

PROVINCIAS CARBOGENICAS DE MEXICO

Juan Manuel García Cuevas

RESUMEN

En la formación de un depósito de carbón se involucran muchos factores. La combinación equilibrada de ellos se resume en los siguientes eventos:

Desarrollo vegetal, acumulación del material orgánico, conservación y evolución térmica.

Ante la realidad de que algunas regiones que presentan la conjunción de los factores ya mencionados, poseen un potencial carbonífero restringido o nulo, la tesis desarrollada por Routhier (1980), de Metalotectos (ó Metalotectones) primordiales y reveladores, aporta un nuevo enfoque en la localización de los depósitos minerales y en nuestro caso de carbón. De tal forma, que las áreas en donde las intersecciones de los metalotectos mencionados se manifiestan, se toman en los objetivos de prospección y desarrollo minero con mayores perspectivas de éxito.

Las provincias carbogénicas de México son continuación regional de los correspondientes en EE.UU y Canadá, en donde se aprecian sobreposiciones y zonificaciones paralelas en las características de evolución de los depósitos que van de acuerdo a los ritmos de subsidencia y edad de los depósitos. Las provincias preterciarias son oblicuas a la configuración de la República y presentan carbones tanto no coquizables como coquizables. Estos últimos, en ocasiones, formados por anomalías térmicas locales (fallas, actividad ígnea ó geotérmica). Y aún, la posibilidad de desplazamientos por efectos de tectónica global (caso Oaxaca-Sonora?).

Las provincias terciarias son incluídas mayormente en la plataforma del Golfo cuyos rangos de evolución esperados serían predominantemente de lignito, a excepción de su intersección con la faja Neovolcánica, en donde, la anomalía térmica pudo formar carbones coquizables.

*Superintendencia de Estudios Zona Norte, C.F.E.

ABSTRACT

In the formation of a coal deposit, there are many factors involved. The equilibrated combination of all them is resumed by the next events.

Vegetation development, accumulation of the organic material, conservation and thermal evolution.

In front of the reality, some regions that present the conjunction of the factors above mentioned, do not have a great coal potencial resources. To explain this fact, in application of the Routhiers metallogenetic theory (1980) and with the definition of primary, and reveal metallotecta, in this paper, we try lo locate the economic importance of coal deposits in México.

The carbogenic provinces of Mexico are the regional continuation of those observed in Canada and U.S.A. There, It is possible to observed zonification (coking and vapor coal) and the vertical superposition, according with the subsidence, coal evolution and age of sedimentary basins and the local thermal evolution of coal due to the igneous activity and geothermal.

The more importants coal provinces in Mexico are included in Upper Cretaceous and Tertiary sediments, developed in constructive deltas where, to exception of the coal thermal evolution induced by anormal igneous or geothermal activity, the expected "rank" is of Llgnites or Sub-bituminous coals. The global potencial resources are limited.

ORIGEN Y NATURALEZA DEL CARBON

Una definición aceptada en la actualidad para el carbón, es la que lo describe como una roca sedimentaria primordialmente constituida por materia orgánica vegetal, que ha sido sometida a un proceso de madurez térmica, gracias a la presión y temperatura reinante durante los procesos geológicos asociados en su formación. La formación de un depósito de carbón, dista de ser simple. Están involucrados muchos factores que requieren, entre ellos, de una combinación equilibrada para permitir que la naturaleza efectúe el "milagro carbonífero". La secuencia de ocurrencia de tales fenómenos pueden resumirse como sigue:

- Desarrollo vegetal,
- acumulación del material orgánico,
- conservación y evolución térmica.

La materia vegetal puede ser de naturaleza continental (húmida) o de índole marina en margen continental (Sapropélica) y los diferentes constituyentes originales del vegetal están representados por asociaciones macerales en el carbón. Los procesos de acumulación de la materia vegetal son divididos en 2 tipos:

Autóctonos: Cuando el material vegetal se acumula en el mismo lugar de su crecimiento.

Alóctonos: El material sufre un transporte anterior al depósito final.

Los volúmenes requeridos de material original, se estiman en proporción de 10:1; es decir, se requiere de la acumulación de 10 metros de turba para esperar la formación de 1 metro de carbón. Esta proporción sugiere la necesidad de un factor externo que rompa el equilibrio establecido entre los procesos puramente geológicos y los de carácter biológicos, que dominan en el momento de formación de las turbas.

Pero no basta con la acumulación de esta materia vegetal para que la naturaleza logre constituirle en un carbón, el volumen originalmente acumulado (turba), debe permanecer en un ambiente físico-químico apropiado (ambientes reductores ya sean ácidos o básicos) que le proteja de la descomposición provocada por las bacterias anaeróbicas y aeróbicas y también del carácter oxidante de la atmósfera. Así, el panorama ecológico se enmarca generalmente en aquellos ambientes de carácter palustre o paludal, sometidos a un aporte de sedimentos relativamente rápido, que al mismo tiempo, permita (gracias a la subsidencia) la existencia del sistema ecológico durante largos periodos de tiempo.

Evidentemente, el clima está involucrado en el proceso y contrariamente a lo que pudiese parecer evidente, también se conocen ejemplos de carbón que fueron originalmente constituidos en un clima frío húmedo y lluvioso y no en un clima caliente húmedo; El factor común imprescindible es entonces la humedad (y por supuesto la luz).

La evolución térmica subsecuente es inducida, en su concepto más simple, por la columna litoestratigráfica que cubre el depósito, sometiendo las capas de turba, a presión y temperatura de incremento proporcional a la columna litológica que le cubre.

Este proceso normal, (que implica un tiempo de permanencia) puede ser alterado por la tectónica y el volcanismo, de tal forma, que la madurez térmica de un depósito no resulte homogénea. Pudiendo formarse así, una regionalización de carbones de diferentes madurez en la misma cuenca.

El aspecto paleogeográfico implicado, asocia los depósitos de mayor importancia económica conocidos hasta ahora, a sistemas sedimentológicos de la margen continental; particularmente, aquellos con influencia deltáica. Este sistema, tiene amplia distribución y presenta en su conjunto las condiciones paleoecológicas mencionadas.

