

Ing. J. C. GRANJA

BUSCANDO PETROLEO

- 1.—Nociones generales sobre el origen del Petróleo
- 2.—Exploraciones geológico-Petroleras en el Oriente del Ecuador.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

INTRODUCCION:

Desde 1938, año en el que empezó a buscar petróleo en el Oriente Ecuatoriano la Anglo Saxon Petroleum Co., hoy The Shell Company of Ecuador, ocupó al autor de estas notas como Ingeniero Ayundante de Geólogos, hasta el año de 1943 en el que se separó por atender otros trabajos. En todo ese tiempo trabajó, el que esto escribe, casi con todos los Geólogos que la mentada Compañía trajo para el estudio geológico de la Región Oriental Ecuatoriana.

El autor no quiere dejar pasar esta oportunidad para dar sus gracias a los eminentes Geólogos Doctores K. T. Goldschmid y H. E. Parsons por su actitud nada egoísta, en la oficina y en el campo, mientras juntos hacían las exploraciones geológicas con el que esto escribe.

Esta tesis, que se ha ido por un camino hasta hoy, por desgracia, inexplorado por los ecuatorianos: la Geología, pretende echar la primera piedra para despertar el interés por el estudio de esa gran ciencia que es la base de la Minería, de gran futuro en el Ecuador y la **única que da a las naciones su verdadera Independencia.**

PARTE PRIMERA

NOCIONES GENERALES SOBRE EL ORIGEN DEL PETROLEO

Al revisar en nuestra carta geográfica la distribución de los yacimientos petrolíferos y los trabajos previos para su búsqueda y obtención, salta a la mente la pregunta: ¿Por qué hay petróleo sólo en la Costa y en el Oriente, y no en la Sierra? Para satisfacer a esta pregunta hemos creído necesario insertar aquí algunas nociones sobre el

ORIGEN DEL PETROLEO

ÁREA HISTÓRICA

DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Antes es necesario que estudiemos algunos puntos generales sobre el petróleo:

El petróleo es un cuerpo que corresponde a los que se llaman hidrocarburos naturales o hidrocarburos de Hidrógeno, cuerpos minerales de difícil análisis químico; pero la Geología se satisface con definiciones simples para su cómoda clasificación.

Como primera distinción tenemos la de **hidrocarburos libres** e **hidrocarburos potenciales**. Los hidrocarburos libres o simples, son solubles en los disolventes orgánicos (Cloroformo, benzina) con coloración oscura. Corresponden a este grupo el **petróleo** y sus productos de oxidación, como el asfalto.

Los **Hidrocarburos potenciales** no son solubles, no pueden ser extraídos de las rocas que los contienen sino por destilación o disloque de las moléculas; así por ejemplo, los hidrocarburos de los esquistos bituminosos llamados **pirobitunes**.

En la serie de los hidrocarburos libres, los principales términos son los gases del petróleo y la ozoquerita, constituidos por mezclas en proporciones variables de Carbono e hidrógeno más y más pesados, como se verá en el cuadro siguiente de la composición química de los hidrocarburos libres:

Gases secos (Gases difícilmente liquidables) de C_1 a C_2

Gases húmedos (Gases fácilmente liquidables) de C_3 a C_4

Petróleo (líquido a temperatura ordinaria) de C_5 a C_{15}

Ozoquerita (sólido a la temperatura ordinaria) de C_{15} a C_{35}

La oxidación y polimerización de los cuerpos precedentes, dan por resultado los **oxibetunes**, cuerpos viscosos,, generalmente con aspecto de pez; sólidos o líquidos, llamados vulgarmente **betunes** o **asfaltos**. Es conveniente llamarlos asfaltos, ya que el término **betún** puede llevar a confusiones con el betún potencial de los esquistos bituminosos.

La naturaleza química de los hidrocarburos potenciales no está todavía bien conocida.

EL PETROLEO BRUTO

Propiedades físicas.—Los aceites minerales brutos son: líquidos, de color opaco, variando del ámbar al negro. Ordinariamente el petróleo bruto es un líquido **oscuro-verdoso**, fluorescente por reflexión. El olor dominante es el de la esencia. En las Indias Holandesas hay ciertos aceites aromáticos. Los muy viscosos, como los de Méjico, tienen un olor desagradable debido a los compuestos orgánicos sulfurados.

La densidad tiene mucha importancia para la definición de los aceites, ya que ella se encuentra ligada a otras propiedades como la composición química y la viscosidad.

La densidad se expresa generalmente por su peso específico en Europa; mientras que en América del Norte, por el grado Baumé. Siendo más empleado y práctico este último.

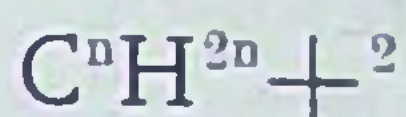
La densidad del petróleo bruto varía entre 1,00 y 0,75. Siendo raros los valores extremos. Las densidades corrientes están entre 0,82 y 0,97.

Hemos dicho que la densidad está ligada a las otras propiedades de los petróleos ya físicas como químicas; así los aceites pesados de 1,00 a 0,90, son muy viscosos, asfálticos y pobres en esencia. Tienen, casi siempre, gran proporción de azufre.

Los aceites livianos de 0,9 a 0,8 son productos parafínicos, fluídos de color negro o verde.

Composición química del Petróleo.—Están constituidos, los petróleos, por **carburos de Hidrógeno**, cuya proporción y las ligaciones carbonadas varían según los yacimientos.

Los **carburos saturados** o **parafínicos** de fórmula general:



forman la mayor parte del petróleo de los E. E. U. U.

El petróleo comprende los productos líquidos que se colocan entre los hidrocarburos en C_5 y los en C_{15} . Se los separa por refinación: La **esencia**, el **petróleo purificado** y los **aceites pesados**.

Además de los cuerpos en C_{15} vienen los cuerpos sólidos o pastosos que se encuentran en el aceite sea disueltos o sea en estado de suspensión, como las vaselinas, las parafinas blandas y las duras.

Los petróleos brutos contienen también otros cuerpos que, a pesar de su proporción débil, juegan a veces papeles importantes en la valorización del mineral. Entre los cuerpos oxigenados son de citarse en primera línea los ácidos nafténicos y los asfaltos y resinas que son cuerpos complejos.

La cantidad de asfalto en los petróleos es característica y varía para los diferentes yacimientos del mundo. Aquellos que lo tienen en mayor cantidad, se los llama **petróleos asfálticos**.

Los petróleos contienen también productos sulfurados o azoados, son mal conocidos y no pasan del uno por ciento. A veces el azufre se halla coloidal y libre.

La cantidad de cenizas que contienen los petróleos es insignificante, raras veces llega al 0,01 del peso del petróleo.

ORIGEN DEL PETROLEO

En los laboratorios químicos se han preparado sustancias que tienen mucha aproximación con el petróleo. Estos procedimientos de preparación pueden ser reunidos en dos grupos: el uno, realiza la síntesis de los hidrocarburos, partiendo de materias minerales; el otro realiza la transformación de materias orgánicas. Lo que ha dado base para una "Teoría orgánica" y una "Teoría inorgánica".

Teoría inorgánica.—Está basada esta teoría en los famosos trabajos de Berthelot, Moissan, Mendelief, Sabatier y otros. Todos ellos han hecho actuar sobre los carburos metálicos el agua, por medio de catalizadores y han obtenido carburos acetilénicos, los que, al pasar por sobre Níquel, se transforman en carburos saturados; obteniendo así mezclas muy próximas al petróleo natural.

Por las condiciones que se ofrecen en la naturaleza, esta Teoría no ha podido resistir, ya que, el fenómeno de la catálisis sobre el Níquel, sería posible se efectúe en la naturaleza, pero solamente sobre las rocas graníticas y volcánicas; mas, en la naturaleza, el petróleo falta o no se presenta nunca sobre estas rocas.

Además, los productos sintéticos obtenidos del petróleo de origen inorgánico, no contienen los cuerpos ópticamente activos que contiene el petróleo natural.

