

---

# Análisis De Fragmentos Arqueológicos Del Lago De Valencia Mediante Microscopía Óptica De Polarización, Microscopía Electrónica De Barrido Y Difracción De Rayos X

Amaya Yackeline<sup>(1)</sup>., Muñoz Rafael<sup>(1)</sup>., Quiñones Jaqueline<sup>(2)</sup>

<sup>(1)</sup>Universidad de Carabobo. Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología. Departamento de Física. Laboratorio de Instrumentación y Óptica. Carabobo-Venezuela <sup>(2)</sup> Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ciencias. Escuela de Física. Laboratorio de Caracterización de Muestras Policristalinas. Caracas-Venezuela

---

## RESUMEN

La analogía en el estilo entre piezas arqueológicas de la isla de los Roques, en el mar caribe y del Lago de Valencia, en la región central de Venezuela ha motivado la aplicación de técnicas físicas para analizar la relación entre las cerámicas y sus fuentes de producción así como también el contribuir a comprender las migraciones de los pobladores de la era prehispánica (Sajó, et al 2006). En este trabajo se presentan los resultados de la caracterización comparativa entre muestras de cerámicas artesanales de dos importantes centros de producción en Venezuela de características estilísticas diferente: la región de Quibor, estado Lara y los alrededores del Lago de Valencia, estado Carabobo aplicando Microscopía Óptica de Polarización (MOP), Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y Difracción Rayos X. El estudio tiene como objetivo establecer una metodología que permita determinar el grupo de referencia dentro del cual se puedan clasificar objetos cerámicos arqueológicos. Todas las muestras se caracterizaron por la presencia de inclusiones de cuarzos y fosfatos diferenciándose unas de otras por la presencia de minerales feldespatos, moscovita, calcita. En las muestras de Guigue, lago de Valencia, se observaron inclusiones constituidas de varios minerales entre ellos olivino, clinopiroxeno, moscovita y calcita. La morfología observada con MEB muestra que partículas muy finas y porosidades indicadoras del rango de temperatura de cocción. Se analizaron muestras de una pieza arqueológica procedente del Lago de Valencia, presentando inclusiones de cuarzos, fosfatos y moscovita similares a las identificadas como Guigue y una granulometría fina con alta porosidad indicando que fue cocida a temperaturas bajas.

**Palabras Clave:** Cerámicas, Microscopía Óptica de Polarización, Microscopía Electrónica de Barrido, Mineralogía.

## ABSTRACT

The analogy in the style between archaeological pieces of the Roques island, Caribbean seas and of the Valencia Lake, central region of Venezuela, has motivated the application of physical technologies to analyze the relation between the ceramics and his sources of production as well as also to help to understand the migrations of the settlers of the pre-Hispanic age (Sajó, et al 2006). In this work they present the results of the comparative characterization between samples of handcrafted current ceramics applying Polarized Optical Microscopy, Scanning Electron Microscopy (SEM) and X Rays Diffraction. The study has as aim establish a methodology that allows to determine the group of reference of ceramic archaeological objects. All the samples presented with incorporations of quartzes and fosfatos differing some of others for the presence of certain mineral feldspars, Moscovite, calcite. In Guigue's samples were observed particular incorporations constituted of several minerals between them olivino, clinopiroxeno, Muscovite and calcita. The morphology observed with SEM shows that they are very thin particles, which depending on the temperature of boiling there are some more united than different, where the presence of high or low quantities of pores allows to be known by me to that temperatures were cooked. The archaeological presented incorporations of quartzes, fosfatos and Muscovite with an incorporation of similar style to the Guigue's proceeding one, and high porosity product of which it was cooked to low temperatures.

**Keywords:** Ceramics, Optical Microscopy of Polarization, Scan Electron Microscopy, Mineralogy.

---

## 1. INTRODUCCIÓN

---

Entender los diferentes procesos que intervienen en la producción de las cerámicas artesanales, así como el conocer la procedencia de la materia prima son aspectos importantes que permiten aportar evidencias claves sobre los conocimientos y tradiciones culturales de una comunidad, y las trascendencias entre sus descendientes. La influencia hispánica en los pobladores originarios resultó en el desarrollo de diversas técnicas de producción de cerámicas de formas y propiedades diferentes, dependiendo de su función y utilidad, manteniendo en muchos casos las características estilísticas de sus antepasados.

