

Estudios Morfológicos y Composicionales por Microscopía Electrónica y Edax en Depósitos Sedimentarios de Tandilla, Buenos Aires, Argentina

K. López*, R. Etcheverry**, I. Botto***

*Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra, FICT-ESPOL.

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral. Apartado 09-01-5863. Guayaquil, Ecuador.

** INREMI Instituto de Recursos Minerales, Facultad de Ciencias Naturales y Museo.

Universidad Nacional de La Plata-UNLP. Calle 64 # 3 C.P. 1900.

*** CEQUINOR, Centro de Química Inorgánica, Facultad de Ciencias Exactas.

UNLP. La Plata, Argentina.

*kflopez@espol.edu.ar, **retcheve@museo.fcnym.unlp.edu.ar, ***botto@quimica.unlp.edu.ar

Resumen

Las características de la forma, disposición y composición de los individuos arcílicos de los depósitos Don Camilo, son analizadas a partir de las fotomicrografías obtenidas por la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido con la adición de un indagador que obtiene un análisis químico semicuantitativo de superficie. El estudio permite observar la textura de los sedimentos contribuyendo al análisis del ambiente de depositación y de los procesos geoquímicos ocurridos en el Sistema de Tandilia en la Provincia de Buenos Aires, Argentina. Se presentan las fotomicrografías obtenidas, con los resultados químicos para cada una de las muestras estudiadas. Las mismas corresponden exclusivamente a las arcilitas cuyos argilominerales fueron identificados con las técnicas de Difracción por rayos X (datos cristalográficos), espectroscopía FTIR (simetría molecular) y análisis químico por Fluorescencia de rayos X (composición másica). El análisis de elementos mayoritarios y de manera especial la morfología reconocida para los minerales de los estratos arcillosos de este depósito, se corresponden con la presencia de sedimentos de tipo detríticos.

Palabras Claves: morfología, minerales de arcillas, sedimentos detríticos, Tandilia, Buenos Aires.

Abstract

The way structural, spectroscopic aspects and composition of clay minerals from Don Camilo deposits, are analysed for Scanning Electron Microscopy (SEM) with dispersive energy accessory for Surface Chemical Analysis (EDAX). This work shows the sediment textures and it is a contribution to the Sedimentary Environment Analysis and Process Geochemical that occurred in the Tandilia System of Buenos Aires Province, Argentine. The Micrographic and the Chemical Composition are to each sample of claystone. The sheet silicate were identified with different techniques: (1) X-Ray diffraction, (2) FTIR Spectroscopy, (3) X Ray Fluorescence (for majority elements). The results are discussed, analysed and suggesting that the raw sediments are of type detritics.

Keywords: morphology, clay minerals, detrital sediments, Tandilia, Buenos Aires.

1. Introducción

Las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires en Argentina (Sistema de Tandilia) se caracterizan por el emplazamiento de importantes depósitos de materiales arcillosos, muchos de los cuales han sido objeto de estudio, caracterización y explotación. Domínguez y Schalamuk [1] informan que la producción de estos materiales pelíticos (variedades plásticas, refractarias y comunes) registran volúmenes significativos de movilización, del orden de 2.300.000 a 3.000.000 tn/año. El Sistema de Tandilia consiste en suaves serranías dispuestas en dirección NO-SE, con una longitud aproximada de 350 kilómetros y un ancho máximo de 60 kilómetros (Figura 1).

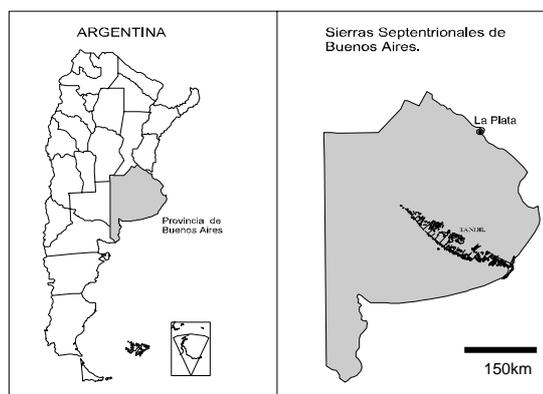


Figura 2.- Croquis de ubicación de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires en la República Argentina.