Teoría orgánica.—Mediante esta Teoría se produce petróleo partiendo de grasas animales y vegetales. Engler en una clásica experiencia en 1909, destiló 492 Kgs. de aceite de pescado bajo 10 atmósferas de presión y a temperatura que, paulatinamente la fue subiendo hasta 900 grados. Así actuando, obtuvo un destilado constituido por 299 Kgs. de un aceite fluorescente sin olor de la acroleína de la materia prima. El 99% de esa substancia eran hidrocarburos semejantes a los del petróleo. Los carburos extraídos de ella son un 30% que van del **pentano** al **nonano**, los aceites de engrasación y los de parafinas cristalizables.

El químico Potonier destiló un cieno orgánico formado de algas unicelulares en descomposición que lo obtuvo de una laguna de la costa del Mar Báltico, con el siguiente resultado:

Aceite asfáltico parafínico	24,4%
Agua alcalina	13,8%
Cenizas y coque	47,2%
Gases combustibles	14,6%

Destilando bajo presión esas mismas algas han dado aceites livianos y aceites parafínicos. Operación con la que se ha demostrado que la materia grasa de las algas, que es soluble en el éter, es la que ha engendrado los hidrocarburos.

Estas geniales experiencias, en verdad, no demuestran que el petróleo se haya producido exactamente así en la naturaleza, pero han dado lugar a la siguiente:

Hipótesis: Grandes masas de materias orgánicas, animales, vegetales o ambas, comprendidas en los asientos sedimentarios, se han transformado en petróleo.

Esta hipótesis podemos afirmar que sí se encuentra acorde con las observaciones que la Geología ha hecho en la naturaleza.

Materia originaria del petróleo: La dificultad para explicar la hipótesis antes nombrada ha estado en saber cuál era la materia orgánica que ha dado origen a tan colosales depósitos de petróleo.

Alguna vez se vio la materia prima del petróleo en los escuálidos, basados en que el hígado y aceite de los tiburones segregaban hidrocarburos tales como el espinaceno y el escualeno.

Esta teoría no pudo subsistir, ya que la Geología permite afirmar que los depósitos de petróleo no están ligados a la abundancia de los Escuálidos. Hay varios yacimientos muy abundantes que son más antiguos que tal pululamiento. Además, en ningún yacimiento petrolífero se han encontrado restos fosilíferos de Escuálidos. Por lo que se ha buscado el origen del petróleo en organismos más primitivos y más comunes a todas las épocas geológicas y a sus manifestaciones climáticas.

La hipótesis que hace derivar el petróleo de las **materias grasas**, es la más aceptable, porque las grasas son abundantes y se hallan tanto en animales como en vegetales. Ambos tienen materias albuminoideas, las que se transforman en ácidos grasos. En los animales, por saponificación, y los vegetales por putrefacción. La transformación de estos ácidos grasos en hidrocarburos es, pues, cosa fácilmente realizable en la naturaleza.

Pero los vegetales que han dado origen al petróleo deben ser no leñosos, ya que, los derivados de la celulosa tienen fenoles y el petróleo nunca lo contiene. En cambio, la **colesterina**, contenida en vegetales y animales, se encuentra también en el petróleo.

Las que más nos aclaran el origen del petróleo, son las **aguas fósiles**, aguas que están asociadas al petróleo en su ya-

cimiento. Dichas aguas contienen sal y yodo. Lo salobre de esas aguas nos indica un origen marino.

El Yodo, que en tan mínima cantidad se halla en las aguas del mar, en las aguas fósiles se encuentra en gran proporción. En los depósitos rumanos se tiene, por ejemplo: 50 gramos de Yodo por metro cúbico de agua fósil; y, 340 gramos de Yodo por tonelada de sal. Como hay también yacimientos que no tienen sino un gramo de Yodo por metro cúbico de agua fósil.

MRAZEC ha demostrado que la riqueza en Yodo debe estar relacionada con la presencia de algas. Siendo, en verdad, las algas, especialmente los **fucus** y la flora **planctónica**, los que concentran en sus tejidos las minimales cantidades de Yodo que tiene el agua del mar. Así por ejemplo, el **Varech**, fuco común, contiene 60 gramos de Yodo, por tonelada.

En las lagunas litorales se acumulan algas unicelulares, algas que entran en putrefacción entre cieno y arena. Mrazec y Potonier han visto una analogía entre estos depósitos y las capas petrolíferas; y han llamado a esas algas en putrefacción con cieno y arena, **SAPROPEL**. Este Sapropel, con materias grasas, con celulosa no lignificada y con Yodo, **reúne todas las condiciones para ser la materia originaria del petróleo**. La Geología confirma esto.

En la transformación del Sapropel en petróleo, no se ha necesitado una destilación con grandes temperaturas y presiones. Muchos y valiosos estudios abogan por una **simple fermentación** del Sapropel. Al tiempo de esta fermentación, se **ha efectuado la sedimentación**.

Fue en la Rusia Soviética, en 1926 cuando uno de sus grandes Institutos científicos **descubrió una flora bacteriana anaerobia** que vive en los lechos del petróleo a grandes profundidades. Esas bacterias no existen en otras aguas que no sean las de los yacimientos petrolíferos. Esas bacterias dicen dos cosas:

Primero.—Que en la formación del petróleo no ha habido grandes temperaturas; y,

Segundo.—Que se ha realizado una fermentación.

Esas bacterias se unen a la materia orgánica destruyendo los ácidos grasos; reduciendo al mismo tiempo los sulfuros y sulfatos. Descomponen las albúminas de la celulosa, etc. Resumiendo, podemos decir que si bien es cierto que esta Teoría tiene muchos vacíos por llenarse, nos hace vislumbrar

los procesos bioquímicos que han podido obrar en la transformación del sapropel en petróleo.

De cómo se ha almacenado el petróleo en los sedimentos arcillosos.—

En 1928 es Taylor quien lanza su maravillosa y sugestiva Teoría para explicar cómo se ha acumulado el petróleo en las capas arcillosas: Para una mejor comprensión, y sin explicar todos los fenómenos físico-químicos que intervienen, describiremos un ejemplo que ayuda a la comprensión total de la Teoría:

Si en un embudo llenamos hasta la mitad con arcilla sódica y sobre la que ponemos una solución de NaCl, este líquido se filtra, pues esta arcilla está **floculada**. Pero si enseguida ponemos agua destilada, la arcilla se hidroliza, **deflocula**, se pone impermeable y el líquido es detenido. O sea que la arcilla sódica es permeable en medio salado e impermeable en agua dulce.

Arcillas obtenidas de los yacimientos petrolíferos de todo el mundo, han demostrado su carácter sódico.

El mismo proceso como aquel que se ha efectuado en el gabinete con el embudo, debe haberse efectuado en la naturaleza de la manera siguiente:

Las arcillas que los ríos depositan en los estuarios, son arcillas cálcicas, como todas las arcillas que están en contacto con las aguas superficiales. Pero al depositarse en el agua del mar, forman un sedimento arcilloso sódico que en el agua salada es permeable. Esta arcilla está sometida alternativamente a las acciones del agua salada y el agua dulce. Se produce una hidrólisis que da por resultado inmediato la impermeabilidad del sedimento arcilloso. Efectuándose este proceso se puede comprender que fácilmente deben quedar aprisionados entre esos lechos o sedimentos, depósitos de materias orgánicas, aisladas de la oxidación del aire. Y actuando sobre esa materia bacterias anaerobias, la transformación en petróleo no tarda. Transformación que se efectúa, por tanto, en el mismo momento de la sedimentación; son coetáneas.

Para comprobar su teoría, Taylor se vale de muchas experiencias en las que trata de trasladar al laboratorio las condiciones que se suponen obraron en la naturaleza.

Mas, esta teoría Taylor no explica la formación petrolífera sino en los complejos arcillosos que, si bien es cierto que forman la mayoría de los yacimientos conocidos, se encuentran también, los yacimientos petrolíferos primitivos, en formaciones dolomíticas y calcáreas. Murray Stuart explica este caso, diciendo que al momento de precipitarse los carbonatos aprisionaron y le aislaron del aire a la materia orgánica, la que devino en petróleo, de la misma manera que la materia orgánica encerrada en los complejos arcillosos.

