

# DESARROLLO DE LAS INVESTIGACIONES SOBRE ZEOLITAS NATURALES EN EL ECUADOR

Fernando Morante C.

*Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), email: [fmorante@espol.edu.ec](mailto:fmorante@espol.edu.ec)*

Verónica Ramos C,

*Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), email: [varamos@espol.edu.ec](mailto:varamos@espol.edu.ec)*

Juan Guerrero B.

*Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), email: [jcguerre@espol.edu.ec](mailto:jcguerre@espol.edu.ec)*

Javier Montalván T.

*Escuela Superior Politécnica del Litoral (Espol), email: [jmontalv@espol.edu.ec](mailto:jmontalv@espol.edu.ec)*

Edgar. Berrezueta

*Instituto Geominero de España (IGME), email: [e.berrezueta@igme.es](mailto:e.berrezueta@igme.es)*

## I. INTRODUCCIÓN

Desde 1954, las zeolitas naturales han sido objeto de un gran número de investigaciones en el mundo científico-tecnológico por sus excepcionales y diversas aplicaciones, y en este corto espacio de tiempo, se han publicado más de 20000 artículos y 2000 patentes que se refieren a su síntesis, propiedades, estructuras y aplicaciones. Si bien la primera zeolita natural se descubrió hace ya más de 200 años y su aplicación industrial se inició en los años 50 del siglo pasado, en el Ecuador se comenzó con las primeras investigaciones en zeolitas naturales a finales de los años 90 y con aplicaciones masivas en los últimos 2 o 3 años. En la actualidad, en el Ecuador se están comercializando y aplicando zeolitas naturales en las haciendas bananeras, de caña de azúcar y en floricultura; en algunos casos con resultados favorables, así como también se están aplicando zeolitas en las piscinas camaroneras para adsorber el amonio producido por los desperdicios dejados por los camarones. A pesar de esto, no se está realizando una debida caracterización científico-técnica de los materiales utilizados. En este trabajo de investigación se ha llevado a cabo estudios geológicos y muestreo de la zona de estudio, y una caracterización química y mineralógica de las muestras para conocer los tipos y calidades de zeolitas con que se cuenta en la Formación Cayo, que aflora principalmente en la ciudad de Guayaquil, así como también las zeolitas de Paltas-Loja y Chucurín en Azogues. Se han realizado pruebas de laboratorio para determinar la capacidad de adsorción de amonio y ciertos metales pesados, para finalmente realizar pruebas de aplicación agrícolas, pecuarias, construcción y filtros. (Morante, 2004)

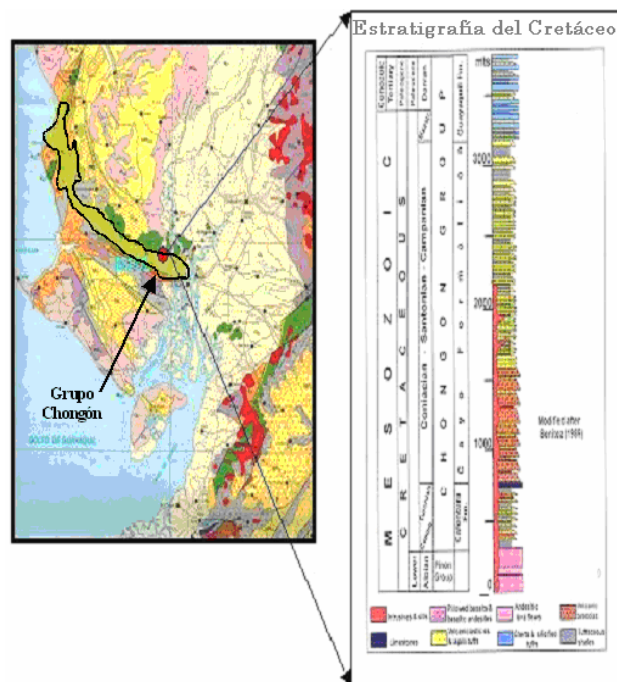
## II. GEOLOGÍA

### 2.1 GEOLOGÍA DE LA COSTA DE ECUADOR.

La región costera se localiza al Oeste de la Cordillera de los Andes y está compuesta por basamento de rocas basálticas que subyacen a formaciones geológicas de origen marino y posteriormente formaciones de origen sub litoral – continental. Un levantamiento tipo horst dio lugar a la formación de la Cordillera Chongón Colonche, llevando a la superficie rocas basálticas de la Fm. Piñón antiguo piso oceánico y rocas volcánicas y detríticas de la Formación Cayo. Las Formaciones o Grupos Geológicos que están involucrados en el área de este estudio son de piso a techo:

- Formación Piñón (basaltos Cretácico Inferior)
- Grupo Chongón
- Formación Calentura (Cenomaniano-Turoniano)
- Formación Cayo (Turoniano tardío-Maestrichtiano temprano)
- Formación Guayaquil (Maestrichtiano superior-Daniano basal)

El Grupo Chongón incluye las Formaciones Calentura, Cayo y Guayaquil. (Figura 1) (Aleman, 1999). Los cambios verticales de facies no sólo documentan la evolución del complejo de arco sino también los cambios en las proporciones de la actividad volcánica.