Recibido: Junio, 2007

Aceptado: Agosto, 2007

La estratigrafía de la comarca consiste en una cobertera sedimentaria, donde se emplazan los materiales arcillosos movilizados, dispuestos sobre un basamento ígneo-metamórfico, conocido como Complejo Cristalino Buenos Aires [2], atribuido al Precámbrico. Esta cobertera está integrada por sedimentitas desarrolladas en un ambiente marino de plataforma epicontinental, en cinco ciclos de depositación que son asignados al intervalo Precámbrico – Ordovícico [3].

El estudio permite observar las características de la forma, disposición y composición de los individuos arcilíticos, que son analizadas a partir de las microfotografías obtenidas por la técnica de Microscopía Electrónica de Barrido con la adición de un indagador que permite un Análisis Químico Semicuantitativo de Superficie. La descripción de la textura de los sedimentos contribuye al análisis del ambiente de depositación y de los procesos geoquímicos ocurridos.

2. Metodología

El procedimiento consistió en la recolección de muestras para identificar y caracterizar a los materiales arcillosos. En gabinete se practicaron estudios y análisis Físico – Químicos, mediante utilización de Difracción por rayos X (DRX), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB), Espectroscopía de Infrarrojo por Transformadas de Fourier (IR) que permitieron la caracterización del material.

La identificación por DRX se llevó a cabo mediante el empleo de un difractor Phillips Pw 1011/00; goniómetro Pw 1050/25; Tubo de Cu: radiación $K\alpha$, $\lambda=1.5414^\circ$, Filtro de Ni, Pw 2233/20 a 36kv 18mA, y velocidad de barrido 2° 2θ /minuto. Los materiales analizados fueron preparados adecuadamente, realizándose las medidas en muestras total y orientadas de la fracción arcilla $<5\mu\text{m}$ (normal, glicolada y calcinada a temperatura de 550°C).

Los estudios por Microscopía Electrónica de Barrido se realizaron con un Microscopio Electrónico Phillips modelo 505 con Microsonda EDAX 9100 para Análisis Químico Semicuantitativo con 5-10% de error analítico y límites de detección entre 0,25 - 0,50 según elemento. Los Espectros Infrarrojo fueron registrados en un Espectrómetro IFS-66v, fuente de luz global, cuya resolución es de 4cm^{-1} , utilizando el método de pastillado en BrK.

3. Localización y descripción de las arcilitas

Las muestras analizadas proceden de los depósitos Don Camilo aproximadamente a 7 km al NO del paraje La Numancia. Dicho paraje está situado a 50 km al S de la ciudad de Tandil, localizada en la Provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 2).

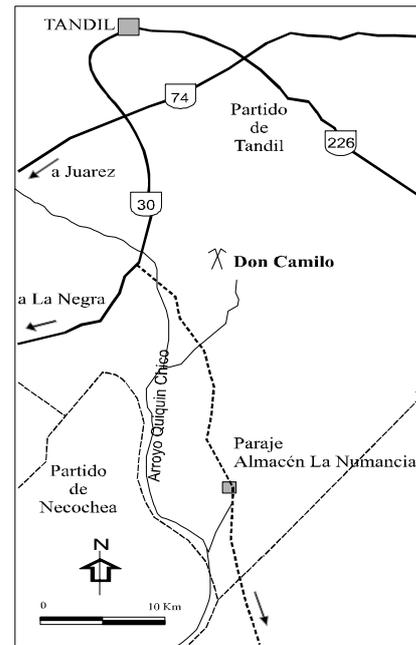


Figura 2.- Acceso y Localización del Depósito Arcilloso "Don Camilo".

En el sector se reconocen suaves lomadas con subafloramientos de niveles pelíticos intercalados entre cuarcitas como se observa en la figura 3. La explotación fue realizada en la zona Este de la Estancia, en la parte más conspicua de la lomada.

El material arcilloso se presenta en estratos de coloración rojiza y amarillo-blancuecina, totalizando hasta siete metros de espesor [4].

