



Revista EIA
ISSN: 1794-1237
revista@eia.edu.co
Escuela de Ingeniería de Antioquia
Colombia

LAS ARCILLAS DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS DE UN ÁREA METROPOLITANA, SU USO EN LA INDUSTRIA CERÁMICA E IMPACTO EN LA ECONOMÍA REGIONAL

Florez Vargas, Anderson Oswaldo; Sanchez Molina, Jorge; Blanco Meneses, Duvín Smith
LAS ARCILLAS DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS DE UN ÁREA METROPOLITANA, SU USO EN LA
INDUSTRIA CERÁMICA E IMPACTO EN LA ECONOMÍA REGIONAL

Revista EIA, vol. 15, núm. 30, 2018

Escuela de Ingeniería de Antioquia, Colombia

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149259394009>

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1219>

LAS ARCILLAS DE LAS FORMACIONES GEOLÓGICAS DE UN ÁREA METROPOLITANA, SU USO EN LA INDUSTRIA CERÁMICA E IMPACTO EN LA ECONOMÍA REGIONAL

GEOLOGICAL FORMATIONS, USE IN THE CERAMIC INDUSTRY AND ITS IMPACT ON THE ECONOMY OF CÚCUTA METROPOLITAN AREA

AS FORMAÇÕES GEOLÓGICAS, O USO NA INDÚSTRIA DE CERÂMICA E SEU IMPACTO NA ECONOMIA DA ÁREA METROPOLITANA DE CÚCUTA

Anderson Oswaldo Florez Vargas
andersonflorez92@gmail.com

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Jorge Sanchez Molina jorgersanchez@ufps.edu.co

Universidad Francisco de Paula Santander, Colombia

Duvin Smith Blanco Meneses lichtirrer@yahoo.com

Ceramica Italia S.A., Colombia

Revista EIA, vol. 15, núm. 30, 2018

Escuela de Ingeniería de Antioquia,
Colombia

Recepción: 04 Enero 2018
Aprobación: 30 Abril 2018

DOI: <https://doi.org/10.24050/reia.v15i30.1219>

Redalyc: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=149259394009>

Resumen: El presente estudio realizó una síntesis de la situación en la industria cerámica del área metropolitana de Cúcuta con base al estado del arte proporcionado principalmente por organismos públicos; iniciando con una descripción de los depósitos de arcilla que son encontrados en las formaciones geológicas Leon y el grupo Guayabo, en el que el material exhibe características tecnológicas sobresalientes, producto de ello es la considerable participación de explotaciones mineras dentro del territorio, conforme a lo anterior se llevó a cabo un recuento de los títulos mineros en la base de datos de Catastro minero 2017, donde se encontró que Cúcuta es el municipio de mayor actividad extractiva, contando con abundantes reservas según se aprecian en las planchas de información geológica del SGC, contrario a Puerto Santander, municipio en el cual no existe actividad minera de arcilla ni manufacturas relacionadas a ella. La industria desarrollada a partir esta materia prima ha permitido un crecimiento económico en la región, situación que se refleja en la vinculación de 1.737 personas, 23 establecimientos creados y una producción bruta de más de 344 mil millones de pesos en el año 2015, siendo el principal grupo industrial de la zona metropolitana.

Palabras clave: Arcilla, área metropolitana de Cúcuta, Formaciones, Minería, Industria, Economía.

Abstract: Cúcuta metropolitan area benefits from clay deposits that are especially found in the Guayabo group's geological formations, due to its excellent ceramic-physical characteristics. Mineral resources of subsoil are significantly desired, which is evidenced by the amount of mining operations that exist in the territory, being Cúcuta the municipality with the greatest extractive activity, with abundant reserves, contrary to Puerto Santander, a municipality in which there is no activity clay mining or related manufactures. The industry developed from this raw material has allowed economic

growth in the region, a situation reflected in the linkages 1,737 people, 23 establishments created and a gross output of more than 344 billion pesos in 2015, being the Main industrial group of the metropolitan area.

Keywords: Clay, metropolitan area, Cúcuta, formations, Mining, Industry.

Resumo: A área metropolitana de Cúcuta contém depósitos de argila encontrados maiormente nas formações geológicas do grupo Guayabo. Isto devido a excelentes características físico-cerâmica que o material apresenta. As riquezas do subsolo são enormemente desejadas, e é evidenciado pela quantidade de atividades de mineração feitas neste território. Sendo assim, o município de Cúcuta possui a maior atividade de extração de material devido a suas grandes reservas. Caso contrário ocorre com o município de Puerto Santander, onde não existem atividades de mineração nem fabricação de produtos relacionados à argila. Com tudo isto, A indústria que foi desenvolvida a partir desta matéria prima, permitiu o crescimento econômico na região, e é evidenciado na contratação de 1.737 pessoas, 23 estabelecimentos foram criados e foi gerada uma produção bruta de mais de 344 mil bilhões de pesos no 2015, fazendo com que seja o principal grupo de indústria na área metropolitana.

Palavras-chave: Argila, área metropolitana, Cúcuta, formações, Mineração, Indústria.