**Figura 1. Columna Estratigráfica del Grupo Chongón.** Observe que las rocas del Grupo Chongón afloran en Guayaquil y se prolongan hasta la costa del Pacífico por 140 Km. **Fuente:** Aleman A., 1999.

## 2.2 YACIMIENTO CHUCURÍN (AZOGUES)

La cuenca sedimentaria Azuay Cañar, ubicada en la región austral ecuatoriana, es una depresión interandina, de aproximadamente 100 Km de largo de sentido norte-sur por 25 Km de ancho, rellena de sedimentos detríticos continentales del Terciario Superior e intercalaciones volcánicas, emplazadas sobre rocas cretáceas y más antiguas, que sirven de basamento. La Fm. Mangán aflora extensamente en el flanco occidental del anticlinal de Biblián. Su área tipo esta al oeste del poblado de Nazón, donde existen numerosas localidades que ostentan el nombre de Mangán. Esta formación ocurre desde Ingapirca, en el norte, hasta la ciudad de Cuenca, en el sur, donde desaparece debajo de las formaciones pleistocénicas, Turi o Tumipamba, reapareciendo en el área de Girón. (Núñez del Arco, 2003).

El afloramiento de zeolitas es un Sill riódacítico con potencia que varía entre 30 y 70 centímetros, concordante a la Fm. Mangán. Se ha llegado a determinar visualmente hasta 30 metros de profundidad y más de 300 m de longitud, siendo su mineralogía uniforme con minerales zeolíticos del tipo mordenita asociados a cristobalita y trazas de clinoptilolita. Además, hacia los extremos del Sill existe la ocurrencia de material bentonítico. La dirección promedio del Sill es de 10°, con buzamiento variables entre 64 y 75° E y en ocasiones inclinándose al Oeste.

## 2.3 OTROS INDICIOS.

En el año 1992 se denunciaron indicios de rocas zeolitizadas en la Provincia de Loja, Cantón Paltas, Parroquia Guachanama, donde se realizaron observaciones preliminares y empíricos sobre la presencia de un mineral de consistencia no muy dura, de color crema, que presentaba la particularidad de absorber agua generando burbujas y a su vez produciendo efervescencia, eliminando olores desagradables en camas de animales, las muestras se enviaron a diferentes instituciones nacionales e internacionales que se encargan de la investigación de minerales, confirmándose la presencia de zeolitas del tipo Heulandita y Clinoptilolita, con un área de 2,0 Has, siendo su fase zeolitizada del 60% aproximadamente (Díaz, 2004).

### III. CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES ZEOLÍTICOS.

#### 3.1 DIFRACCIÓN DE RAYOS X.

Los estudios de DRX de lutitas tobáceas para una muestra tipo procedente de la Fm. Cayo se muestra en la figura.2; para la muestra de Paltas Loja se muestra en la figura.3. (Morante, 2004)