El Laboratorio de Espectrometría Óptica de Superficies (LEOS) de la Universidad de Carabobo conjuntamente con la Fundación de Arqueología Lisandro Alvarado, de la ciudad de Valencia dieron inicio a una línea de investigación para estudiar muestras cerámicas procedentes de la región del Lago de Valencia mediante la aplicación de técnicas físicas de análisis.

Estas técnicas permiten a determinar con precisión aspectos relacionados a la naturaleza y tipo de cerámica como la composición de la materia prima, el método de preparación, la temperatura de cocción y los barnices empleados.

En este trabajo se presentan los resultados del estudio de Microscopía Óptica de Polarización (MOP), Difracción de Rayos x (DRX) y Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) de muestras de cerámicas artesanales procedentes de la Costa, Campo Lindo y Centro de Quibor del Estado Lara así como también zonas del lago de Valencia identificadas como Vigirima, Guigue, Magdalena. Como muestra arqueológica se analizaron fragmentos de la zona de los Cerritos, situada en el lago de Valencia, reconocida por su importancia por la Fundación Lisandro Alvarado..

## 2. ANTECEDENTES

Las comunidades precolombinas que habitaron la costa central de Venezuela y la cuenca del Lago de Valencia entre los años 800 y 600 de nuestra era, cultivaron una alfarería de gran calidad estética, en la que predominaron las figuras de animales, principalmente monos y ranas, destacándose las conocidas *Venus de Tacarigua*, las cuales presentan hipertrofia de la cabeza, abultamiento de la región abdominal y los glúteos, y atrofia de los pies; otros grandes centros creadores de alfarería de la época se ubican en la región de Quibor, estado Lara, donde predominó la producción de *boles* e incensarios de carácter ceremonial y particular diseño geométrico.

Sajo-Bohus (2006), utilizaron Análisis de Activación de Neutrones para estudiar muestras arqueológicas prehispánicas de la isla de los Roques, de similar estilo a las procedentes del Lago de Valencia, a fin de elucidar la hipótesis que sostiene que los asentamientos permanentes de los visitantes de los Roques estaban localizados en la Costa central y con mayor probabilidad en la cuenca del lago de Valencia. En este estudio la composición química de algunos figurines de los Isla de los Roques coincidían con las halladas en Valencia, pero otras no, es por ello que los autores revelan que el proceso de reconstrucción de la secuencia cultural y cronológica en la región central de Venezuela, esta lejos de ser conclusivo requiriendo procesos de investigación que involucren técnicas físicas complementarias.

Se puede tener indicios de las tradiciones y técnicas de elaboración de la cerámica a través de la presencia de calcita en las muestras. Broekmans et al (2004), estudiaron cerámicas arqueológicas de Tell Beydar al Noreste de Siria para determinar su composición química y mineralogía, utilizando difracción de Rayos X, microscopía Óptica de Polarización y Microscopía Electrónica de Barrido, encontraron que la alta presencia de calcita indica que la pieza fue cocida a temperaturas bajas (600°-850°C).

G. A. De La Fuente et al (2005), estudiaron las cerámicas del estilo Aguada Portezuelo (a.C. 600-900 DC) en el Valle de Catamarca (Noreste Argentino) mediante Microscopía Óptica de Polarización y Microscopía Electrónica de Barrido con Espectroscopia Dispersiva de Electrones, para estudiar las técnicas de manufactura concernientes a los tratamientos de la superficie y decoración, determinando que la producción de la pieza se elaboraba por lo menos en dos etapas: 1) elaboración de la gorma de la vasija y cocción y 2) aplicación de un engobe con una segunda cocción para su fijación.

En este mismo contexto A. Markevicius (2007), caracterizaron cerámicas arqueológicas de Lithuania utilizando

Difracción de Rayos X y Microscopía Electrónica de Barrido para mostrar que la diferencia morfológica y composición mineralógica, se deben a condiciones de fabricación diferentes. La presencia de calcio en algunas piezas indica fueron cocidas a temperaturas bajas. En las microfotografías se observaron que aglomeraciones de finas partículas con estructura porosa es producto de una aplicación de temperatura de cocción alta, mientras que la presencia de poros esféricos con resquebrajamientos en algunas zonas debidos a que la pieza fue cocida a temperaturas bajas.

