

ESCUELA DE INGENIERIA DEL  
PROYECTO MONDOLÉCTRIC  
CASA, INGENIERIA DEL MAR

---

---

# CIENCIAS NATURALES

---

---

# **GEOLOGIA Y GEOTECNIA DEL PROYECTO HIDROELECTRICO COCA, PROVINCIA DEL NAPO**

**Ernesto Décker Coello**

Resumen de Tesis Doctoral.

## **1.0 INTRODUCCION**

La presente Tesis de Grado: **GEOLOGIA Y GEOTECNIA** del Proyecto Hidroeléctrico Coca, Provincia del Napo, es presentada previa a la investidura de Doctor en Geología de la Universidad Estatal de Guayaquil, Facultad de Ciencias Naturales, Escuela de Geología y trata de los estudios realizados por el Instituto Ecuatoriano de Electrificación para el aprovechamiento Hidroeléctrico de la Cuenca del río Quijos-Coca. Dichos estudios los viene realizando INECEL a partir del año 1964 y se intensificaron, a nivel de Geología, en 1974, año desde el cual el autor de la presente tesis tuvo una participación activa.

## **1.1 PROPOSITO DEL ESTUDIO**

Las estribaciones Orientales de la Cordillera de los Andes, han sido escasamente estudiadas. Esto se debe a la poca iniciativa demostrada por parte de las instituciones gubernamentales y privadas en establecer un inventario de recursos en esas zonas. INECEL dentro de un programa de trabajos ha puesto mucho interés en el aprovechamiento de

los Recursos Hidroeléctricos en la Cuenca del Río Quijos-Coca. Con la presente Tesis de Grado, el Autor, quien participó de las varias etapas de los estudios, pretende descubrir la Geología Regional del Proyecto, Geología local del sitio propuesto para el aprovechamiento El Salado y un estudio de los materiales de construcción.

## 1.2 GEOGRAFIA Y FISIOGRAFIA

### 1.2.1 Localización

El área de estudio se encuentra situada entre las estribaciones orientales de la Cordillera de Guagrahurco, abarcando la cuenca del río Quijos-Coca entre Papallacta y el Codo Sinclair, esto es en el noroccidente del Oriente Ecuatoriano (fig. 1) entre las siguientes coordenadas.

Longitud: 77°25' y 78°15'W.

Latitud: 00°03' y 00°30'S.

### 1.2.2 Poblaciones y Accesos

El área estudiada está atravesada por la carretera Quito Lago Agrío, la cual en Baeza empalma con la carretera que se dirige hacia Tena, capital de la provincia del Napo, y a su vez comunica con Puyo, capital de la Provincia de Pastaza. El Puyo está unido al interior de la República por un ramal de la carretera Panamericana que sale de Ambato.

En el área de estudio existen picas temporales y caminos de herradura. El paso de los ríos se lo hace en algunos casos mediante puentes colgantes, estos existen en las poblaciones de Cuyuja, Baeza, Borja, El Chaco, Díaz de Pineda todos sobre el río Quijos. Lo usual es utilizar tarabitas y cables de polea. Existen helipuertos de CEPE-TEXACO en las estaciones de bombeo de las poblaciones de Papallacta, Baeza, El Chaco, Salado y Reventador, y una pista de tierra para el aterrizaje de avionetas en la población de El Chaco.

Las personas que viven en la zona son colonos rurales, y se encuentran distribuidas indistintamente principalmente a lo largo de la carretera.

Las principales actividades humanas son la agricultura y ganadería. Existen plantaciones de maíz, caña de azúcar, naranjillas en las partes bajas, y en las zonas altas papas, habas y mellocos.

El principal producto agrícola fue hasta hace poco la naranjilla, la misma que actualmente en la región casi ha desaparecido.

Los pobladores de Oyacachi se dedican fundamentalmente a la artesanía en la que se refiere al tallado de madera.

