

# ANÁLISIS POR CATODOLUMINISCENCIA E ISOTÓPICO SOBRE ARENITAS DE LAS FORMACIONES CATRIEL, TORDILLO Y SIERRAS BLANCAS (JURÁSICO SUPERIOR), PROVINCIA DEL NEUQUÉN, ARGENTINA.

Sergio Matheos<sup>1</sup> y Claudio Haring<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Centro de Investigaciones Geológicas, Facultad de Ciencias Naturales y Museo (UNLP) – CONICET, calle 1 # 644 (1900) La Plata, Argentina. [smatheos@cig.museo.unlp.edu.ar](mailto:smatheos@cig.museo.unlp.edu.ar)

<sup>2</sup> REPSOL-YPF S.A. Av. Roque Sáenz Peña N° 777, (1364) Buenos Aires, Argentina. [charingk@repsol-ypf.com](mailto:charingk@repsol-ypf.com)

**Keywords:** Carbonate cementation - Cathodoluminescence - Diagenesis – Upper Jurassic – Neuquen Basin

## Abstract

***CATHODOLUMINESCENT AND ISOTOPIC ANALYSIS UPON ARENITES FROM CATRIEL, TORDILLO & SIERRAS BLANCAS FORMATIONS (UPPER JURÁSSIC), NEUQUEN PROVINCE, ARGENTINA.***

In this study of core samples from Catriel, Tordillo and Sierras Blancas Formations (Kimmeridgian) in southeastern of Neuquen basin (Yacimiento Loma La Lata - Bloques Exploratorios Sierras Blancas and Loma del Mojón) we have considered the diagenetic aspects and the carbonate cementation (freatic and two patch types) from these units.

According to cathodoluminescent and isotopic analysis with interesting contents of hydrocarbon, we had delineated the diagenetic trends, which are signed by the following processes: mechanical compactation (early diagenesis); recrystalization; silica and argillaceous cementation and finally carbonate cementation (later diagenesis).

Isotopic analysis were made upon cements of these units showing light  $\delta^{13}\text{C}$  values that indicate an increase of  $\text{CO}_2$  in relation to organic matter after burial, and the oclusive cementation of pore space with meteoric water. On other hand the  $\delta^{18}\text{O}$  negative values suggest chemical changes in pore and meteoric waters.

## INTRODUCCIÓN

El objetivo de este trabajo se fundamenta en vincular los eventos diagenéticos, preliminarmente definidos en un trabajo previo (Matheos y Haring, 2002), con la relación existente entre la cementación y el tiempo de maduración de los hidrocarburos, acaecido en el sistema poral de las sedimentitas de subsuelo de las Formaciones Catriel, Tordillo y Sierras Blancas (Kimmeridgiano), sito en un sector de la Cuenca Neuquina, comprendido entre el extremo oriental del Yacimiento Loma La Lata y de los Bloques Exploratorios Sierras Blancas y Loma del Mojón (Prov. de Neuquén) (Figura 1). El estudio se realizó a partir de muestras de testigos-corona de distintos pozos pertenecientes a REPSOL-YPF S.A..

## METODOLOGÍA

A partir de la elaboración de secciones delgadas doblemente pulidas y de "slabs" en muestras representativas, se procedió a determinar las distintas etapas cementantes intervinientes, observándose bajo catodoluminiscencia (CL) cada vez que se requería esta técnica petrográfica de alta resolución.

La catodoluminiscencia resulta ser un método rápido, expeditivo y eficaz de análisis de secciones delgadas, el cual consta de una excitación proveniente de un rayo de electrones con energías que van entre 10-50 kv., que produce luminiscencia en una variedad de materiales, en estos cristales y cementos carbonáticos. Se puede decir que es un fenómeno esencialmente superficial, pues los rayos penetran no más que unas pocas décimas de micrones y toda la excitación tiene lugar en esta zona.

Los análisis han sido llevados a cabo en el laboratorio de Petrografía del Centro de Investigaciones Geológicas (CIG) de la UNLP, teniendo en cuenta las siguientes condiciones experimentales: Equipo de



mediciones bajo CL sobre el cemento actuante, puesto que inhibe al carbonato. Composicionalmente resulta calcita con alto contenido en Mg, con escasa a nula reacción frente a la tinción orgánica efectuada.