### 3. MUESTRAS Y METODOLOGÍA

Los análisis de las cerámicas fueron llevados a cabo sobre un subconjunto de 10 fragmentos seleccionados aleatoriamente a partir de cerámicas provenientes del Estado Carabobo y Quibor Estado Lara. Los fragmentos procedentes de tres sitios localizados en Quibor Estado Lara: Campo Lindo, La Costa y el centro de Quibor (Figura 1), son en su mayoría de estilo utilitarios como vasijas, mondongueras, ollas, platos, entre otras y decorativas. Los fragmentos procedentes de dos sitios localizados en la vecindad del Lago de Valencia en el Estado Carabobo: Guigue y Guacara (Figura 1), son generalmente de estilo religiosos específicamente jarrones y vasos tallados. Dentro de este grupo fue ubicada una muestra arqueológica procedente de excavaciones realizadas en la región de Los Cerritos Guacara, provista por La Fundación de Arqueología Lisandro Alvarado. La Figura 2 muestra los fragmentos utilizados.



Figura 1. Quibor Estado Lara y Lago de Valencia. Venezuela



a



b



c

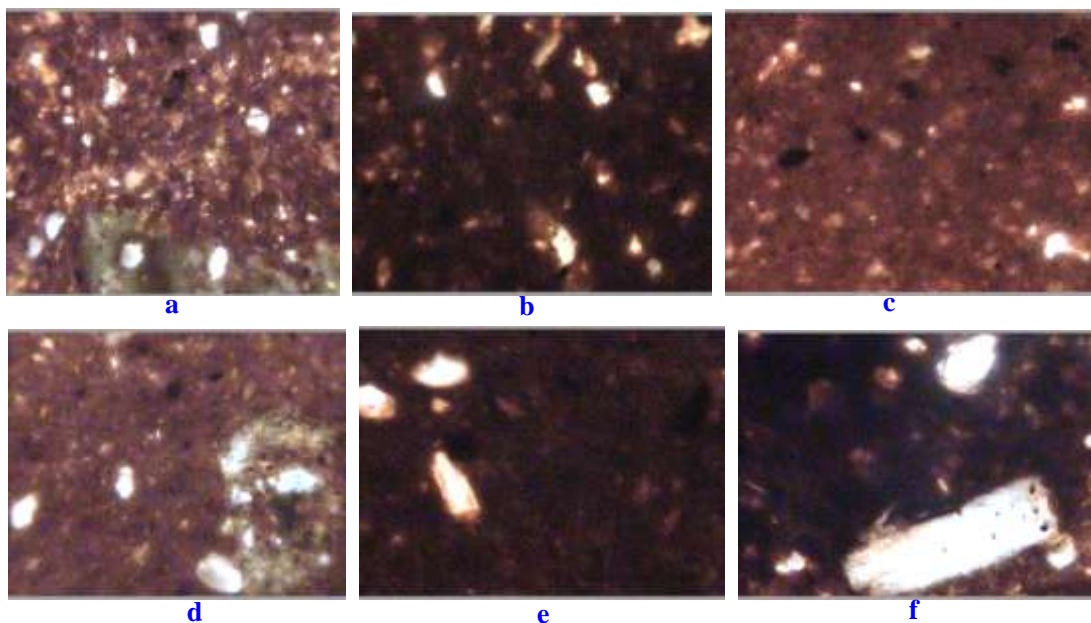


**Figura 2.** Fragmentos utilizados. **a)** Vigirima y Güigüe; **b)** Magdalena; **c)** Fragmento arqueológico Los Cerritos; **d)** Centro de Quibor; **e)** La Costa