1. Introducción

El área metropolitana de Cúcuta se encuentra emplazada en medio de las distintas fuentes hídricas que componen la cuenca del Catatumbo, nombre que recibe en referencia a la principal arteria fluvial por donde confluye todas las aguas de la zona hacia el lago de Maracaibo (Venezuela), particularidad que ha distinguido a Cúcuta frente a las demás poblaciones fronterizas, desarrollando su capacidad comercial al punto de ser considerada como una de las fronteras más activa de Latinoamérica, y uno de los puertos terrestres más importantes del país (Jiménez, 2008; Perdomo, Malaver, y Stalin, 2002; Urdanet y Maracaibo, 1988).

La cuenca del Catatumbo se compone de diversas microcuencas, entre las que se destacan la subcuenca del río Pamplonita y la del río Zulía, cuya evolución geológica originó la aparición de formaciones sedimentarias litológicamente diversas, cabe señalar aquellas que se formaron en la edad del oligoceno y el mioceno llegando a extenderse hasta el plioceno, ya que en estos periodos se formaron capas de material arcilloso asociadas a lutitas, lodolitas, areniscas, entre otros, estos materiales son agrupados en la formación León durante la primera edad, y el grupo Guayabo en los dos siguientes, según Van der Hammen (Como se cita en Instituto Colombiano de Geología y Minería, 1998). La calidad de las arcillas encontradas en estas formaciones ha provocado la aparición de empresas cerámicas dedicadas a la explotación de la materia prima para abastecer sus necesidades de consumo, dando como resultado productos con atributos deseados (Acuerdo 089 del 2011; Departamento Nacional de Planeación, 2007)).

Según Villamizar (2016), la explotación de arcillas es una de las actividades más activas del Departamento, llegando incluso a ser el segundo mineral de mayor producción, además de proporcionar los materiales para el desarrollo de la construcción, la cual es una de las actividades de mayor crecimiento (Sarabia Guarín, Sánchez Molina, y

Leyva Díaz, 2017). Es así como el gremio mantiene cifras significativas en despachos de productos terminado, en donde el mercado local representa un 25% de la oferta, la demanda nacional consume un 50% y el restante 25% se lleva al mercado extranjero (Díaz, 2012), ofreciendo variedad de productos como tejas, bloques, ladrillos, tabletas, etc (Centro Regional de Estudios Económicos CREE Bucaramanga, 2005). A pesar de la ventaja competitiva que brinda el insumo, varios estudios (Banco de la República, 2005; Cely y Bolívar, 2015; Díaz, 2012) subrayan la necesidad de crear políticas que encaminen a fortalecer e incrementar el uso de herramientas tecnológicas en los procesos fabricación de productos cerámicos, especialmente el diseño de hornos (Sanchez y Díaz, 2011; J. Sánchez, Gelves, y Ramirez, 2012).

Debido a la gran importancia que representa esta temática para la región, el objetivo de esta investigación es caracterizar y relacionar los diferentes factores que se involucran en el sector cerámico en el área metropolitana de Cúcuta, describiendo el encadenamiento de los mismos, desde las fuentes naturales donde se encuentran las materias primas, las actividades de extracción, procesamiento y beneficio, y finalmente el impacto económico que genera a la comunidad dicha industria.

2. Metodología.

Para abordar la temática se partió de un reconocimiento cercano a la cadena de la arcilla en el departamento, se realizó contacto con los agentes que intervienen en el proceso como las unidades mineras, empresas cerámicas y organismos públicos como el servicio geológico colombiano, la agencia nacional minera y la cámara de comercio de Cúcuta. Se apoyó en los informes técnicos brindados por estos últimos para argumentar ideas y que sean acordes con las definiciones que actualmente se tiene sobre el tema, además del estado del arte existente, desde estudios nacionales y extranjeras, las cuales ayudan a ampliar la visión de la investigación, todo esto con el objeto de aportar al conocimiento de una de las actividades que produce gran dinamismo en Cúcuta y sus alrededores.

3. Formaciones Geológicas en el área metropolitana de Cúcuta.

La geología presente en Cúcuta y su área metropolitana tiene su origen en los eventos geológicos que ocurrieron en la formación de la cuenca del lago de Maracaibo, considerado como el lago más grande Suramérica (Valera, 2016). Debido a su gran tamaño se divide en 33 subcuencas, destacándose la del Catatumbo (Ortega-lara, Lasso-alcalá, Lasso, Andrade de Pasquier, y Bogotá-gregory, 2012), ubicada hacia el suroccidente, la cual aporta el 60% del agua dulce que llega al lago (Rivas et al., 2009).