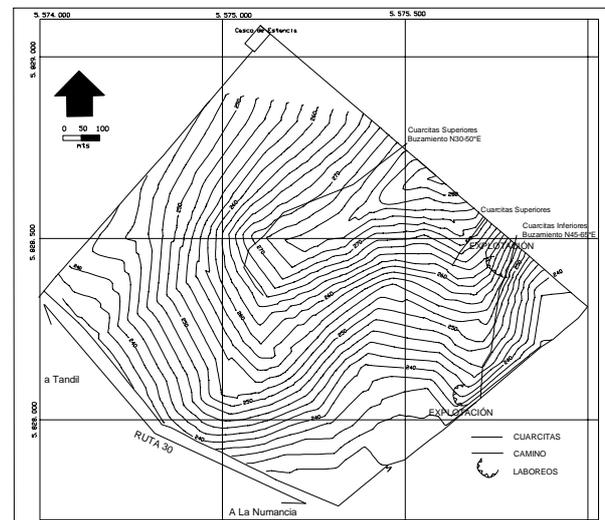


Figura 3.- Mapa de ubicación del nivel arcilloso entre cuarcitas, en donde se seleccionaron las muestras.

Las muestras 2127-a y 2127-b corresponden a pelitas masivas y fáciles de disgregar. La otra es de color rojo. Ambas pelitas presentan las mismas características físicas. La muestra 2169 contiene brillo

nacarado en algunos sectores, además se observa variación de color (verde claro/castaño-rojizo).

La muestra 2170 es masiva, y contiene algunos nódulos de brillo terroso (arena). En general es de apariencia satinada y color rojo oscuro.

La muestra 2171 es una pelita de laminación fina de color rojo violáceo, aunque presenta algunas delgadas capas blanquecinas.

La muestra 2172 es una pelita masiva de coloración castaño-amarillenta, untuosa.

La muestra 2126 corresponde a una pelita verde amarillenta, fuertemente compactada.

Estas arcillitas se corresponden con la segunda asociación de facies de la secuencia de deposición Tofolletti o Formación Villa Mónica [5].

4. Resultados

La Tabla 1 resume la información obtenida mediante la aplicación de las técnicas de Difracción por RX (datos cristalográficos), Espectroscopía de IR (simetría molecular), Microscopía Electrónica de Barrido (morfología y composición superficial) y Análisis Químico por Fluorescencia de RX (composición másica), sobre las muestras estudiadas. Para la descripción morfológica se utilizó los términos aplicados en la Clasificación de Arcillas de las Sierras Septentrionales de la provincia de Buenos Aires [6].

Tabla 1.- Resultados de los estudios en muestras de Don Camilo. I: illita, Sm: esmectita, Kord: caolinita ordenada, Qz: cuarzo, F: feldespatos, Rt: rutilo, Gt: goethita.

Muestra	DRX-IR	Especies de Fe	Contenido de Fe (como % Fe ₂ O ₃)	
			masi.	superf.
2127a	I(K _{desor} , Sm, I/Sm)	-	2.01	4.63
2127b	I(K _{desor} , Sm)	-	5.5	7.22
2169	I(K _{desor} , Sm)	-	4.85	3.11
2169	K _{ord} (I,Sm)	Gt		4.06
2170	K _{ord} (I,Sm)	Gt	9,65	20,98
2171	I(K _{desor})	-	7.11	4.63
2172	I (K _{desor} ,Sm)	-	9,56	22,38
2126	I	-	3.12	2.99

A continuación se presentan las microfotografías en figuras y los resultados químicos obtenidos en tablas respectivamente.

La figura 4 corresponde a la muestra de arcilita blanquecina (**2127a**). Allí se observa que resalta una lámina (~10 µm) con bordes redondeados, correspondiente a la especie illita.

