

# LA DISTRIBUCION DEL CARBONO Y SUS COMPUESTOS EN LA NATURALEZA, FUNDAMENTO DE LA GEOQUIMICA DEL CARBONO

C. Arredondo M. e I. Palacio R. \*

\* *Departamento de Geoquímica, Instituto de Geología, UNAM.*

## RESUMEN

La composición química de los petróleos se integra en la naturaleza aún antes de la formación de ellos como tales, es decir cuando las sustancias líquidas que los componen no se han separado de la masa orgánica inicial. Por lo tanto, para la geoquímica del petróleo es de suma importancia el estudio del carbono, principal elemento constituyente de la materia orgánica y los compuestos hidrocarburoados. En este trabajo se presenta la distribución del carbono y sus compuestos en la naturaleza, en un esquema general que podrá servir de base a las investigaciones geoquímicas del petróleo en particular y del carbono en general.

## INTRODUCCION

La geoquímica del petróleo no se ocupa exclusivamente del petróleo como tal, sino también de aquellas sustancias a partir de las cuales se forma. La razón es, aunque esto parezca paradójico, que la formación de la composición química del petróleo se lleva a cabo antes de su generación. Las relaciones cuantitativas más importantes entre las diferentes estructuras químicas, características para uno u otro petróleo, pueden surgir aún antes de la separación de las sustancias líquidas a partir de la masa orgánica y, consecuentemente, antes de la aparición del petróleo como tal. De aquí se desprende que, la geoquímica del petróleo deberá estudiar al mismo tiempo los petróleos en los yacimien-

tos y todas las sustancias orgánicas presentes, principalmente en estado disperso, en la estratósfera, en las cuales se realizan los procesos de formación de la composición química de los futuros petróleos. Asimismo, la geoquímica del petróleo deberá estudiar los productos de las transformaciones de los petróleos en la naturaleza.

De lo anteriormente dicho se deduce que la geoquímica del petróleo puede ser considerada como una parte de la ciencia que estudia la química de las sustancias orgánicas en la naturaleza inorgánica, es decir que puede ser considerada como una parte de la GEOQUIMICA ORGANICA, que a su vez forma parte de la GEOQUIMICA DEL CARBONO, ya que precisamente el carbono es el principio determinante de todos los compuestos orgánicos. En tales condiciones, la geoquímica del carbono podría considerarse como el fondo general para el estudio de la geoquímica del petróleo.

El estudio de la geoquímica del petróleo deberá comenzarse entonces, por el análisis de los problemas generales de la geoquímica del carbono, y en particular por el estudio de la distribución del carbono y sus compuestos en la naturaleza.

En este trabajo se tiene como propósito principal presentar un esquema general sobre la distribución del carbono y sus compuestos en la naturaleza.

---

El contenido de carbono en la litósfera, expresado en porcentaje en peso (Clarke), según A. E. Fersman (1955) es de 0.35% (incluyendo la hidrósfera y la atmósfera), y según A. P. Vinogradov (1962) es de 0.23%. De acuerdo a su distribución en la corteza terrestre, el carbono ocupa el décimo lugar. En la composición general de la Tierra, según A. E. Fersman el carbono ocupa el décimo tercer lugar, con 0.13%.

De acuerdo a los datos del académico A. P. Vinogradov (1962) el contenido promedio de carbono en las rocas ígneas representa: para las ultrabásicas (dunitas y otras) 0.01%, para las básicas (basaltos, gabros y otras) 0.01%, para las intermedias (dioritas, andesitas) 0.02%, para las ácidas (granitos, granodiotitas y otras) 0.03%, mientras que para las rocas sedimentarias representa el 1.0%.

Recientes datos sobre la distribución del carbono en las geósferas fueron proporcionados por el académico A. P. Vinogradov (1967), de acuerdo a los cuales la cantidad de carbono representa (en toneladas): en los organismos marinos  $nx10^{10}$ ; en los organismos continentales  $3x10^{11}$ , en la atmósfera  $6.3x10^{11}$ , en el océano  $3.6x10^{12}$ , en los yacimientos de minerales combustibles  $6.4x10^{15}$ .

Como se puede ver por estas cifras, las masas de carbono correspondientes a la materia viva y a la atmósfera, son más o menos iguales, la masa de carbono correspondiente a la hidrósfera las supera en dos órdenes (100 veces) y la de los yacimientos de minerales combustibles en cuatro órdenes (10 000 veces).

En la naturaleza, el carbono se encuentra parcialmente en la composición de sustancias orgánicas, cuyo número es muy grande, pero principalmente (como se ve en los datos arriba mencionados) en forma de diferentes compuestos inorgánicos. El número de minerales inorgánicos de carbono alcanza casi 200, de los cuales una gran parte corresponde a los carbonatos. Dentro de los minerales inorgánicos de carbono se conocen:

- 1) las formas nativas (diamante y grafito),
- 2) los óxidos (bióxido y óxido),
- 3) los carbonatos (calcita, dolomita y otros),
- 4) carbonatos complejos: carbonato-silicatos (*cancriinita* <sup>(1)</sup> y otros), carbonato-fosfatos

(1)  $3 H_2O \cdot 4 Na_2O \cdot CaO \cdot 4 Al_2O_3 \cdot 9 SiO_2 \cdot 2 CO_2$

(2)  $3 Ca_3(PO_4)_2 \cdot CaCO_3$

(3)  $MgCO_3 \cdot 5 Mg(OH)_2 \cdot 2 Al(OH)_3 \cdot 4H_2O$

(*podolita* <sup>(2)</sup>), carbonato-hidro-óxidos (*hidrotalcita* <sup>(3)</sup>), *piroaurita* <sup>(4)</sup>).