### 1.2.3 Clima y Vegetación

Según Terán (1975), el clima del área de estudio es mesotérmico siendo la temperatura promedio de 18o a 20oC. Las precipitaciones son notables durante todo el año, la pluviosidad fluctúa entre 4.000 mm. en las zonas bajas y 1.500 mm. en las zonas altas.

Las zonas altas están cubiertas por pajonal y monte bajo o chaparro, las estribaciones de la cordillera Real están cubiertas por una enmarañada vegetación de la que sobresalen árboles de Aliso y Copal fundamentalmente, en menor cantidad están presentes el cedro, canelo y guayacán. Hacia las zonas bajas el Chaparro prácticamente desaparece y la región es dominada por árboles de copal, chonta y palma en su gran mayoría, en menor cantidad se encuentra el cedro, canelo y guayacán. En las zonas planas y semipantanosas es abundante la caña guadúa.

Prácticamente todas las regiones planas hoy han sido convertidas en pastizales para crianza de ganado vacuno.

### 1.2.4 Morfología

El área estudiada está caracterizada por las siguientes unidades morfológicas.

a) **Cordillera Real.**- Está localizada en la parte occidental del área y corresponde a las zonas altas y estribaciones orientales de la cordillera de los Andes.

En esta zona se encuentran los volcanes inactivos Antizana (5.704 m.s.n.m.) y Cayambe (5790 m.s.n.m.), quienes han levantado sus edificios volcánicos sobre rocas metamórficas, las cuales constituyen el basamento cristalino de toda esta región. Además se encuentra aquí el cerro Sarahurco (4.676 m.s.n.m.) constituido enteramente por rocas

metamórficas.

b) **Estribaciones orientales de la cordillera Real.**- Constituyen la transición entre los páramos de la cordillera Real y la llanura aluvial del río Quijos-Coca. La parte alta se caracteriza por pendientes fuertes existiendo en partes acantilados en donde los ríos forman cascadas.

En esta zona alta la estabilidad de los materiales de cobertura es precaria produciéndose deslizamientos a lo largo del contacto suelo-roca por saturación en los materiales sueltos.

c) **Domo Napo-Galera.**- Representados por la Cordillera de Guagrahurco y el nudo de Dué, la cordillera de Guagrahurco está limitada hacia el occidente por acantilados que llegan hasta la depresión del río Quijos, esta meseta consta de una planicie superior formada de lutitas de la formación Tena, luego hay un primer escarpe que corresponde a las Calizas de la formación Napo medio, luego sigue una zona de relieve suave, semiplano, que corresponde a las lutitas de la formación Napo inferior, continúa un segundo doble escarpe que corresponde a las areniscas de la formación Hollin y en la parte inferior la formación Misahualle cubierta parcialmente por material piroclástico. Esta serie de rocas sedimentarias están cubiertas por material volcánico.

El nudo Dué se caracteriza por la presencia del volcán Reventador (3.485 m.s.n.m.) que con sus erupciones ha remodelado la morfología del sector de su influencia.

d) **Depresión del Quijos-Coca.**- La depresión del Quijos-Coca morfológicamente se puede dividir en dos sectores: Sector superior, comprendido entre Baeza y la Cascada de San Rafael y sector inferior comprendido entre la Cascada de San Rafael y el Codo Sinclair. El Sector superior se caracteriza por tener un ancho que fluctúa entre 2 y 5 km., con desarrollo de depósitos aluviales modernos y terrazas altas.

El sector inferior es más encañonado, limitado por grandes escarpes formados por rocas sedimentarias.

Los depósitos aluviales se encuentran a lo largo del valle. A partir del Codo Sinclair el valle del río Coca se ensancha nuevamente dando comienzo a la semiplanicie oriental.