La Tabla 2 contiene los Análisis Químicos (SiO₂/Al₂O₃=1.89 y Al₂O₃/K₂O=3.07 respectivamente), que coinciden con los valores de una mezcla de illita y microcristales de cuarzo (en una relación aproximada de 70 a 30 %). Es de mencionar, que se ha hecho abstracción de la presencia de otras especies minerales minoritarias. El Análisis Químico para la limolita arcillosa roja (muestra 2127b), denota alto contenido de hierro (7.22%), asociado a alguna fase no cristalina de esta especie. Los valores de las relaciones SiO₂/Al₂O₃ =1.9 y Al₂O₃/K₂O =2.9, se asocian a la presencia de illita. El excedente de SiO₂ es asignable al cuarzo.

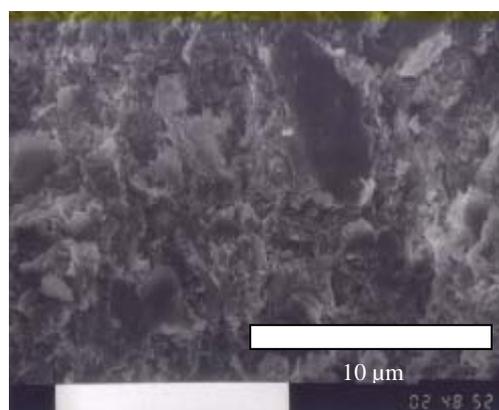


Figura 4.- Microfotografía de una lámina de illita con bordes redondeados en arcilita blanquecina (2127a).

Tabla 2.- Valores porcentuales de óxidos. Ref.: 2127a arcilita blanquecina, 2127b limolita arcillosa roja.

Óxidos	Muestras	
	2127a	2127b
Al ₂ O ₃	27.73	28.07
SiO ₂	52.66	52.58
K ₂ O	9.02	9.79
TiO ₂	2.22	2.04
Fe ₂ O ₃	4.63	7.22
MgO	3.73	-
Total	99.99	99.70

Las figuras 5 y 6 corresponde a la muestra de arcilita verde claro/castaño rojizo (**2169**) cuyos datos de Análisis Químicos en superficie se dan en la Tabla 3. La figura 5 indica una illita con textura "cara a cara", típica de argilominerales depositados en ambiente marino [6].

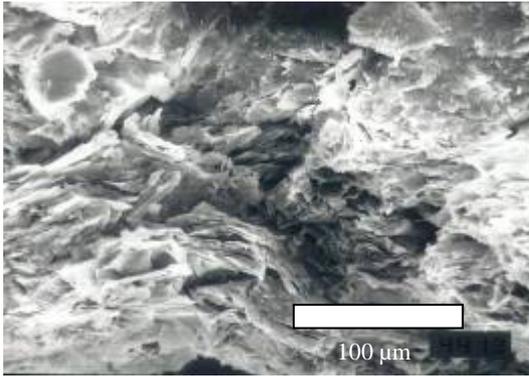


Figura 5.- Microfotografía de láminas de illita con distribución "cara a cara". Arcilita verde claro/castaño rojizo (2169)

En la figura 6 se observa una magnificación de la anterior. La textura es también "cara a cara" y con diseño "en remolino", distintivas de la especie illita. La Composición Química en superficie reveló la presencia de TiO_2 .

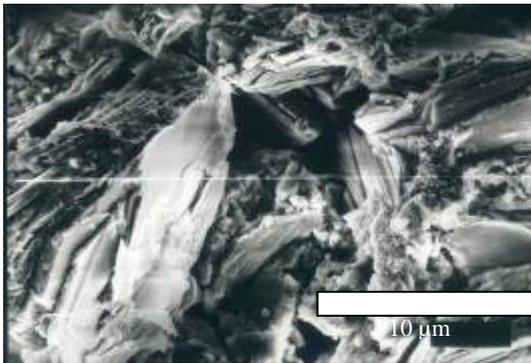


Figura 6.- Micrografía de láminas de illita. Textura en forma de "remolino". Arcilita verde claro/castaño rojizo (2169).

Tabla 3.- Valores porcentuales de óxidos. Ref.: 2169 arcilita verde claro/castaño rojizo.

Óxidos	Muestra	
	2169	
Al_2O_3	28.25	24.58
SiO_2	56.03	45.4
K_2O	8.17	5.52
TiO_2	2.17	18.28
Fe_2O_3	4.06	3.11
MgO	1.32	3.11
Total	100	100

La figura 7 corresponde a la parte satinada y levemente endurecida de la muestra de arcilita rojo oscuro (2170).

