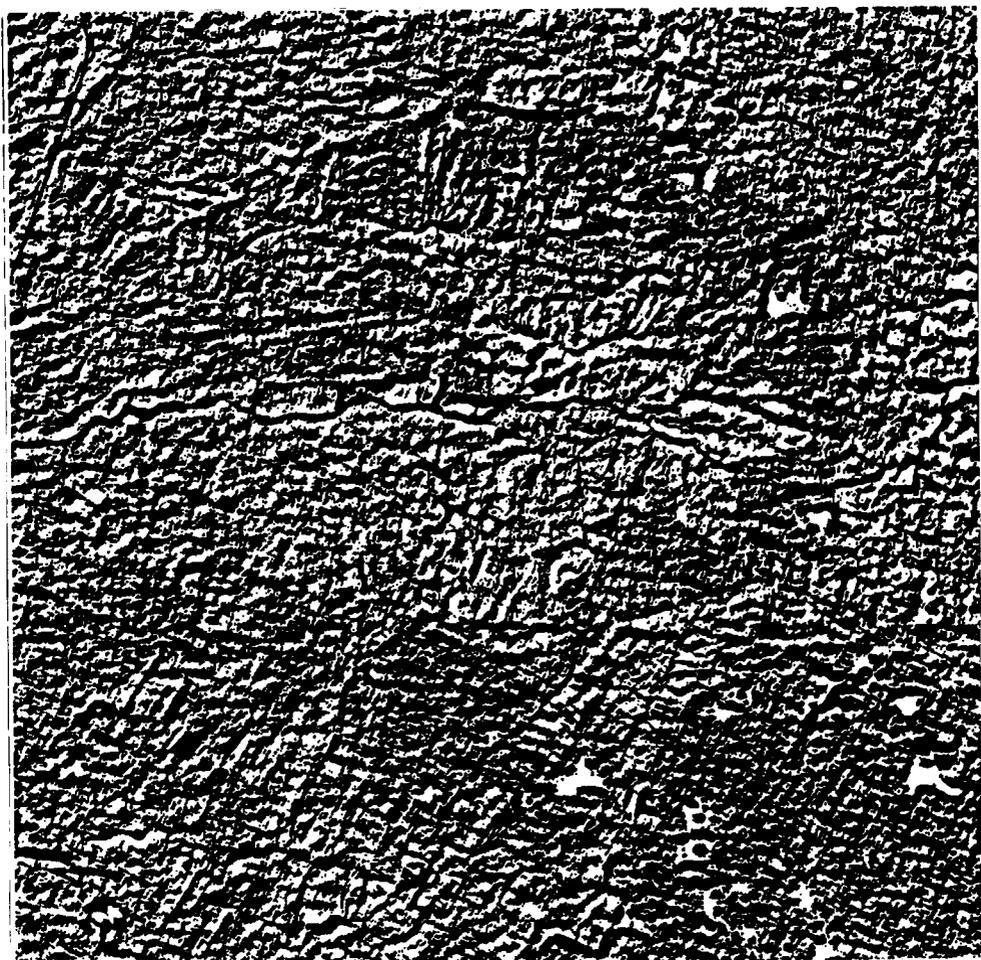
## SCANNER Y TELEDETECCION

Para completar la información obtenida en la interpretación visual de las fotografías aéreas en la elaboración del mapa estructural, se digitalizó la fotografía aérea de la zona de trabajo. Previo a éste tratamiento, está fotografía **fué** scaneada. El scanner es un instrumento usado para la recolección directa de datos raster. El proceso de scanner **fué** llevado a cabo en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ingeniería en Ciencias del Mar (ESPOL). Una vez concluida ésta operación, el análisis propiamente dicho, **fué** realizado en el Laboratorio de Teledetección de la Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra (ESPOL), sobre la microcomputadora SUN y el programa PLANETES.

El archivo scaneado se cargó a la microcomputadora. Para elaborar mapas de lineamientos se utilizó archivos de imágenes de 512 columnas por 512 filas y una secuencia de comandos que permite sucesivamente realizar:

1. una transformada de Fourier sobre la imagen de 512x512.
2. un cálculo estadístico de la frecuencia de lineamientos en las diferentes direcciones,
3. una separación de las direcciones con mayor frecuencia de lineamientos en archivos de las direcciones elegidas.

Concluidos estos tres pasos, se procede **al** procesamiento de la imagen inicial según las direcciones de lineamientos elegidas anteriormente. Para cada dirección elegida se obtiene un canal imagen con la información lineamental. En muchos canales la información estructural no es muy clara: para aumentar el contraste se activa el comando Binarizar (fig. 6) y la imagen obtenida, se puede imprimir sobre la impresora CANON FP510 del laboratorio.



**Fig. 6.** Mapa de lineamiento binarizado.

## ANEXO B

### DESCRIPCION Y ANALISIS PETROGRAFICO

Lámina: 1.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9661.75, 642.5).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscura a verde y textura afanítica. Sulfuros metálicos disseminados.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura subofítica con granos equidimensionales. Labradorita, augita y pigeonita se destacan como minerales esenciales. Algunas augitas están alteradas en tremolita y éste a su vez en clorita y epidota. Minerales opacos disseminados y en vetillas.

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Plagioclasa: labradorita    | 60% |
| Piroxeno: augita, pigeonita | 30% |
| Anfibol: tremolita          | 4%  |
| Clorita y epidota           | 3%  |
| opacos                      | 3%  |

Lámina: 2.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.2, 641.4).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro a negro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. La plagioclasa anhedral, augita y pigeonita anhedral son los principales minerales. Los clinopiroxenos están alterados en epidota, clorita y calcita siendo el primero de los nombrados el de mayor presencia. Diseminación de minerales opacos.

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| Plagioclasa                 | 50% |
| Piroxeno: augita, pigeonita | 30% |
| Clorita (verde)             | 12% |
| Calcita y epidota           | 2%  |
| Opacos                      | 6%  |

Lámina: 3.

Localización: área de Ponce Enríquez -Bella Rica.

Coordenadas: (9659.5, 647.0).

Nombre: **Veta de calcita.**

Descripción:

**Macroscópico.** Veta de carbonato de color amarillo lechoso y textura fanerítica. Presenta en su interior fenocristales grandes de hasta 1 cm de diámetro. Sulfuro metálicos diseminados y en vetillas.

**Microscópico.** Veta constituida fundamentalmente de calcita. Fenocristales de cuarzo de 1.8 mm de diámetro. Se nota en algunos sectores mezcla de cuarzo y calcita. Minerales opacos diseminados y en vetillas.

Carbonato: calcita

cuarzo

Opacos

Lámina: 4.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.3, 643.4).

Nombre: **Cuarzo diorita o tonalita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris claro y textura fanerítica con cristales de cuarzo. Diseminación de sulfuros metálicos.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura granular con granos equidimensionales. Fenocristales de andesina subhedral, cuarzo y feldespato subhedral constituyen los minerales **más** importantes. Se nota concentraciones **de** clorita como producto de la alteración en la hornblenda. Sericita y minerales opacos diseminados. Se observan vetillas rellenas de cuarzo

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| cuarzo                | 40%       |
| Feldespato            | 3%        |
| Plagioclasa: andesina | 47%       |
| Anfibol: hornblenda   | <b>1%</b> |
| Sericita              | 5%        |
| Clorita               | 2%        |
| Opacos                | 2%        |

Lámina: 5.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.0,643.5).