Estrategia de exploración

Tradicionalmente al realizar una campaña de exploración en busca de un yacimiento, se ha optado por vislumbrar regionalmente algunos aspectos geológicos relacionados íntimamente con la ocurrencia de la materia prima buscada. Es por esto que, por ejemplo, las fracturas y fallas constituyen una guía común para el geólogo. Pero, ¿Acaso todas las fallas o fracturas se hayan mineralizadas?; o es que ¿acaso todos los elementos contenidos en los

minerales son comunes a estos rasgos ?; más precisamente, ¿acaso los yacimientos semejantes poseen las mismas variedades y proporciones del elemento buscado?

El caso particular de la exploración por carbón, no es la excepción. Sabemos que la ocurrencia de los depósitos en el mundo, se ubican en el tiempo geológico (provincias heterócronas) en lugares precisos (Figs 1, 2, 3) y que globalmente se hayan asociados a paleodeltas o cuencas intermontanas. Sin embargo, éstas condiciones no parecen ser suficientes. Existen niveles estratigráficos que presentan las condiciones ya numeradas y sin embargo, su potencial carbonífero es restringido, ó nulo.

El criterio elegido por el prospector para definir sus áreas a explorar, puede ser variado. Las tendencias metalogénicas, (en nuestro caso carbogénicas), se agrupan en 3 escuelas (según Routhler, 1980):

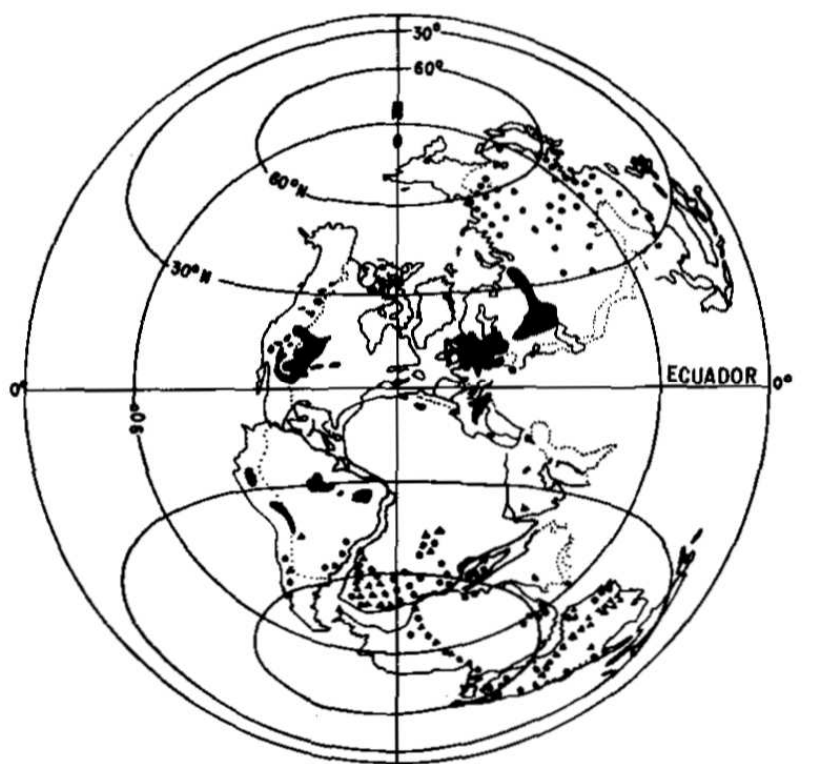
Escuela Crono-Estructura-Fisiológica

Escuela -Lineamentarista

Escuela -Subduccionista o Tectónica global.

Cada una de ellas, está apoyada en la experiencia adquirida durante muchos años de trabajo y han aportado al conocimiento de nuestro planeta, una gran cantidad de hipótesis y teorías, que en la mayoría de las ocasiones, no son conciliadas para describir y explicar la complejidad de la historia geológica del Planeta. Y sí, para restringir el amplio universo de la geología a rasgos individuales de un depósito, que obscurecen las verdaderas leyes que gobiernan su ocurrencia y distribución a nivel regional (Routhier, 1980).