Regionalmente su distribución es más amplia que la cementación precedente, pues resulta posible identificarla desde Loma La Lata, Chihuido Colorado hasta la posición del pozo Loma Jarillosa, en todas las unidades estudiadas (Formaciones Catriel y Sierras Blancas).

### **Tercer etapa de cementación**

Con iguales características texturales que el 2do evento, posee una fábrica de tipo "en parches", con reacción bajo CL moderada, de coloración levemente anaranjada brillante, con valores en  $Mn^{++}$  que oscilan entre 700 - 3000 ppm y en  $Fe^{++}$  menores a 700 ppm. Ocupa los espacios remanentes no obliterados por la etapa anterior, hecho que denota, en gran medida, la pérdida de la porosidad intergranular residual.

Resulta distinguible solamente en muestras de testigos-corona de Loma Jarillosa y en Loma La Lata, todas pertenecientes a la Fm Sierras Blancas.

### **EVOLUCION DIAGENETICA. INTERPRETACION**

De acuerdo a los procesos diagenéticos presentes y los estadios cementantes, se puede delinear una **secuencia diagenética** para la secuencia Catriel - Tordillo - Sierras Blancas en este sitio del subsuelo de la Cuenca Neuquina, hecho que ya fue planteado en un trabajo preliminar (Matheos y Haring, 2002). Se mencionan en orden cronológico:

- a) Compactación mecánica inicial, evidenciada por un contacto neto grano a grano, hasta en ocasiones de tipo tangencial. Representa a un típico evento producto de diagénesis temprana.
- b) Recristalización en granos de cuarzo euhedrales a subhedrales, con CL normal (azulada a poco luminiscente) en los cristales líticos.
- c) Cementación silíceo y de argilominerales, ésta última compuesta de arcillas autigénicas fundamentalmente cloríticas e interestratificado illita/esmectita (IS). Se asume que, la cantidad de arcillas expansivas (aproximadamente 30%) en los interestratificados (IS) y la muy buena cristalinidad de la clorita sugieren una diagénesis tardía. Es de notar que la reacción frente a la CL de los feldespatos, con colores azulados claros, indica un amplio rango de alteración de los mismos, pudiendo ser en parte precursores de la clorita posterior.
- d) Cementación carbonática, freática (1er estadio) y "en parches" (2do y 3er estadio), evidenciando estos últimos un característico evento de diagénesis tardía. Ambas cementaciones están compuestas por calcita de alto contenido en Mg.

Efectuando un paralelismo entre lo acontecido entre la Formación Catriel por un lado y la más restringida arealmente (Formación Sierras Blancas) podemos asumir etapas bien definidas en cuanto a evolución diagenética se refiere: la primera, común a ambas secuencias, se inicia con la compactación mecánica entre granos y finaliza con la aparición de el 2do estadio de cementación carbonática ("en parches"), con alta participación de elementos activadores.

A partir de este punto, comienzan a diferenciarse; por un lado se congelan o detienen los procesos diagenéticos para la Fm Catriel, y por otro, continúa actuando la diagénesis en la Fm Sierras Blancas (*segunda etapa*). Así se acentúa por un lado la alteración de los feldespatos (coloración verdosa bajo CL), precursores junto con la matriz con alta participación piroclástica de aportar los elementos necesarios para generar una *segunda etapa* de cementación de arcillas autigénicas. A la vez, comienzan a diferenciarse los niveles reservorio a partir de la disolución de los carbonatos, generando espacios para la depositación de la cementación clorítica posterior, preservando las condiciones petrofísicas adquiridas. Este último evento oblitera definitivamente a la porosidad intergranular residual.

Un hecho a destacar, resulta la presencia en algunas muestras de rastros de petróleo y/o bitúmenes, obliterados en gran parte por la cementación actuante. Cronológicamente serían previos a la cementación carbonática, pero no resulta clara su relación con todas las etapas de cementación carbonática, con lo cual solamente podemos afirmar que son anteriores al menos a la de mayor desarrollo o regionalidad (cementación "en parches").