Nombre: **Dacita** con cuarzo corroído.

Descripción:

Macroscópica. Roca volcánica fresca de color café-oscuro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

Microscópica. Roca hipocrystalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales esenciales son: andesina subhedral a anhedral, feldespato sin macla y hornblenda euhedral verde en LN. Se nota fenocristales de cuarzo redondeado (corroído) y vetillas de éste mismo. La clorita se presenta como producto de alteración en la hornblenda. Biotita, epidota y minerales opacos están diseminados. Estos minerales están dentro de una matriz microcristalina cuarzo-feldespática.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Feldespato            | <b>13%</b> |
| Plagioclasa: andesina | <b>54%</b> |
| cuarzo                | <b>7%</b>  |
| Anfibol: hornblenda   | <b>12%</b> |
| Biotita               | <b>2%</b>  |
| Clorita               | <b>7%</b>  |
| Epidota               | <b>2%</b>  |
| Opacos                | <b>4%</b>  |

Lámina: **6.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.1, 641.8).

Nombre: Basalto.

Descripción:

Macroscópica. Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica, Diseminación de sulfuro metálicos.

Microscópica. Roca hipocristalina de textura vitrofídica con pasta vítrea feldespática y granos inequidimensionales. Los minerales esenciales son: andesina anhedral y concentraciones de hornblenda muy pequeñas. Se observa una mezcla entre la pasta feldespática y la plagioclasa. Se nota la presencia de vetillas de minerales opacos y cuarzo-feldespato, siendo ésta última posterior. Biotita, epidota y minerales opacos están diseminados.

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Vidrio                | 39%       |
| Plagioclasa: andesina | 7%        |
| Anfibol: hornblenda   | 50%       |
| Biotita y epidota     | <b>1%</b> |
| Opacos                | 3%        |

Lámina: 7.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.5, 643.2).

Nombre: **Dacita** brechosa.

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris claro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales fundamentales son: cuarzo, andesina euهدral zonada y hornblenda subhedral verde en LN. La clorita y biotita están iniciando el proceso de alteración en la hornblenda. Se observan vetillas rellenas de cuarzo y fragmentos de roca con fenocristales de andesina euهدral zonada. Diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina de composición cuarzo-feldespática al igual que los fragmentos de roca.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| cuarzo                | <b>12%</b> |
| Plagioclasa: andesina | <b>28%</b> |
| Matriz (félsica)      | <b>48%</b> |
| Anfibol: hornblenda   | <b>6%</b>  |
| Clorita               | 2%         |
| Biotita               | <b>2%</b>  |
| opacos                | 2%         |

Lámina: 8.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9661.8, 643.4).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan sulfuro metálicos disseminados y en vetillas.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. La andesina y la labradorita euhedral, la augita subhedral a anhedral y la hornblenda subhedral a anhedral son los minerales principales. Los ferromagnesianos están alterándose en epidota y clorita. Los minerales opacos se presentan disseminados y relleno de vetillas siendo éste último posterior a las vetillas rellenas de feldespato.

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| Plagioclasa: andesina, labradorita | 47% |
| Piroxeno: augita                   | 30% |
| Anfibol: hornblenda                | 13% |
| Epidota                            | 1%  |
| Clorita                            | 1%  |
| Opacos                             | 4%  |

Lámina: 9

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9660.8, 641.4).

Nombre: Basalto **fluidal**.

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan vetillas rellenas de feldespatos y diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura subofítica con granos muy finos. Se observan vetillas de composición feldespática. Los minerales abundantes son la plagioclasa, la augita y la pigeonita anhedral. Los clinopiroxenos están alterándose en tremolita y éste a su vez en clorita y epidota. Diseminación de minerales opacos, estos mismos están en proceso de oxidación. Finos planos de fracturas subparalelo ocupado por minerales opacos criptocristalino.

|  |     |
|--|-----|
| Plagioclasa                              | 45% |
| Piroxeno: augita, pigeonita <sup>4</sup> | 6%  |
| Anfibol: tremolita                       | 13% |
| Clorita                                  | 4%  |
| Epidota                                  | 1%  |
| Opacos                                   | 2%  |

Lámina: 10.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.5, 643.6).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris oscuro y textura fanerítica con cristales de hornblenda.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales esenciales son: fenocristales de andesina euhedral a subhedral zonada de 1 a 1.5 mm, fenocristales de hornblenda euhedral a subhedral verde en LN y augita. Los ferromagnesianos están alterándose en epidota y clorita. Diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina feldespática

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Matriz                | 45% |
| Plagioclasa: andesina | 20% |
| Anfibol: hornblenda   | 25% |
| Piroxeno: augita      | 5%  |
| Clorita y epidota     | 1%  |
| Opacos                | 6%  |

Lámina: **11.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.75, 641.4).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuros metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura vítrea (feldespato). La pigeonita se distingue con el mayor aumento del microscopio y esta alterándose en epidota. Gran cantidad de minerales opacos diseminados. Hay vetillas de calcita. Fragmentos sin ninguna orientación de composición feldespático.

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Vidrio (feldespato) | 70% |
| Piroxeno: pigeonita | 5%  |
| Carbonato: calcita  | 1%  |
| Epidota             | 5%  |
| Opacos              | 13% |

Lámina: 12.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9659.5, 647.0).

Nombre: **Veta de calcita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca brechosa fresca de color amarillo lechoso y textura brechoide con fenocristales grandes de feldespato incrustado en la roca. En su mayoría la roca esta compuesta de carbonato. Sulfuros metálicos diseminados y en vetillas.

**Microscópica.** Veta constituída fundamentalmente de carbonato de tipo calcita. Fenocristales de feldespato y cuarzo cortados por calcita como una fase secundaria de carbonato. Minerales opacos diseminados y en vetillas.

Carbonato: calcita

Feldespato

cuarzo

Opacos 15%

Lánima: 13.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.5, 642.5).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan vetillas rellenas de feldespato.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. Los minerales fundamentales son: plagioclasas anhedrales, augita y pigeonita. Los clinopiroxenos están alterándose en clorita, epidota y calcita. Minerales opacos diseminados y en vetillas, éstas mismas vetillas están encerradas por vetillas de calcita. Hay vetillas de feldespato.

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Plagioclasa                  | <b>45%</b> |
| Piroxeno: augita y pigeonita | 40%        |
| Carbonato: calcita           | <b>1%</b>  |
| Clorita                      | <b>5%</b>  |
| Epidota                      | <b>1%</b>  |
| Opacos                       | <b>8%</b>  |

Lámina: 14.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas:(9662.75, 641.4).

Nombre: **Basalto brechoso.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan vetillas rellenas de feldespatos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura vitrofídica con granos equidimensionales. Presenta una pasta vítrea con fragmentos de composición feldespática y bandas fluidales de la misma composición con fragmentos vítreo. La plagioclasa se encuentra tanto en la pasta como en las bandas, no así, la augita y pigeonita que se presentan solo en la pasta. Los clinopiroxenos están alterándose en tremolita y epidota. Se notan vetillas paralelas y perpendiculares, ésta última corta a la primera, todas rellenas de feldespatos. Minerales opacos diseminados y en vetillas.