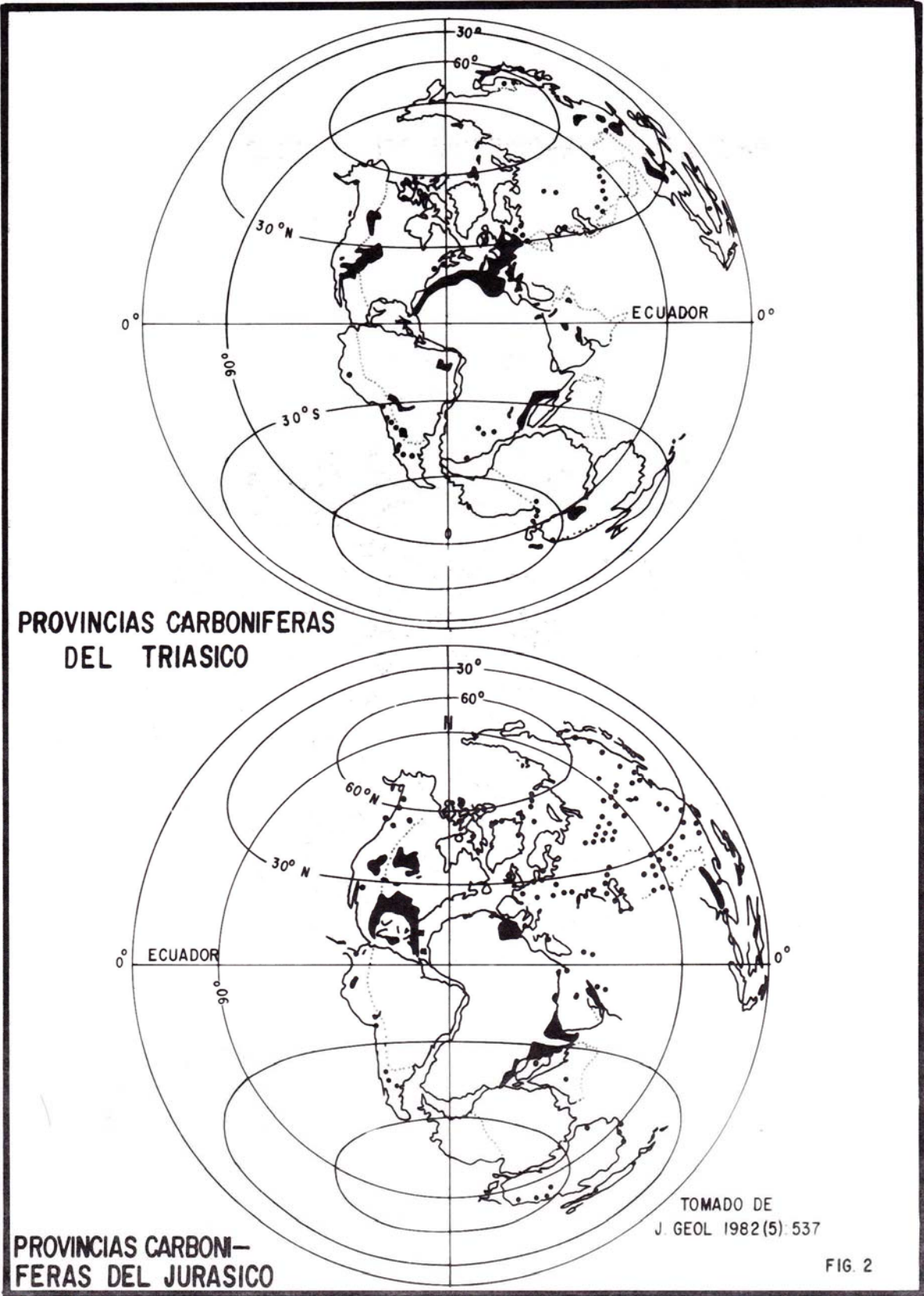
PROVINCIAS CARBONIFERAS DEL PERMICO



CARBON _____ •
TILITAS _____ ▲
EVAPORITAS _____ ▽

TOMADO DE J. GEOL. 1982 (5): 537

FIG. 1





- D desert sandstone
 - coal
 - Rb redbeds
 - Rf reef
 - Rc reef coral
 - E evaporites
- 30° N paleolatitude
—→ direction of prevailing winds

TOMADO DE SEYFERT. 1973

FIG. 3

Uno de los esfuerzos más recientes por conciliar el conocimiento geológico, lo constituye el trabajo realizado por P. Routhier, en su libro: Où sont les métaux pour l'avenir (1980), donde se sientan las bases de un concepto global en la metalogenia regional.

Aunque los fundamentos y objetivos se enfocan esencialmente a los metales, el carbón no queda excluido y las leyes y conceptos divulgados en la obra son aplicables.

Así pues, describamos brevemente el teorema básico de esta nueva aportación:

Las concentraciones de un metal (o sustancia) tienen lugar en la intersección de un "dominio metálico" (en realidad, un volumen que puede descender hasta el manto) portador, durante largos periodos de tiempo (permanencia y herencia) de un "potencial metal" (esto es, el Metalotecto Primordial) y de otros Metalotectos cuyo papel es el de "Reveladores" de este potencial. (Figura 4).

Para el carbón, el teorema se interpreta partiendo de la premisa de que el dominio metálico se transforma en un dominio ecológico que permite el desarrollo (bajo un clima y un estado evolutivo del reino vegetal apropiados) de un volumen considerable de plantas (¿O es posible la formación de carbón sin los vegetales?).

Al aspecto "revelador" de este dominio vegetal, englobará varios factores. Los espesores considerables de los yacimientos de más importancia económica (cuya edad coincide con las etapas de actividad orogénica del planeta), no son fortuitos. Sobre todo, bajo el punto de

vista de la teoría blorehistásica desarrollada por Erhart (1960), originalmente aplicada para explicar el desarrollo de los suelos y que ha encontrado utilización reciente en Metalogenia, al proponer un origen a los depósitos tipo "Red Bed" (Samama, 1972).

La teoría, propone dos etapas que explican las relaciones entre los procesos geológicos y los de carácter biológico. Erhart, llama al equilibrio entre estos procesos "Biostasia"; equilibrio, que permite el desarrollo acelerado de una capa vegetal gracias a la calma relativa de los procesos geológicos.

El momento de ruptura de tal equilibrio, (Rhexistasia) ocurre cuando los procesos geológicos actúan intensamente. ¿Qué mayor intensidad que la inducida por la orogenia? (Recientes estudios sugieren fenómenos de perturbación interestelar que pudieron influir en el clima terrestre a consecuencia de cambios en la inclinación del eje terrestre o por el choque de cuerpos celestes con nuestro planeta; ver ref. 7 y 11)

De tal forma, que la acumulación de espesores de turba considerables, resultarían contemporáneos al evento orogénico. (ver Tabla de Reservas).

En seguida, mostramos la clasificación de los metalotectos que hemos intentado fijar:

