

# Caracterización de cáscaras de pistacho y análisis de factibilidad de su valorización

Valentini José<sup>1</sup>, Delfino Maximiliano<sup>1</sup>, Quaranta Nancy<sup>#</sup>,  
Unsen Miguel y Caligaris Marta

*Facultad Regional San Nicolás  
Universidad Tecnológica Nacional,  
Colón332 (2900) San Nicolás, Buenos Aires, Argentina  
nquaranta@frsn.utn.edu.ar*

<sup>1</sup> Alumnos de Ingeniería Industrial  
<sup>#</sup> Investigador CIC

**Área temática: La Educación en la Ingeniería Industrial**

## RESUMEN

Las prácticas supervisadas (PS) en Ingeniería tienen como algunos de sus objetivos, intensificar la formación práctica de los alumnos, desarrollar la formación científico-técnica, evitar la disociación entre la formación del estudiante y el ejercicio profesional, desarrollar el espíritu crítico, independiente e innovador, y promover el trabajo activo y creativo en equipo, entre otros.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos por alumnos de la carrera Ingeniería Industrial durante el desarrollo de sus PS, incorporados a uno de los proyectos en curso en el Grupo de Estudios Ambientales (GEA), relativo a la reutilización de residuos de biomasa. Dentro de las tareas desarrolladas, los alumnos han utilizado conocimientos adquiridos en diferentes áreas de la carrera, y han incorporado a su saber, una diversidad de técnicas de caracterización de materiales. El trabajo llevado a cabo consistió en la caracterización de un residuo de biomasa, cáscaras de pistacho, con el fin de determinar su factibilidad de uso. Para ello, el material de partida, ha sido procesado por molienda y separación de tamaño de partículas, para luego ser caracterizado por técnicas tales como análisis térmico diferencial y termogravimétrico, pérdida de peso por calcinación, difracción de rayos X, espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier, microscopía óptica y electrónica de barrido, análisis dispersivo de energía de rayos X, entre otras. Los alumnos han tomado contacto con estas técnicas conociendo los principios de funcionamiento de los equipos de medición, así como ejercitándose en la interpretación de los resultados obtenidos de las mismas, esto es, interpretación de espectros, difractogramas, gráficos de variación, composiciones químicas, etc.

La experiencia de desarrollo de estas PS ha resultado muy enriquecedora tanto para los alumnos como para el grupo receptor.

**Palabras Clave:** Práctica supervisada, valorización, biomasa

## ABSTRACT

The supervised practices (SP) in Engineering have as objectives, to intensify students' practical training, to develop scientific and technical skills, to avoid dissociation between student knowledge and professional activity, to develop critical, independent and innovative spirit, and to promote active and creative work in teams, among others.

In this work the results obtained by students of Industrial Engineering career during the time of theirs SP, incorporated to one of the projects in course in the Group of Environmental Studies (GEA) in relation with the recycling of biomass wastes, are presented. Within the tasks done, the students had used knowledge acquired in different subjects of the career, and had incorporated to their knowledge, a diversity of material characterization techniques. The work done consisted in the characterization of a biomass waste, pistachio shells, in order to determine the feasibility of its use. In order to do this, the initial material has been processed, ground and separated by particle size, and then it has been characterized by techniques such as weight loss on ignition, X ray diffraction, X ray energy dispersive analysis, differential thermal and thermogravimetric analysis, Fourier transform infrared spectroscopy, optical and scanning electron microscopy, among others.

Students had learned these techniques since they knew the working principles of the measuring equipment, as well as they exercised in interpretation of results obtained therein, that is, spectroscopies, diffractograms, graphics' variation, chemical compositions, etc.

The experience obtained in these SP has resulted really enriching both for students and the receiver group.

## 1. INTRODUCCIÓN

Las prácticas supervisadas (PS) en Ingeniería tienen como algunos de sus objetivos, intensificar la formación práctica de los alumnos, desarrollar la formación científico-técnica, evitar la disociación entre la formación del estudiante y el ejercicio profesional, desarrollar el espíritu crítico, independiente e innovador, y promover el trabajo activo y creativo en equipo, entre otros.

En un trabajo previo se ha ofrecido para la realización de las prácticas supervisadas de alumnos de Ingeniería Industrial en la Facultad Regional San Nicolás, un ámbito no utilizado hasta el momento como son los proyectos de investigación que se desarrollan en el Grupo de Estudios Ambientales-GEA [1]. Se ha planteado la incorporación de los estudiantes en diferentes etapas de desarrollo de los proyectos en curso, relacionados con la valorización de residuos industriales.