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Vidrio (feldespato)          | 40% |
| Plagioclasa                  | 25% |
| Piroxeno: augita y pigeonita | 20% |
| Anfibol: hornblenda          | 11% |
| Epidota                      | 1%  |
| Opacos                       | 3%  |

Lámina: 15.

Localización: área de Ponce Enriquez.

Coordenadas: (9662.55, 643.25).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan vetillas rellenas de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. Esta compuesto principalmente de andesina euhedral, augita y pigeonita subhedral. Los clinopiroxenos están alterandose en clorita y epidota. El proceso de oxidación esta actuando al borde de los minerales opacos, los mismos que están diseminados y en vetillas.

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| Plagioclasa: andesina        | 45% |
| Piroxeno: augita y pigeonita | 40% |
| Epidota                      | 1%  |
| Clorita                      | 1%  |
| Opacos                       | 13% |

Lámina: **16.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.2, 643.8).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris claro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Fenocristales de andesina euhedral zonada, fenocristales de hornblenda euhedral verde en LN y biotita son minerales preponderantes. La clorita y epidota están diseminados al igual que los minerales opacos. Estos minerales están dentro una matriz criptocristalina de composición feldespática.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Matriz                | <b>35%</b> |
| Plagioclasa: andesina | <b>30%</b> |
| Anfibol: hornblenda   | <b>25%</b> |
| Biotita               | <b>3%</b>  |
| Clorita y epidota     | <b>3%</b>  |
| Opacos                | <b>4%</b>  |

Lámina: 17.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.2, 643.3).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris oscuro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales esenciales son: fenocristales de andesina subhedral zonada, fenocristales de hornblenda euhedral verde en LN, tremolita y augita. La clorita, calcita y epidota se presentan como producto de alteración en los ferromagnesianos. Diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina de composición feldespática.

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| Matriz (feldespática)           | <b>15%</b> |
| Plagioclasa: andesina           | <b>55%</b> |
| Anfibol: hornblenda y tremolita | <b>12%</b> |
| Piroxeno: augita                | <b>4%</b>  |
| Clorita                         | <b>5%</b>  |
| Epidota                         | <b>1%</b>  |
| Carbonato: calcita              | <b>1%</b>  |
| Opacos                          | <b>7%</b>  |

Lámina: **18.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.0, 644.1).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris oscuro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuros metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales fundamentales son: fenocristales de andesina zonada euهدral, fenocristales de hornblenda euهدral a subهدral verde en LN y concentraciones de biotita. La hornblenda esta alterandose en clorita y epidota. Diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina de composición feldespática.

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Matriz (feldespática) | 35% |
| Plagioclasa: andesina | 37% |
| Anfibol: hornblenda   | 13% |
| Biotita               | 8%  |
| Clorita y epidota     | 3%  |
| Opacos                | 4%  |

Lámina: 20.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.15, 643.9).

Nombre: Brecha de **flujo** volcánico.

Descripción:

Macroscópica. Roca volcánica fresca de color gris verdoso y textura afanítica. Se distinguen fragmentos y bandas fluidales.

Microscópica. Roca hipocristalina de textura brechoide con pasta vítrea y pasta fluidal vítrea feldespática en cuyo interior se observan fragmentos de composición feldespático. Minerales como la lamprobolita, feldespato y epidota se notan en las dos pastas.

Vidrio (feldespático)

Feldespato

Anfibol: lamprobolita

Epidota.

Lámina: 21

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9660.9, 641.6).

Nombre: **Andesita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris claro y textura afanítica con pequeños cristales de hornblenda.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales abundantes son: oligoclasa zonada subhedral, hornblenda verde en LN y augita. Se observan en algunos ferromagnesianos alteraciones en epidota y calcita. La actinolita esta presente como un mineral poco frecuente. Diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina de composición feldespática.

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| <b>Matriz</b> (feldespática) | 9%  |
| Plagioclasa: oligoclasa      | 50% |
| Anfibol: hornblenda          | 16% |
| Piroxeno: augita             | 6%  |
| Carbonato: calcita           | 3%  |
| Epidota                      | 2%  |
| Opacos                       | 7%  |

Lámina: 23.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9661.8, 643.8).

Nombre: **Veta de cuarzo.**

Descripción:

**Macroscópica.** Veta de cuarzo fresca de color blanco. Se observa un paralelismo de color negro, como resultado de la silicificación y vetillas rellenas de drusas de cuarzo.

**Microscópica.** Veta, cuyo constituyente esencial es el cuarzo de grano equidimensional. Están presentes en pequeñas cantidades la moscovita, feldespato, biotita y epidota. Vacuolas se encuentran rellenas de minerales opacos.

|                   |     |
|-------------------|-----|
| cuarzo            | 93% |
| Feldespato        | 3%  |
| Moscovita         | 1%  |
| Biotita y epidota | 1%  |
| Opacos            | 2%  |

Lámina: 24.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9660.95, 642.6).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris oscuro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales fundamentales son: fenocristales de andesina euhedral a subhedral zonada, fenocristales de hornblenda euhedral verde en LN. La hornblenda está alterandose en epidota y biotita. Se presentan concentraciones de calcita en cantidades pequeñas y diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina de composición feldespática.

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Matriz (feldespática) | 52% |
| Plagioclasa: andesina | 17% |
| Anfibol: hornblenda   | 17% |
| Carbonato: calcita    | 5%  |
| Biotita y epidota     | 3%  |
| Opacos                | 6%  |

Lámina: 25.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.8, 641.0).

Nombre: **Cuarzo diorita o tonalita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris claro y textura fanerítica con cristales de cuarzo. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura granular con granos inequidimensionales. Los minerales esenciales son: cuarzo, fenocristales de feldespato y andesina zonada subhedral y fenocristales de hornblenda subhedral verde en LN. Se notan en pequeñas cantidades a la augita y epidota. Diseminación de minerales opacos.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| cuarzo                | <b>22%</b> |
| Feldespato            | <b>3%</b>  |
| Plagioclasa: andesina | <b>54%</b> |
| Anfobol: homblenda    | <b>10%</b> |
| Piroxeno: augita      | <b>3%</b>  |
| Epidota               | <b>2%</b>  |
| Opacos                | <b>5%</b>  |

Lámina: 26.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.0,641.9).

Nombre: **Cuarzo diorita o tonalita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris claro y textura fanerítica con cristales de cuarzo y hornblenda.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura granular con granos equidimensionales. Los principales minerales son: andesina subhedral zonada, cuarzo, hornblenda subhedral verde LN y augita. Los ferromagnesianos están alterandose en clorita, epidota y calcita. Se ha notado una turmalina en la lámina. Diseminación de minerales opacos.

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| cuarzo                | 20% |
| Plagioclasa: andesina | 47% |
| Anfibol: hornblenda   | 15% |
| Piroxeno: augita      | 8%  |
| Clorita               | 3%  |
| Epidota               | 2%  |
| Carbonato: calcita    | 2%  |
| Opacos                | 3%  |

Lámina: 27.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9659.5, 647.0).