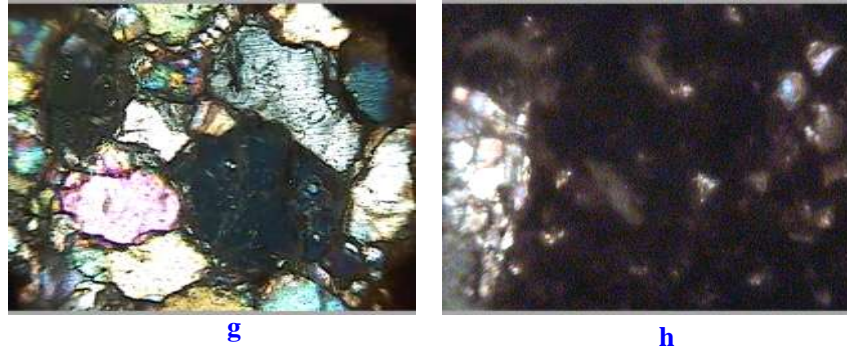
Los estudios de microscopía fueron realizados en el Laboratorio de Ultraestructura del Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo. Las muestras fueron metalizadas con Platinum Paldium para volverlas conductivas y las microfotografías de cerámicas pulverizadas fueron efectuadas con un Microscopio Electrónico de Barrido (JEOL 5300). Los estudios de granulometría fueron realizados con el software Motic Images Advanced 3.2, para lo cual las muestras fueron preparadas en secciones delgadas de 0.0030mm de espesor, para su observación mediante el Microscopio Óptico de Polarización, marca Zeiss. La mineralogía de las muestras se realizó con Difracción de Rayos X (DRX), mediante un Difractometro marca Philips (PW1130/96) con radiación  $K\alpha$  del Cu. a  $2^\circ/\text{min}$ , ubicado en el Laboratorio de Caracterización de Muestras Policristalinas de la Escuela de Física de Universidad Central de Venezuela

#### 4. RESULTADOS

En su estudio con MOP, todas las muestras presentaron una composición mineralógica muy homogénea caracterizada por grandes cantidades de inclusiones de cuarzos y fosfatos, diferenciándose unas de otras por la presencia de ciertos minerales como: feldespatos, moscovita y calcita como se muestra en la (Figura 3).