En este trabajo se presentan los resultados obtenidos por alumnos de la carrera Ingeniería Industrial durante el desarrollo de sus PS, incorporados a uno de los proyectos en curso en el GEA, relativo a la reutilización de residuos de biomasa en la fabricación de materiales cerámicos con aplicación directa en la industria de la construcción. Los residuos actualmente en estudio son carozos de aceitunas, cáscaras de maní, cáscaras de girasol, descartes madereros, marlos de maíz, cáscaras de pistacho, entre otros.

Los residuos de biomasa son materiales orgánicos originados en diversos procesos, que pueden utilizarse como fuente de energía, esto es, aquellos materiales residuales que pueden ser utilizados como combustible. En el caso de los descartes obtenidos de procesos de biomasa pueden mencionarse dos tipos de residuos: por un lado aquellos que quedan como materiales residuales del propio proceso productivo y por otro lado, el residuo final constituido por cenizas obtenidas cuando estos residuos de proceso son efectivamente utilizados como combustibles para producir energía.

En el caso de los residuos directos de los procesos industriales, éstos al ser incorporados a una matriz arcillosa, se constituyen como materiales formadores de poros, ya que a las temperaturas de trabajo combustión dentro del ladrillo produciendo gases y constituyentes inorgánicos (cenizas), dando como resultado esperado lo que se denomina "ladrillo alivianado".

Existen antecedentes de trabajos sobre la incorporación de materiales residuales de biomasa en matrices arcillosas. Así, con el objetivo de obtener ladrillos alivianados se han estudiado el residuo de la obtención del aceite de oliva [2], paja de trigo, semillas de girasol y carozos de aceituna [3], carozos de aceitunas, cebada y carozos de damasco [4], semillas de uva y carozos de cerezas [5], astillas de sarmientos de la vid [6], residuos de la industria cervecera [7], marlos de maíz [8] y cáscara de arroz [9, 10].

Por su parte, si lo que se incorpora al ladrillo es la ceniza obtenida luego de la combustión del residuo en procesos biomasa-energía, entonces dicho material constituirá en su totalidad parte del material cerámico producido con la formación de porosidad característica de materiales de base arcillosos. Esta posibilidad también ha sido estudiada por distintos autores. Así, se ha analizado la adición a ladrillos cerámicos de las cenizas de residuos de aceitunas [11], de cáscaras de semillas de girasol [12] y de bagazo de caña de azúcar [13, 14].

Durante el desarrollo de su PS los alumnos caracterizaron un residuo de proceso de biomasa, la cáscara de pistacho. Se estudiaron los descartes directos de producción, para valorizarlos como materia prima en la fabricación de materiales cerámicos para la industria de la construcción civil.

En el caso de las cáscaras de pistacho, se han encontrado estudios sobre pirolisis completa donde se establecen capacidades caloríficas relativamente bajas si se comparan con las del carbón tradicionalmente utilizado para ese fin, pero se han determinado interesantes productos intermedios cuando dicha pirolisis se realiza en determinadas condiciones bien controladas de presión y temperatura [15-17]. Por otro lado, la fabricación de carbón activado de alta superficie activa ha sido ampliamente estudiada en cáscaras de pistacho [18,19], y en mezclas de cáscaras de pistacho y nuez [20]. También ha sido estudiado este material en procesos de adsorción de metales pesados [21, 22]

El objetivo específico en relación a la práctica es que el alumno tenga contacto con el método científico como herramienta de trabajo, y que adquiera conocimientos de una gran diversidad de técnicas de caracterización de materiales, así como de la interpretación de los resultados de las mismas. En este objetivo se contempla además la incorporación de conceptos relacionados al cuidado del medio ambiente, sabiendo la importancia del mismo para el normal desarrollo de la vida y con vistas a lograr empresas con un funcionamiento sostenible en el tiempo.

## 2. LAS PRÁCTICAS SUPERVISADAS

Mediante la Resolución 1232/01 el Ministerio de Educación estableció para distintas especialidades de Ingeniería que "la formación práctica debe tener una carga horaria de al menos 750 horas, especificadas para los cuatro siguientes grupos: formación experimental, resolución de problemas de ingeniería, proyecto y diseño, y práctica profesional supervisada".