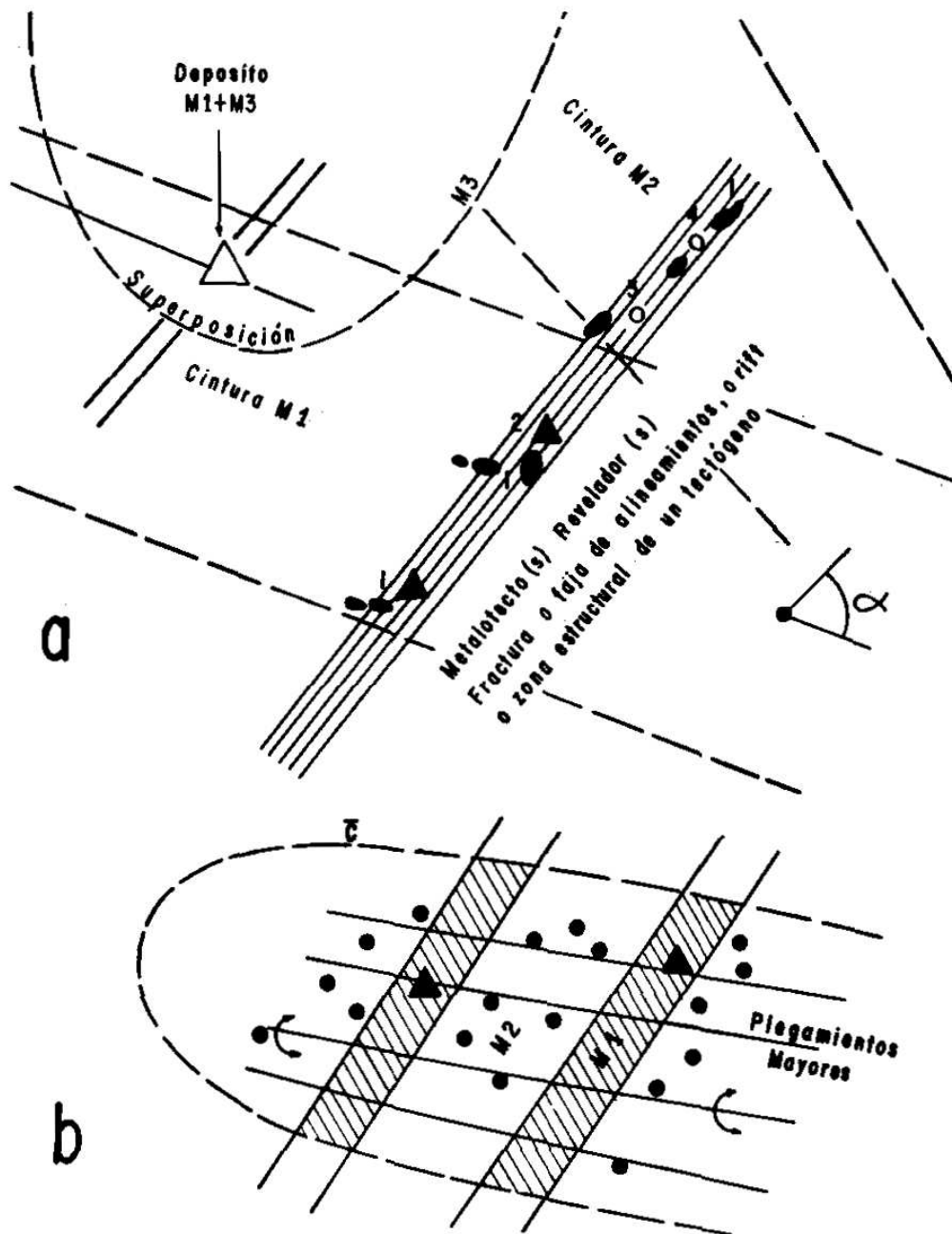
Metalotectos Primordiales:

- a) Climáticos: Intertropical, Tundra.
- b) Ecológicos: Simbiosis vegetal, Biostasia.

Metalotectos Reveladores:

- a) Paleogeográficos: Deltas constructivos, Cuencas intracratónicas.

CONCEPTO DE METALOTECTOS PRIMORDIALES Y REVELADORES



TOMADO DE ROUTIER. 1980

FIG. 4

RESERVAS DE CARBON POR NIVEL ESTRATIGRAFICO

SISTEMA O PERIODO	DURACION 10 ⁶ AÑOS	OROGENIA	TONELADAS (EQUIV. TURBA) 10 ⁹ t
CUATERNARIO	2	LARAMIDE	69.5
TERCIARIO CRETACICO TARDIO	58		76.2
CRETACICO	61		1.7
JURASICO	30	SUBHERCYNIANA	13.7
TRIASICO	26		2.4
PERMICO	35		52.7
CARBONIFERO SUPERIOR Y MEDIO	45		54.5
CARBONIFERO INFERIOR	35		3.45
DEVONICO	42	APALACHIANA	POCAS
SILURICO	65		DESPRECIABLES

TOMADA DE: LES SCIENCES (1976)

- b) Paleotopográficos: Depocentros.
- e) Sedimentológicos: Secuencia regresiva, tipo *Mallase*.
- d) Tectónicos: Orogenia, Grabens Subsistencia.

Dos leyes complementarias son enunciadas también, que observadas con detenimiento, son válidas para los depósitos del carbón.

La primera de ellas, es la Ley de Transversales que anuncia:

"Muchos de los dominios metálicos (o substancias), alargados o cinturas, son divididos en bandas transversales. formando con el eje de alargamiento del área mineralizada, un ángulo variable. Sobre estas transversales o "aristas ricas" (*aretes riches*) (H. Pelissonier y H. Michel, 1972), se localizan la mayoría de las acumulaciones, mientras que los subdominios permanecen vacíos o pobres, o aún contienen otras substancias".

Nuestro caso se ejemplifica con la disposición de los llamados depocentros y la línea paleogeográfica de costa, donde se desarrollan los deltas y contenidos en ellos, las fosas controladas por fallas contemporáneas al depósito; o la disposición paleotopográfica de las depresiones (reflejo de pliegues o fallas), que marcan un patrón en la localización de mayores espesores de carbón o la existencia de varias capas.

La segunda Ley, la de "Superposiciones", se refiere a: "La asociación de varios metales (o substancias) en los depósitos, pueden frecuentemente, ser interpretados como resultado

de la superposición de diversos dominios metálicos"

(Paragénesis y Zoneamiento). La traducción aplicada a una provincia carbonífera, se manifiesta en la existencia de varios rangos de carbón en la misma provincia carbonífera (vertical u horizontalmente, ejemplo: Cuenca de Lorena Francia); en las interrelaciones materia-mineral carbón; o más aún, en las asociaciones macerales existentes. (ver plano No.1).