La subcuenca del Catatumbo ocupa una superficie de 25600 km² divididos entre Colombia y Venezuela (Ortega-lara et al., 2012). Para el Departamento Norte de Santander la subcuenca del Catatumbo es de

suma importancia ya que sobre ella se extiende el 74,55% de su territorio (Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental, 2011), y se concentra su población (Villamizar, 2016). Dado el gran tamaño que representa, ha sido necesario para el ente territorial, conocer la evolución e historia de la misma, que entre otras cosas permite distinguir los procesos de sedimentación, las edades de las rocas depositadas y los recursos minerales con los que cuenta (Vallejo, Ferrer, Ortuño, y Oteo, 2002). Esas necesidades conducen a investigaciones que son de gran utilidad para la divulgación de las riquezas provenientes del subsuelo, atrayendo el interés de empresas privadas y públicas. ejemplo de lo anterior, se aprecia en Bracho-Perez y Escobar-Navarro (2011) quienes describieron un posible origen de las reservas petroleras en la cuenca de Maracaibo a partir de la los cambios geoquímicos que ocurrieron de la conformación de las rocas, hacia el lado venezolano, considerado como el portador del 2% de las reservas mundiales de hidrocarburos (Barrero, Pardo, Vargas, y Martínez, 2007).

En Colombia, el Servicio Geológico Colombiano (SGC) es el encargado de regular el conocimiento geológico del suelo y subsuelo, actualmente brinda herramientas de información a la ciudadanía con la ayuda de portales interactivos, como ejemplo, la **figura 1** muestra el mapa geológico del área estudiada en el que se aprecia variedad de recursos pétreos. Adicional a esto, en el año 2016 el SGC logró avanzar en la generación de conocimientos por medio del uso de modernas tecnologías que le sirvió para completar la nueva versión geológica de la región (Servicio Geológico Colombiano, 2017a), la información está integrada por 6 cuadrantes que proporcionan un mayor detalle respecto al mapa general de la **figura 1**, denominados planchas No. 77, 78, 87, 88, 97 y 98, allí se muestra parte de la litología que conforma la columna estratigráfica de la cuenca del Catatumbo (Agencia Nacional de Hidrocarburos, 2010). En dicha columna se resaltan las formaciones León y Guayabo señaladas de poseer minerales de arcilla con atributos deseables para la industria del gres (Gelves, Peña y Sánchez, 2009), considerados la materia prima principal del proceso de fabricación cerámica (Campos, et al., 2006), especialmente el grupo Guayabo, ya que en él se encuentran arcillas de buenas características y en grandes cantidades (Freddy y Diaz, 2011; SIMEC, 2012).

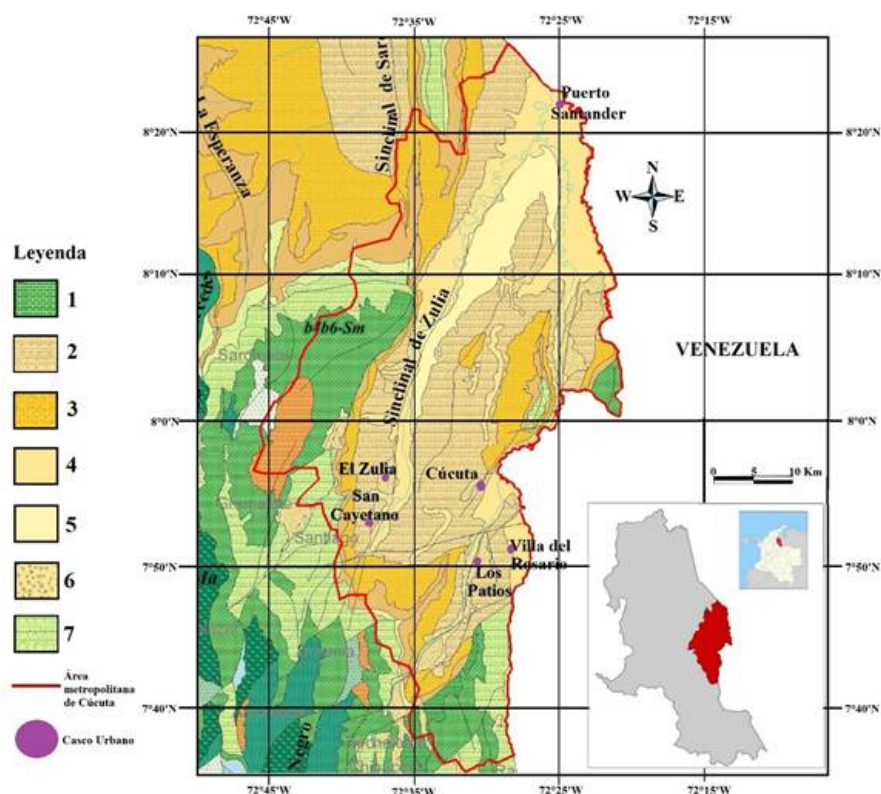


Figura 1

Figura 1

Ubicación del área de estudio (comprendido por la zona encerrada por el trazo color rojo) y mapa geológico tomado de Servicio Geológico Colombiano (2017b) Leyenda: 1. Rocas calizas intercaladas con margas, lodolitas calcáreas y arenosas. 2. Intercalaciones de arenitas localmente conglomeríticas, lodolitas y arcillolitas. Ocasionalmente delgadas capas de carbón. 3. Arenitas de grano fino a conglomeríticas, interestratificadas con arcillolitas y limolitas, ocasionalmente algunos lentes de hierro y carbón. 4. Depósitos aluviales y llanuras aluviales. 5. Terrazas aluviales. 6. Abanicos aluviales y depósitos coluviales. 7. Shales, calizas, arenitas, cherts y fosforitas.