Nombre: **Brecha Volcánica.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura brechoide con fragmentos de roca. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura brechóide con fragmentos de composición feldespático en la que incluye material hialino (vidrio). Se notan minerales como calcita, moscovita, pigeonita, feldespato y dos fenocristales de éste último. La pigeonita esta alterandose en epidota. Se observan vetillas de feldespato y diseminación de minerales opacos. La presencia de moscovita podria indicar que la roca ha sido afectado por hidrotermalismo.

Feldespato

Piroxeno: pigeonita

Moscovita

Epidota

Carbonato: calcita

Opacos                      10%

Lámina: 29.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.4, 642.1).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalino de textura subofítica con granos equidimensionales. Básicamente los minerales principales son: andesina y labradorita euhedral, augita y pigeonita subhedral. Los clinopiroxenos están alterándose en clorita. Diseminación de minerales opacos.

|                                     |     |
|-------------------------------------|-----|
| Plagioclasa: andesina y labradorita | 50% |
| Piroxeno: augita y pigeonita        | 37% |
| Clorita                             | 7%  |
| Opacos                              | 6%  |

Lámina: **30.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9659.8, **643.8**).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color verde claro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos muy finos equidimensionales. Los minerales fundamentales son: plagioclasa anhedral, augita y pigeonita. Los clinopiroxenos están alterandose en tremolita. Hay calcita y gran cantidad de clorita verde. Se observan vetillas de feldespato y diseminación de minerales opacos.

|                              |            |
|------------------------------|------------|
| Plagioclasa                  | 40%        |
| Piroxeno: augita y pigeonita | <b>30%</b> |
| Anfibol: tremolita           | 12%        |
| Clorita                      | 15%        |
| Carbonato: calcita           | 1%         |
| Opacos                       | 2%         |

Lámina: 31.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9663.0, 643.5).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Se observan bandeamientos de sulfuro metálicos y diseminación de los mismos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. Los principales minerales son: labradorita anhedral y augita subhedral. La augita está alterándose en tremolita y clorita. Se observa claramente capas de feldespato en cuyo interior se notan minerales opacos que están alineados en bandas subparalelas y el contacto entre esta capa y la estructura de la roca muestra una estrecha zona de microcristales.. Diseminación de minerales opacos

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Plagioclasa: labradorita | 47% |
| Piroxeno: augita         | 35% |
| Anfibol: tremolita       | 6%  |
| Clorita                  | 7%  |
| Opacos                   | 5%  |

Lámina: 32.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.2, 643.2).

Nombre: **Andesita con biotita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color café oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocrystalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales fundamentales son: andesina anhedral zonada, feldespato **sin** macla y concentraciones de biotita. Algunas biotitas están alterándose en clorita. En las concentraciones de biotita hay minerales opacos diseminados y/o rellenando vetillas. Estos minerales están dentro de una matriz criptocrystalina feldespática. Dentro de ésta misma se observan fragmentos de roca de la misma composición y matriz.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Plagioclasa: andesina | <b>20%</b> |
| Matriz (feldespática) | 40%        |
| Biotita               | 20%        |
| Feldespato            | 6%         |
| Clorita               | <b>4%</b>  |
| Opacos                | 10%        |

Lámina: 36.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: ( 9658.4, 642.6)

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Sulfuros metálicos diseminados y en vetillas .

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura subofítica con granos equidimensionales. Los minerales esenciales son: plagioclasa anhedral, vidrio feldespático y augita. La augita está alterandose en tremolita y clorita. Se observan vetillas de feldespato. Se notan vacuolas rellenas de feldespato y diseminación de minerales opacos.

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Vidrio (feldespato) | 6%  |
| Plagioclasa         | 44% |
| Piroxeno: augita    | 38% |
| Anfibol: tremolita  | 10% |
| Clorita             | 5%  |
| Opacos              | 2%  |

Lámina: 37.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9659.5, 647.0).

Nombre: Basalto.

Descripción:

Macroscópica. Roca volcánica fresca de color gris claro y textura afanítica con carbonatos. Sulfuros metálicos diseminados y en vetillas.

Microscópica. Roca hipocristalina de textura subofítica con granos equidimensionales. Básicamente los principales minerales son: plagioclasa y augita anhedral. La augita está alterandose en tremolita y éste a su vez en clorita, epidota y calcita. Se observan flujos paralelo de composición feldespático y vidrio de la misma composición. Diseminación de minerales opacos rodeados de calcita.

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Viário (feldespato) | 10% |
| Plagioclasa         | 35% |
| Piroxeno: augita    | 30% |
| Anfibol: tremolita  | 10% |
| Carbonato: calcita  | 5%  |
| Clorita             | 5%  |
| Epidota             | 3%  |
| opacos              | 1%  |

Lámina: **38.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9659.5, 647.0).

Nombre: **Roca volcánica con epidota y calcita.**

Descripción:

**Macroscópico.** Roca volcánica fresca de color gris claro con manchas verde, como producto de la alteración en epidota y textura afanítica con carbonatos. Diseminación de sulfuros metálicos.

**Microscópico.** Roca básica con gran cantidad de epidota y calcita como minerales de alteración éstos mismos se encuentran cubriendo la estructura original de la roca. Se notan piroxenos y feldespatos en la lámina y diseminación de minerales opacos. Se trata posiblemente **de** un basalto que ha sufrido un metamorfismo de bajo grado.

Feldespatos;

Piroxeno

Carbonato: calcita

Epidota

Opacos **15%**

Lámina: 39.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.3, 641.4).

Nombre: Basalto.

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura ofítica con granos equidimensionales. **Los** minerales esenciales son: plagioclasa subhedrai, augita euhedral y hornbienda euhedral. Los ferromagnesianos están alterandose en clorita y epidota. Diseminación de minerales opacos.

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Plagioclasa         | 50%        |
| Piroxeno: augita    | <b>20%</b> |
| Anfibol: hornblenda | 20%        |
| Clorita             | 4%         |
| Epidota             | <b>1%</b>  |
| Opacos              | 5%         |

Lámina: 40.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.4, 643.3).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris claro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales principales son: fenocristales de andesina euhedral zonada y de hornblenda euhedrai verde en LN. La hornblenda está alterandose en epidota y clorita. Se notan vetillas rellenas de esferulitas (cuarzo y/o feldespato) y minerales opacos, éste último también se presenta diseminado. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina feldespática.

|                       |           |
|-----------------------|-----------|
| Matriz (feldespática) | 49%       |
| Plagioclasa: andesina | 40%       |
| Anfibol: hornblenda   | <b>8%</b> |
| Clorita               | <b>3%</b> |
| Epidota               | 1%        |
| Opacos                | <b>4%</b> |

Lámina: 41.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.1, 641.2).

Nombre: **Andesita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris claro y textura porfídica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Micróscopica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los minerales fundamentales son: feldespatos redondeados, fenocristales de andesina subhedral zonada y de hornblenda verde en LN. La hornblenda está alterándose en clorita y epidota. Diseminación de minerales opacos con forma cuadrada. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina feldespática.