En el ámbito de la Universidad Tecnológica Nacional, la práctica supervisada tiene una carga horaria mínima de 200 horas (Ordenanza CS 973/03).

La incorporación de las PS en los planes de estudio de las carreras universitarias ha ido ganando reconocimiento y valoración por razones diversas, y son reconocidas como un espacio en el que se desarrollan actividades de enseñanza y aprendizaje con características diferentes a las de la universidad [23]. Las prácticas profesionales se incorporan en los currículos universitarios como una instancia que ofrece saberes que permitirán atravesar tres difíciles transiciones [24]:

- ✓ de la universidad al ámbito de desempeño,
- ✓ de alumno a profesional y
- ✓ de la teoría a la práctica.

En la Facultad Regional San Nicolás se entiende como Práctica Profesional Supervisada a la extensión orgánica de la FRSN en el ámbito de sectores productivos y/o de servicios, o bien en proyectos concretos desarrollados por la institución, donde los alumnos realizan actividades formativas que lo acercan al rol profesional, en donde aplican integradamente los conocimientos adquiridos a través de la formación académica relacionados con su especialidad.

La metodología de incorporación de los alumnos de Ingeniería Industrial de la FRSN para la realización de las prácticas supervisadas en el proyecto "Valorización de residuos de procesos de biomasa" fue la siguiente:

- ✓ Al inicio del año se remitieron al Departamento de Ingeniería Industrial las diferentes propuestas para el ciclo lectivo 2015, con una descripción breve de las tareas a realizar, solicitando su difusión. Dichas actividades fueron seleccionadas dentro de las planificadas para el proyecto, acotadas de manera de poder desarrollarlas en el tiempo previsto.
- ✓ Los alumnos que eligieron dar cumplimiento a la práctica supervisada desarrollando sus actividades en alguna de las alternativas propuestas, elaboraron junto al Docente Supervisor (docente de la carrera) y al Supervisor de campo (director del proyecto), el correspondiente Plan de Trabajo, considerando una carga horaria de 20 horas semanales, durante 10 semanas.

La PS que se describe en este trabajo se llevó a cabo durante el primer cuatrimestre del ciclo lectivo 2015. Durante el segundo semestre se están desarrollando dos PS de similares características, en el mismo proyecto:

- ✓ Caracterización de otro residuo de proceso de biomasa: carozos de aceitunas.
- ✓ Obtención de ladrillos cerámicos con incorporación de cáscaras de maní y caracterización de las piezas obtenidas.

### **3. EXPERIMENTAL**

Al comienzo de la PS, los alumnos se enfocaron principalmente en el análisis del estado del arte de la temática en estudio. Para ello han utilizado el portal de acceso a bibliotecas electrónicas de la UTN, que conecta principalmente a la base de datos de bibliotecas electrónicas del Mincyt. De allí, se han obtenido un importante número de publicaciones de los últimos años que han permitido establecer los diferentes usos analizados del residuo en estudio.

Luego, se comenzó con el análisis de los descartes directos de producción, constituidos por cáscaras de pistacho. Este material se ha caracterizado mediante diversas técnicas: microscopía óptica (OM) y electrónica de barrido (SEM), análisis dispersivo en energía de rayos X (EDS), pérdida de peso por calcinación, análisis térmico diferencial y termo gravimétrico (DTA-TGA) y difracción de rayos X (XRD).

Las observaciones ópticas se realizaron con un equipo Zeiss-Axiotech con cámara Donpisha 3CCD. Los análisis de SEM se llevaron a cabo con un microscopio electrónico de barrido Philips 515, con analizador dispersivo de energía (EDAX-Phoenix), que se utilizó para el análisis químico semicuantitativo de la muestra.

Los diagramas de difracción de rayos X de estos materiales en polvo fueron obtenidos con un equipo PANalytical X'Pert PRO, con radiación  $\text{CuK}\alpha$  ( $\lambda = 1,5406 \text{ nm}$ ). Las condiciones de operación fueron 40kV, 40 mA.

Los ensayos de DTA-TGA se llevaron a cabo en un equipo Shimadzu DTA-50, TGA-50 con analizador TA-50 WSI.

La pérdida de peso por calcinación se llevó a cabo con un horno de laboratorio a 800°C durante dos horas, y comparada con resultados obtenidos de las curvas TGA.