Los depósitos calcáreos que se han sedimentado en las aguas aereadas, jamás contienen depósitos de petróleo, ya que la condición imprescindible y necesaria para que se forme el petróleo, es la ausencia de oxígeno.

Resumiendo, las condiciones para la formación del petróleo serían

Primero.—La precipitación de las dolomías o calcáreos en las lagunas, y la variable salobredad de las aguas en los litorales que han impermeabilizado a las arcillas sódicas, han aprisionado y aislado a la materia orgánica;

Segundo.—La materia que ha dado origen al petróleo es el sapropel, que es acumulaciones cenagosas de algas unicelulares en putrefacción, que se depositan en lagunas litorales marinas;

Tercero.—Este sapropel se encuentra desde el momento de su deposición sometido a una fermentación anaerobia, por la que se desdoblan sus moléculas de ácidos grasos transformándose en hidrocarburos; y,

Cuarta.—Este proceso no se efectúa en ausencia del aire.

Terrenos petrolíferos.— Todo el proceso que acabamos de describir debe haberse efectuado en los confines de los terrenos planos, a orillas de mares poco profundos, en las lagunas costaneras, en los estuarios y deltas de grandes ríos. Bajo un clima cálido y húmedo.

En los períodos de las grandes crecientes de los ríos, empujando a las aguas del mar que cubrían sus estuarios, cambiaban la salobredad de las aguas de esas orillas, dando por resultado la impermeabilización de los lechos arcillosos, como ya hemos anotado. Otras veces, en épocas de sequías, las lagunas litorales deben haber concentrado sus aguas por evaporación, dando por resultado la precipitación de las sustancias en suspensión, como el yeso, cal, dolomía, etc.

Las colonias de algas planctónicas que se desarrollaban cerca de su superficie a orillas de esos mares poco profundos y lagunas litorales, caían a su fondo, en épocas tranquilas, dando por resultado los fangos arcillosos, algo bituminosos. Luego de un tiempo de esta calma, las grandes avenidas de agua de los ríos con grandes cantidades de arcilla y arena, deben haber cubierto a esos lechos fangosos con una cubierta impermeabilizada por las variaciones de salobredad propias de las aguas de esas regiones. Poniendo así al abrigo del aire a esa arena sapropeliana en la que las bacterias anaerobias actuaban de seguida, reduciendo los sulfatos en sulfuros, rompiendo las moléculas de los ácidos grasos; en suma, elaborando el petróleo.

Este proceso se sucede: sobre este lecho formado se superpone otro y otros, indefinidamente, formando una **serie petrolífera**. El volumen de los aportes terrígenos llega a un límite en que los hundimientos se efectúan. Hundimientos que rompen la permanencia del proceso descrito. Como resultado de estos hundimientos vienen los plegamientos locales como los regionales. El retiro o avance de las aguas marinas da el carácter a las formaciones ya de marinas o ya de continentales, como da su carácter a los posteriores depósitos que recubren las anteriores series.

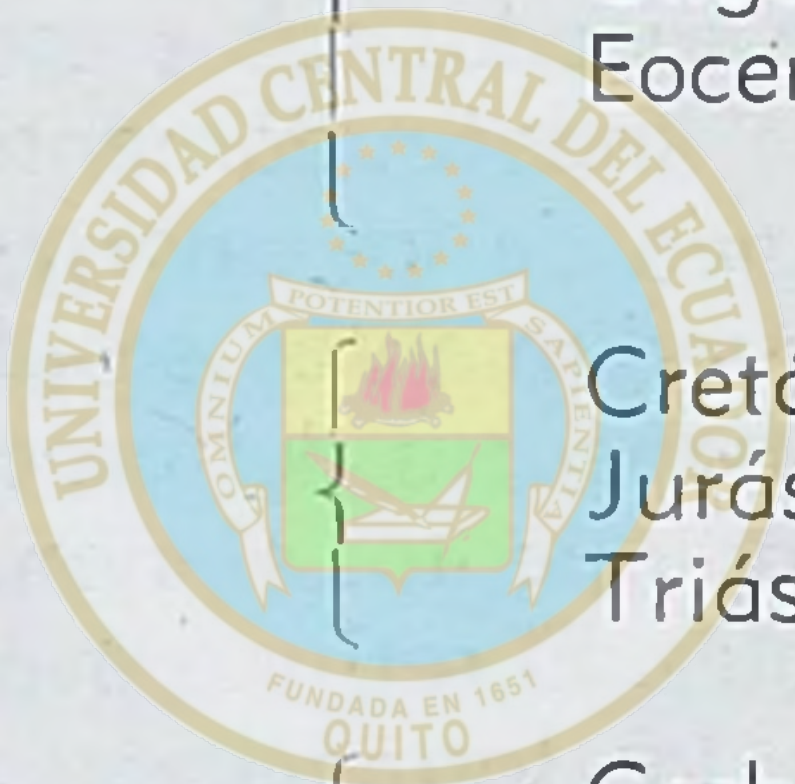
Así pues considerada la génesis de los terrenos petrolíferos, **ellos no pueden estar localizados sino en los terrenos sedimentarios.**

Al revisar un mapamundi en donde estén señalados los lugares con yacimientos de petróleo, se echará de ver que ellos no se hallan sino en los valles epicontinentales o grandes **geosinclinales**; mientras que, los grandes bloques cristalinis, como los Andes), están totalmente desprovistos de esos yacimientos.

Los **lechos de rocas eruptivas o filonianas carecen, pues, de depósitos de petróleo.** Aunque, como excepción, se explota petróleo de las serpentinas o basaltos alterados en Furbero (México), en Tejas, en Cuba; más, estos son casos en los que el petróleo ha venido a impregnar secundariamente las rocas porosas o fisuradas que yacen contiguas a lechos sedimentarios petrolíferos. Este mismo fenómeno o algún otro semejante debe haber actuado en Nono, al Nor Occidente de Quito, sobre la cordillera, en donde hay resumaderos de petróleo.

CUADRO DE LA CLASIFICACION GEOLOGICA

ERA		PERIODO
Cuaternaria	{	Diluvio Actual
o Pleistoceno		
Terciaria	{	Plioceno
o		Mioceno
Cenozoica		Oligoceno
		Eoceno
Mesozoica	{	Cretásico
o		Jurásico
Secundaria		Triásico
Primaria	{	Carbonífero
o		Devónico
Paleozoica		Silúrico
		Cámbrico
Primitiva	{	Estratificados no estratificados
Arcaica		
o Azoica		