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Matris (feldespática) | 41% |
| Plagioclasa: andesina | 35% |
| Feldespato            | 5%  |
| Anfibol: hornblenda   | 7%  |
| Clorita               | 5%  |
| Epidota               | 4%  |
| Opacos                | 3%  |

Lámina: 42.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.0, 642.2).

Nombre: **Andesita**.

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris claro y textura porfídica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocrystalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Fenocristales de andesina euhedral a subhedral zonada, augita subhedral y feldespato sin macla son los principales minerales. Se nota que algunas augitas están alteradas completamente en clorita y epidota. Diseminación de minerales opacos con forma cuadrada, triangulares y subangulares. Estos minerales están dentro de una matriz criptocrystalina feldespática

|                       |     |
|-----------------------|-----|
| Matriz (feldespática) | 50% |
| Plagioclasa: andesina | 25% |
| Feldespato            | 4%  |
| Piroxeno: augita      | 10% |
| Epidota               | 3%  |
| Clorita               | 3%  |
| Opacos                | 3%  |

Lámina: 43.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9661.0, 640.8).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura subofítica con granos equidimensionales. Labradorita subhedral, augita subhedral y lamprobolita anhedral son los minerales fundamentales. Los ferromagnesianos están alterándose en epidota, clorita y calcita. Diseminación de minerales opacos con formas cuadrada.

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Plagioclasa: labradorita | 45%        |
| Piroxeno: augita         | 25%        |
| Anfibol: lamprobolita    | <b>15%</b> |
| Carbonato: calcita       | <b>2%</b>  |
| Epidota                  | <b>3%</b>  |
| Clorita                  | 3%         |
| Opacos                   | <b>7%</b>  |

Lámina: 44.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.6, 643.2).

Nombre: **Aplita.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color blanco y textura porfídica con cristales de hornblenda y cuarzo.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura granular con granos inequidimensionales y matriz microgranular feldespática. Los minerales abundantes son: fenocristales de feldespato anhedral, cuarzo y fenocristales de hornblenda verde en LN. La hornblenda está alterandose en calcita y epidota. Diseminación minerales opacos.

|                     |     |
|---------------------|-----|
| Feldespato          | 52% |
| cuarzo              | 41% |
| Anfibol: hornblenda | 3%  |
| Carbonato: calcita  | 1%  |
| Epidota             | 1%  |
| opacos              | 2%  |

Lámina: **45.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: **(9662.0, 641.8).**

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura radial con granos muy pequeños equidimensionales. Plagioclasa anhedral, augita anhedral y tremolita son los minerales de mayor porcentajes. La augita ha sido reemplazado en su mayoría en tremolita y éste a su vez está alterándose en epidota. Se notan fracturas rellenas por minerales de alteracion, como clorita, epidota y calcita, y minerales opacos.

|                    |            |
|--------------------|------------|
| Plagioclasa        | <b>45%</b> |
| Piroxeno: augita   | <b>10%</b> |
| Anfibol: tremolita | <b>40%</b> |
| Carbonato: calcita | 1%         |
| Epidota            | <b>1%</b>  |
| Clorita            | <b>2%</b>  |
| Opacos             | 1%         |

Lámina: 46.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9660.9, 643.6).

Nombre: **Andesita**.

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro y textura afanítica. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca holocristalina de textura porfídica con granos equidimensionales y matriz microcristalina feldespática. Los minerales fundamentales son: feldespato **sin** macla, labradorita subhedral a anhedral zonada, augita y hornblenda anhedral verde en LN. Los ferromagnesianos están alterándose en clorita, calcita y epidota, ésta última es la más abundante. Diseminación de minerales opacos.

|                          |     |
|--------------------------|-----|
| Feldespato               | 12% |
| Plagioclasa: labradorita | 60% |
| Piroxeno: augita         | 2%  |
| Anfibol: hornblenda      | 5%  |
| Carbonato: calcita       | 5%  |
| Epidota                  | 7%  |
| Clorita                  | 3%  |
| Opacos                   | 6%  |

Lámina: 47.

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9661.3, 641.3).

Nombre: **Basalto.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca volcánica fresca de color gris oscuro a verde y textura afanítica. Diseminación de sulfuros metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura radial con granos equidimensionales. Los minerales esencialmente son: feldespato y augita anhedral. La augita está alterándose completamente en tremolita y éste a su vez en epidota y calcita en menor escala. Se observan vetillas rellenas de feldespato y diseminación de minerales opacos.

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Feldespato         | 45% |
| Piroxeno: augita   | 10% |
| Anfibol: tremolita | 30% |
| Carbonato: calcita | 1%  |
| Epidota            | 1%  |
| Opacos             | 3%  |

Lámina: **48.**

Localización: área de Ponce Enríquez.

Coordenadas: (9662.6, 643.15).

Nombre: **Porfido hornbléndico.**

Descripción:

**Macroscópica.** Roca intrusiva fresca de color gris oscuro y textura porfídica con cristales de hornblenda. Diseminación de sulfuro metálicos.

**Microscópica.** Roca hipocristalina de textura porfídica con granos inequidimensionales. Los principales minerales son: fenocristales de andesina subhedral zonada y de hornblenda euhedral verde en LN. Se da la presencia de flogopita como un mineral no muy frecuente. Se notan vetillas rellenas de feldespato y diseminación de minerales opacos. Estos minerales están dentro de una matriz criptocristalina feldespática.

|                       |            |
|-----------------------|------------|
| Matriz (feldespática) | <b>27%</b> |
| Plagioclasa: andesina | 57%        |
| Anfibol: hornblenda   | <b>8%</b>  |
| Flogopita             | 5%         |
| Epidota               | <b>1%</b>  |
| Opacos                | <b>2%</b>  |

## BIBLIOGRAFIA.

- 1. Aguirre L. & Atherton M. P., 1987** - Low-grade metamorphism and geotectonic setting of the Macuchi Formation, Western Cordillera of Ecuador. *J. Metamorphic Geol.*, **5**, pp 473-494.
- 2. Alonso Marlon, 1992.** "Metología teórica-práctica para la obtención de metales preciosos por medio de la cianuración". ESPOL, tesis, pp 16-87.
- 3. Aspden J. A., Harrison S. H. & Rundle C. C., (1992)** - New geochronological control of the tectono-magmatic evolution of the metamorphic basement, Cordillera Real and El Oro Province of Ecuador. *J. South Amer. Earth Sci.*, **6**, pp 77-96, England.
- 4. Baldock J. W., 1985.** The northern andes. Review of the Ecuadorian Pacific Margin. In: A.E.M. Nairn, F.G. Stehli and S. Oyeda (editors). *The Ocean Basins and Margins, Vol. 7 of the Pacific Ocean*. Plenum Press New York-London pp 181-217.
- 5. Baldock J. W. 1982.** Geología del Ecuador. Boletín explicativo del mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000. Dirección General de Geología y Minas, Quito, 66p.
- 6. Baldock J. W., 1982.** Geología del Ecuador. Mapa Geológico a escala 1:1000000 de la República del Ecuador. Dirección General de Geología y Minas, Quito.