Algunas de estas caracterizaciones fueron realizadas por los alumnos en los laboratorios de la Facultad, y otras han sido realizadas en los laboratorios del Instituto INTEMA – CONICET. En este caso, los resultados de los ensayos realizados han sido enviados sin analizar, con el fin de que los alumnos realicen el análisis de los mismos, como herramienta de formación.

### **4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

En la Figura 1 se muestran los materiales utilizados para este estudio, las cáscaras de pistacho de descarte y las cáscaras de pistacho molidas. Estas fueron obtenidas luego de un secado en estufa

a 100°C durante dos horas. Este tratamiento antes de la molienda hace que el tiempo de la misma, necesario para obtener los tamaños de partícula deseados, sea inferior.



Figura 1. Cáscaras de pistacho enteras y molidas.

El análisis químico semicuantitativo por EDS del residuo, expresado como porcentual de los elementos, se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Análisis químico en porcentaje en peso de elementos

Elemento	C	O	Na	Si	Cl	K	Ca
Peso [%]	66,21	29,82	1,29	0,68	1,55	0,26	0,19

Como puede observarse, el residuo estudiado está compuesto principalmente por C y O, y contiene pequeñas cantidades de Na, Si, Cl, K y Ca. Aunque la presencia de Cl, Na y K, puede deberse a la sal presente en estos descartes. Por ello se analizaron también cáscaras lavadas, con el fin de determinar si en la composición original de las cáscaras de pistacho, estos elementos están presentes. La composición determinada en este caso, es de 70,40% de C y 29,60 % de O. No se detectan los otros elementos mencionados, por lo que se interpreta que los mismos correspondían en el análisis de la Tabla 1, a la sal agregada (Cl, Na y K) y a partículas del ambiente (Si, Ca).

La Figura 2 muestra las fotografías tomadas con el microscopio óptico de las cáscaras molidas. En la superficie puede observarse la presencia de partículas adheridas, en su mayoría blancas transparentes, que se han identificado como cristales de sal agregada durante el proceso comercial.

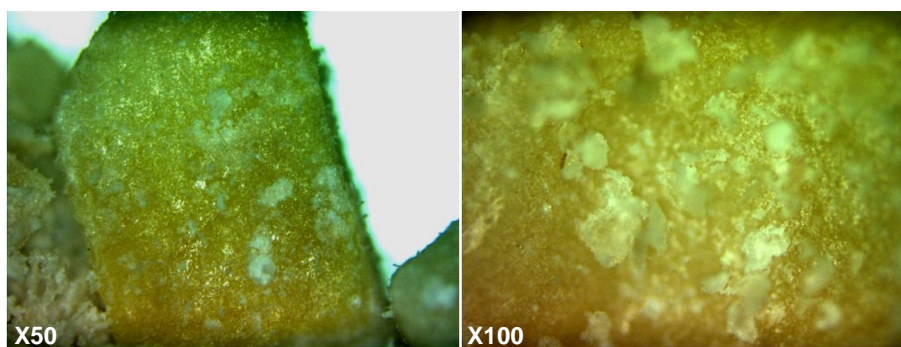


Figura 2. Micrografías de la cáscara de pistacho molida.

La Figura 3 muestra las micrografías obtenidas por SEM de las cáscaras molidas, cuyos tamaños se han determinado entre 1,5 y 2,5  $\mu\text{m}$ , para la mayor parte de ellas. Estos tamaños resultan adecuados para su incorporación en las mezclas con arcilla comercial para la fabricación de las piezas cerámicas a escala laboratorio.

La Figura 4 presenta micrografías tomadas en la superficie de las cáscaras de pistacho a mayores aumentos, donde puede observarse la textura superficial escamosa de la misma. Las estructuras en forma de escamas o fibras son características, típicas de materiales celulósicos y lignocelulósicos.