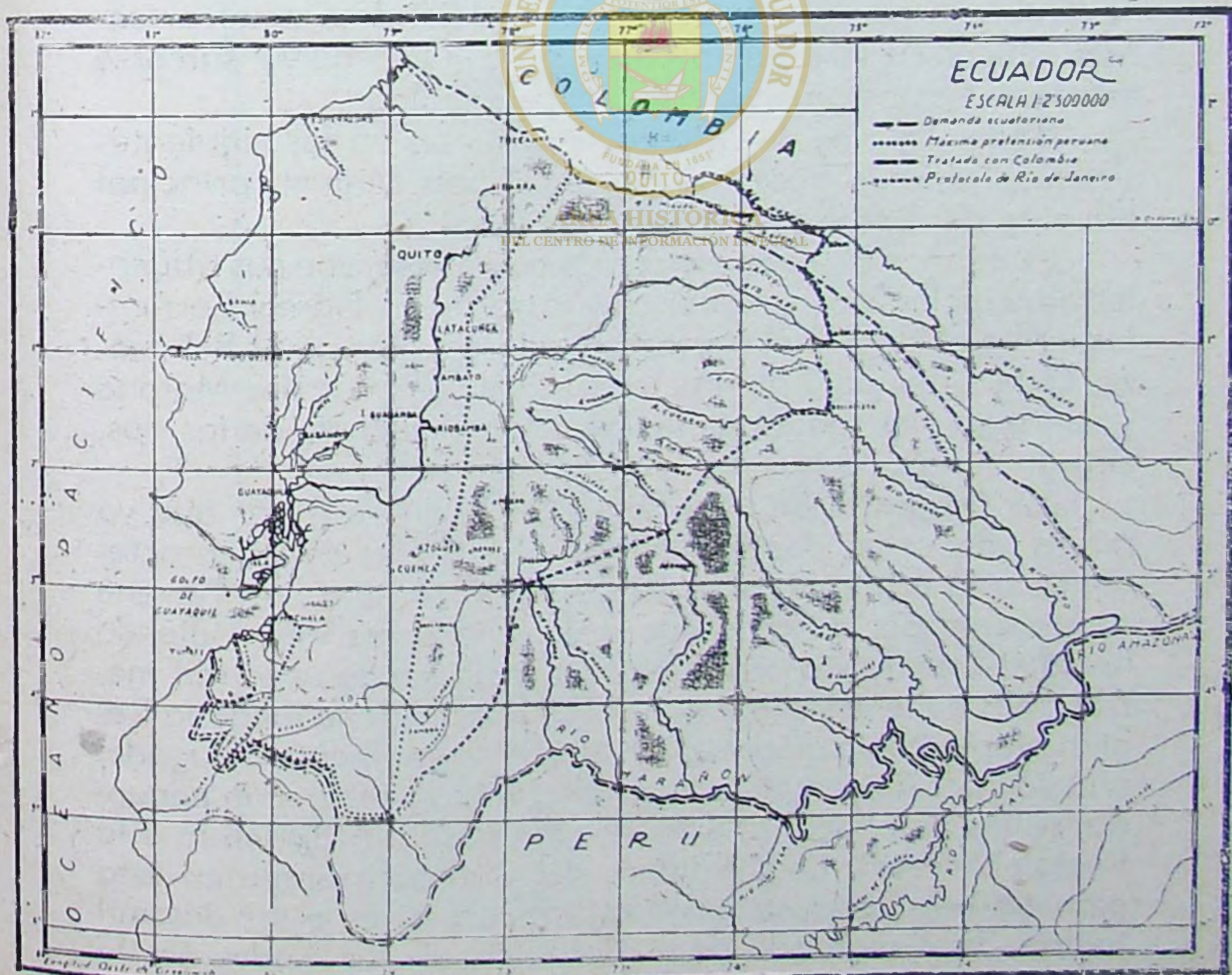


ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN UNIVERSITARIA

SEGUNDA PARTE

LA ZONA EXPLORADA DEL ORIENTE ECUATORIANO

Comprende ésta, toda aquella parte del actual Oriente Ecuatoriano que va desde el Divortium Aquarum de la mal llamada Cordillera Oriental Andina hacia el Este, limitada por la línea impuesta al Ecuador por el Protocolo de Río de Janeiro.



Una vegetación exuberante cubre toda esta zona, desde que comienza el declive de la Cordillera; la "montaña fría", que va desde cerca de los cuatro mil metros de elevación, va descendiendo con un clima frío y húmedo, es la zona más lluviosa de toda esta Región. Conforme desciende, el clima varía hasta convertirse en plenamente tropical. Es lo que vulgarmente llaman "montaña caliente", con clima cálido y húmedo. Su temperatura oscila entre los veinticinco grados. Hay que señalar el hecho de que la temperatura en el Oriente, está atenuada por la absorción térmica que efectúa la fuerte evaporación de toda esta enorme Región. Aquí las lluvias son igualmente abundantes, aunque ya no como en la primera. Se van marcando las dos estaciones: la seca y la lluviosa. Esta está entre los meses de Abril a Julio. Diciembre, Enero y Febrero, son los más secos.

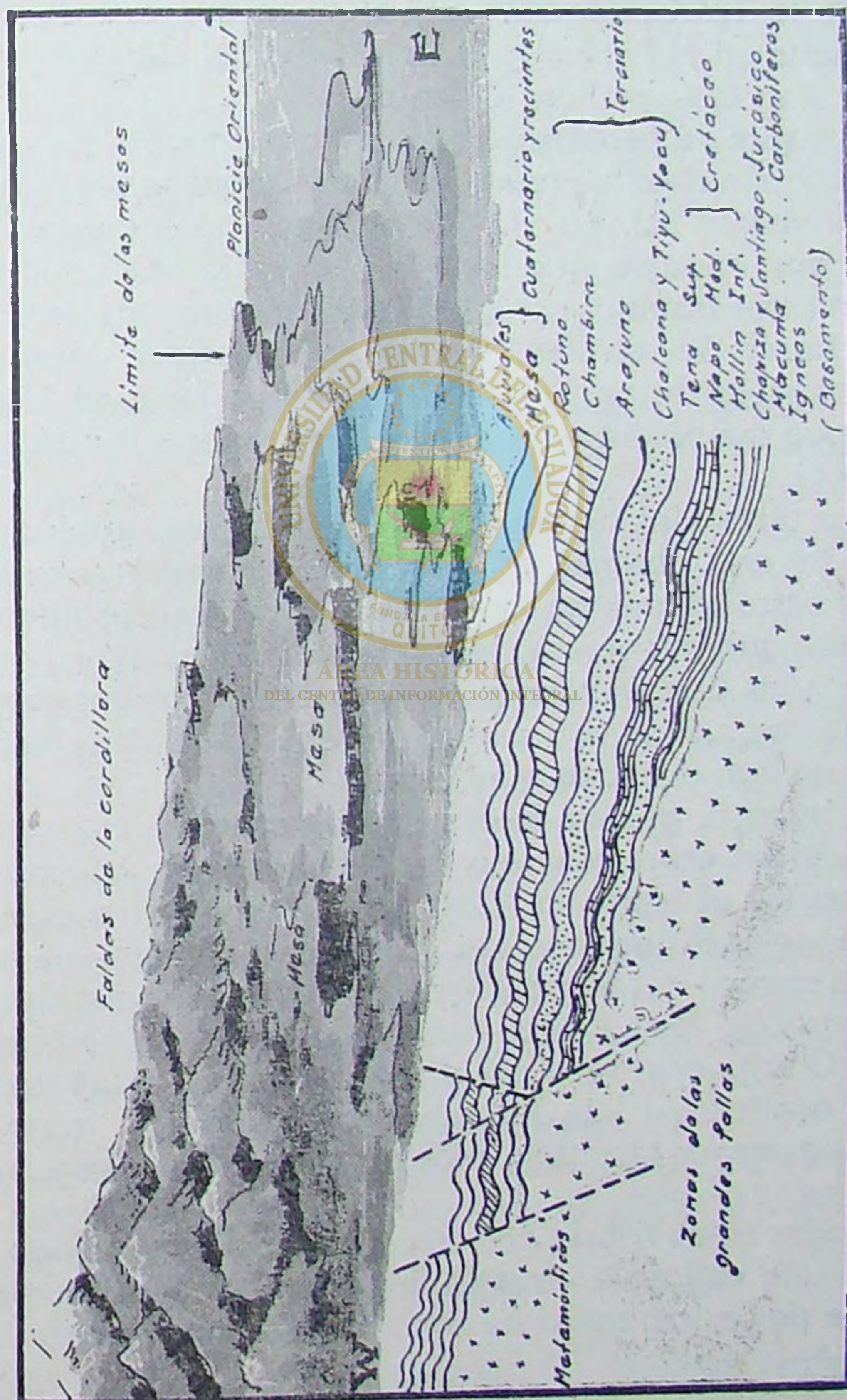
Los ríos que se precipitan de la Cordillera Andina, tienen un curso rápido, sumamente correntoso, en su primera parte, hasta que, dejando las faldas andinas, su curso se vuelve lento y la navegación es posible, pudiéndose emplear canoas chicas en la primera parte, para luego poder surcarse estos ríos hasta en vapores de pequeño calado.

Todos los ríos de Oriente se agrupan en los siguientes sistemas hidrográficos: Al Norte, el San Miguel, principal afluente del Putumayo (río colombiano).