De acuerdo al Consorcio GSG (2015), el cuadrante 77 también llamado Campo Dos, ubicado hacia el noroeste, evidencia la ausencia de los grupos geológicos de interés en el área de estudio, contrario a ello en la plancha 78 dispuesta al noreste, deja ver a las formaciones León y Guayabo inmersas en el área rural norte de Cúcuta, el primero forma el 7% de la superficie de la plancha y está compuesto principalmente de lutitas color gris a verde, con intercalaciones de areniscas de color naranja y lodolitas, mientras el segundo resta un 14% del cuadrante, asociado a dos gruesas capas de areniscas separadas por un estrato de arcillas moteadas de diversos colores, lo anterior concuerda con lo expuesto **figura 1**, en donde también se observa rocas de tipo cuaternario como depósitos coluviales o aluviones, en los que es el municipio de Puerto Santander. Hacia la parte centro oeste, el cuadrante 87 revela la información geológica de los municipios del Zulia y San Cayetano, allí se aprecia la formación León únicamente en el sector occidental de El Zulia, constituido por shales de color gris a verdes, especialmente arcillosos en la base y el techo, mientras, el grupo Guayabo se presenta en una gran área al este del mismo municipio, y hacia la parte norte de San Cayetano, su litología está compuesta de arenas

lodosas, lodolitas arenosas, lodolitas arcillosas y arcillolitas vari coloreadas (Ochoa et al., 2016).

La Plancha 88, también llamada Cúcuta, muestra la formación León inmersa exclusivamente en esa municipalidad, su composición es mayoritariamente lutitas grises a verdes, con cintas de arena y más común limolitas; en tanto que el grupo guayabo se describe como un gran bloque litológicamente diverso, siendo representativo las arcillolitas abigarradas, los estratos de areniscas y material de conglomerado, presente en gran parte en la zona oeste de Cúcuta y en sus proximidades con San Cayetano (Oviedo, Rios, García, y Ochoa, 2016). Finalmente, el sur del área metropolitana se representa en las planchas 97 y 98, donde se evidencia la formación León aflorando en gran parte de Cúcuta y en menor proporción sobre los municipios de San Cayetano, el centro-norte de Los Patios y muy escasamente sobre Villa del Rosario, las rocas que componen esta formación son lodolitas grises a verdosas con algunas intercalaciones de areniscas. De manera opuesta, el grupo Guayabo abarca una gran extensión en los municipios de Villa del Rosario y los Patios, sin mayor presencia sobre el sur de Cúcuta y San Cayetano, las rocas de este grupo son descritas como areniscas blancas con intercalaciones de lodolitas grises (Instituto Colombiano de Geología y Minería, 2011).

La anterior descripción de las formaciones León y Guayabo muestra claridad de su constitución, la cual comprende variedad de rocas, con predominación de arenas, lodolitas, lutitas y arcillolitas, estas últimas regularmente son portadoras de minerales de arcilla. Debido a lo anterior y a la poca continuidad de los espesores en las unidades geológicas, especialmente del grupo guayabo, que promedio se mantiene en 800 m, aunque en algunos sectores de Cúcuta ha llegado a medir hasta 2640 metros (Consorcio de estructuración Vial, 2014), sumado a la variación de las aptitudes de sus arcillas ha conllevado a que la minería local en sus proyectos clasifique un conjunto de estratos de arcilla como bloques geológicos de interés económico si estos cumplen con estándares de calidad requeridos por los procesos industriales a los que vayan a ser sometidos, haciendo necesario en algunas ocasiones la extracción por separado de algunos mantos para hacer viable la explotación del macizo rocoso (Saavedra, 2016), de acuerdo de ello, la región no tiene definido un tipo de manto específico como potencial de producción, ya que esto varía con los estratos acompañantes a la arcilla.

4. La minería de la arcilla en el área metropolitana de Cúcuta

Dada la ubicación geográfica de Cúcuta y sus ciudades aledañas, la región cuenta con un acceso rápido a reservas considerables de material arcilloso y demás materias primas de excelentes características para la industria (Rozo Rincón, Sánchez Molina, y Gelves Díaz, 2015), permitiendo un aprovechamiento de las mismas a través de técnicas de explotación y demás procesos que le resultan competitivo (Cámara de comercio de Cúcuta, 2012). Para conseguir beneficios de estos materiales, todo interesado debe celebrar un contrato con el Estado, en donde por cuenta y

riesgo del solicitante se desarrollan las etapas del proceso minero, además de pagar una contraprestación económica a la nación por ser la propietaria de los recursos naturales (Ley 685, 2001).