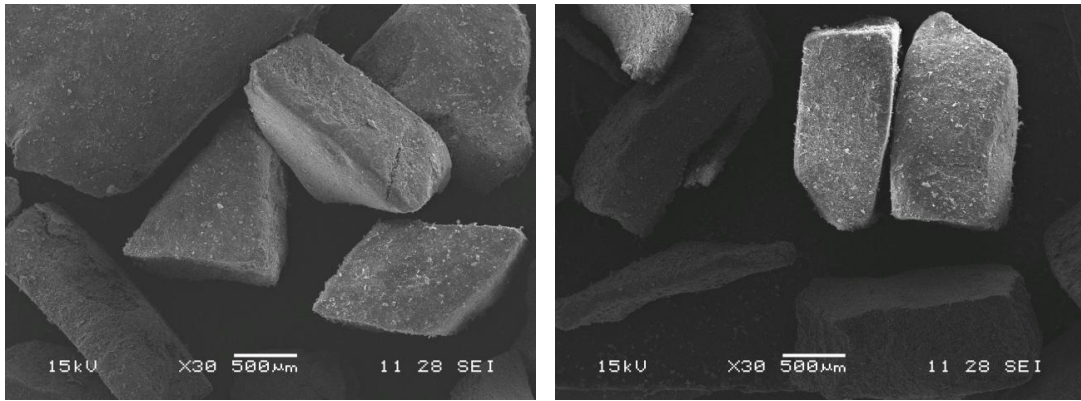


Figura 3. Cáscara de pistacho molida.

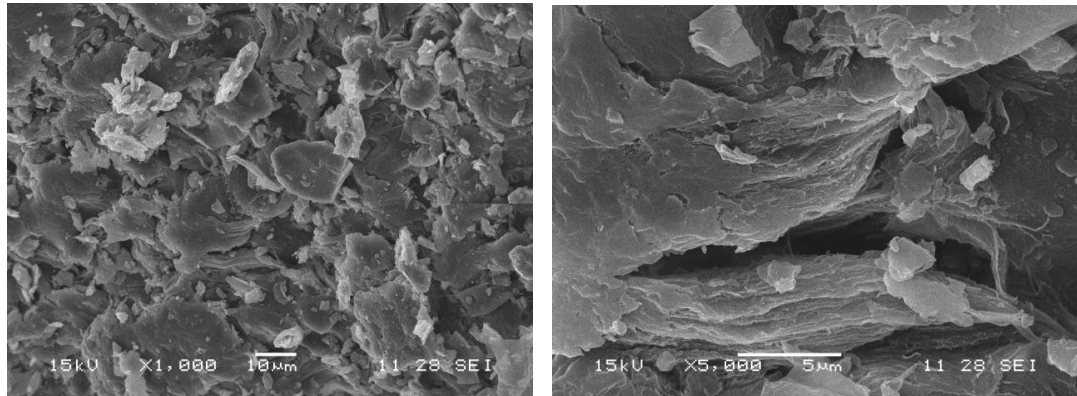


Figura 4. Micrografías SEM de la superficie de las cáscaras.

Los resultados del análisis térmico diferencial y termogravimétrico del residuo se presentan en la Figura 5. Se observa la presencia de dos picos exotérmicos en el DTA con máximos en 267°C y 448°C. La curva de TGA presenta una primera pendiente suave de pérdida de peso hasta aproximadamente 227°C, y luego otras dos zonas en los rangos 227°C-270°C y 280°C-460°C. Estas dos zonas estarían indicando reacciones distintas probablemente correspondientes a la combustión de hemicelulosa, celulosa y lignina, con sus correspondientes pérdidas de peso. Estos compuestos se encuentran presentes en la gran mayoría de las biomásas agroindustriales.

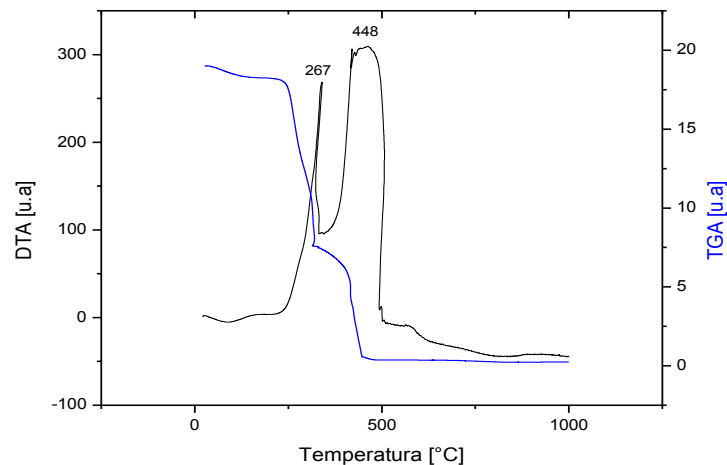


Figura 5. DTA-TGA de cáscaras de pistacho.