La breve descripción de los factores que controlan la formación del carbón nos induce a pensar que la humedad la que permite el crecimiento abundante de los vegetales, tanto en clima cálido como frío. Así, observando con criterio global los patrones climatológicos actuales, podemos apreciar ciertas regularidades en la distribución global del clima:

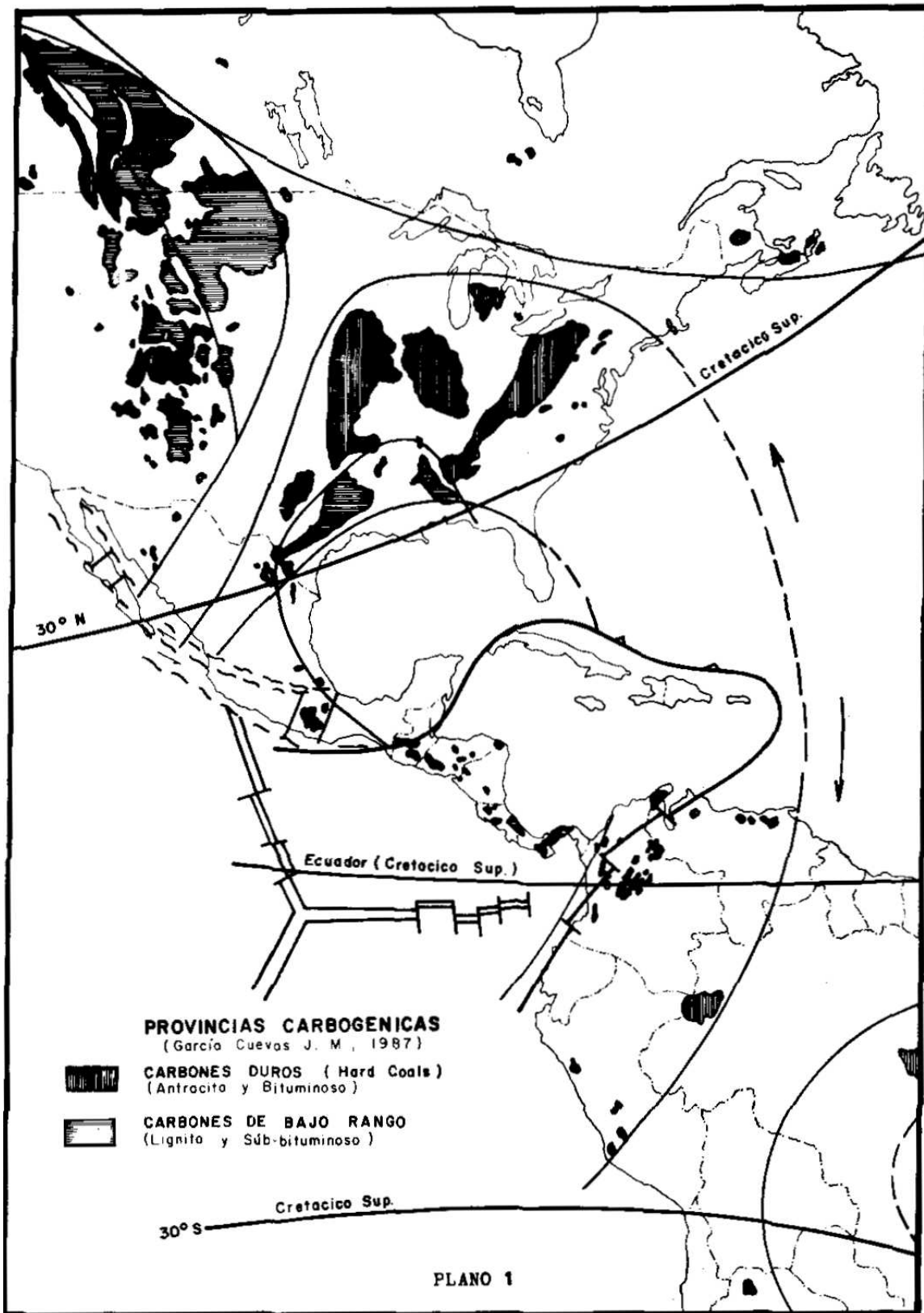
-Las temperaturas forman bandas aproximadamente paralelas, cuya temperatura desciende hacia los polos en función del ángulo de incidencia de los rayos solares

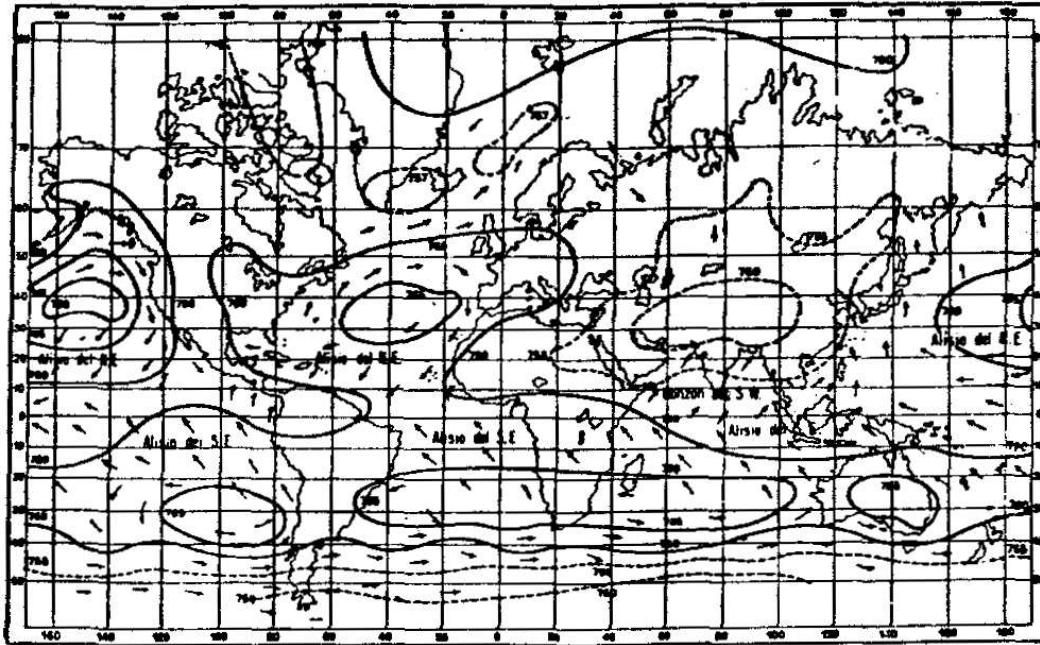
-Este paralelismo es distorsionado por la atmósfera.