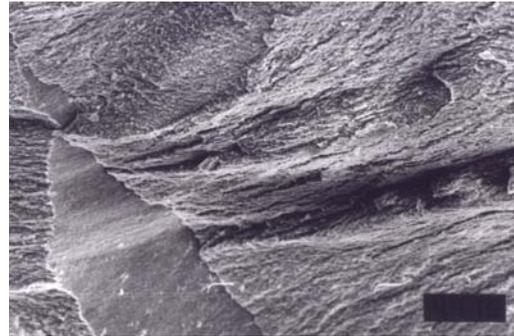


Figura 7.- Microfotografía del sector satinado endurecido. Arcilita rojo oscuro (2170).

El contenido de hierro, observado en la Tabla 4, evidencia un proceso de transformación química (lixiviación), si se la compara con el análisis másico indicado en la Tabla 1. El mismo comprende la oxidación e hidrólisis del hierro que permanece en la superficie como fases hidratadas no cristalinas.

La figura 8 corresponde a nódulos de aspecto terroso en los que se observa una disposición laminar. La relación SiO_2/Al_2O_3 (1.76) indica la presencia de una especie silíceá que acompaña a la illita.

Análisis Químico en Superficie (tabla 4) confirma valores de potasio (0.99%) asignables a esta especie.

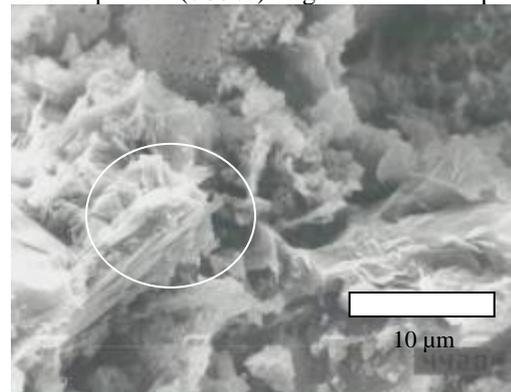


Figura 8.- Microfotografía de láminas de illita en nódulos arenosos. Arcilita satinada rojo oscuro (2170).

Tabla 4.- Valores porcentuales de óxidos. Ref.: 2170 Arcilita satinada rojo oscuro.

Óxidos	Muestra 2170	
	Parte Satinada	Nódulo terroso
Al_2O_3	25.34	29.68
SiO_2	45.34	52.28
K_2O	4.41	0.99
TiO_2	0.76	1.08
CaO	-	1.4
Fe_2O_3	20.98	12
MgO	3.17	2.58
Total	100	100

El Análisis Químico en superficie de las laminaciones milimétricas blanquecinas de la muestra

de arcilita roja violácea (**2171**) está indicado en la Tabla 5.

El contenido de K_2O está confirmando la presencia de illita como especie predominante en tanto que los valores de Fe_2O_3 (4.63%) resultan inferiores a los obtenidos por Fluorescencia de Rayos-X para la muestra total (7.11%).

Este color blanquecino está indudablemente vinculado a la disminución de hierro.

El origen de las laminaciones estaría relacionado a sucesivas depositaciones en condiciones adecuadas como para facilitar la distribución del material en función del tamaño de partícula y peso específico de los componentes.

Tabla 5. - Valores porcentuales de óxidos. Laminación blanquecina en arcilita 2171.

Óxidos	Muestra
	2171
Al_2O_3	27.73
SiO_2	52.66
K_2O	9.02
TiO_2	2.22
Fe_2O_3	4.63
MgO	3.73
Total	99.99

Las figuras 9 y 10 corresponde a la muestra de arcilita castaña amarillenta (**2172**). La morfología observada en la figura 9, consiste en pequeñas láminas del orden $\sim 4 \mu m$.

El Análisis Químico de superficie (Tabla 6) indica valores de potasio (3.21%) asignables a una illita. Además, el elevado contenido de hierro en superficie difiere del contenido másico (9.56% - FRX) y estaría asociado a la presencia de fases segregadas hidratadas y/o amorfas superficiales.