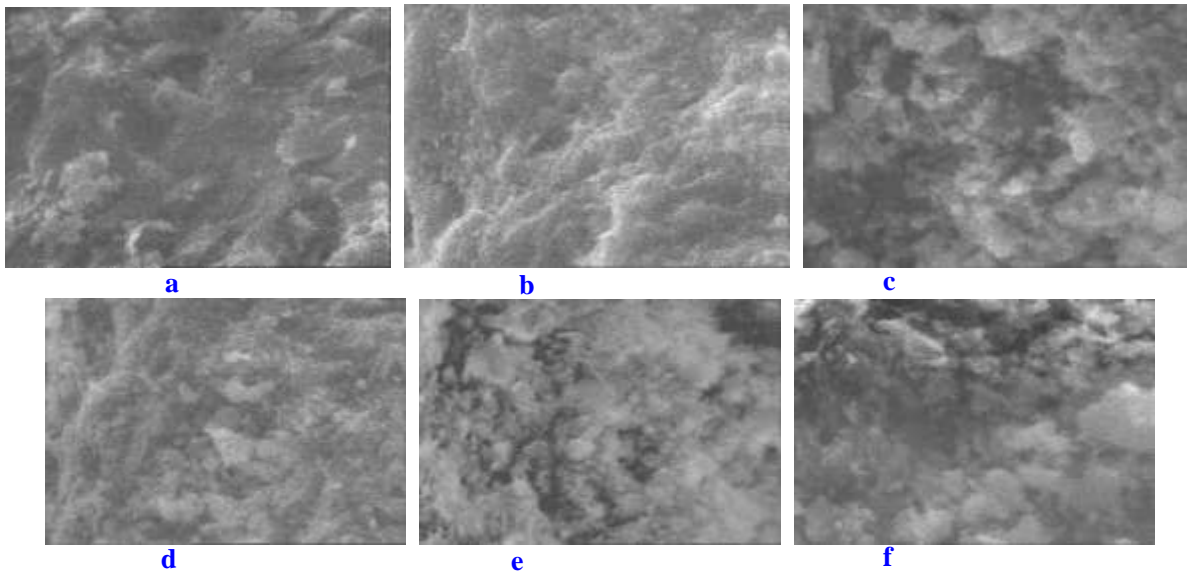


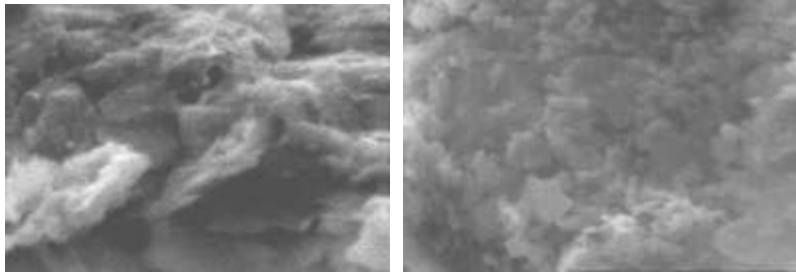
**Figura 3.** Microfotografías de fragmentos: **a)** Magdalena Edo. Aragua (XPL) cristales de cuarzos anhedrales y fosfatos; **b)** Veracruz de México (XPL) cuarzos sudhedrales incoloros, fosfatos y calcitas.; **c)** Campo Lindo (XPL) cuarzos incoloros y fosfatos redondeados; **d)** La Costa (XPL) cristales de cuarzos anhedrales incoloros y algunos grisaceos, elevada presencia de fosfatos; **e)** Centro de Quibor (XPL) cuarzos incoloros, fosfatos y poca presencia de calcita; **f)** Vigirima (XPL) cuarzos de habito redondeados, moscovitas y algunos feldespatos; **g)** Güigüe (XPL) cuarzos incoloros, calcitas de habito prismático, olivinos, moscovitas, clinopiroxenos con débil pleocroismo y algunos cristales laminares de diversos colores; **h)** Fragmento Arqueológico Los Cerritos (XPL) cuarzos incoloros, fosfatos de forma ovoidal, moscovitas de habito prismático y presencia de diversos cristales de diversos colores unidos entre si.

En el análisis se realizaron las siguientes observaciones:

- Anisotropía.
- Forma de los cristales
- Distribución se muestra en la tabla 1
- Composición de la pasta

La morfología observada con MEB muestra granos muy finos, cohesionados entre sí y la porosidad da indicio de las temperaturas de cocción (Figura 4)



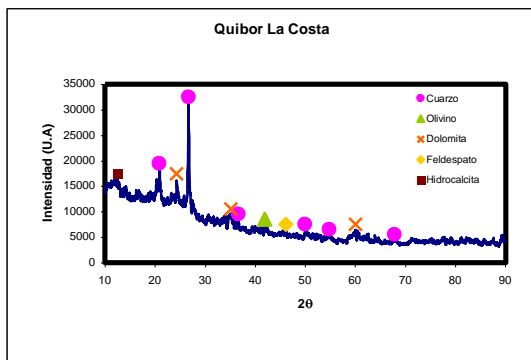


g

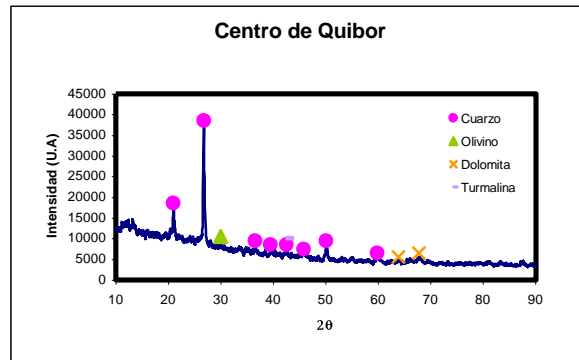
h

**Figura 4.** Microfotografías de fragmentos: **a)** Magdaleno Edo. Aragua partículas finas muy compactadas con poca porosidad; **b)** Veracruz de México granulometría fina con una superficie extremadamente porosa; **c)** Campo Lindo presenta una distribución de pequeños granos con una estructura porosa y bastante compacta; **d)** La Costa granos de gran tamaño que forman una superficie bastante porosa; **e)** Centro de Quibor presenta baja porosidad indica que la temperatura empleada para su cocción fue baja; **f)** Vigirima presenta granos de gran tamaño formando una estructura bastante porosa; **g)** Güigüe presenta una superficie formada por capas observándose en algunas zonas craqueamientos producto de que fue cocida a temperaturas bajas; **h)** Fragmento Arqueológico Los Cerritos presenta una superficie formada por capas como la cerámica de Güigüe pero con menos porosidad. Estas microfotografías fueron tomadas a 30kV, 5000x.