**7. Bourgois J., Eguez A., Butterlin J., & De Wever P., (1990) -** Evolution géodynamique de la Cordillere Occidentale des Andes d'Equateur: la découverte de la formation éocène d'Apagua. C.R. Acad. Sc., Paris, (11), 311, pp 173-180, Paris.

**8. Bristow C. & Horfstetter R., 1977,** Lexique stratigraphique international (Segunda edicion). Paris, Centre National de la Recherche scientifique, 410p.

**9. Collin Delavaud Anne, el Instituto Geográfico Militar, y otros, 1982.** Atlas del Ecuador, p 10.

**10. Cotecchia V. & Zezza, 1969.** The Eoceno basement of the interandean corridor in the Latacunga-Ambato trough (Ecuador). Geol. Appl. Idrogeol., 4, pp 6-43.

**11. De la Cadena Coralia, 1988.** "Recuperación de oro de las arenas de la mina San Jose. Método de cianuración por agitación". (ESPOL), tesis, pp 41-148.

**12. Dirección General de Geología y Minas, 1980** -Mapa geológico a escala 1:100000, hoja Machala. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Quito.

**13. Eguez A., 1986.** Evolution Cénozoïque de la Cordillere Occidentale Septentrionale d'Equateur (0°15'S a 1°10'S). Les mineralisations associées. Thèse doctoral 3ème cycle, Université Pierre et Marie Curie, Paris, 116p.

14. **Elizalde L., 1990.** Ponce Enríquez, Informe interno, INEMIN, 12p.
15. **Faucher B., & Savoyat E., 1973** - Esquisse géologique des Andes d'Equateur. Rev Géogr. Phys. & Géol. Dyn., 15, pp 115-142.
16. **Feininger T., 1980.** Eclogite and related high-pressure regional metamorphic rocks from the Andes of Ecuador. Journal of petrology 21, pp 107-140.
17. **Goossens P. J. & Rose W. I., 1973.** Chemical composition and age determination of tholeiitic rocks in the basic igneous complex, Ecuador. Geol. Soc. Amer. Bull., Vol. 84, pp 1043-1052.
18. **Henderson W. G., 1979.** Cretaceous to Eocene volcanic arc activity in the andes of Northern Ecuador. Journal of the geological society, London 136, pp 367-378.
19. **Henderson W. G., 1981.** The volcanic Macuchi Formation Andes of Northern Ecuador. Newsl. Stratigr. 9, pp 157-168.
20. **Instituto Geografico Militar, 1983.** Hoja topográfica de Ponce Enríquez, escala 1:50000. Serie J72 1.
21. **Jennifer C., Dipietro K., Ryan J., Jamey P. y Worden K. Marzo of 1994.** Reduction of mine, tailing contaminants in the Ponce Enríquez Región of Ecuador. Worcester Polytechnic Institute, The degree of bachelor of science, pp 7-61.

- 22. Juteau T., Megard F., Raharison L. & Whitechurch, 1977.** Les assemblages ophiolitique de l'occident equatorieu: natue petrographique et position structurale. Bolletin de la societe geologique de france, 19, pp 1127-1132.
- 23. Kennerly J. B., 1973 -** Geology of the Loja Province, Southern Ecuador, London Insitut of Geological Sciences, Report 23, 34p, London.
- 24. Kerr P. F. 1965.** Miralogía óptica, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, INC, New York, Tercera edición, pp 175-377.
- 25. Lavenu A., Noblet C., Bonhomme M G., Eguez A., Dugas F. and Vivier C., 1992.** New K-Ar age dates of Neogeno and Quaternary volcanics rocks from the Ecuadorian Andes: Implications for the relationship between sedimentation, volcanism and tectonics, Journal of South American **Earth** sciences, Vol. 5, No. 3/4, pp 309-320.
- 26. Lebrat M 1985.** Caractérisation géochimique du volcanisme anté-orogénique de l'occident équatorien. Implications géodynamiques. These 3eme cycle USIL, Montpellier, 106p.
- 27. Laubacher G. & Saubrane B., 1994.** Estudio por teledetección de la evolución geomorfológica de la región de Machala-Pasaje (Provincia de El Oro). Contribución a la comprensión de los desbordamientos del río Jubones. III Jornadas en Ciencias de la Tierra, EPN, Quito.

28. Litherland M y Zamora A. 1993. Mapa Geológico a 1:1000000 de la República del Ecuador. Codigem - OGS.
29. Mackenzie W.S. and Guilford C., 1991. Atlas of rock-forming minerals in thin section, Longman Scientific & Technical, Seventh impression, 98p.
30. Mackenzie W.S., Donaldson C.H. and Guilford C., 1991. Atlas of igneous rocks and their textures. Longman Scientific & Technical. Fourth impression, 148p.
31. Ministerio de agricultura y ganaderia (M.A.G.) y Office de la Recherche Scientifique Et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 1983 Hoja Machala a escala 1:200000, Mapa de formaciones vegetal y uso actual. Pronareg (Programa Nacional de Regionalización Agraria), Convenio MAG-ORSTOM.
32. Ministerio de agricultura y ganaderia (M.A.G.) y Office de la Recherche Scientifique Et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 1983 Hoja Machala a escala 1:200000, Mapa Morfo-pedológico. Pronareg (Programa Nacional de Regionalización Agraria), convenio MAG-ORSTOM.
33. Ministerio de agricultura y ganaderia (M.A.G.) y Office de la Recherche Scientifique Et Technique Outre-Mer (ORSTOM), 1983. Hoja Machala a escala 1:200000, Mapa de aptitudes agricola. Pronareg (Programa Nacional de regionalización agraria). Convenio MAG-ORSTOM.

- 34. Morales R.G., 1992.** "Estudio mineralógico para la extracción de oro por cianuración de los relaves de Ponce Enríquez". ESPOL, Tesis, pp 17-66.
- 35. Muller-Kahle E. & Damon P. E., 1970.** K-Ar age the biotita granodiorite associated with primary Cu-Mo mineralization at Chaucha, Ecuador. In Damon P. E., correlation and chronology of ore deposits and volcanic rocks. U.S. Atomic Energy Comm, Ann Prog. Rept., cc-689-130 (Tucson Univ. of Arizona), pp 46-48.
- 36. Raharijaona L., 1980.** Petrographie des roches volcaniques anté-orogéniques des Andes Equatoriennes Contribution a l'étude de leur paragenésis métamorfiques. Thèse doctorat 3ème cycle. Lab. minéralogie et pétrographie, Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- 37. Roubault Marcel, Frabies J. & Weisbrool A., 1963.** Detemination des mineraux des roches au microscope polarisant. Lamarre-Poinat, Paris, pp 101-475.
- 38. Santos M y Ramires F., 1986.** Hacia una redifinición del Cretaceo-Eoceno de la Cordillera Occidental de los andes del Ecuador y su correlación con el litoral. PICG Proyecto 242.- Cretaceo de america latina. Primer simposio. La Paz. pp 18-30.
- 39. Sauer W., 1965 -** Geología del Ecuador : Quito, Ministerio de Educación, 383p.