De acuerdo con la Agencia Nacional Minera (2017), Catastro Minero Colombiano (2017) y el Sistema de Información Minero Colombiano (2017), la actividad minera de la arcilla en el área metropolitana de Cúcuta cuenta con 138 títulos a mayo del 2017, distribuidos en 12.253,83 ha, en donde se destaca el municipio de Cúcuta, el cual cuenta con aproximadamente 4.635,18 ha del total metropolitano, siendo el de mayor participación en área concesible (37,83%), seguido de Los Patios con 23,03%, El Zulia 22,42%, San Cayetano 10,50%, y finalmente Villa del Rosario con 6,23%. Se observa según las fuentes oficiales que en el municipio de Puerto Santander no hay presencia de títulos de arcillas, ni de otro mineral, en el periodo de estudio. La tabla 1 muestra la información anteriormente expuesta; debe aclararse que el total de contratos de concesión dentro del área metropolitana son 138, a pesar de que la suma de los parciales en la columna del medio de como resultado un número mayor, esto se debe a que algunos títulos poseen participación en más de un municipio

Tabla 1
Tabla 1

Municipio	Número de Títulos relacionados	Área otorgada (ha)	Participación (%)
Cúcuta	49	4635,18	37,83
Los Patios	33	2821,70	23,02
El Zulia	38	2746,97	22,42
San Cayetano	10	1286,17	10,50
Villa del Rosario	28	763,81	6,23
Puerto Santander	0	0	0
Total Área Metropolitana	138	12253,83	100

Composición de títulos mineros en el área metropolitana de Cúcuta

Nota: Algunos títulos circundantes a Cúcuta y su AM, fueron excluidos por tener un porcentaje de participación muy insignificante en la misma.

Elaboración propia con base a la información suministrada en sitio oficial de catastro minero mayo del 2017.

Tabla 1 Composición de títulos mineros en el área metropolitana de Cúcuta

Nota: Algunos títulos circundantes a Cúcuta y su AM, fueron excluidos por tener un porcentaje de participación muy insignificante en la misma.

Sánchez (2017) toma en cuenta el área total concedida por el estado para la explotación de arcilla descrita en la tabla 1 y lo compara respecto a la superficie ocupada por el área metropolitana de Cúcuta, encontrando que el 6,25% del territorio es utilizado para esa actividad, además realiza algunas estimaciones de las reservas de arcilla en la región, en donde a un ritmo de 53300 toneladas al mes de productos terminados, la región puede contar con más de 919 años del recurso mineral.

Además de los títulos vigentes a la fecha, las fuentes revelan la demanda de áreas para la extracción de arcilla en un total de 25 solicitudes, llama la atención que un 20% de las mismas son requeridas por explotadores vigentes que no poseen contrato de concesión, siendo necesario demostrar

una continuación de trabajos mineros desde antes de agosto del 2001 (Decreto 2390, 2002).

5. Calidad de las Arcillas frente a los procesos industriales.

En el área metropolitana de Cúcuta la actividad minera se concentra en las arcillas presentes en el grupo Guayabo, las cuales poseen características que resultan atractivas para la industria. Sin embargo, se ha notado variaciones en los parámetros cerámicos aun dentro de las arcillas de la misma formación, por lo que, las materias primas que ingresan a las plantas de beneficio son apiladas en distintos lotes según sus características, en donde el personal técnico y encargado de la elaboración de la pasta cerámica formulan porcentajes de participación a éstos, con el fin de dosificar la composición de la masa para la realización de una determinada pieza.

El presente estudio analizó los resultados del comportamiento físico-cerámico de las arcillas presentes en seis unidades mineras ubicadas dentro de la región, pertenecientes al grupo Guayabo, se tomaron en cuenta los parámetros de porcentaje en contracción en cocido (%CC), porcentaje de absorción de agua (%AA), pérdidas por fuego (%PPF) y porcentaje de arena (%A), ya que son las variables de mayor control en las empresas.

El porcentaje de contracción en cocido indica la reducción en tamaño dimensional que va sufrir la pieza cerámica después de pasar por la cocción.

El porcentaje de absorción de agua revela el grado de porosidad que el material puede presentar al retener en sus poros agua (Sacmi Iberica S.A., 2001) asimismo, es posible inferir la resistencia a la flexión que puede sufrir el producto bajo determinado intervalo de cargas, comportándose de manera inversamente proporcional (Alvarez Rozo y Sánchez Molina, 2014).

Finalmente, el porcentaje de pérdidas por fuego o pérdidas por calcinación, consta de la eliminación de impurezas a través de la cocción de la pasta, en su mayoría material orgánico que se encuentra ligado a la arcilla, por lo que existe una disminución en el volumen y peso de la misma una vez haya salido del horno.

Los proyectos mineros considerados para el análisis se hallan esparcidos en el área de estudio, la mina A se ubica en el municipio de San Cayetano, la mina B en el Zulia, las minas C y D, ambas emplazadas sobre Cúcuta, los restantes dos títulos se ubican al sur, la mina E en Los Patios y la mina F sobre Villa del Rosario.

A continuación, la tabla 2 correlaciona los parámetros evaluados en cada uno de las minas analizadas, las pruebas se hicieron sobre probetas tabulares realizadas con la técnica de prensado, bajo un ambiente de cocción a 1140°C en un tiempo promedio de 35 minutos.

Tabla 2
Tabla 2

Parámetro Físico Cerámico	Mina A San Cayetano	Mina B El Zulia	Mina C Cúcuta	Mina D Cúcuta	Mina E Los Patios	Mina F Villa de Rosario
Contracción en Cocido (%CC)	3,84	3,86	1,46	5,67	2,80	4,14
Absorción de Agua (% AA)	7,49	8,42	10,63	6,33	10,09	9,65
Perdidas por Fuego (%PPF)	5,62	5,64	4,86	5,99	5,30	5,66
% Arena	13,6	11,35	17,9	8,3	10,3	11,17

Valores de los principales parámetros físico-cerámicos de las arcillas encontradas en las minas descritas.