Estos compuestos orgánicos difieren en su composición y estructura, así como en su comportamiento térmico. La proporción de estos componentes varía según las diferentes biomásas. El comportamiento térmico de estos compuestos está íntimamente relacionado con sus estructuras. La hemicelulosa resulta la de más fácil combustión, debido a su estructura polimérica lineal, con cadenas cortas laterales. Por su parte la celulosa presenta arreglos de cadenas asociadas unas con otras que hacen que su combustión se produzca a mayores temperaturas, y la lignina, con una estructura más cerrada de polímeros aromáticos, resulta un material más fuerte y resistente a la temperatura. Los rangos de temperatura mencionados en literatura para la

descomposición reactiva de estos compuestos son entre 200°C y 350°C para la hemicelulosa, 305°C a 375°C para la celulosa, y la lignina presenta un rango más amplio, entre 250°C y 500°C [25, 26].

Teniendo en cuenta la bibliografía consultada y el análisis de la curva DTA, el pico exotérmico a menor temperatura ha sido asignado a la descomposición-combustión de la hemicelulosa, y el otro a la reacción de combustión conjunta de celulosa y lignina.

Si se analiza la curva correspondiente a la variación de peso de la muestra, como se mencionó pueden observarse tres etapas fundamentales, una de ellas hasta 227°C que corresponde a agua y gases adsorbidos, una segunda pérdida de peso hasta 270°C asignada a hemicelulosa, y una última pérdida de peso hasta 470°C que corresponde a celulosa y lignina, donde no es posible a partir de esta curva determinar rangos diferenciados de reacción.

El hecho de presentar combustiones en un rango de temperaturas, y no de manera brusca a una temperatura determinada, hace que este material resulte adecuado para su incorporación en mezclas con arcilla para la fabricación de ladrillos, debido a que al combustionar la difusión de los productos gaseosos se producirá de manera lenta, evitando la formación de grietas en las piezas durante la cocción.

Una estimación porcentual de la composición del material ensayado a partir de esta curva, conduce a 4,4% de humedad, 55,7% de hemicelulosa, 38,1% de celulosa y lignina y 1,8% de material inorgánico que permanece como cenizas. Por lo tanto, en estos ensayos se ha determinado una pérdida de peso total de 98,2% de la muestra original ensayada.

Por su parte, el ensayo directo de pérdida de peso por calcinación realizado en muestras de mayor magnitud, arrojó un valor de 99,4%.

En la Figura 6 se presenta el difractograma de rayos X de las cáscaras de pistacho. Se observan cuatro picos de reflexión a valores de 16,7; 21,7; 34,7 y 44,4, que han sido asignados a celulosa microcristalina. Espectros similares han sido obtenidos por otros autores, en trabajos realizados con fibras de sisal [27]. Mtibe y col. han observado también estos picos de reflexión en celulosa y nanofibras de celulosa extraídas de residuos de la industria del maíz [28].

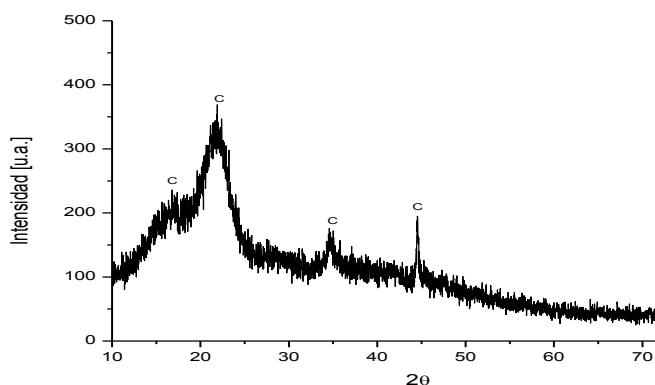


Figura 6. XRD de cáscaras de pistacho.

De los resultados obtenidos hasta el momento, es de esperar que estos materiales residuales puedan ser utilizados como formadores de poros, al ser incorporados a arcilla comercial para la obtención de piezas cerámicas, sin variar las temperaturas de cocción habitualmente utilizadas en la industria, sin producir grietas durante la cocción de los cuerpos en verde, y con variaciones insignificantes de la composición debido a la escasa presencia de cenizas que quedarán incorporadas a los materiales producidos.