Al centro: El Napo, río el más caudaloso, con sus afluentes principales, Coca, Aguarico y Curaray. El Tigre y Corrientes, entre el Napo y el Pastaza; y, el Pastaza con el Bobonaza, como principal afluente, al Sur, así como los ríos Morona y Santiago, ríos todos que llevan sus aguas al río de los ríos, el gran Amazonas.

La **Orografía** de esta Región se puede afirmar que ya nos es muy conocida: El declive de los Andes da su característica a la primera parte del Oriente Ecuatoriano: Terreno sumamente accidentado que bruscamente va descendiendo hacia el Este, hasta desaparecer a la altura de unos mil metros, más o menos, sobre el nivel del mar. Viene luego la Región propiamente oriental: Un terreno sumamente arrugado, cruzado por un complicado sistema hidrográfico, con pequeña inclinación hacia al Este, da una peculiar fisonomía a la Región Oriental. La Cordillera del Cutucú irrumpe en esta planicie levantándose hasta alturas cercanas a los dos mil metros. Está separada de la Cordillera de los Andes por la

cuenca del río Upano que tiene una dirección paralela a los Andes. El Cucutú tiene su prolongación al Norte, luego de interrumpirse en la cuenca del Pastaza, en los cerros de Gale-
 ras y Huagra-urco; con el volcán Sumaco (3.900 metros), el Reventador, Sincicu y Lumbaqui (1.128 metros); desapareciendo más al Norte para dar paso a la cuenca del Río Aguarico. El Sumaco, un volcán de reciente formación, se halla en



la Cordillera de Huacamayos que tiene una dirección de Oeste a Este, cordillera originada posiblemente por el levantamiento que provocó la actividad volcánica que dió nacimiento al Sumaco. Esta cordillera es una especie de "nudo" entre la cordillera andina y esta otra cordillera que describimos, dando por resultado las hoyas de los ríos Jondachi, al Sur; y, del Quijos y Cosanga, al Norte.

Este sistema orográfico en conjunto, forma lo que hemos llamado la TERCERA CORDILLERA, la que tan diferenciada se halla en el Perú con la Cordillera del Cóndor y en Colombia, con la Cordillera Oriental.

Las **vías de penetración** al Oriente Ecuatoriano son pocas y ninguna de ellas reúne las condiciones requeridas para poder llamarse tal. La vía Baños-Mera ha tomado últimamente gran impulso, gracias a la compañía Shell que ha impulsado estos trabajos con el afán de acelerar las perforaciones en busca de petróleo, que van a comenzar. Muy pronto se podrá ir en automóvil hasta el campo de aviación Shell Mera, que queda entre las poblaciones orientales de Mera y Puyo. (1).

Las otras vías de penetración no son sino malos senderos por los que, con mil peligros, apenas pueden avanzar las mulas hasta lugares no muy alejados de las cúspides de la Cordillera andina; el resto hay que recorrerlas a pie para luego tomar las ligeras canoas que, venciendo la impetuosidad de estos ríos, nos llevan a las fronteras de nuestro territorio, las que no han quedado muy lejos.

....Diferentes **grupos étnicos** pueblan estas regiones, bien diferenciados entre ellos por sus costumbres, idiomas, etc. Así tenemos al Norte los Cofanes que habitan a orillas del San Miguel y Putumayo. Los Yumbos al Centro, en toda la extensa cuenca del Napo. Cerca de éstos, en reducidos y dispersos grupos, los salvajes Aushiris o Avishiris, también llamados Chiripunos, terribles y sanguinarios en sus acostumbrados asaltos. Al Sur, los interesantes jíbaros, famosos en el mundo por sus tzantzas, reducciones de las cabezas de sus enemigos.

Todas estas tribus, con excepción de los Aushiris, constituyen una valiosa e insustituible ayuda para las expediciones que por estas zonas se internan. Todos ellos son hospi-

(1).—Hoy la carretera pasa de dicha población.

talarios, serviciales y dóciles. Los centros poblados por colonos, los "blancos", por lo general son lugares que han hecho huir a los originarios pobladores de estas selvas; la razón poderosa es, sin duda, porque curas, soldados y colonos no han hecho y hacen sino trabajar a estas pobres gentes sin remuneración ninguna o con una muy miserable. Como siempre y como en todas partes, autoridades y curas están estrechamente vinculados a los ricos de estas zonas, amparando los unos, perdonando los otros a éstos que han hecho su fortuna con explotación inmisericorde a esos pobres indios que soportan el pesado yugo de su esclavitud y miseria. El indio de Oriente es otro de los grandes problemas que tendrá que resolverse cuando se trate de reconstruir esta patria y de crear una verdadera nacionalidad.

GEOLOGIA

En la Geología del Oriente se distinguen zonas bien diferenciables por los componentes pétreos que las hacen: la zona de las rocas cristalinas y la zona de las rocas sedimentarias. Entre las **rocas cristalinas** tenemos que en muchas partes afloran granitos, dioritas y grano-dioritas; son las rocas que forman el zócalo basal de la Cordillera andina. Se presentan estas rocas, principalmente, formando grandes batolitos. Luego tenemos las **rocas metamórficas** y **semimetamórficas** que se presentan al través de todo el macizo andino, desde las altas cumbres, hasta los profundos valles: esquistos, gneisses, filitas, cuarcitas, cambiando el metamorfismo de los micaesquistos desde un gneissmicáceo a filita, ocurren formando una zona muy diferenciable de estas rocas metamórficas y también semimetamórficas. Desde aquí, el metamorfismo de las rocas va, sensiblemente, disminuyendo y la ocurrencia de estratos pizarrosos y esquistosos poco metamorfizados va siendo continua.

Sección sedimentaria

Conforme nos alejamos de la Cordillera Andina la presencia de las rocas sedimentarias va adquiriendo un carácter preponderante.

Estratigrafía

Gracias a los trabajos geológicos, llevados al detalle por la Compañía petrolera "The Shell Company of Ecuador"

y ayudados por los trabajos previos de Wasson y Sinclair, podemos afirmar que la Geología de Oriente es ya conocida. Voy, pues, a valerme de la columna estratigráfica que la Shell tiene establecida con la nomenclatura para ella empleada.

Columna Estratigráfica del Oriente Ecuatoriano

Cuaternarios y recientes	{	formaciones aluviales Mesa
Terciario	{	Rotuno (estratos del) Chambira (estratos del) Araujano (estratos del) Chalcana (estratos del) Tiyo Yacu (estratos del)
Cretáceo	{	Superior—Tena Medio—Napo (calcáreos) Inferior—Hollín (estratos del)
Jurásico	{	Chapiza (estratos del) Santiago (estratos del)
Carbonífero		Macuma (estratos del)
Pre Carbonífero (Silúrico?)		Pomboiza (estratos del)

Veamos las características litológicas de cada una de las partes integrantes de esta columna, empezando de conformidad a lo escrito:

Formaciones aluviales:

Las que continúan cubriendo las partes bajas de los valles de los ríos, que son los que las forman. Es de constitución principalmente limosa, con gran aglomeración de restos vegetales lo que las dan, en muchas partes, características de turbales.

Mesa:

Formación joven que cubre buena extensión de las capas sedimentarias en una ancha faja que corre paralela a

los Andes con un ancho de más o menos cien kilómetros. Tiene diferentes niveles, los que han sido perfectamente distinguibles gracias a las fotografías aéreas.

Es un conglomerado de rodados de diferentes tamaños. Muchas veces se hallan aglomeraciones de piedra pómez. Conglomerado flojo, cementado por arenisca arcillosa de variados colores; en algunas localidades cementa una arcilla blanca.