### 1.3 Estudios geológicos anteriores

Los estudios geológicos de la parte noroccidental del Oriente Ecuatoriano se inician en el año 1921 en que los geólogos Sinclair y Wasson recorren la cuenca del Río Napo, publicando sus observaciones el año de 1927 en el informe "Exploraciones geológicas en el Este de los Andes del Ecuador".

Sinclair y Colony, en los años 1927-1928 estudian rocas volcánicas y metamórficas entre Papallacta y Baeza, así como rocas volcánicas de la formación Chapiza en las proximidades de la Cascada de San Rafael.

Tschopp publica "Oil Explorations in the Oriente of Ecuador" (1953) el cual es una síntesis de estudios geológicos realizados entre 1938 y 1950, dando así una estratigrafía de la región. W. Sauer (1965) publica su "Geología del Ecuador" actualizando la información existente y esquematiza la estructura regional del Ecuador.

En 1969 la Dirección General de Geología y Minas publica el "Mapa Geológico del Ecuador" a escala 1:1'000.000.

A partir del año 1974 el Instituto Ecuatoriano de Electrificación inicia estudios específicos en la cuenca del río Quijos-Coca: "Geología Regional del Sector entre los ríos Salado y Malo" (1975) Recursos Hidroeléctricos de la cuenca Quijos-Coca" realizado por INECEL-INTECSA (1975). En el año 1976 el Consorcio de Compañías Consultoras del Proyecto Hidroeléctrico Coca presenta el Informe de Inventario "Geología Regional y Sismología". En 1977 el mismo consorcio presenta el informe de Prefactibilidad y en 1978 el de Factibilidad del Proyecto.

## 2.0 GEOLOGIA REGIONAL

### 2.1 Generalidades

De los estudios geológicos realizados a lo largo de la cuenca del río Quijos-Coca se han diferenciado rocas metamórficas, sedimentarias e ígneas, las cuales son descritas a continuación.

### 2.2 Rocas Metamórficas

Pertencen al cinturón metamórfico de la Cordillera Real, el cual a su vez constituye el basamento cristalino sobre el cual se levantaron los volcanes Antizana y Cayambe. Buenas exposiciones en esta roca se tienen en la carretera Quito-Lago Agrió (Fig. 2).

### 2.2.1 Petrografía

Las rocas estudiadas han sido divididas atendiendo a su granulometría en Pelíticas y Cuarzo Feldespáticas (Metapelitas). Las abundantes rocas metapelíticas han sido separadas de las metabasitas, relativamente escasas, en base a sus asociaciones mineralógicas. Todas estas rocas no son representadas en el mapa geológico por su difícil cartografía y correlación.

#### 2.2.1.1 Metapelitas

Corresponden a esquistos cuarzo feldespáticos, cloríticos, muscovíticos, filitas y esquistos carbonosos, gneises cuarzosos y micáceos en proporciones variables. Estas rocas tienen una asociación mineralógica típica.

cuarzo más albita más muscovita más clorita más epidota.

Macroscópicamente estas rocas presentan un color gris claro o verdoso con moteados claros y planos brillantes. La textura dominante es lepidoplástica-granoblástica de grano fino, localmente porfiroblástica. Otras rocas presentan la asociación.

cuarzo más albita más deldespato potásico más muscovita más biotita más clorita más cloritoide más epidota.

y otras rocas la asociación:

cuarzo más plagioclasa más muscovita más biotita más deldespato potásico más granate más cianita más clorita más epidota.

Las metapelitas tienen minerales accesorios ampliamente distribuidos: circón, carbonato, turmalina. Minerales secundarios comunes son carbonato, óxidos y sulfuros, estos últimos son abundantes en todas las rocas.

#### 2.2.1.2 Metabasitas

Son rocas básicas que se presentan como fajas hasta de 100 mts. de potencia concordantes con la foliación regional.

Corresponden a esquistos cloríticos con epidota y actinolita, de color verde oscuro a claro y con una textura dominante lepidoblástica-granoblástica. La ocurrencia de estas rocas es apreciablemente en menor que las metapelitas.