En la figura 10, se observa un individuo de cuarzo (círculo), con morfología sub-angulosa, entre láminas de illita.

Tabla 6. - Valores porcentuales de óxidos. Arcilita castaña amarillenta 2172.

Óxidos	Muestra
	2126
Al_2O_3	28.07
SiO_2	53.58
K_2O	10.71
TiO_2	0.95
Fe_2O_3	2.99
MgO	3.60
Total	99.90

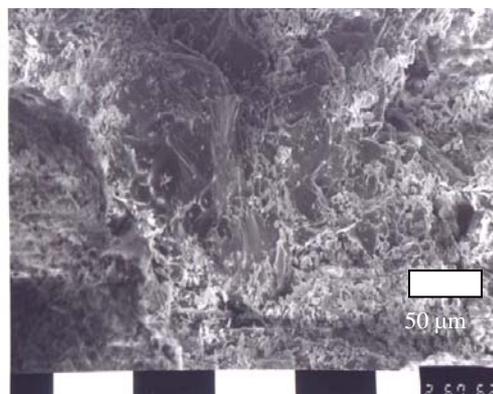


Figura 9. - Microfotografía de pequeñas láminas de illita. Arcilita castaña amarillenta 2172.

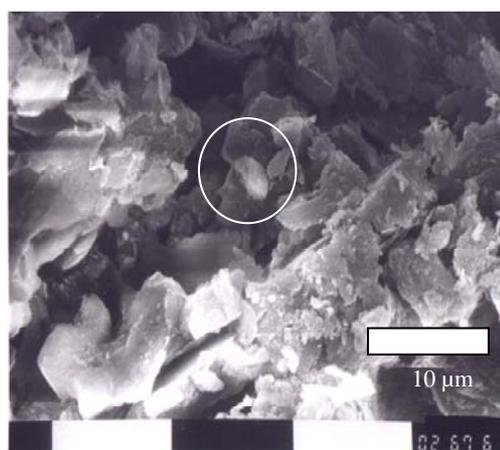


Figura 10. - Microfotografía de un individuo de cuarzo con morfología sub-angulosa. Arcilita castaña amarillenta 2172.

La figura 11 corresponde a la muestra **2126** y permite observar una textura “cara a cara” de las laminas y de tamaño igual y/o mayores a 10 micrones.

Los datos de la Tabla 7 se acercan a los valores teóricos correspondientes a una illita sustituida.

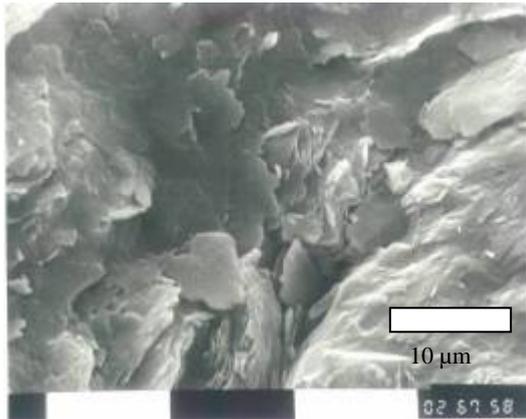


Figura 11.- Microfotografía de láminas de illita en arcillita verde amarillenta (2126).

Tabla 7.- Valores porcentuales de óxidos.

Óxidos	Muestra	
	2172	
Al ₂ O ₃	21.67	8.6
SiO ₂	58.74	77.13
K ₂ O	3.21	0.93
TiO ₂	0.95	-
Fe ₂ O ₃	12.18	10.47
MgO	3.25	2.28
Total	100	100

5. Conclusiones

Los estratos varicolores, que han quedado expuestos por la explotación del depósito, se encuentran constituidos predominantemente por illita con diferente grado de sustitución, observándose en muy pequeña proporción un interestratificado Sm/I. La caolinita se presenta en escasa proporción y en algunas muestras es estructuralmente ordenada, esto junto con la existencia de arcillas expandibles, sugiere la acción paralela de distintos procesos de transformación: $Sm \rightarrow I$, $I \rightarrow K$ y $K_{desor} \rightarrow K_{ord}$.