-El grado de pluviosidad es controlado, en general por la evaporación, la presión atmosférica y los vientos.

-Las altas humedades se esperan en el Ecuador y por encima de los paralelos 30 al N y al S.

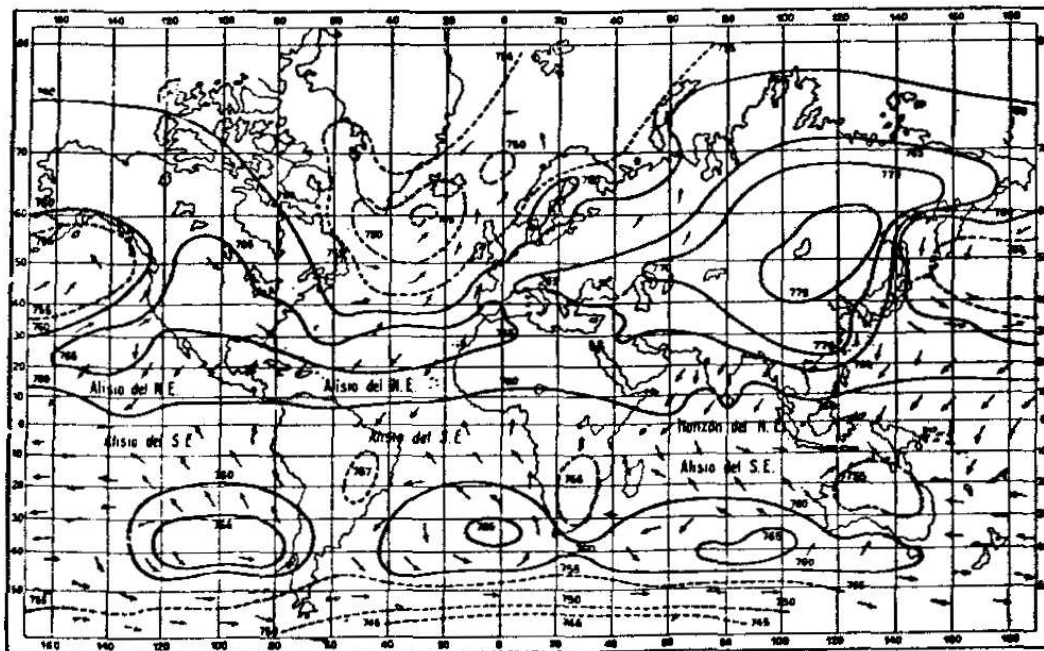
Bajo un esquema tal, las reconstrucciones paleogeográficas y paleotectónicas, que se muestran en las figuras 1-3 cobran un significado elocuente. Sin lugar a dudas, más claro, cuando se agregan las localidades de carbón en el





— Altas presiones. - - - - - Bajas presiones.
 Las flechas marcan la dirección de los vientos reinantes

ISOBARAS DE JULIO. Altas presiones en los mares boreales y en los continentes australes. Por el contrario, las bajas presiones están localizadas en Asia Central, Groenlandia, este de los Estados Unidos, etc. El ecuador térmico está en el hemisferio Norte, arrastrando con él la zona ecuatorial de bajas presiones



— Altas presiones. - - - - - Bajas presiones.
 Las flechas marcan la dirección de los vientos reinantes

ISOBARAS DE ENERO. Las altas presiones están situadas en los continentes del hemisferio boreal, en pleno invierno, y en los océanos del austral. Lo contrario ocurre con las bajas presiones. El ecuador térmico, y con él la zona ecuatorial de presiones mínimas, ha descendido con el Sol, en su movimiento aparente, hacia el hemisferio austral, en pleno verano