## ANÁLISIS ISOTÓPICOS DE LA CEMENTACIÓN. CONSIDERACIONES GENERALES

En base a la determinación bajo CL se han micromuestreado los cementos del 2do estadio, es decir la cementación producto de la diagénesis tardía, con el objeto de realizar determinaciones isotópicas ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ ), y de esta manera tratar de verificar no solamente su naturaleza y diagénesis actuante, sino también tratar de establecer una primera aproximación al tiempo de su generación, esto último teniendo en cuenta algunos trabajos científicos en secciones clásticas de cierta similitud temporal y/o depositacional (Beckner & Mozley, 1998; Garcia et al, 1998 y Muchez et al., 1998).

En general, los valores de  $\delta^{18}\text{O}$  reflejan la composición y temperatura del agua de mar en la cual han sido precipitados, mientras que los valores relativos al  $\delta^{13}\text{C}$  están determinados en función de la composición isotópica del carbono inorgánico disuelto.

Obviamente la alteración diagenética puede modificar en gran medida los valores isotópicos originales, es así que, en general en las sedimentitas durante la diagénesis, el oxígeno suele evolucionar hacia valores más negativos de  $\delta^{18}\text{O}$ , hecho que puede deberse a 1) un ligero aumento de la temperatura a la cual precipita el carbonato, 2) a la mezcla de aguas porales con aguas meteóricas, 3) a la interacción entre aguas porales y el sedimento no carbonático durante la diagénesis, 4) compactación por efecto de un soterramiento moderado, con el consiguiente aumento de la diagénesis. Tampoco pueden descartarse fenómenos de recristalización y variaciones globales o locales en la composición del agua de mar original. Es así, por lo antedicho, que se ha tenido máxima precaución en el muestreo realizado, para que sean las muestras analizadas lo menos perturbadas por la diagénesis imperante.

### Resultados

En la Tabla 1, se observan los resultados alcanzados en  $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ , expresados en partes por mil (‰). Los valores correspondientes al  $\delta^{18}\text{O}$  resultan ser algo más negativos que los esperables (entre -3 a -5‰  $\delta^{18}\text{O}$ ) para muestras que no hayan estado sometidas a procesos diagenéticos de importancia; en tanto que para el carbono también queda expresado un aumento en la relación isotópica, con incremento de los valores negativos en torno al  $\delta^{13}\text{C}$ , hecho que puede interpretarse como una neta vinculación al aumento en el contenido de  $\text{CO}_2$  y al soterramiento al que ha estado sujeto el paquete de sedimentitas de estas unidades. Asimismo, debe destacarse que pese a que trató de eliminar los vestigios de hidrocarburos en las muestras a analizar isotópicamente, el mismo permite "alivianar" el contenido en  $\delta^{13}\text{C}$ , hecho que hace aún más negativo el dato.

La Figura 2 refleja un diagrama de relaciones isotópicas  $\delta^{13}\text{C}$  vs  $\delta^{18}\text{O}$ , con una simbología independiente para cada una de las muestras analizadas, de un total de ocho (8). Las muestras A, 2, 37 y 46 corresponden a la Fm Catriel, en tanto que se consideró una segunda población (B, 33, 52 y 13) a las relacionadas con la Fm Sierras Blancas junto a las de carácter intermedio entre ambas unidades. Debemos efectuar una mención especial acerca de los resultados obtenidos, ya que tratar de efectuar algún tipo de análisis estadístico sobre las mismas es poco confiable dado el escaso número de muestras involucradas. De todos modos y como se ha señalado, esto no es más que una aproximación que deberá ser corroborada en un análisis de carácter regional con un mayor número de datos.

En lo concerniente al  $\delta^{13}\text{C}$ , se puede apreciar en la Figura 2 una cierta asociación en tenores de  $\delta^{13}\text{C}$  para las muestras de la Fm Catriel (entre -16 y -17 ‰), en tanto que el resto de las muestras analizadas indican mayor variación (entre -10 y -15 ‰  $\delta^{13}\text{C}$ ); estos valores muy dispersos y negativos sugieren que el inusual incremento en  $\delta^{13}\text{C}$  puede deberse a la cementación de los espacios abiertos con percolación de agua meteórica (Beckner & Mozley, 1998), y en parte al hecho de que a medida que se produce la diagénesis tardía, los isótopos de carbono tiendan a ser paulatinamente más livianos.