Elaboración propia con base a la información suministrada por la empresa titular de las minas.

Tabla 2 Valores de los principales parámetros físico-cerámicos de las arcillas encontradas en las minas descritas.

Según la **tabla 2**, es posible clasificar el material presente en las seis minas en dos grupos en función del porcentaje de absorción de agua (ya que el método de fabricación fue el mismo para todas la probetas analizadas), donde las arcillas de las minas A, B, D y F se ubican en el grado de absorción medio-alto y las dos restantes son consideradas de grado alto, debido a su porcentaje AA mayor a 10 (Generalitat Valenciana e Instituto Valenciano de la Edificación, 2011). En consecuencia, los procesos de fabricación la baldosa cerámica van a ser diferentes en los centros mineros descritos, ya que cada uno se debe acomodar a la norma establecida de acuerdo al tipo de grupo referido, obedeciendo criterios en calidad superficial, dimensiones, propiedades físicas y químicas distintos entre sí, para el caso colombiano rige la norma NTC 919, en el que las de menor %AA deberán cumplir las directrices del anexo K, mientras que las de un mayor %AA, usaran las del anexo L (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2015).

Por su parte, la contracción de cocido tiene una relación inversamente proporcional con la cantidad de materiales desgrasantes que componen la arcilla, en donde a mayor contenido de éstos últimos, la contracción en el material cerámico es menor (Gelves, Monroy, y Ramirez, 2013). Esta situación se presenta con los datos descritos, donde se aprecia que la mina C posee el valor más alto en el porcentaje de arena y a su vez presenta la menor contracción en cocido respecto a las demás, caso opuesto se observa en la mina D, donde el porcentaje de arena es menor al de todas unidades, sin embargo, consigue la mayor contracción en la cocción.

Las pérdidas por fuego fue el parámetro que mostro menor variación, teniendo un promedio de 5,51% y una dispersión de +/- 0,57%; a pesar de que no existe un valor específico para clasificar una arcilla como buena o mala de acuerdo a este factor, ya que eso depende de las condiciones de fabricación de los materiales y el tipo cocción (siendo más sensibles aquellos de monococción) (Sánchez, García, Sanz, y Ochandio, 1990), varios autores señalan un límite de 0,3% en el carbono presente en la materia orgánica, en el que es de esperarse que el %PPF sea proporcional a la cantidad de carbono orgánico, sin embargo no se ha encontrado una ecuación que modele dicha proporción ya que ésta puede variar acorde a los ambientes de conformación de las arcillas, no obstante, Lores, Font,

De la Torre, y Bastida (1997), en un estudio de la materia orgánica en 10 tipologías de arcillas, se evidenció que partir de 7,50 % en pérdidas de calcinación el valor del contenido en carbono aumenta mayor a 0,3%. De esperarse un comportamiento similar en las arcillas de las minas analizadas, los seis tipos de material estarían en condiciones favorables para la fabricación de baldosas, sin esperar a presentar defectos como el de núcleo negro, que es un signo desfavorable en la calidad del producto, aunque para obtener una información más precisa de la cantidad de carbono orgánico, es necesario recurrir a técnicas más avanzadas en el que se utilizan analizadores elementales (Gazulla, Gómez, Rodrigo, y Orduña, 2013).

Además de las propiedades cerámicas intrínsecas de las arcillas, es de suma importancia una adecuada técnica de extracción que evite la producción de mezclas no deseadas responsables de la afectación de la calidad de las materias primas. Para un correcto control de ello, es importante un adecuado sistema de explotación, iniciando desde la fase del planeamiento minero, el cual debe contemplar todas las peculiaridades del proyecto, actualmente se cuentan con softwares que permiten una simulación y visualización de los procesos operacionales en base a parámetros propios del área a intervenir (Sepúlveda, Branch, y Jaramillo, 2012). debido a la disposición relativamente superficial de los depósitos, lo que genera una baja relación de descapote, factor que es tenido en cuenta en la elección del sistema de extracción, en la región es común el uso del método de explotación a cielo abierto (Amstrong y Menon, 2001; Herrera, 2006).

Una de las características de los mantos explotables es su ubicación geográfica, ya que muchas veces afloran cerca de vías principales de transporte intermunicipal e interdepartamental (Consorcio de estructuración Vial, 2014), lo que ha provocado el interés de empresarios a realizar montajes fabriles, decisión que puede ser compleja dado el crecimiento perimetral de la ciudad, en el que las autoridades territoriales pueden cerrarlas o reubicarlas, a fin de evitar afectaciones futuras a la comunidad (Acuerdo 089 del 2011).

6. Producción y Costos de la pasta cerámica.

La arcilla una vez explotada es llevada a los centros de beneficio. Los procesos cerámicos en el área metropolitana de Cúcuta se dividen en dos: procesos esmaltados y procesos no esmaltados.