Es de destacar a las pelitas satinadas rojo oscuro ya que presentan un contenido superficial elevado de hierro con respecto al valor máxico; los estudios Morfológicos revelan que la textura de las zonas satinadas se diferencia de los nódulos terrosos observados. Este último podría relacionarse con el origen coloidal del producto de la lixiviación del hierro. La superficie satinada está asociada a una decantación in situ de fases oxídicas de hierro llegando a la formación de una fase cristalina (goethita). De lo dicho se propone que por envejecimiento de la solución es posible la siguiente secuencia para el hierro presente en este estrato: suspensión coloidal \rightarrow sólido amorfo \rightarrow sólido cristalino.

La identificación de caolinita ordenada en las arcillitas satinadas (rojas-verdes) sugiere procesos cinéticos lentos.

Los estudios morfológicos indican texturas típicas reconocidas, para los minerales de arcilla analizados, de Ambientes Deposicionales con Sedimentos de tipo Detríticos [7]. Esto indica procesos ocurridos a temperaturas bajas y/o tiempos largos.

El individuo de cuarzo con bordes angulosos, según pudo apreciarse por Microscopía Electrónica de Barrido, estaría confirmando el carácter Detrítico de este depósito.

6. Agradecimientos

Expreso mis sinceros agradecimientos al Programa de Servicio de Intercambio Académico Deutcher Akademischer Austauschdiens (DAAD) y al Instituto de Recursos Minerales (INREMI) de la UNLP-Argentina, por el gran aporte que contribuyo al desarrollo, finalización y obtención de los resultados.

También agradezco al Departamento de Mineralogía del Instituto Federal para las Geociencias y Recursos Minerales (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe-BGR) de Hannover, Alemania y al Centro de Química Inorgánica (CEQUINOR) de la Facultad de Ciencias Exactas de la UNLP, que me permitieron hacer uso de sus instalaciones y equipos para los ensayos Físico Químicos.

Al Dr. Stephan Kaufhold, mineralogista de BGR, que hizo una gran contribución en varias de las técnicas empleadas para la identificación de minerales.

7. Referencias

- [1] Domínguez, E. y Schalamuk, I.B. "Recursos Minerales de las Sierras Septentrionales, Buenos Aires. Recursos Minerales de la República Argentina". Instituto de Geología y Recursos Minerales SEGEMAR, anales 35. 1999 pp: 183-190, Buenos Aires.
- [2] Di Paola E. y Marchese H. G. "Relación entre la tectosedimentación, litológica y mineralogía de arcillas del complejo Buenos Aires y la Formación La Tinta". Rev. Asoc. Arg. Min. Petr. y Sed. 1974 V3-4, Buenos Aires.
- [3] Iñiguez, A. M., Analía del Valle, Poire D C., Spalleti L., Zalba P. E. "Cuena Precámbrica/Paleozoica inferior de Tandilia, Provincia de Buenos Aires". Cuencas

Sedimentarias Argentinas Serie Correlación Geol. N°6, Chebli, Spalletti eds. 1989. pp: 245-263.

- [4] Lopez, K. “Geología y Mineralogía de las arcilitas presentes en las estancias Don Camilo, La Elvira, Los Cardales y El Ceferino en la Provincia de Buenos Aires, Argentina”. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Naturales de la UNLP 2006. Inedito.
- [5] López, K. Etcheverry, R. y Botto I. “Geología y Mineralogía de las arcilitas presentes en las estancias La Rosalía, San Eduardo y Sierra de los Barrientos, Provincia de Buenos Aires”. Minmet, Mineralogía y Metalogenía 2002. pp:239-246.
- [6] Zalba, P. E.. “Clasificación de arcillas de las Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires”. CETMIC, Publicación Especial 1, 1988. 62 pp. Buenos Aires.
- [7] McLennan, S. M., Hemming, S., McDaniel, D.K. and Hanson, G.N. “Geochemical approaches to sedimentation, provenance and tectonics”; in: Johnsson, M.J. & Basu, A.: Processes controlling the composition of clastic sediments, Geological Society of America Special. 1993. Paper 284, pp: 21-40.