## 5. CONCLUSIONES

A partir de las prácticas desarrolladas en el grupo de investigación GEA de la Facultad Regional San Nicolás durante el año 2015 dos alumnos han participado del proceso de caracterización de las cáscaras de pistacho, y del análisis de factibilidad de uso en la fabricación de ladrillos cerámicos, en el marco de investigaciones realizadas por el grupo sobre residuos de biomasa para su valorización.

En este ámbito utilizaron conceptos de ingeniería aplicados a un caso particular real, lo cual ha generado experiencia en un ambiente laboral científico-tecnológico que es de principal preponderancia para el futuro profesional.

Los resultados de las caracterizaciones realizadas de las cáscaras de pistacho llevan a la conclusión que es factible la utilización de estos materiales como formadores de poros en la fabricación de ladrillos cerámicos, sin variar las temperaturas de cocción utilizadas en la industria, sin producción de grietas durante la cocción, y con variaciones de composición muy leves debido a la baja producción de cenizas.



## REFERENCIAS

- [1] Quaranta, Nancy; Caligaris, Marta; Gallegos, Laura. (2014). "Desarrollo de prácticas supervisadas en el marco de proyectos de investigación". *VII Congreso de Ingeniería Industrial – COINI 2014*. Puerto Madryn, Argentina
- [2] de la Casa, José; Romero, Inmaculada; Jiménez, Juan; Castro, Eulogio. (2012) "Fired clay masonry units production incorporating two-phase olive mill waste (alperujo)". *Ceramics International*. 38 (6) 5027–5037.
- [3] Bories, Cecile; Aouba, Laila; Vedrenne, Emeline; Vilarem, Gerard. (2015). "Fired clay bricks using agricultural biomass wastes: Study and characterization". *Construction and Building Materials*. 91, 158–163.
- [4] Techniti, Stavroula; Anastasiadou, Kaliopi; Vamvuka, Despina; Gidaracos, Evangelos. (2012) "Investigating the recycling of agricultural biomass waste in construction materials". *Third International Conference on Industrial and Hazardous Waste Management*. Creta, Grecia.
- [5] Barbieri, Luisa; Andreola, Fernanda; Lancellotti, Isabella; Taurino, Rosa. (2013). "Management of agricultural biomass wastes: Preliminary study on characterization and valorisation in clay matrix bricks". *Waste Management*. 33 (11), 2307–2315.
- [6] Velasco, Pedro; Ortiz, María Pilar; Giró, Manuel; Melia, Daniel; Rehbein, Jorge. (2015). "Development of sustainable fired clay bricks by adding kindling from vine shoot: Study of thermal and mechanical properties". *Applied Clay Science*. 107, 156–164.
- [7] Quaranta, Nancy; Caligaris, Marta; Pelozo, Gisela; Unsen, Miguel. (2014). "Cerámicos porosos a partir de arcilla comercial y residuos de la industria cervecera". *LIV Congreso Anual de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*. Badajoz, España.
- [8] Quaranta, Nancy; Caligaris, Marta; Varoli, Romina; Unsen, Miguel; López, Hugo; Cristóbal, Adrián. (2015). "Lightweight ceramics from clay and ground corncobs". *XVII International Conference on Materials Science, Engineering and Manufacturing*. Paris, Francia.
- [9] Mohanta, Kalyani; Kumar, Ajay; Parkash, Om; Kumar, Devendra. (2014). "Processing and properties of low cost macroporous alumina ceramics with tailored porosity and pore size fabricated using rice husk and sucrose". *Journal of the European Ceramic Society*. 34 (10) 2401–2412.
- [10] Görhan, Gökhan; Şimşek, Osman. (2013). "Porous clay bricks manufactured with rice husks". *Construction and Building Materials*. 40, 390–396.
- [11] de la Casa, José; Castro, Eulogio. (2014). "Recycling of washed olive pomace ash for fired clay brick manufacturing". *Construction and Building Materials*. 61, 320–326.
- [12] Quaranta, Nancy; Unsen, Miguel; López, Hugo; Giansiracusa, Claudio; Roether, Judith; Boccaccini, Aldo. (2011). "Ash from sunflower husk as raw material for ceramic products". *Ceramics International*, 37 [1] 377–385.
- [13] Faria, Katia; Gurgel, Ricardo; Holanda, José. (2012). "Recycling of sugarcane bagasse ash waste in the production of clay bricks". *Journal of Environmental Management*. 101, 7–12.
- [14] Souza, Agda; Teixeira, Silvio; Santos, Gleyson; Costa, F.B.; Longo, E.; (2011). "Reuse of sugarcane bagasse ash (SCBA) to produce ceramic materials". *Journal of Environmental Management*. 92 [10] 2774–2780.
- [15] Peters, Bernhard. (2011). "Prediction of pyrolysis of pistachio shells based on its components hemicellulose, cellulose and lignin". *Fuel Processing Technology*. 92, 1993–1998.
- [16] Acikalin, Korkut; Karaca, Fatma; Bolat, Esen. (2012). "Pyrolysis of pistachio Shell: Effects on pyrolysis conditions and analysis of products". *Fuel*. 95, 169–177.
- [17] Apaydin-Varol, Esin; Pütün, Ersan; Pütün, Ayşe. (2007). "Slow pyrolysis of pistachio shell". *Fuel*. 86, 1892–1899.
- [18] Dolas, Hacer; Sahin, Omer; Saka, Cafer; Demir, Halil. (2011). "A new method on producing high surface area activated carbón: The effect of salt on the surface area and the pore size distribution on activated carbón prepared from pistachio shell". *Chemical Engineering Journal*. 166, 191–197.
- [19] Okutucu, Cagdas; Duman, Gozde; Ucar, Suat; Yasa, Ihsan; Yanik, Jale. (2011). "Production of fungicidal oil and activated carbon from pistachio shell". *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 91, 140–146.
- [20] Kaghazchi, T.; Asasian Kolor, N.; Soleimani, M. (2010). "Licorice residue and Pistachio-nut shell mixture: A promising precursor for activated carbon". *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. 16, 368–374.
- [21] Moussavi, Gholamreza; Barikbin, Behnam. (2010). "Biosorption of chromium (VI) from industrial wastewater onto pistachio hull waste biomass". *Chemical Engineering Journal*. 162, 893–900.
- [22] Kazemipour, Maryam; Ansari, Mehdi; Tajrobehkar, Shabnam; Majdzadeh, Majdeh; Kermani, Hamed Reihani. (2008). "Removal of lead, cadmium, zinc, and copper from industrial wastewater by carbon developed from walnut, hazelnut, almond, pistachio shell, and apricot stone". *Journal of Hazardous Materials*. 150, 322–327.