Esta formación ha sido originada por diferentes fenómenos: siendo como es el producto del acumulo de la disgregación de las partes altas de la Cordillera, han estado presentes, a su formación: la gravedad, las corrientes de agua, los glaciares y el viento. La glaciación es un hecho comprobado en todas las latitudes de la tierra y mal podía ser este pedazo una excepción: sabemos que a principios del Cuaternario el límite de las nieves bajaba hasta 3.500 metros (hoy a 4.800) y sus lenguas de glaciares con enormes cantidades de hielo, nieve y rocas disgregadas del macizo montañoso, bajaban hacia los valles. Y esas grandes masas licuadas formadas al tiempo del retroceso de las nieves, deben haber arrastrado grandes cantidades de piedra y rocas. Explicándose, solamente así, la presencia de enormes rodados que forman la mesa, que se halla muy lejos de las alturas andinas.

ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

Estratificación cruzada en muchos lugares, presentan los estratos de arcilla y arenisca que cementa a la Mesa.

La erosión ha hecho y sigue haciendo sentir su efecto sobre esta formación. La última mesa, la más joven y más alejada de la cordillera, es un producto de la desintegración de las anteriores, más viejas.

Estratos del Rotuno: Lo forman areniscas arcillosas, que manchan los dedos. Tienen un color café oscuro. En partes está formada por arcilla bentonítica color café claro. Es una formación terrestre, la mayor parte de sus constitutivos lo forman productos de eyección volcánica. El agua ha arrastrado y cementado a esta formación. Estos estratos tienen una potencia de hasta 100 metros. La discordancia de estos estratos con los que inmediatamente subyacen, es muy visible en algunas partes a lo largo del río Rotuno que ha nominado a esta formación. Es la zona en la que con más extensión y frecuencia se presenta. El geólogo americano que estudió y le dió individualidad a esta formación, fue H. E. Par-

sons. Por su posición estratigráfica, se le ubica en el Terciario. No se han encontrado fósiles.

Estratos Chambira.—Lo forman areniscas gris azules, con variadas proporciones de arcilla. Una arenisca muy gruesa, cuarzosa, de un diámetro de hasta dos centímetros, con textura compacta, ocupa buena extensión de estos estratos. Tuff volcánico se halla muy diseminado y es lo que le da individualidad a este piso. Se halla este tuff formando una arenisca arcillo-tuffácea. La arenisca que lo forma es fina unas veces y gruesa otras, encontrándose dentro de su masa rodados de hasta quince centímetros de diámetro. Su color varía entre el gris rosado, café y verduzco. Dentro de estos estratos se hallan con frecuencia, concreciones de limo ferruginoso.

La transición de los estratos inmediatos inferiores a éstos, no es diferenciable, por lo que no se ha podido calcular su espesor.

Se observa aflorar estos estratos, principalmente, en la zona de Chambira (que los nombra) sobre el río Bobonaza, y en toda la zona que abarcan los dos riachuelos Tzazapi (Grande y Chico), afluentes del mismo Bobonaza. Afloran en la parte baja del río Napo, en algunos de sus afluentes de esta parte, y en algunas otras localidades.

Estratos Arajuno.—Ocupan estos afloramientos gran extensión, principalmente en el Oriente Central. El geólogo doctor Hess, los subdividió en tres pisos; Arajunos: superior, medio e inferior. Es una arcilla con variadas proporciones de arenisca. Arcilla pura no se halla. Alternan capas de arenisca pizarrosa con arenisca, y algunas veces, con delgadas capas de piedras. Esto es frecuente sobre todo en la parte baja del Arajuno (Arajuno inferior) que lo caracteriza, arenisca sumamente gruesa, bien cementada. La estratificación de estos lechos no es bien notoria. La estratificación cruzada es muy generalizada.

El color es gris, verdoso y café obscuro. La presencia de mica fina está generalizada en estos estratos. Son frecuentes las concreciones de limo y de yeso. Restos de plantas se encuentran algunas veces, dentro de una fina arcilla micácea.

Hay frecuentes intercalaciones de bentonita de un color amarillo claro, o crema.

El espesor de estos estratos se calcula en más o menos mil metros. Es una formación terrestre.

Estratos Chalcana.— Forma a estos estratos, una arcilla de variados colores, que alternan entre rojo, violeta, gris y verduzco. Alternan con lechos de arena y arenisca, con fina estriación. La mica que tienen estas masas ayuda a que esa estriación sea más notoria. Frecuentemente tienen bentonita, venas de yeso y concreciones de yeso y limo.

Restos de plantas, lignitos y pirita se hallan en algunas localidades. Se han encontrado fósiles, como dientes de peces y foraminíferos.

La potencia de estos estratos se ha calculado de cuatrocientos hasta mil metros. Se observan en el Napo (Cachihuañushca), Supayacu, en el Sur-Oriente, en el Pastaza y río Cuzutca. Como correspondientes a estos estratos y a los Arajuno tenemos los estratos Pastaza, al Sur.

Estratos Tiyo Yacu.—Afloran desde el Norte en el Umbaque, en el centro, en el río Napo, Coca. Al Sur, en el río Pacayacu, Panguientza y otras localidades. Se hallan formando un conglomerado muy duro; sus componentes forman una sílice negra, semiangulosos ellos, forman también una cuarcita blanca en la que, diseminadas, se hallan pequeñas piedrecillas rodadas de hasta quince centímetros de diámetro. Alterna su estratificación con pizarras arcillosas o arenáceas de color rojo o un rojo moteado con blanco. También su color en algunas ocasiones es verdoso o gris. Es frecuente la estratificación cruzada.

Fósiles no se han encontrado. Su potencia está entre quinientos metros.—Estos estratos y los anteriores: Chalcana, Arajuno (su correspondiente Pastaza) Chambira y Rotuno, son de edad Terciaria.

Estratos Tena.— Pizarras arcillosas, en la mayor parte de las veces, con fina arena. Predominan las arcillas rojas, abigarradas y algunas veces grises con intercalaciones de partes cafégrisáceas; moteadas arcillas arenáceas. Son frecuentes las intercalaciones de areniscas con fina estratificación cruzada. Ocurren también en esta serie calizas y margas. Tienen una fauna del cretáceo, principalmente foraminíferos (gumbelina) y dientes de peces.

El contacto con los estratos del Napo es disconforme. Se hallan estos afloramientos en toda la zona del Oriente Central en donde se encuentra la población del Tena que los

nomina. Entre el río Payamino y el Aguarico, y en algunas otras localidades, se encuentran además. Esta formación, se presenta francamente marina, en unas localidades y continental en otras. Lo que dice de un retiro del mar en aquellas épocas. La potencia de estos estratos se calcula en más o menos quinientos metros.

Antes de pasar adelante es necesario anotar que todas las formaciones hasta aquí estudiadas fueron agrupadas con el nombre de "**estratos rojos y conglomerados**", nombre que las dieron los geólogos Wasson y Sinclair. La subdivisión que acabamos de describir, con sus diferenciaciones litológicas, es hecha, como ya lo hemos dicho, por los Geólogos de "The Shell Co. of Ecuador", subdivisión que podemos afirmar es provisional; ya que, las líneas divisorias entre esos estratos estudiados son, muchas veces, imprecisas, y las características litológicas muy variadas. Variedad que no es sólo vertical, sino, lo que es peor, horizontal. Siendo, por tanto, imposible muchas veces la correlación entre los afloramientos equivalentes de distintas áreas. A esto se une la carencia de fósiles característicos.

Los afloramientos de que hablábamos, de los estratos Tena, se los encuentra por primera vez, en la vía Baños-Mera, en las orillas del Pastaza, en el sitio de la Colonia Agrícola "Nicolás Martínez".

Estratos del Napo.— Tienen sus principales afloramientos en la zona del Alto Napo, por toda la parte que ocupa la población de Napo, a lo largo de los ríos Tena y Hollín. Al Norte, en el río Chingual, por la zona de "La Barquilla". Al Sur por Méndez y otras muchas localidades.

Lo que caracteriza a la litología de estos estratos es el calcáreo conchífero. Pizarras calcáreas de color gris claro con muchos fósiles policépos y ammonites; abundan los inoceramus labiatus. Alternan con estas pizarras calcáreas simplemente pizarras de un color negruzco o azul verdoso, también blancas o verduzcas, con concreciones que alternan con calcáreos; abundancia de policépos.