La mayor parte de las empresas del gremio cerámico en la región, cerca de 60 de ellas, producen piezas no esmaltadas (Sánchez y Ramírez, 2013), que se caracterizan por el almacenamiento de la materia prima bajo cubierta para evitar la alteración por parte de agentes atmosféricos como la lluvia, la radiación solar e incluso el viento. Una vez se cuente con el material se dosifica en el cajón alimentador acorde a las necesidades fabriles, de allí se lleva al molino de martillo para ser molturado y conseguir una granulometría de pasta optima, no obstante, para evitar inconvenientes con sobre-tamaños, se lleva el material hasta un elevador

de cangilones donde se vierte sobre un tamiz tipo trommel, el pasante malla 12 es seleccionado y depositado en silos que alimentan el equipo mezclador, el cual dosifica la cantidad de agua agregada a la masa, en función del producto a realizar, posteriormente, la pasta es llevada a la extrusora, la cual cuenta en su boquilla con el molde que proporciona la forma deseada del producto, a continuación las piezas toman un tiempo en secado ya sea natural o artificial, para finalmente pasar a hornos colmena u hornos túneles donde consiguen gresificar, después de esto, los productos son almacenados, despachados y comercializados.

Los productos representativos de los procesos no esmaltados son el bloque y la tableta (Sánchez and Ramirez, 2013), de acuerdo con algunos empresarios del sector consultados para la presente investigación, el control de costos en materia prima se relaciona con la cantidad de pasta que se utiliza para fabricar un metro cuadrado de producto. Inicialmente la arcilla pura tiene un costo puesta en planta de \$16 por kilogramo, después de ser procesada hasta convertirse en pasta su valor aumenta, en la actualidad este costo tiene un valor medio de \$23 pesos/kg de pasta, en vista a las dimensiones de los productos, las tabletas gastan 30 kilos para conseguir el metro cuadrado, mientras que los bloques por su mayor volumen requieren de 70 kilos, por lo que el costo total de pasta para las tabletas es de \$690 pesos/m², mientras que el bloque llega a ser de \$1610 pesos/m², un 133% mayor; Al comparar estos valores con el costo total promedio de producción de tabletas y bloques de la región, el cual está en los \$5000 pesos/m² para los primeros y \$5600 pesos/m² en los segundos, se puede apreciar que por el concepto de pasta cerámica, las tabletas suelen ser menos costosas al representar el 14% del costo total, a diferencia de los bloques que llega ser del 29%, en el año 2017.

Además de lo anterior, en el área de estudio se realizan baldosas cerámicas con procesos de esmaltados, en el cual, la arcilla que ingresa a la planta proveniente de la mina, se almacena en cuartos especiales para evitar cualquier alteración, allí se separa acorde a su tipología y posteriormente se lleva a la zona de cargue de acuerdo a las concentraciones indicadas en la formula composicional, seguido se le agrega agua y desfloculante para iniciar la molienda vía húmeda, a fin de proporcionarle fluidez y demás características al compuesto, a esta fase de la mezcla comúnmente se le llama barbotina (Moortgat et al., 1994), después de esto, la masa es enviada a un atomizador donde se le inyecta una corriente de aire caliente, consiguiendo eliminar buena parte del agua, dando como resultado la pasta cerámica. Esta pasta es tamizada para lograr separar las partículas que no cumplen con la granulometría requerida, un proceso similar se realiza con la preparación de los esmaltes (sacmi iberica S.A., 2001). A continuación, la pasta se almacena en silos, que surten los equipos de prensado, los cuales tienen como objetivo la conformación de la baldosa a partir de la pasta atomizada, mediante la eliminación del aire presente en etapas anteriores a través de la compactación, mejorando de esta forma su resistencia. Luego del prensado la pieza es secada artificialmente, hasta lograr remover el agua de la mezcla, posteriormente,

se aplica el engobe y el esmalte, para esto se suele emplear las técnicas de campana y disco, dependiendo de la tipología del producto.

Para el decorado de las baldosas se adhiere tinta serigráfica a la cara superior de la baldosa esmaltada, ejerciendo una presión mediante un barrido de espátulas sobre la pantalla dejando así impreso el diseño sobre la pieza. Las baldosas son transportadas por bandas hasta un horno de rodillos en el que son coccidas a altas temperaturas mientras se están moviendo, finalmente el producto acabado es seleccionado y empacado para ser llevado a la venta.

La producción de baldosas esmaltadas es medida en metro cuadrado, donde los objetivos empresariales se fijan en aumentar el número de éstos, para lo anterior es de suma importancia el control de costos de la materia prima indispensable para el proceso. Según cifras obtenidas de uno de los grandes productores de la región, para elaborar un metro cuadrado se necesita en promedio 17,5 kg de pasta. Los costos de manufactura por materia prima se relacionan directamente con la pasta cerámica, en promedio cada kilogramo utilizado de masa cuesta \$110 pesos, al comparar este valor con el costo de m² de baldosa esmaltada que, a nivel nacional, el cual se sitúa en los \$7900 pesos al año 2017, deja ver que la participación del concepto pasta respecto al costo global es de solo 24,37%, es decir cerca de un cuarto.