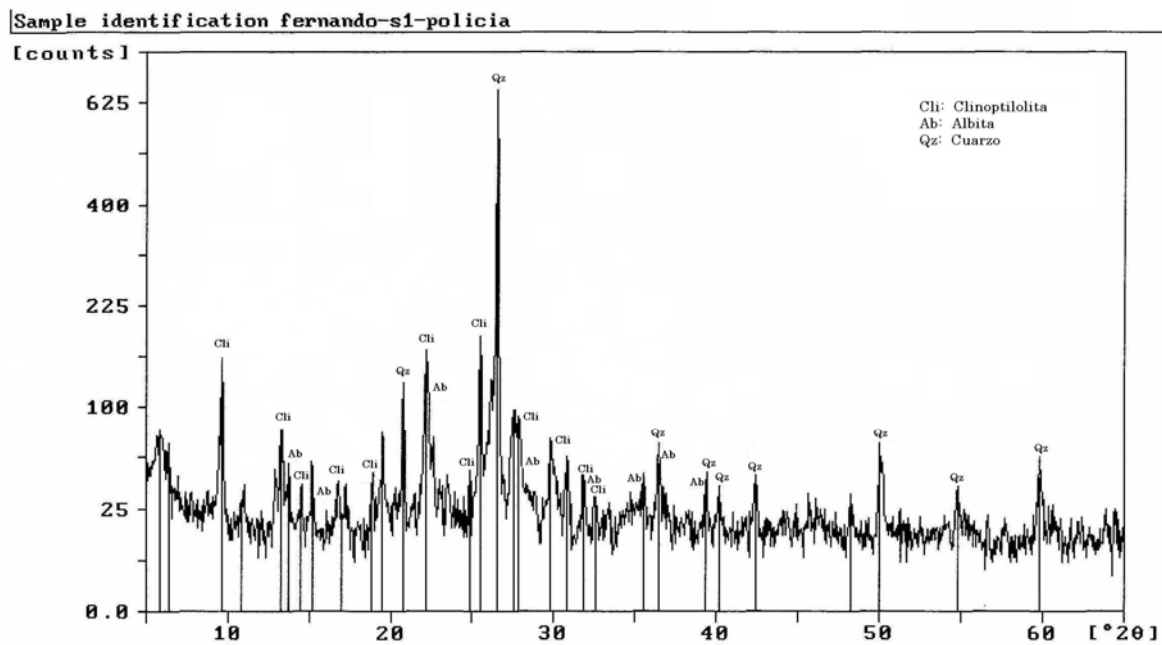


Figura 2.DRX de Lutita Tobácea de la Fm. Cayo.

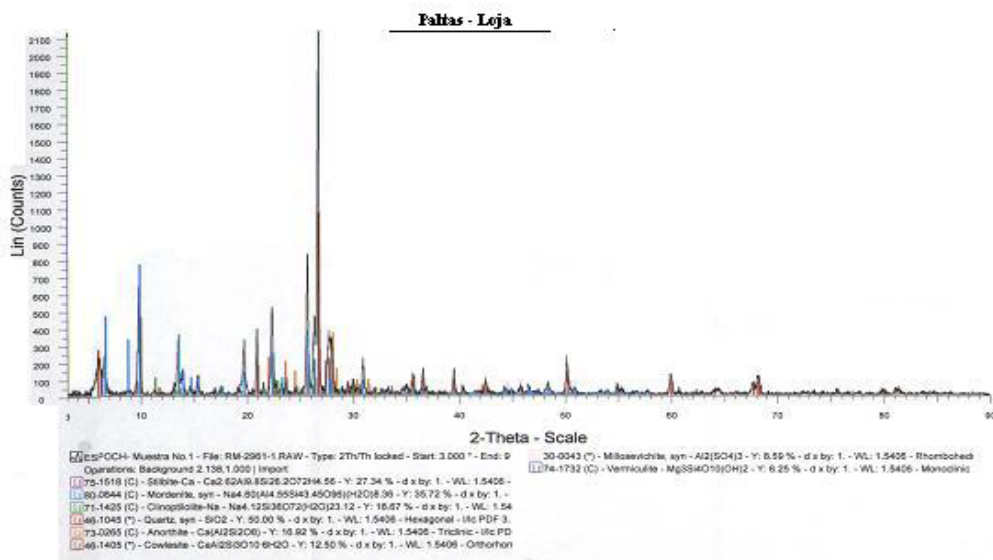


Figura 3. DRX del Yacimiento de Paltas – Loja.

La muestra de Paltas posee una fase zeolítica (entre 51-60%) predominando la Heulandita como material útil para su aplicación en Agricultura y Medios Filtrantes.(Díaz,2004).