Calcáreos, areniscas y pizarras alternan con frecuencia. En algunas localidades se halla glauconita contenida en piedra pómez y arenisca.

La edad de los estratos del Napo es bien conocida: los Geólogos Wasson y Sinclair en su magistral trabajo "Exploraciones geológicas en el Este de los Andes del Ecuador", pu-

blicado el 12 de Diciembre de 1927, en el "Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists", vol. II, Nº 12, hacen un detallado estudio de todos y cada uno de los muchos fósiles por ellos recogidos en su exploración. Por ellos se ve que el calcáreo del Napo va del "Camanche medio al Cretáceo superior, Albiano medio hasta Turoniano, de la división europea". La edad está, pues, entre el Aptiense al Senomaniense siendo por tanto del **Cretáceo medio** y del Cretáceo superior, sus varios pisos.

En esta formación la ocurrencia de petróleo es frecuente, Muchos de los calcáreos están embebidos de asfalto. Es ésta la "**formación madre del petróleo**".

Su potencia se calcula en más o menos ochocientos metros en su mayor espesor. El Calcáreo que aflora en algunas localidades como el Topo, Méndez, etc., calcinado da buena cal para construcciones.

Estratos Hollín.— Estos estratos afloran en diferentes localidades del Sur, Centro y Nor-Oriente. Sus exponentes principales se hallan al Centro Oriente, zona del Napo alto, en donde fueron primeramente estudiados por los Geólogos Wasson y Sinclair. A lo largo del río Hollín es donde se ven potentes afloramientos de estos estratos, que en ocasiones pasan de treinta metros. La litología de estos estratos la podemos describir así: Una muy uniforme arenisca cuarzosa, limpia, de color blanco grisáceo y amarillento. El grano de esta arenisca alterna entre fino y grueso, formando macizos que muchas veces se intercalan con arenisca arcillosa, o negra pizarrosa, o con delgadas pizarras de color gris que contienen restos de plantas. Los granos de esta arenisca son semiangulosos. La estratificación cruzada se manifiesta en estos estratos. Una normal estratificación casi no se observa.

Fósiles no se hallan en estos estratos. En la zona del Napo se han encontrado impregnaciones de petróleo en estas areniscas, pero el Geólogo doctor Goldschmid que ha estudiado bien este caso, ha opinado que este petróleo es venido por gravedad, de la capa suprayacente.

En esta forma las areniscas superiores de los estratos del Hollín deben ser los principales depósitos de petróleo, en las estructuras cerradas.

Al Hollín se le supone tener un origen eólico de productos erosionados de viejos estratos.

La potencia de estos lechos está calculada entre 100 y 200 metros.

Estratos Chapiza.—Afloran en la zona del río Chapiza que los nomina; en el río Bueno, en la parte Este de las Galeras, y otras localidades. La litología de estos estratos se la puede indicar como areniscas rojas y pizarras arenáceas, alternando con arcillas gris-verduzcas. Alternan también capas de areniscas blancas con conglomerados de pizarras arenáceas y areniscas en forma lenticular. En su parte inferior hallamos areniscas, pizarras arcillosas y conglomerados. Es común encontrar en las más de las areniscas y arcillas, venas de yeso. Pequeñas capas de cenizas volcánicas se hallan en algunas localidades. La potencia se calcula en más o menos 500 metros.

Debemos señalar el hecho de que, estos estratos, están representados, en muchas partes, subyaciendo a los estratos del Hollín con productos volcánicos, tuff, brechas y basaltos porfiríticos. Lo que se observa en el río Misaguallí: fenómeno este que indujo a los geólogos Wasson y Sinclair a creer que estas rocas ígneas extrusivas sean corrientes locales interestratificadas con las capas sedimentarias.—En los estratos del Chapiza no se han hallado fósiles, pero por superponerse al Jurásico Inferior y subyacer a las capas del Hollín, se le ubica en el Jurásico Superior.

Estratos del Santiago.— Su exponente principal aflora en el río Santiago, zona a la que debe su nombre. Hasta hoy no se han encontrado afloramientos en otras secciones del Oriente Ecuatoriano. Litológicamente lo componen un calcáreo silíceo gris oscuro o negro. La sílice se encuentra en forma de impuras concreciones y nódulos, como también formando capas o finamente diseminado. Los calcáreos alternan con duras pizarras oscuras. La estratificación en estos lechos es bien llevada.

Fósiles se hallan en ciertos horizontes de estos estratos, principalmente ammonites del grupo de los arietitos, lo que indica que su edad corresponde al liásico o talvez al Jurásico Inferior. Estos estratos son de origen marino. Su potencia está entre 1.500 metros.

Estratos Macuma.— Fueron estudiados por los Geólogos Goldschmid y Dozy que los hallaron en la parte Norte de la cordillera del Cutucú en la cuenca del Río Macuma. No se han encontrado en otras localidades. Su litología se

describe como pizarras y areniscas color gris azul oscuro, bien estratificadas. Algunas veces alterna una marga gris. Contienen también calizas.

Hay abundancia de fauna fósilífera, principalmente braquiópodos, fusilinas, crinoideos y foraminíferos. Fauna que lo coloca en el Carbonífero.

Estratos del Pomboiza.—Estratos apenas observados en la pequeña zona que le da su nombre del río Pomboiza, afluente del Alto Macuma.

Son pizarras arcillosas, oscuras o gris-oscuras; bien estratificadas. Algunas veces alternan pizarras de grafito. Fósiles no han sido hallados in situ pero sí en rodados. Por hallarse esta formación inmediatamente bajo sedimentos individualizados por sus fósiles como del Carbonífero, se le cree a la formación Pomboiza como del Paleozoico. Y por analogía con idénticas formaciones estudiadas en el Perú y otras localidades de Sur América se le ha ubicado en el Paleozoico Inferior. Estos estratos y los anteriores del Macuma están intensamente plegados. Su potencia, por no haberse observado la unión con la inmediata inferior, no ha sido posible apreciar sino en más de mil metros la potencia de los estratos del Macuma y del Pomboiza juntos.

BASAMENTO:

Las rocas sobre las que descansa la parte inferior de los sedimentos del Oriente Ecuatoriano, son predominantemente cristalinas; y su edad, anterior a la de los sedimentos, está comprobada por la posición discordante que guardan entre sí, observación hecha en las raras partes donde tal cosa ha sido posible. Ya que, de una manera general, hemos de afirmar que el basamento de los sedimentos de Oriente, ha sido observado y estudiado en las afueras de la zona de los sedimentos: al entrar por la vía del Pastaza se ven los afloramientos de esquistos gneisses y granitos desde Baños hasta Mera. Hallándose cerca de Mera granitos y riolitas. El granito se presenta como intrusivo en los esquistos, formando grandes batolitos.

Por la vía Riobamba Macas se hallan también las filitas y granitos de textura porfirítica. En todas partes donde se observan las intrusiones del granito en los esquistos, se encuentran entre la estratificación de estos esquistos plega-

dos, potentes apófisis que los cruzan, lo que nos hace comprender que **la intrusión es más reciente que el plegamiento**. O debe existir una relación genética entre el plegamiento y las intrusiones: éstas deben haberse efectuado cuando acabó de terminarse aquel. Pero, de todos modos, **el plegamiento y las intrusiones son anteriores a la edad de los sedimentos**.

El núcleo de los Andes no contiene rocas del Cretáceo o anteriores, y es sencillamente porque, un plegamiento intenso levantó esos núcleos y la erosión eliminó totalmente las capas sedimentarias que los cubrían. Y, posiblemente, en otros lugares que tal cosa no sucedió, el proceso volcánico tan fuerte en las postrimerías del Terciario, recubrió con sus productos a esos sedimentos con grandes y potentes capas de cenizas, toba, lavas, etc.

El metamorfismo de las rocas sensiblemente disminuye, en algunas localidades que se han podido observar, apareciendo estratos pizarrosos y esquistosos poco metamorfi- zados.

Son éstas las principales características de las rocas que constituyen la mayor parte del macizo andino, las que están esperando ser relacionadas y clasificadas en un sistema geológico.