FIG. 6

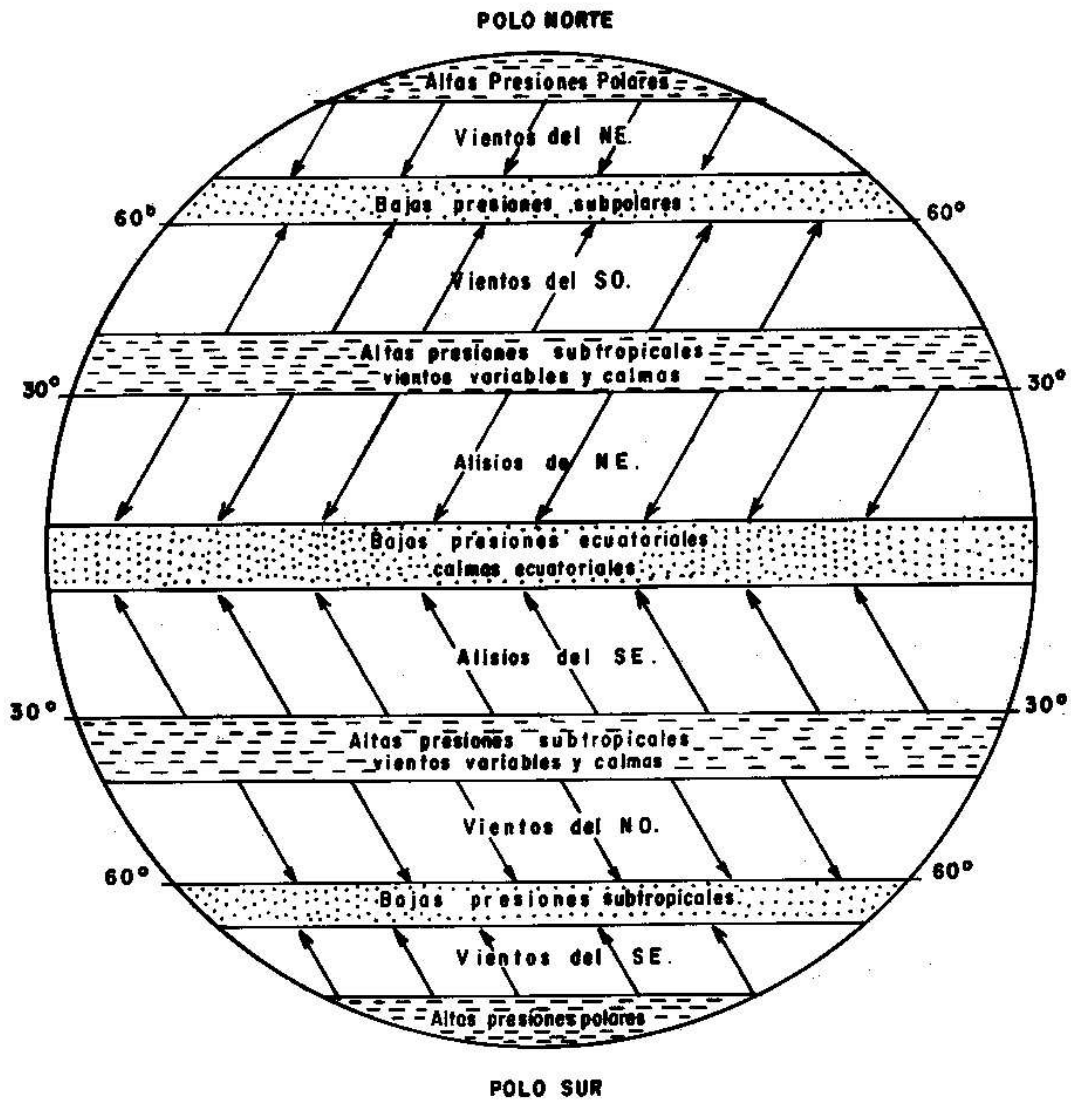


FIG. 7

mundo conocidas y se estima la posición de los paralelos (siempre con un marco climático actual). Lo que lleva a concluir que un mayor número de depósitos se han formado en clima frío.

POTENCIAL CARBONÍFERO DE LA REPÚBLICA

Como ya se ha mencionado, la materia vegetal acumulada en una turbera, evoluciona en condiciones especiales. Esta evolución imprime cambios en las características físicas y químicas del material así carbonificado. Entre éstos cambios, podemos mencionar:

Aumento en el contenido de carbono.

Disminución del oxígeno, incremento paulatino del poder calorífico (sólo hasta el grado de antracita, después disminuye). Todo lo anterior directamente en relación con el aumento del rango del carbón.

En función de éstas características, la industria clasifica el carbón en Coquizables y no coquizables (la excepción lo constituye la antracita, pues ésta no es coquizable). El primero de uso siderúrgico y el segundo, como alternativa energética. (Sin olvidar que la Carboquímica se perfila como el futuro inmediato y los mixtos obtenidos en un proceso de depuración también son utilizados como combustible).

Siendo la temperatura, presión y tiempo los parámetros reguladores de la evolución del carbón, el geólogo prospector puede esperar encontrar carbonescoquizables en áreas cuya

historia geológica involucre mayor cubierta litoestratigráfica o actividad ígnea y tectónica intensiva, posterior a la edad de acumulación y formación del depósito.

Este contexto permitiría en forma global, regionalizar las áreas prospectivas como se muestra en el plano (1).

La magnitud de los depósitos estaría ligada a la posición de la República con respecto al paleo Ecuador y a la edad de referencia:

“Uno de los hechos sorprendentes de los terrenos precámbricos en la ausencia de formaciones potentes de sustancias de origen orgánico, notablemente carbón.

Recordemos que existen niveles carbonosos sobre todo desde el Cámbrico, pero ningún depósito importante es conocido antes del Devónico.

La distribución cronológica de las cuencas con carbón es marcada por dos culminaciones: Carbonífero Medio y Superior-Pérmico; en las antefosas y plataformas delante de los tectógenos hercinianos. Los carbones del Carbonífero se forman sobre todo en el hemisferio Norte y los carbones pérmicos sobre todo en el hemisferio Sur (Gondwana) aunque también se desarrollan en Siberia (Tonguss y Leha). Esta culminación agrupa el 40% de los recursos mundiales.

Cretácico Superior y Terciario en las antefosas de las cordilleras Americanas (USA, Canadá y Colombia) esta culminación agrupa el 55% de las reservas (n. a. fragmentado traducido de "Ou Sont Les Metaux pour l'avenir?") (Routhier, 1980).

Junto con la cita anterior, podemos agregar que los sistemas deltaicos constructivos, requieren de una plataforma extensa que permita su desarrollo y subsidencia adecuada que equilibre el aporte de sedimentos. Así, los depósitos de la importancia por su tonelaje alto y extensión podemos esperarlos al Norte del País para el Cretácico tardío y en la costa del Golfo para el Terciario y Reciente.

No olvidemos que los recientes trabajos de tectónica global presentan un esquema en el cuál, parte de la república se ha despiezado hasta ocupar su posición actual, o que implicaría considerar la posibilidad de que algunos yacimientos de carbón se encuentren divididos y largamente desplazados (Oaxaca-Sonora?) (Figura 8).

Finalmente, debemos mencionar que las relaciones entre el carbón y el aceite-gas, (en cuanto a origen y ocurrencia se refiere) son cada día más evidentes. Por lo que algunos de los metalotectos definidos aquí para el carbón, serían también aplicables en la exploración petrolera.

DISCUSIÓN

Los esfuerzos realizados para localizar un depósito mineral son muchos, es por ello, que cualquier intento por comprender los factores geológicos que controlan su formación es imprescindible. Sin embargo, se corre el riesgo de equivocarse el camino y desperdiciar recursos humanos y económicos sin obtener los resultados

que, a final de cuentas, son los de descubrir un depósito económicamente explotable (Aunque el término económicamente explotable dependa del tiempo, el espacio y la tecnología).