**40.** Schneider-Scherbina **(A)**, **1965**. Tarqui Formation. Informe de trabajo no publicado. p 6.

**41.** Servicio Nacional de Geología y Minería (S.N.G.M.), **1969**. Mapa geológico del Ecuador escala 1:1000000. Ministerio de Recursos Naturales y Energéticos, Quito.

**42.** Sigal J., **1968**. Estratigrafía micropaleontológica del Ecuador, datos anteriores y nuevos. Misión del Instituto Frances del Petróleo, Servicio Nacional de Geología y Minería, Quito.

**43.** Snelling N. J., **1970** - K-Ar ages determinations on samples from Ecuador. Inst. Geol. Sci., Geochemical Division, Rep. 70.10, London.

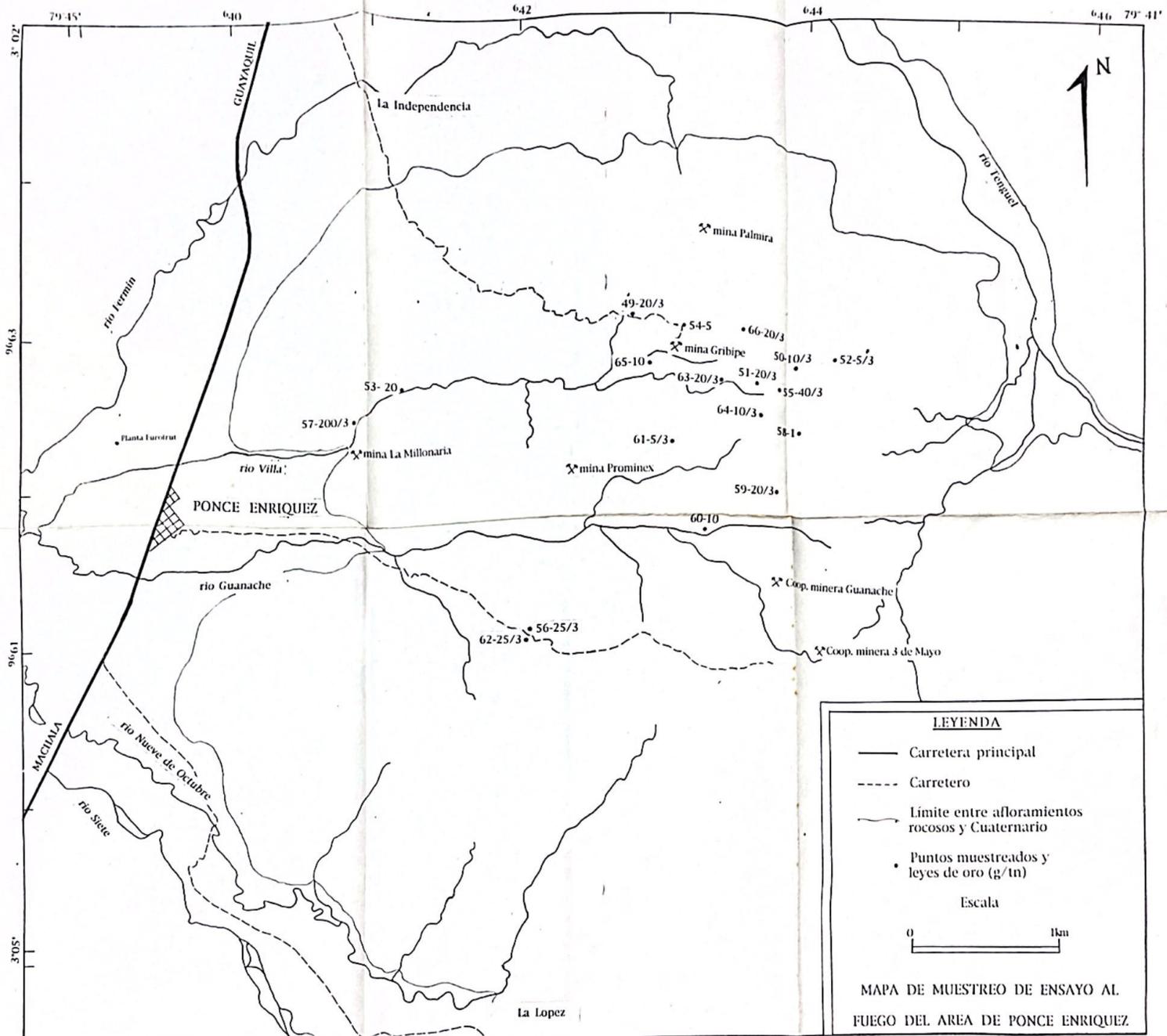
**44.** Spat A.G., June **1987**. The Ponce Enríquez gold camp a reconnaissance.

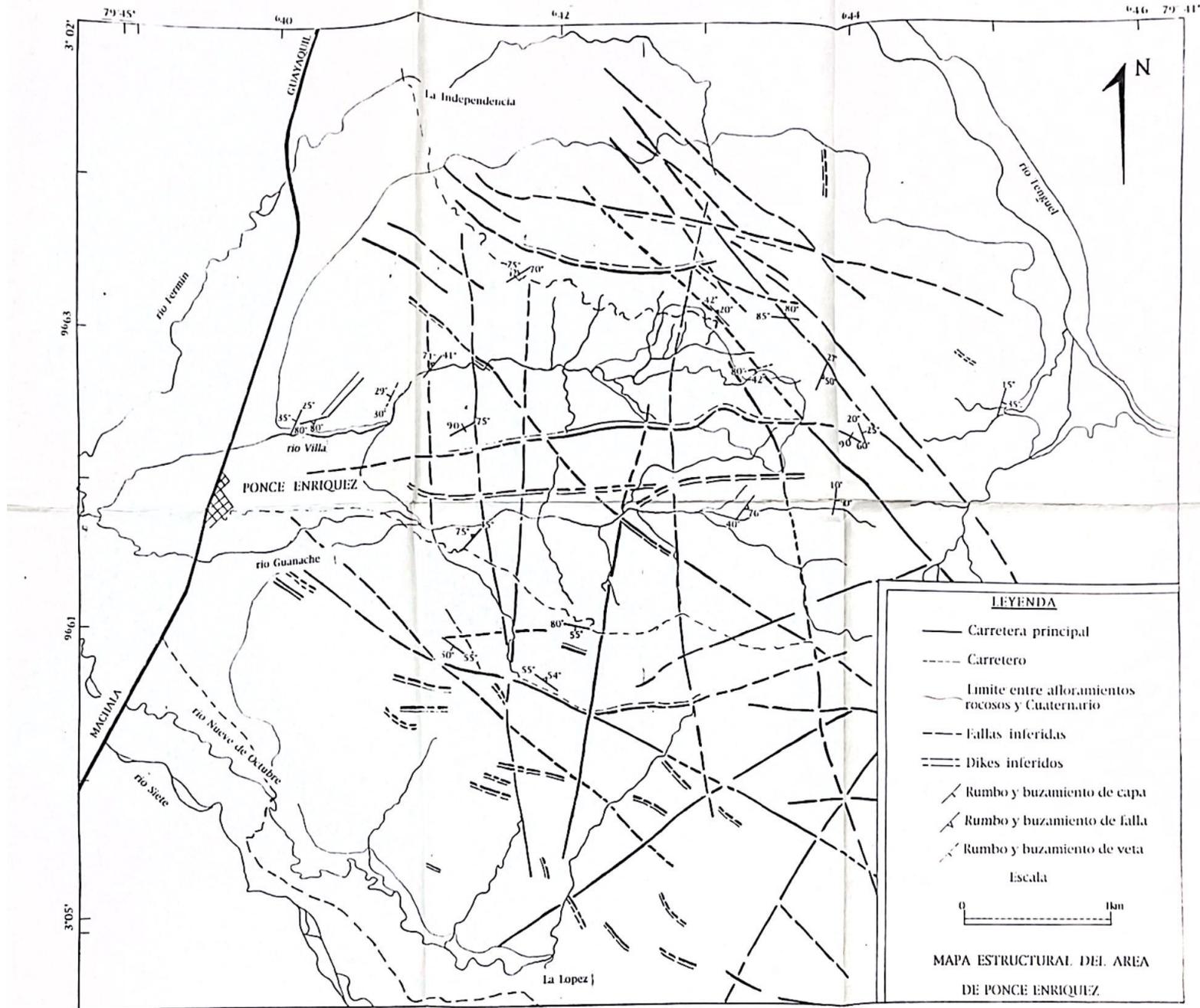
**45.** Torres R., **1985**. Estudio geológico-minero de la mina "San Jose". Informe inédito 6p.