ÁREA HISTÓRICA ALGUNAS CONSIDERACIONES TECTONICAS

Los bordes del macizo andino, formado por rocas paleozoicas y que se hallan intensamente plegadas, contorsionadas, están atravesadas por varias fallas de proyección a lo largo de los Andes, formando una serie de bloques, íntimamente ligados, del conjunto macizo. Bloques que han tenido, sin duda, movimientos verticales; a lo largo de este sistema de fallas la actividad volcánica ha sido intensa; correspondiendo a esa zona se hallan, casi alineados, los volcanes Sangai, Sumaco y Reventador. La dislocación o desplazamiento de esas fallas hacia arriba es fácilmente observable. El esquema de la página anterior, tomado de "Nuestro Oriente", nos indica la configuración de la Región que estudiamos, al mismo tiempo que los fenómenos tectónicos, aunque muy elementalmente.

Conforme nos alejamos al Este, el sistema de fallas va disminuyendo y su proyección diagonal va siendo menor.

Cerca del borde andino, los estratos sedimentarios están muy contorsionados y, en general, el plegamiento tiene una dirección de Norte a Sur y los flancos de estos pliegues son casi verticales. Como ejemplo podemos indicar el primer afloramiento que, al ir al Oriente por el valle del Río Pastaza, se encuentra en el puente de la Colonia Agrícola "Nicolás Martínez", son las arcillas del Tena, en las que hemos medido un rumbo S. 80° O. y una inclinación aproximada de 75 grados.

El plegamiento va disminuyendo hacia el Este; y los **ejes de las estructuras de Oriente corren paralelos a los Andes**. Lo que nos dice que la fuerza que los plegó tuvo una dirección perpendicular a la dirección de los Andes.

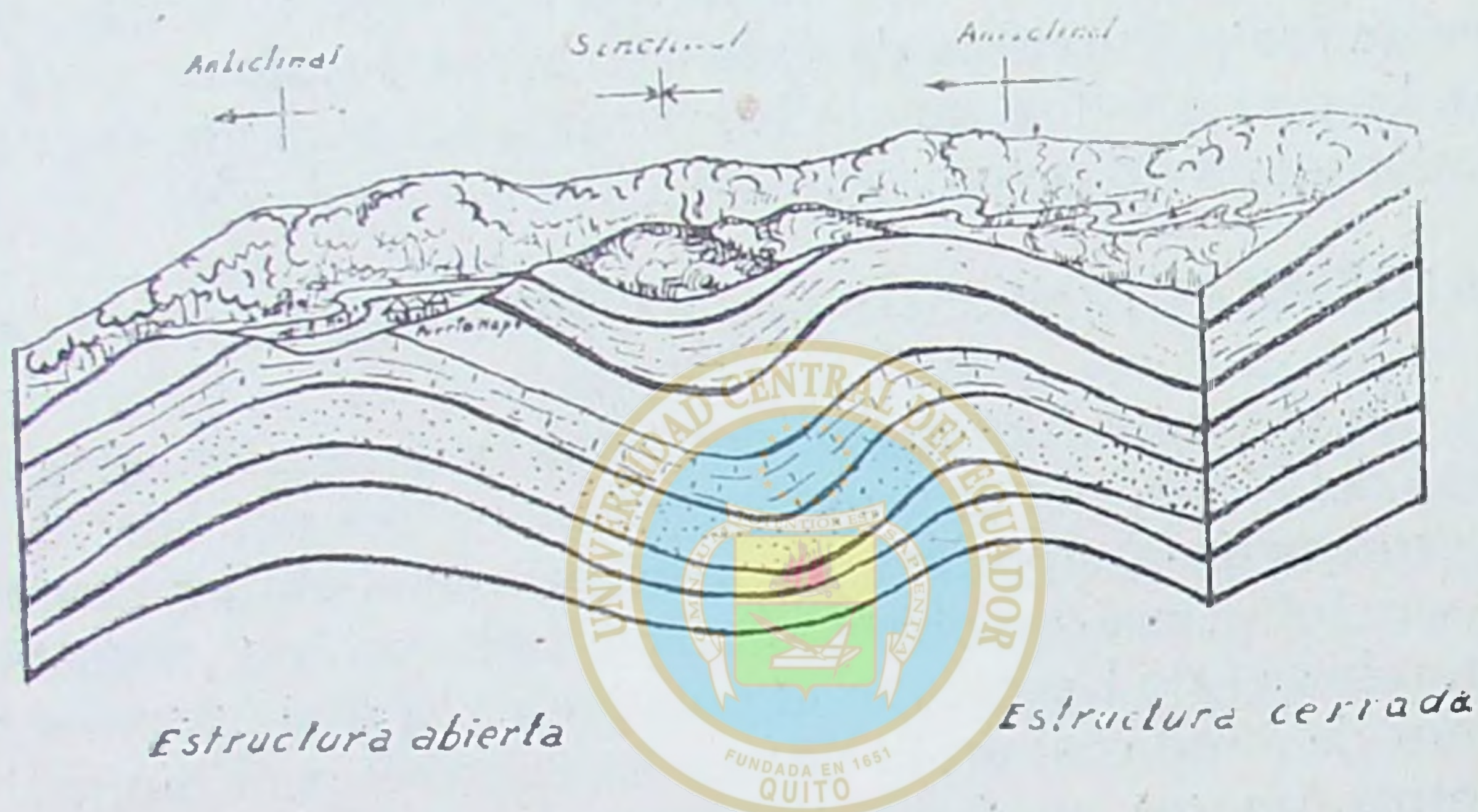
MANIFESTACIONES DE LA EXISTENCIA DE PETROLEO

En todos los lugares en que hace su aparición, el Calcáreo del Napo, se nos presenta más o menos petrolífero. Sus pizarras negras, en muchas partes están embebidas de petróleo y asfalto; así por ejemplo cerca de la población de Méndez, sobre el río Upano; en la población del Napo; en las cercanías de Arapicos; en la Barquilla, sobre el río Chingual; y, en otros lugares, se observan idénticos afloramientos. En las areniscas que forman los estratos del Hollín se encuentran también zonas embebidas de petróleo: Ya indicamos el por qué de la presencia del petróleo en estos estratos, según el Geólogo doctor Goldschmid. Resumaderos de gas sulfuroso hemos hallado al Sur Oriente y en el Centro. Al Sur también, cerca del río Chapiza, se encuentra un resumadero de agua salada. Manifestaciones son todas éstas que nos están diciendo que en el Oriente puede haber petróleo **como para constituir riqueza**.

LAS PERFORACIONES

Serán llevadas a efecto en las estructuras cerradas. Pues que, lógico es suponer que el petróleo que se manifiesta al exterior, en resumaderos, debe haber estado saliendo desde siglos atrás, siendo lo que hoy sale, posiblemente, los restos de lo que existió y, sobre todo, nos dice que la estructura aquella en la que se manifiesta, (estructura del Napo, por ejemplo) está **rota o** abierta y que debe haber perdido, sobre

todo, el gas que tan importante y valioso es para la extracción del petróleo. Estos son los motivos que colocan a estas estructuras abiertas en un segundo plano, en la explotación del petróleo. Y éste el motivo por el que, las primeras perforaciones que la Shell va a efectuar en el Oriente, serán hechas en estructuras cerradas, como en el anticlinal del Vuano, del Oglán, etc. situados cerca del campo de aviación que construye esta Compañía en el Arajuno.



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

BIBLIOGRAFIA

Geología del Ecuador, Teodoro Wolf.

Geología de la Región Oriental del Ecuador, J. H. Sinclair.

Exploraciones geológicas en el Este de los Andes del Ecuador, Th. Wasson y J. H. Sinclair (Traducción del inglés por el señor Jonás Guerrero).

Nuestro Oriente, J. C. Granja.

El Metamorfismo y las rocas antiguas de la Cordillera Oriental del Ecuador, doctor Augusto N. Martínez. (Anales de U. C. N° 286).

Field Geology, Lahee.

Principes de Géologie du pétrole, Jean Jung.