Por otra parte, y en relación a la variación en  $\delta^{18}\text{O}$ , las muestras agrupadas en la Fm Catriel tienen un rango mayor de variación con relación al resto (más uniformes y con menor dispersión).

Tomando el valor promedio del  $\delta^{18}\text{O}$  para las agrupadas en primer término (A, 2, 37 y 46), se tiene el valor de -11,35‰  $\delta^{18}\text{O}$ ; se sugiere por ende en este caso también que ocurre una mezcla de aguas porales con aguas meteóricas, por lo cual se obtienen valores de  $\delta^{18}\text{O}$  negativos.

En el caso de las muestras de la segunda población (B, 33, 52 y 13) (Fm Sas Blancas e intermedias entre ambas unidades) se determinó un valor promedio de -9,87 ‰  $\delta^{18}\text{O}$ , valor que denota una relativa menor participación de la mezcla de aguas porales - meteóricas en relación a la Fm Catriel.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Gerencia de Exploración de REPSOL - YPF S.A. por la autorización para la publicación de este trabajo.

## LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Arregui, C. 1993. Análisis estratigráfico - paleoambiental de la F. Tordillo en el Subsuelo de la Cuenca Neuquina. *Actas XII Congr. Geol. Arg. y II Congr. Explorac. Hidroc.* Tomo I: 165-170.
- Beckner, J. & Mozley, P. 1998. Origin and spatial distribution of early vadose and phreatic calcite cements in the Zia Formation, Albuquerque Basin, New Mexico, USA. In: *Carbonate cementation in Sandstones* (Ed. by Morad S.) Spec. Publ. Int. Sediment. 26, 27-51.
- Benito, J. & Manassero, M. 1992. Análisis paleoambiental de la Formación Tordillo. Su implicancia en la explotación de hidrocarburos. *Cuarta Reunión Argentina de Sedimentología*, La Plata I: 63-70.
- Digregorio, J. H. 1972. Neuquén. En Leanza, A. (Ed): *Geología Regional Argentina*, p. 439-505. Academia Nacional de Ciencias de Cordoba.
- Gröeber, P. 1946. Observaciones geológicas a lo largo del meridiano 70. I. Hoja Chos Malal. *Asociación Geológica Argentina Revista* 1(3): 177-208.
- Soave, A. & Cafferatta, A. M., 1986. Petrografía y diagénesis de la Formación Tordillo en el Subsuelo de la zona del Bajo de Añelo, Provincia del Neuquén. *Actas Primera Reunión Argentina de Sedimentología*, 296-299. La Plata.
- Matheos, S y Haring, C., 2002. Petrografía de alta resolución (catodoluminiscencia) en sedimentitas de las formaciones Catriel, Tordillo y Sierras Blancas (Jurásico superior) en subsuelo, Provincia del Neuquén, Argentina. *Actas del XV Congreso Geológico Argentino*. El Calafate (Santa Cruz). CD Room # 161.
- Muchez, P., Nielsen, P., Sintubin, M. & Lagrou, D. 1998. Conditions of meteoric calcite formation along a Variscan fault and their possible relation to climatic evolution during the Jurassic-Cretaceous. *Sedimentology* 45, 845-854.
- Garcia, A.J., Morad, S., De Ros, L. F. & Al-Aasm, I.S., 1998. Palaeogeographical, palaeoclimatic and burial history controls on the diagenetic evolution of reservoir sandstones: evidence from the Lower Cretaceous Serraria sandstones in the Sergipe-Alagoas Basin, NE Brazil. En: *Carbonate cementation in Sandstones* (Ed. by Morad S.) Spec. Publ. Int. Sediment. 26, 107-140.
- Land, L.S. & Fisher, R.S., 1987. Wilcox sandstone diagenesis, Texas Gulf Coast: a regional isotopic comparison with the Frio Formation. En: *Diagenesis of sedimentary sequences* (Ed. by Marshall, J.D.) Geological Society Special Publication 36, 219-235.