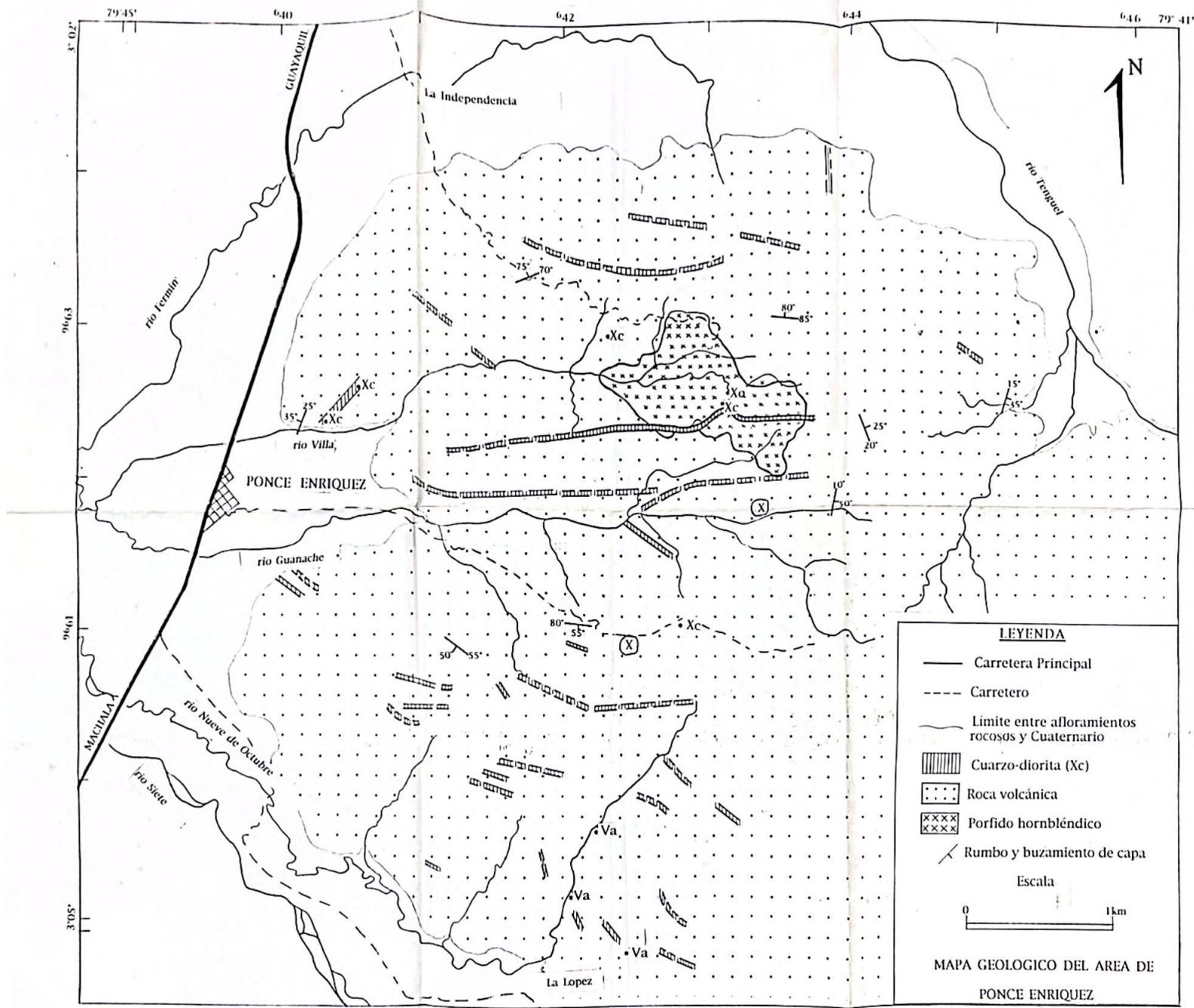
**46.** Torres F., **1990**. La minería del oro y su impacto en el medio ambiente de las zonas de Zaruma, Portovelo y Ponce Enríquez. Revista Tecnológica-ESPOL, Vol. 9 No 1, pp 61-73.

**47.** Troya Marcos, **1993**. "Procesos alternativos de cianuración". ESPOL, tesis, pp 17-90.

- 48. Tschopp H.J. 1948.** Geologische skisse von Ekuador. Bull. Ass. Swiss. Geol. Ing. Petrol., Vol. 15 No. 4, pp 14-45.
- 49. Van Thournout F. & Guzman J., 1988.** Brechas hidrotermales relacionadas con posibles centros eruptivos en los volcánicos tarquí cerca de angas, Azuay; significado metalogénico para la formación. Politécnica, monografía 6. v. XIII. (3), 7-31.
- 50. Van Thournout F., Quevedo L. y Pasteel P.. 1990.** Edades radiométricas de rocas ígneas en el noroccidente ecuatoriano. Bol. Geol. Ecuatoriano. V.1 pp 3-9.
- 51. Villacreses Jose, 1993.** "Cianuración por agitación de las arenas del sector La Independencia". ESPOL, tópico, pp 38-65.
- 52. Winckler W., Eguez A., Seward D., Ford M., Hellir F., Hungerbühler & Steinmann M. 1993.** A short-lived compression related sediment fill in the andean intermountain in basin the Nabón (late Miocene, southern Ecuador). Geodinámica Andina, Second ISAG, Oxford (UK), pp 321-324.







**LEYENDA**

- Carretera Principal
- - - Carretero
- - - Limite entre afloramientos rocosos y Cuaternario
- ▨ Cuarzo-diorita (Xc)
- Roca volcánica
- ▩ Porfido hornbléndico
- ↘ Rumbo y buzamiento de capa

Escala

0 ————— 1km

MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE  
PONCE ENRIQUEZ