- [23] Malet, Ana María. (2015). "Las Prácticas Profesionales Supervisadas y el acompañamiento, como relación pedagógica y formativa. El caso de Ingeniería Química en la Universidad Nacional del Sur". *Revista Argentina de Educación Superior*. 10, 8–28.
- [24] Andreozzi, Marcela. (2004). "La formación en la práctica profesional en el grado universitario: acerca de encuadres y dispositivos de acompañamiento de los estudiantes". *IV Encuentro Nacional y I Latinoamericano La universidad como Objeto de Investigación*. Tucumán, Argentina.
- [25] Wu, Yi-min; Zhao, Zeng-li; Li, Hai-bin; He, Fang. (2009). "Low temperature pyrolysis characteristics of major components of biomass". *Journal of Fuel Chemistry and Technology*. 37, 427–432.
- [26] Uslu, Ayla; Faaij, André; Bergman, P.C.A. (2008). "Pretreatment technologies and their effect on international bionenergy supply chain logistics. Techno-economic evaluation of torrefaction, fast pyrolysis and pelletisation". *Energy* 33, 1206–1223.
- [27] Benítez-Guerrero, Mónica; López-Beceiro, Jorge; Sánchez-Jiménez Pedro. (2014). "Comparison of thermal behavior of natural and hot-washed sisal fibers based on their main components: cellulose, xylan and lignin. TG-FTIR analysis of volatile products. *Thermochimica Acta* 581, 70-86.
- [28] Mtibe A.; Liganiso, Linda; Mathew, Aji; Oksman K.; John, Maya; Anandjiwala, Rajesh. (2015). "A comparative study on properties of micro and nanopapers produced from cellulose and cellulose nanofibers". *Carbohydrate Polymers* 118, 1-8.

### **Agradecimientos**

Los autores de este trabajo desean agradecer a la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica y a la Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires por el apoyo económico recibido para el desarrollo del proyecto mencionado. Agradecen también al Dr. Adrián Cristóbal del INTEMA por los ensayos de caracterización realizados en dicho Instituto.