Muestra - Locación Pozo	$\delta^{13}\text{C}_{\text{calcite}}$	$\delta^{18}\text{O}_{\text{calcite}}$
A - Chihuido Colorado	-15,9	-8,7
37 - El Manzano	-14,6	-10,7
B - Loma La Lata	-13,9	-9,8
33 - Loma La Lata	-10,0	-10,2
52 - Loma Jarillosa	-10,5	-9,1
13 - Loma La Lata	-11,3	-10,4
46 - Loma Campana	-17,1	-13,4
2 - El Cruce	-15,8	-12,6

**Tabla 1.** Datos isotópicos ( $\delta^{18}\text{O}$  y  $\delta^{13}\text{C}$ ) de la cementación "en parche"  
nota: Todos los resultados están expresados en partes por mil relativo al PDB  
La precisión es +/- 0.2 por mil para valores de  $\delta^{13}\text{C}$  y  $\delta^{18}\text{O}$



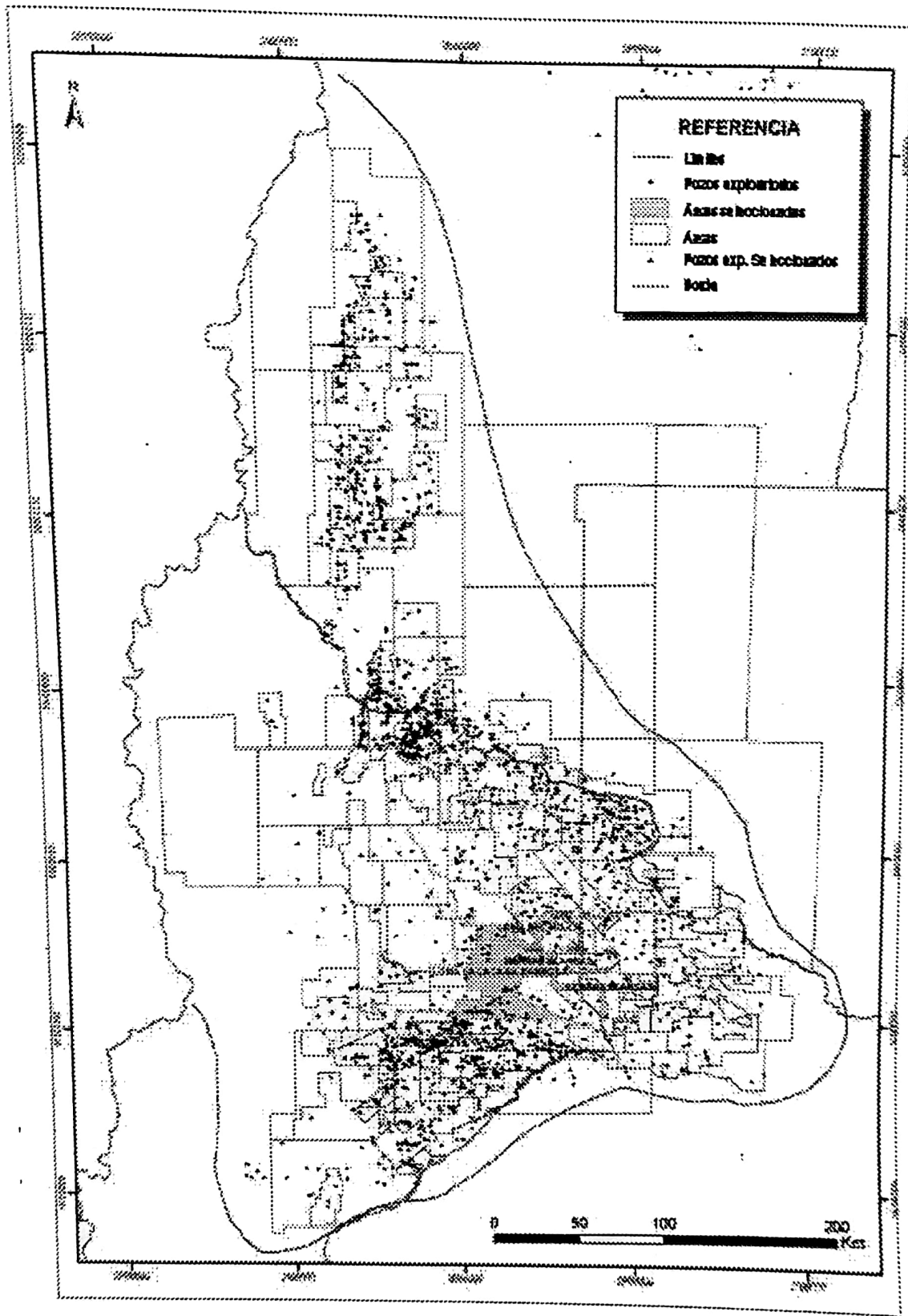


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio seleccionada.

DIAGRAMA DE RELACIONES ISOTÓPICAS  
FORMACIONES CATRIEL Y SIERRAS BLANCAS

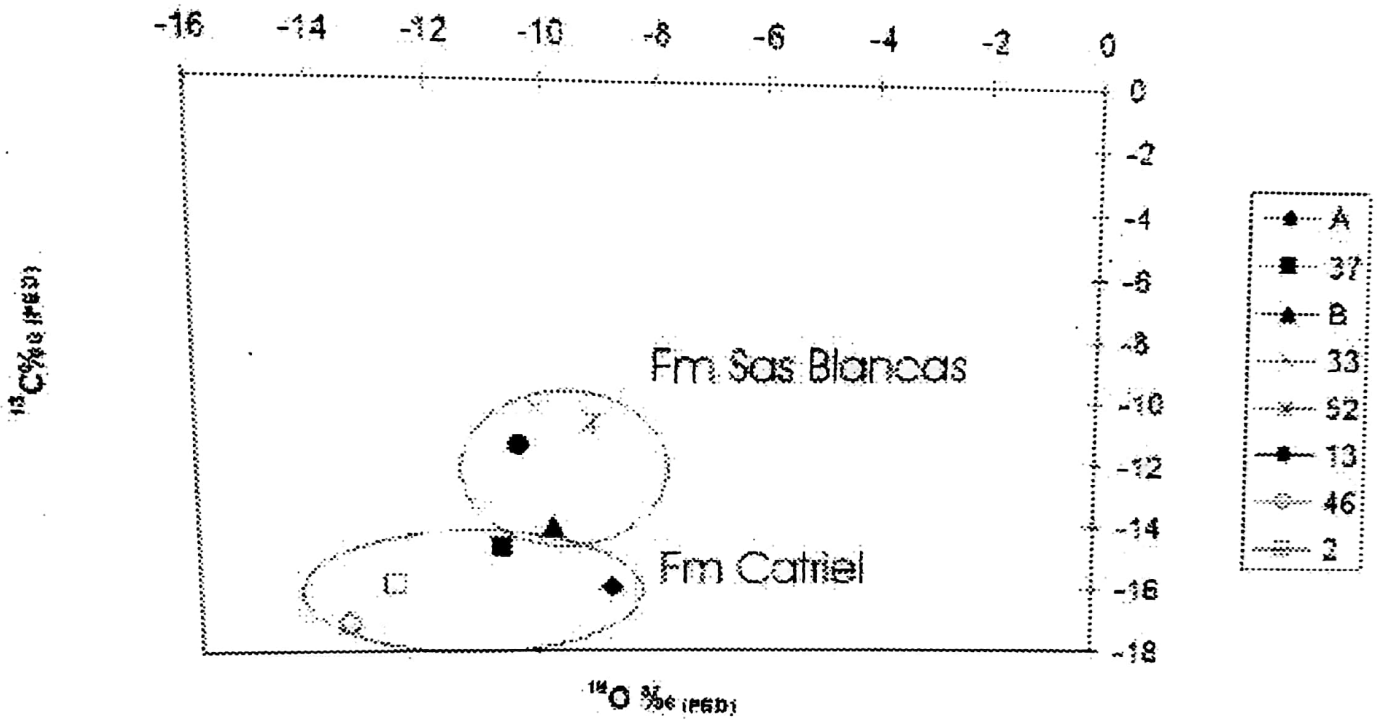


Figura 2. Diagrama de relaciones isotópicas en las Fms Catriel y Sierras Blancas.