### 2.2.2 Estructuras Metamórficas

Las rocas metamórficas de esta serie, son bien foliadas manteniendo un rumbo promedio de N 10oE y buzamiento variables, predominando los fuertes hacia el Occidente, localmente hay desarrollo de foliaciones plegadas y más comúnmente onduladas.

Estructuras plegadas son claras en muchos afloramientos, se tratan de mesoplegues con amplitudes no mayores que 1 cm. y una orientación S 10o W con inclinaciones variables desde 0o hasta 45o.

### 2.2.3 Edad del Metamorfismo

La evidencia encontrada en este estudio es que estas rocas fueron metamorfozadas por lo menos un par de veces, el último interesó a las rocas mesozoicas (Hollin, Napo) y a las del terciario. Por lo tanto se postula un metamorfismo de edad terciaria (Eoceno).

## 2.3 Formación Chapiza.- Jurásico Superior (Jk)

### 2.3.1 Generalidades

Este grupo de rocas volcánicas es considerado como un miembro de la formación Chapiza. La cual tiene en su parte superior el miembro volcánico Misahuallí. Aparece desde el Codo Sinclair hacia aguas arriba por el río Coca. En las dos márgenes del río en las partes bajas. Donde el río es encañonado, presenta franjas muy angostas de 200 a 400 m. de ancho, mientras que aguas arriba, al ensancharse el valle se presentan en forma más amplia extendiéndose por los valles de los tributarios. Buenos afloramientos se encuentran también en los ríos Salado, Murallas, Bombón, Azuela y Quijos y en el valle del río Borja. No se conoce en el área su potencia total, habiéndose sido estimada su

espesor en aproximadamente 650 m.

### 2.3.2 Petrografía

Esta formación reúne una gran variedad de rocas de origen volcánico entre las cuales se pueden mencionar los siguientes tipos petrográficos:

a) **Tobas porfíricas:** Su color varía de gris a gris verdoso cambiando a un gris rosado cuando existe mayor silicificación, son duras y compactas con diaclasas lisas y cortantes, tienen textura porfírica, con fenocristales feldespáticos en una matriz afanítica-vitrea. Afloran principalmente en el sector comprendido entre San Rafael y el Río Salado.

b) **Las ignimbritas.-** Presentan características semejantes a las anteriores, con la diferencia de que en estos se observa lentes o flamas de vidrio con espesores milimétricos o centimétricos paralelos entre sí, ya sea rectos u ondulantes. Se ha localizado tobas pseudo estratigráficas de color gris-verdoso, con variedades afaníticas gris-azul, con una diferente granulometría que va de afanítico a medio, estos últimos posiblemente se traten de inclusiones de vidrio.

c) **Lavas Andesíticas.-** Con una coloración gris-verdosa a verde con fenocristales de plagioclasa y una laminación de flujo concordante con la estratificación de las tobas intercaladas (INECEL 1976).

La formación Chapiza localmente es instruída por pequeños cuerpos graníticos de composición intermedia tipo granodiorita, según se aprecia en la Fig. 2.

### 2.3.3 Edad

La ausencia de fósiles en las rocas que pertenecen a la formación Chapiza, impide conocer su edad. Recientemente, en el 1er. Congreso de Geología fue dado a conocer por el Ing. Pablo Duque una datación hecha en rocas de esta formación, el resultado fue  $132 \times 10^6$  años. Correlacionando este tiempo pertenece al cretácico temprano Berriance, según tabla Estratigráfica F.W. Van Eysinga tercera Edición 1975.

## 2.4 Formación Hollin-Cretácico inferior a medio (Kh)

### 2.4.1. Generalidades

Se encuentran estas rocas aflorando a lo largo del valle río Coca en forma casi continua y hacia ambos márgenes, formando farallones casi verticales principalmente en la margen derecha, en donde se observa prácticamente un gran afloramiento continuo desde aguas abajo del Codo Sinclair hasta el río Murallas (Fig. 2). En la margen izquierda se tienen afloramientos a lo largo de la carretera en las cercanías de los ríos Santa Rosa, Salado y Reventador (Fig. 2).