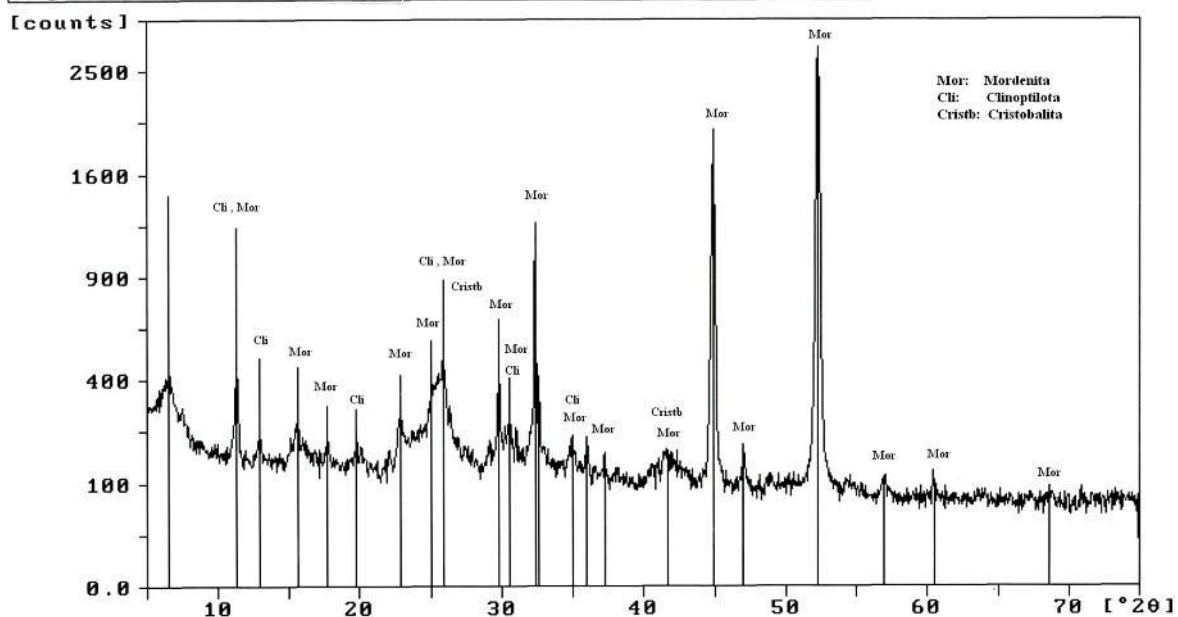


Figura 4. DRX del Yacimiento de Azuay

En la figura 4 se muestra un difractograma de la muestra Chucurín, en Azogues. La capacidad de intercambio catiónico es de alrededor de 167,4 meq/100 g. (Ver tabla 1), debido a esto, se la puede utilizar en aplicaciones tales como: La reducción de la contaminación ambiental creada por las aguas residuales industriales y municipales, en procesos de reducción de la dureza del agua, y agrícolas.

### 3.2 FLUORESCENCIA DE RAYOS X (FRX)

Este análisis permite conocer la composición de las zeolitas, bien en forma de óxidos o en forma elemental. Con estos datos se puede deducir la fórmula de la zeolita, refiriéndola al O (número de oxígenos de la celda unitaria). Con este análisis se determina también la relación Si/Al de las muestras de zeolitas. (Morante, 2004)

**Fórmula Muestra Policía:**  $\text{Na}_{1.7}\text{K}_{0.2}\text{Ca}_{1.6}\text{Mg}_{0.5}\text{Fe}_{0.9}(\text{Al}_6\text{Si}_{29}\text{O}_{72}) \cdot 19\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cli/Heu}$

**Fórmula Muestra Paltas:**  $\text{Ca}_{1.95}\text{Na}_{1.32}\text{K}_{0.96}\text{Mg}_{1.16}\text{Fe}_{1.65}(\text{Al}_{8.68}\text{Si}_{24.51}\text{O}_{72}) \cdot 10\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Cli/Heu}$

**Fórmula Muestra Chucurín:**  $(\text{Na}_{1.2}\text{K}_{0.6})(\text{Ca}_{1.4}\text{Mg}_{0.7})\text{Fe}_{0.4}(\text{Al}_{6.6}\text{Si}_{41.6}\text{O}_{96}) \cdot 28\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Mord/Cli-Heu}$

### 3.3 CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)

En la tabla 1 se recopilan los resultados, tanto experimentales como teóricos, del intercambio catiónico de las zeolitas P119, Policía y BTEZ, del yacimiento ESPOL y aladaños.

Tabla 1. Capacidades de intercambio (valores en meq/100 g zeolita)

ZEOLITA	CIC bases	CIC NH <sub>4</sub>	TEC
Chucurín	167,40	149,75	218,15
Policía	97,00	151,50	259,70
BTEZ	31,00	49,80	316,70

#### IV. APLICACIONES REALIZADAS.

##### 4.1 AGRICOLAS

El experimento se realizó en el Campo Experimental de Enseñanza Agropecuaria (CENAE), del Programa de Ingeniería Agropecuaria de la ESPOL, en Guayaquil. La investigación fue desarrollada durante el período de Noviembre-Enero 2003-2004, estableciéndose para el mismo un diseño completamente al azar en donde se evaluaron 8 tratamientos para el cultivo de fréjol como se muestra en la tabla 2. (Morante, 2004)