En los meteoritos y en forma de aislados hallazgos en rocas de origen terrestre se encuentran carburos (*moissanita* <sup>(5)</sup>), *cobenita* <sup>(6)</sup>). En base a la composición de los meteoritos y de consideraciones fisicoquímicas generales, se supone que en el núcleo y en la esfera mineral, o calcósfera (cuya existencia hoy en día se pone en duda), el carbono está presente principalmente en forma libre y parcialmente en forma de carburos. Si estas suposiciones son correctas, entonces una gran masa de carbono dentro de los límites de nuestro planeta existe en formas químicas tales, que muy raramente se pueden observar en forma directa en la naturaleza.

En las rocas ígneas, de la misma manera que en los gases de las erupciones volcánicas, el carbono predomina, por lo que se sabe, en forma de bióxido, ocupando el óxido de carbono y el metano un lugar subordinado. El bióxido de carbono en las rocas ígneas y metamórficas se encuentra en forma de inclusiones gaseosas microscópicas (estado ocluido).

Los carbonatos en las rocas ígneas están presentes en forma muy limitada, concentrándose principalmente en los productos finales de la cristalización magmática, en los skarns, etc... En las rocas metamórficas, la forma dominante de presencia del carbono es también el CO<sub>2</sub> ocluido. Pero los carbonatos se consideran minerales esenciales formadores de rocas de las facies superiores de metamorfismo (facies de los esquistos verdes, etc.), formando el mármol.

Es importante la presencia del carbono en las rocas ígneas en forma de grafito y en la llamada forma dispersa, cuya esencia química no ha sido determinada debido a sus insignificantes concentraciones.

(4)  $MgCO_3 \cdot 5 Mg(OH)_2 \cdot 2 Fe(OH)_3 \cdot 4H_2O$

(5) CSi

(6) (Fe, Ni, Co)<sub>3</sub> C

En las rocas sedimentarias, en general más ricas en carbono que las ígneas y metamórficas, las formas principales en que se encuentra este elemento, son, por un lado, los carbonatos, y por otro las sustancias orgánicas. El carbono de los carbonatos, representa cerca de las 4/5 partes de todo el carbono de la estratósfera y el orgánico, cerca de la quinta parte restante. Este último se encuentra, tanto en forma dispersa (sustancias orgánicas dispersas en las rocas sedimentarias) como en forma concentrada (yacimientos de carbón, lutitas bituminosas, petróleo). Una concentración relativamente alta de carbono orgánico es característica para la capa externa de la estratósfera, límite con la hidrósfera (pelósfera, es decir los lodos recientes) y con la atmósfera (pedósfera, o sea los suelos) (Kartzev, A. A., 1969).

En la hidrósfera, más del 90% de carbono está representado por el carbono de los carbonatos, hidrocarbonatos y  $\text{CO}_2$  disueltos en el agua y sólo el 9% corresponde a las sustancias orgánicas disueltas (Uspenskiy, 1956).

En la atmósfera, prácticamente todo el carbono se encuentra en forma de bióxido, constituyendo, como se sabe, cerca del 0.03% de las capas inferiores de la atmósfera.

Si nos alejamos aún más del centro de la Tierra entramos en el campo de la Cosmoquímica del Carbono. Los datos cosmoquímicos están basados en el estudio de los meteoritos, en el análisis espectral de las radiaciones de los objetos cósmicos y, ahora también en el estudio de las rocas de la luna. El porcentaje atómico (clarke atómico) del carbono para los meteoritos (Saukov, 1966) es de 0.07%. Para el carbono de los meteoritos son características las formas químicas libre y carbúrica, extremadamente extrañas para las geósferas.

De acuerdo a los espectros de radiación, el carbono ha sido encontrado en las atmósferas de los planetas, en los cometas, estrellas y nebulosas. En la atmósfera de Venus hay mucho gas carbónico, en Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, mucho metano (en estado gaseoso o líquido).

Los espectros de los cometas muestran la presencia del carbono en forma de compuestos tales como:  $\text{CH}$  (metino),  $\text{CH}_2$  (metileno),  $\text{CN}$  (cianógeno),  $\text{C}_2$  (bicarbono) y otros, los cuales en la Tierra son altamente inestables y pueden existir únicamente en calidad de radicales libres. Formas semejantes de carbono se han identificado en el espacio interestelar (gas interestelar) y en las estrellas, incluyendo el Sol.

## BIBLIOGRAFIA

- FERSMAN, A. E. 1955. Geoquímica, T. I. (Izbr. Trudy, t. 3). Izd-vo AN SSSR. (en ruso).
- KARTZEV, A. A. 1969. Fundamentos de geoquímica del petróleo y el gas. Izd-vo "NE-DRA", Moscú. (en ruso).
- SAUKOV, A. A. 1966. Geoquímica. Izd-vo "NAUKA". (en ruso).
- USPENSKIY, V. A. 1956. El balance de carbono en la biósfera, ligado al problema de su distribución en la corteza terrestre. GOSTOPTJEJZDAT. (en ruso).
- VINOGRADOV, A. P. 1962. El contenido promedio de elementos químicos en los principales tipos de rocas ígneas de la corteza terrestre. Geojimiya No. 7. (en ruso).
- VINOGRADOV, A. P. 1967. Introducción a la geoquímica de los océanos. Izd-vo "NAUKA". (en ruso).