#### 2.4.2 Petrografía

La formación Hollin está constituida de areniscas cuarzosas de color blanco o amarillento cuando se encuentra meteorizada. Es típico su aspecto sacaroidal. En la parte basal de esta formación es común encontrar micro conglomerados de la misma arenisca cuarzosa. La arenisca presenta estratificación cruzada y se encuentra en bancos de hasta 2 m. de potencia separados por estratos laminares de lutita negra. Hacia el tope de la formación, las areniscas disminuyen su potencia y las lutitas se hacen más abundantes.

El cuarzo de la arenisca es preponderante redondeado y menos subredondeado, su tamaño llega hasta 3 mm. de diámetro en los microconglomerados. W.C. Krumbein y Sloss 1969 los llama conglomerados intraformacionales, compactados o litificados, se rompen de modo semejante e incorporan en una matriz arenosa, en tanto que se continúa la depositación, tales depósitos pueden clasificarse bien como conglomerados, o bien como brechas dependiendo de la angulosidad o redondez de los fragmentos.

#### 2.4.3 Edad

En vista de que no se han encontrado restos de fósiles, la edad del techo de esta formación fue datado por determinaciones palinológicas como Albense inferior, por la misión IFP (Faucher y Savoyat 1973) y, la base se dató como Aptense (Campbell, 1970).

### 2.5 Formación Napo-Cretácico

#### 2.5.1 Generalidades

Esta formación ocupa la misma extensión areal que la formación Ho-

lin a la cual está suprayaciendo. Sin lugar a dudas en origen es marino. Extensos afloramientos son encontrados en la gran curva que forma el Quijos-Coca desde aproximadamente Balsas hasta el Codo Sinclair. Su ausencia es menor en la margen izquierda en donde se encuentran parcialmente cubierta por la Formación Tena o por depósitos y formaciones más jóvenes.

## **2.5.2 Petrografía**

Esta formación es fundamentalmente cuarzo-calcárea rica en materia orgánica, fosilífera. Tschopp (1943), litológicamente diferenció tres miembros dentro de esta formación los cuales son descritos a continuación.

### **2.5.2.1 Napo Inferior (Knl)**

Constituído por lutitas cacáreas laminadas color gris oscuro a negro entre las cuales se van intercalando capas de areniscas glauconíticas con potencia máxima de 2 m. frente al río Amaluza, con calizas negras.

Estas rocas se presentan en algunos sitios con cierto contenido de cuarzo que las hacen más duras la potencia de este nivel llega a 240 m. aproximadamente.

### **2.5.2.2 Napo Medio (Kn2)**

Constituída por calizas de color gris oscuro, en bancos gruesos separados por delgadas capas de lutitas negras, en las lutitas aparecen gran cantidad de fósiles (cefalópodos), la potencia en el área es aproximadamente de 100 m.

### **2.5.2.3 Napo Superior (kn3)**

En este nivel predominan las lutitas más duras y con coloración que va desde el verde gris a gris oscuro hasta negro, en las cuales hay intercalaciones de finas capas de calizas color gris oscuro, con presencia de poca fauna (moluscos). La potencia media en el área es de 40 m. Los tres niveles fueron diferenciados en el área del Codo Sinclair mientras que en otros sectores únicamente se diferencian los niveles inferior y medio.

### 2.5.3 Edad

En base a estudios paleontológicos realizados por varios investigadores S.B. Reeside (1927), M. Breistroffer (1953) y por los geólogos Wasson y Sinclair, se data el miembro inferior desde albense hasta cenomanense; al mismo medio como Turonense y al superior como coniacense.