**Tabla 2. Indicadores físicos en el desarrollo del cultivo de fréjol**

Tratamiento	Altura planta (cm)	Diámetro tallo (cm)	Número vainas/planta	Número semillas/vaina	Peso semillas/vaina
Urea+Zeo	9.53	8.88	3.4	0.9	0.56
Urea	9.32	4.65	3.5	0.7	0.36
Zeo2	9.13	4.63	4.2	2.0	1.02
Zeo3	8.88	4.60	2.8	1.2	0.62
Humus+Zeo	8.83	4.72	3.4	2.0	0.97
Humus	8.83	4.58	3.0	1.5	0.73
Testigo	8.72	3.79	3.5	0.3	0.33
Zeol	8.68	4.68	5.2	0.4	0.53

##### 4.2 PECUARIAS.

Se realizó un estudio comparativo de camadas de viruta de madera, con camadas de zeolitas naturales, tanto en aves de engorde machos como hembras, este trabajo fue desarrollado dentro de las instalaciones avícolas del CENAE en la ESPOL. Los indicadores físico-químicos de ambas camas aparecen en la Tabla 3 (Romero, 2001; Morante, 2004).

**Tabla 3. Indicadores físico-químicos de las camas de pollos**

Parámetros	Determinaciones											
	pH				% de humedad				Amonio (meq/100g)			
Días	0	15	30	49	0	15	30	49	0	15	30	49
Camada Zeolita	7,3	7,8	7,6	7,5	7,2	8,3	10,1	14,5	6	8	21	43
Camada Viruta	7,0	8,0	8,0	8,3	8,5	17,0	19,0	22,5	7	16	22	23

##### 4.3 CONSTRUCCIÓN

###### **Zeolita como Material Puzolánico en la Producción de Cemento.**

El cumplimiento de especificaciones para el empleo de las zeolitas naturales como aditivo, es regulado por normas internacionales. Para ésta investigación la clasificación de la zeolita se la determinó de acuerdo a la norma ASTM C 618-01 “Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use as a Mineral Admixture in Concrete”, dando como resultado una puzolana de clase N, ya que el material utilizado es la zeolita que es una puzolana natural. (Robalino, 2004)

Se obtuvo una densidad de 2423Kg/m<sup>3</sup>, retenido en el tamiz 325 = 15% de retenido, índice de puzolanidad a los 7 días =91.86% (Robalino, 2004)

#### 4.4 FILTROS

##### Zeolitas Como Medio Filtrante

Este método sirve para eliminar dureza del agua y los constituyentes formadores de incrustaciones pero no reduce la cantidad total de sólidos disueltos, puesto que se forman carbonato y sulfato de sodio equivalentes a las sales productoras de dureza eliminadas. (Díaz, 2004) Las propiedades se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4. Propiedades de las Zeolitas para Filtros**

Zeolita	ρ Aparente (Kg/m <sup>3</sup> )	Porosidad (%)	Permeabilidad (cm/s)	V. filtración (m/h)	Adsorción de NH <sub>4</sub> (%)	Red. Coliformes Totales (%)
Heulandita	1500-2500	30-50%	1.40-6.00*10 <sup>-2</sup>	3,43(Lenta)	95	85

#### V. CONCLUSIONES

Con la caracterización de las muestras por Difractometría de Rayos X (DRX), Fluorescencia de Rayos X (FRX), se ha llegado a determinar que los únicos tipos de zeolitas encontrados en las áreas de estudio aledaños son clinoptilolita y heulandita en los yacimientos ESPOL y Paltas; y Mordenita en el depósito de Chucurín (Azogues).

Del análisis de Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC), se ha determinado que las muestras con mayor contenido en clinoptilolita son las que tienen mayor capacidad de adsorción de cationes.

Los resultados de las aplicaciones de Zeolitas Naturales en las áreas de agricultura, pecuaria, tratamiento de aguas residuales y construcción hasta el momento son de relativo éxito, cumpliendo así con las expectativas.

#### VI. BIBLIOGRAFÍA

- Aleman, A (1999). Informe Geológico de la Cuenca Progreso (Informe no publicado para la Compañía Duke Energy, Guayaquil)
- Díaz, M (2004). Diseño de un Medio Filtrante utilizando Zeolitas de Paltas-Loja. Tesis de Grado , 151p Riobamba-Ecuador
- Morante, F (2004). Las zeolitas de la Costa de Ecuador (Guayaquil): Geología, Caracterización y Aplicaciones, Tesis Doctoral, 382p , Guayaquil-Ecuador.
- Núñez del Arco E.(2003). Geología del Ecuador, 254 p.
- Robalino, P (2004). El uso de la Zeolita como una adición mineral para producir cemento Puzolánico, Tesis de Grado, 55p, Guayaquil-Ecuador.
- Romero,J (2001).Sustratos ecológicos a base de zeolitas naturales, Proyecto: Centro de Investigaciones Científicas y Tecnológicas. ESPOL, Guayaquil.