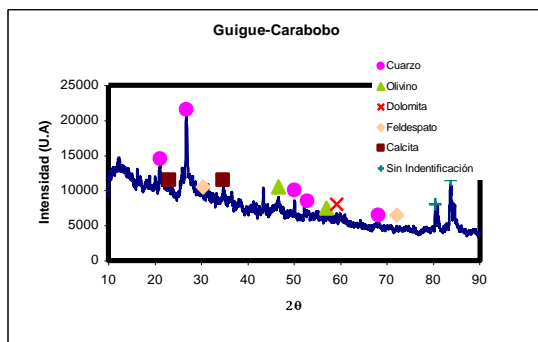
La Difracción de Rayos X arrojó como similitud entre las muestras la presencia de un pico elevado de cuarzo alrededor de  $27^\circ$ , y en menores cantidades olivino y dolomita, como diferencia significativa la calcita se observó solo en muestras de dos localidades producto de las bajas temperaturas bajas a la que fueron cocidas (Figura 5).



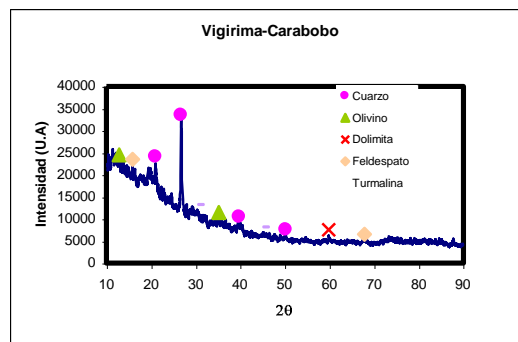
a



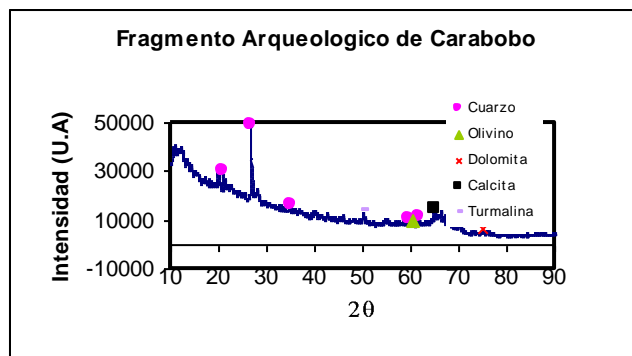
b



c



d



e

**Figura 5** Difragtograma de fragmentos: **a)** Centro de Quibor; **b)** La Costa; **c)** Güigüe; **d)** Vigirima; **e)** Fragmento arqueológico Los Cerritos

## 5. DISCUSIÓN Y CONSLUSIONES

Las características físicas y químicas de las arcillas utilizadas en la producción de las cerámicas artesanales son sumamente importantes para comprender los elementos plásticos y no plásticos que originan las propiedades especiales a las cerámicas como textura, refractaria, porosidad.

Desarrollar la técnica de preparación de muestras es fundamental puesto que de ella depende la calidad de su observación: para su estudio con el Microscopio Óptico de Polarización requieren ser secciones delgadas y para el microscopio Electrónico de barrido requieren que las muestras sean recubiertas.

En cuanto a la mineralogía todas las muestras analizadas en base a sus propiedades ópticas como habito, pleocroismo, entre otras, presentaron cristales de cuarzos y fosfatos en mayor o en menor cantidad distribuidas por toda la pasta cerámica. Con diferencias como la presencia de calcita, moscovita y para algunos feldespatos.

Como característica distintiva se observo en las cerámicas provenientes de Güigüe y en el fragmento arqueológico de Los Cerritos, inclusiones del tipo pyroxenos. Estas inclusiones son altamente plecroica constituidas por varios cristales como: cuarzo, calcita, moscovita y clinopyroxenos, que difieren en tamaños y formas unidos entre sí.