## 2.6 Formación Tena, Cretácico Superior (Kt)

### 2.6.1 Generalidades

Esta formación se encuentra suprayaciendo a la formación Napo en las partes altas del Codo Sinclair, (fig. 2). Los demás afloramientos, dentro del área estudiada son muy restringidos y locales, ya que han desaparecido por la erosión. La potencia de esta formación según H.J. Tschopp (1953) y R. Hoffstetter (1956) varía desde centenares hasta un máximo de 1.000 m. En el área no se ha determinado potencia alguna, ya que no se llega hasta el tope. Tomando como base estudios de micropaleontología y Palinología realizados por el Instituto Francés del petróleo, a esta formación se la data integramente como Maastrichtense, mientras que otros autores la ubican en el cretáceo superior y el terciario inferior A.A. Olsson (1956). El medio de deposición de estos sedimentos fue predominantemente continental, aunque según informes de I.F.P. se han encontrado fuera del área de estudio niveles marinos pequeños entre los continentales.

## 3. GEOLOGIA DEL SITIO DE PRESA EL SALADO

### 3.1. Características Generales de la Obra

El sitio de presa está ubicado 1.300 m aguas abajo de la confluencia de los ríos Salado y Quijos, tendrá una altura de 10m. tomada de la cota del caudal del río 1.260 a la cota 1.360 m. que es la coronación, la longitud del eje de la presa es 1.100 m. en el flanco derecho de la presa se construirán 2 túneles de desvío con diámetro de 12m. c/u y una longitud de 700m. aproximadamente, y paralelos entre sí, se construirán dos túneles de baja presión con una longitud de 370m. hasta la chimenea de equilibrio.

La presa prevista es de escollera y se la construirá sobre rocas intrusivas granodioríticas y volcánicas del miembro Misahuallí, aflorantes en

los flancos derecho e izquierdo y cubierto en la margen izquierda por terrazas de material aluvial con potencia que sobrepasan los 150 m. ver fig. No. 3 Con el objeto de obtener datos más detallados sobre el sitio donde se construirá la Presa. Se efectuaron unos 4.000m. aproximados de perfiles sísmicos de refracción y 12 sondeos de electrorresistividad; se excavaron pozos investigatorios y trincheras, también fueron realizados estudios y análisis petrográficos de las muestras obtenidas en la zona principalmente de las granodioritas.

Lámina No. 1 - No. 2 ver anexo.

### 3.2 Geología del sitio de presa

El área estudiada presenta una topografía diferente en ambas márgenes del río, mientras la margen derecha tiene gradientes de hasta 60° de inclinación, constituida de rocas granodioríticas y volcánicas, cubiertas por suelos detríticos, la margen izquierda, con gradientes más suaves de hasta 45° de inclinación está constituida por depósitos terrazados aluviales que forman pequeñas planicies interrumpidas en la parte derecha por un maciso rocoso de forma piramidal. Tanto en el flanco derecho como en el izquierdo al pie de las pendientes tiene depósitos de material de escombros de talud de espesor y superficie variables.

Litológicamente el sitio de la presa está constituido por rocas volcánicas del miembro Misahuallí, rocas intrusivas granodioríticas, depósitos aluviales y coluviales ver fig. No. 3.

Las rocas volcánicas del miembro Misahuallí (Jk) son las rocas que presentan una mayor superficie en el área de estudio, tienen diversas coloraciones que van desde gris, gris verdoso a gris claro y amarillentos, son duras, compactas, con diaclasas lisas y cortantes. En las zonas de contacto con el cuerpo intrusivo se presenta fuertemente diaclasado, intensamente silificada, con mineralización de pirita y calcopirita.

Son más preponderantes las lavas andesíticas de color gris-verdoso a verde con una laminación de flujo concordante con la estratificación de las tobas presentes fuera la zona estudiada. Las diaclasas más representativas son N 60°E/80° NW; N25° W/60° SW; N80° W/75° NE' N 60° W/90°.