El teorema y leyes desarrollados por Routhier (1980) y modificados en esta aportación para su aplicación al caso del carbón, pretenden explicar su existencia partiendo desde el nivel de la materia prima (Metalotecto primordial) requerida para su formación (es decir los vegetales) intentando conocer los factores que controlaron (y controlan) su crecimiento, con la evidencia más indiscutible que son los depósitos ya conocidos, bajo un análisis esencialmente regional.

Esta materia prima, requiere de su concentración para constituirse en la anomalía representada por un yacimiento. Es en este momento, que surgen los rasgos geológicos comunmente conocidos por el geólogo (trends, fallas, zonas de subducción, hidrotermalismo y deltas) como elementos reveladores.

Un depósito de carbón inicia su formación con la acumulación de turba. Las llamadas turberas (complejo ecológico vegetal subacuático) crecerá en la medida en que el equilibrio ecológico se lo permita y según muchos autores un clima frío inhibe su destrucción por la acción depredadora de las bacterias; siendo en estos climas donde se observan grandes espesores de turba. Las proporciones de turba, requeridas para formar 1 mt de carbón varían en orden de 7:1 ó hasta 20:1, de acuerdo con el criterio de los diferentes autores. En un planeta cambiante

como el nuestro, cuya atmósfera ha evolucionado al igual que la estructura interna, parecía más factible la existencia de eventos perturbadores o catalizadores que favorecieran la acumulación de turba en las proporciones suficientes para explicar los grandes espesores de carbón en los depósitos importantes del mundo (20-100 mts., o más). La suspensión de los nutrientes esenciales del sistema (humedad-luz solar) bien pudiera ser cíclico, aumentando el volumen de vegetales muertos que entrarían a los procesos de humidificación y gelificación subsecuentes.

Indiscutiblemente el caso normal (crecimiento-muerte) de la turbera, se perfila como aportador insuficiente de sedimento turboso.

La relación del depósito de carbón con respecto a los eventos orogénicos es crítico para su formación. Puesto que los sedimentos tienen una fuente de la cual se derivan, un aporte substancial de éstos para conformar un delta, requiere de un elemento acelerador del proceso de denudación normal. La semejanza de la secuencia sedimentaria conteniendo carbón a la clásica *Mollasse* posterogénica inclina a pensar que precisamente es este su carácter, no sin olvidar los procesos de equilibrio isostático inducidos y que conforman como resultado inmediato la subsidencia.

CONCLUSIONES

El teorema principal de Routhier es innovar en si mismo. Hasta su manifestación, el geólogo

propector buscó la existencia de un yacimiento guiándose en el velo de los linamientos estructurales o hidrotermales, que no necesariamente coincidían con el contenido metal de la corteza terrestre (o del manto). Como se ha mostrado el concepto primordial aplicado al carbón, se aplica en su lógica sin dificultades, partiendo de la necesidad intrínseca de la existencia de los vegetales antes que el carbón en sí. De todos es conocido el requerimiento de condiciones climáticas favorables para su desarrollo abundante. Para su transformación en carbón se requiere de un recubrimiento de sedimentos y su ulterior hundimiento que proveerá, en condiciones normales, de la temperatura, presión y tiempo para la evolución de la materia vegetal por los estados lignito-hulla-antracita.

Se han aplicado los conceptos de metalotecto primordial y revelador al caso del carbón, lográndose definir como primordiales los siguientes factores:

- a) Climáticos
- b) Ecológicos

Considerando que estos son de vital importancia para el desarrollo de los vegetales.

Los metalotectos reveladores o concentradores de esta materia prima, son los siguientes;

- a) Paleogeográficos
- b) Paleotopográficos
- c) Sedimentológicos
- d) Tectónicos

La intersección de estos metalotectos primordiales son los reveladores, marcará una

región muy favorable para contener depósitos de carbón importantes.

Las provincias carboníferas de México son continuidad de las lajas correspondientes atlántica y pacífica que atraviezan E.U.A y Canadá con un potencial limitado por encontrarse por debajo del paleoparalelo 30N para las unidades litológicas pre-terciarias.

La provincia correspondiente del Pacífico podría encontrarse dividida por la deriva de la península de Baja California hacia el Norte y los terrenos Oaxaca-Guerrero hacia el Sur.

Este fenómeno de deriva, también haría posible la unión de los depósitos de Colombia con los del Atlántico de Norteamérica.

Las hipótesis anteriores quedan a su comprobación ulterior.

BIBLIOGRAFÍA

ALPERN, B (1976), Les Combustibles Fossiles. En Les Sciences. fas. 106, mars, 171-196.

CAMPA, MA. F. Y CONEY P.J. (1983), Tectonostratigraphic Terranes and Mineral Resource Distributions in Mexico. Can Jour. Earth Sci. 20 1040-1051.

DE CSERNA, Z, (1973), Geotectonics and Mineral

Deposits in Mexico. New Mexico Coal. Society sp. pub. 6.

ERHART, H, (1967), La g nese des sois en tant que phénomène géologique. Ed. Mason, Paris France.

LOPEZ RAMOS, E, (1979), Geología de México I, II y III. Edici n Escolar.

MARTIN-SERRANO, A (1980), Nuevas hipótesis sobre el significado geológico del lignito de Galicia (Espa a). Revue Industrie Minerale Juin 1980, France.

OLSEN P, (1986), A 40 million year lake record of early mesozoic or bital climatic forcing. Science, 234, 842-848.

PINDELL, J.L., (1984), Alleghenian reconstruction and subsequent evolution of the Gulf of Mexico, Bahamas and Proto-Caribbean. Report Pennzoll Co. Houston, Tx., U.S.A.

ROUTHIER, P, (1980), Où sont les metaux pour l'avenir Memoire B.R. G.M. No. 105, France.

SAMANA J.C, (1969), Contribution a l'etude de gisements de type "red beds".

Thèse, Fac Sci. Nancy, France.

WILLE P. AND OTHERS (1986), Iridium abundances across the ordovician-silurian stratotype.

Science July, 233, 334-341.