Los valores obtenidos mediante la granulometría en cada caso, estuvieron sujetos al color de las pastas. Las muestras de La Centro de Quibor por ser de marrón oscuro lucían más opacas para su observación microscópica. Mientras que la de La Costa por ser pastas mas claras resultado más fácil el conteo de las inclusiones.

La morfología con Microscopia Electrónica de Barrido permitió observar que las partículas que conforman la matriz de todas las muestras son de gran muy fino, además la porosidad de las superficies de las muestras variaban de una localidad a otra. Las cerámicas de la región de Carabobo presentaron menos porosidad que las cerámicas del Estado Lara, confirmando que la temperatura de cocción empleada en la región de Carabobo fue inferior a la empleada en el estado Lara.

Con los análisis de DRX se logro sustentar los resultados obtenidos en Microscopía óptica de polarización encontrando que todas las muestras de cerámica poseían como su mejor constituyente un pico de cuarzo de mayor intensidad alrededor de 27° seguido de otros minerales como dolomita y olivino, pero lo mas importante es la presencia de calcita en las muestras de Güigüe y el fragmento arqueológico lo cual indica que efectivamente las piezas fueron cocidas a temperaturas bajas.

## AGRADECIMIENTOS

A todas aquellas personas que de una u otra forma me ayudaron en la realización de este trabajo al Prof. Rafael Muñoz, a los técnicos del Laboratorio de Física de la Universidad de Carabobo, al Centro de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo, a la Escuela de Física de la Universidad Central de Venezuela, a la Fundación de arqueología Lisandro Alvarado ubicado en Valencia por el suministro del fragmento arqueológico.

## REFERENCIAS

1. Sajo-Boltus. L, Markowiak de Antezak Ma. Neutron Activation Análisis of Pre Columbian Pottery in Venezuela. *Journal of Physics: Conference Series* 41(2006) 408-416.
2. "Historia de Venezuela". Fascículo 2. El Nacional.
3. T. Broekmans, A. Adriens, E. Pantos. "Analytical investigations of cooking pottery from Tell Beydar (NE-Syria)". *Nuclear Instrumentation and Methods in Physics Research B* 226 (2004) 92-97.

- 
4. G. A. De la Fuente, N. Kristcautzky, G. Toselli y A. Riveros. “Petrología cerámica comparativa y análisis composicional de las pinturas MEB-EDS de estilo Aguada Portezuelo (ca. 600-900 DC) en el Valle de Catamarca (Noreste Argentino)”. Scielo Chile. Estudios Atacameños N° 30, pp. 61-78 (2005).
  5. A. Merkevičius, P. Bezdicka, R. Juskenas, J. Kiuberis, J. Senvaitiene, I. Pakutinskiene y A. Kareiva. “XRD and SEM characterization of archaeological findings excavated in Lithuania”. CHEMIJA (2007). Vol 18 N| 1. P. 36-39
  6. Robert B. J. Mason y Kay S. Sunahara “Laboratorio de Microscopia de Luz-Polarizada perteneciente al Royal Ontario Museum”. Royal Ontario Museum y la Universidad de Toronto
  7. Chandra L. Reedy, Anupama Vallamsetla. “Protocolo de Análisis Imágenes Instructivo #4 Medición del Porcentaje de Área, Tamaño y Forma de Fases en Secciones Delgadas de Cerámicas- Usando *Imagen*. University of Delaware, Laboratory for Analysis of Cultural Materials, 2004
  8. Dr. Robert T Downs, Dr. M Bonner Denton y Dr. George R. Rossman “Espectroscopia Raman, Difracción de Rayos X y datos Químico de Minerales”. Universidad de Arizona
  9. C. Dorronsoro Díaz, B. Dorronsoro Díaz, C. Dorronsoro Fernandez y A. García Navarro. “OpticalMine: Mineralogía Óptica- Estudios de los minerales con el Microscopio Petrográfico”. Presentado en el Congreso UNIMAC’98- Mallorca, 221-28 de Septiembre 1998
  10. H. N. Southworth “Introduction to Modern Microscopy [Introducción a la Microscopia Moderna]”. The Wykeham Science Series. 1975 Wykeham Publications (London) Ltd.