7. La economía del sector cerámico en el área metropolitana de Cúcuta.

Según Bernal (1991), el desarrollo del sector cerámico involucra el encadenamiento de las actividades de extracción de las materias primas con la manufacturera y por último las ventas. Al respecto, el área metropolitana de Cúcuta ha conseguido aglomerar el 91% de la industria departamental, y en su zona rural se halla el 99% de la minería de arcilla (Junta metropolitana de Cúcuta, 2015). Estos indicadores, dejan ver la concentración que tiene lugar esta industria en la economía regional, agrupando las unidades productoras de arcillas con las industrias manufactureras, en donde para el año 2012, se contaba con 67 empresas que han desarrollado una gama de productos en base a la arcilla, destacándose en tejas, ladrillos, porcelana, material refractario, etc (Sanchez y Ramirez, 2013). Avendaño, Rueda y Paz (2016), señalan este entorno como una fortaleza para el sector fabril que ha servido para impulsar la economía, pero advierte el riesgo de generar afectaciones graves al medio ambiente, que lleven a provocar el rechazo de las comunidades, para evitar lo anterior es recomendable el uso de buenas prácticas empresariales (Sánchez Molina, Gelves Díaz, y Romero Arcos, 2012).

Una forma de conocer el impacto que genera la Arcilla sobre la economía en la industria regional es siguiendo la metodología aplicada por Mogrovejo et al (2015) y Sánchez (2014) con base a la información que suministra la Encuesta Anual Manufacturera (EAM) dada a conocer por el Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE). En el que se analizan varios factores que inciden en la economía de la región,

para este estudio se tomaron en cuenta cuatro parámetros principales: el numero establecimientos que se instalaron en la ciudad, la generación de empleo que la industria llegó a crear, la suma de los sueldos y salarios del personal ocupado y finalmente el valor de la producción bruta que tiene gran relación con la generación de riquezas en la localidad. El presente artículo utilizó la EAM del año 2015 (DANE, 2015), la cual tomó en cuenta la Clasificación Internacional Industrial Uniforme (CIIU) que periódicamente divulga la oficina de estadísticas de la Organización de las Naciones Unidas, para el año 2015 se consideró la revisión 4 de la misma, allí se clasifican las industrias mediante grupos, en la que cada uno posee un código que lo identifica (Marconi, 2006), los productos fabricados a base de minerales no metálicos (arcillas, calizas y demás minerales del gremio cerámico; especialmente las arcillas que es el material de mayor consumo en la industria) fueron agrupados como el grupo industrial 239 (DANE, 2015), a continuación se analiza dicha información conforme a lo expuesto en la tabla 3.

Tabla 3
Tabla 3

Grupo Industrial	No. De establecimientos(a)	Personal ocupado(b)	Sueldo y salarios en miles de pesos(c)	Producción bruta en miles de pesos(d)
Calzado	14	552	4730,53	45215,69
Minerales no metálicos	23	1.737	18348,73	344755,07
Total (grupos industriales)	120	4.564	45837,99	861719,26

Indicadores del grupo 239 en la economía industrial del área metropolitana de Cúcuta.

Nota: Solo se incluye los dos grupos industriales más grandes del área metropolitana de Cúcuta, a modo de comparación.

(a) Conformados por 10 o más personas ocupadas o con una producción igual o superior a 150,7 millones de pesos de 2015.

(b) Abarca a propietarios, socios familiares, personal permanente, temporal contratado directamente por el establecimiento y a través de empresas especializadas en el suministro de personal y aprendices en etapa práctica.

(c) De los empleados permanentes y temporales medidos.

(d) Sin incluir los impuestos indirectos.

Encuesta Anual Manufacturera del DANE 2015.

Tabla 3 Indicadores del grupo 239 en la economía industrial del área metropolitana de Cúcuta.

Nota: Solo se incluye los dos grupos industriales más grandes del área metropolitana de Cúcuta, a modo de comparación.

(a) Conformados por 10 o más personas ocupadas o con una producción igual o superior a 150,7 millones de pesos de 2015.

(b) Abarca a propietarios, socios familiares, personal permanente, temporal contratado directamente por el establecimiento y a través de empresas especializadas en el suministro de personal y aprendices en etapa práctica.

(c) De los empleados permanentes y temporales medidos.

(d) Sin incluir los impuestos indirectos.

La tabla anterior muestra la proporción de la industria cerámica respecto al total industrial del área metropolitana de Cúcuta, se hace evidente que la participación de este sector es mucho mayor frente al segundo más grande de los industriales (Calzado), en la categoría de establecimientos, la industria cerámica posee el 19,2% de empresas instaladas en la región, cuenta con el 38,1% del personal ocupado por la industria, su importancia aumenta al concentrar el 40% de los sueldos y salarios devengados y finalmente la producción bruta es la mayor de los grupos estudiados siendo el 40,6% del total industrial del área metropolitana.

8. Conclusiones

Las arcillas presentes dentro del grupo guayabo no parecen mostrar un comportamiento físico cerámico constante (a excepción de las pérdidas por fuego), se evidencia materiales con mayor contenido de desgrasantes que otros, de igual manera el uso industrial según la clasificación por absorción de agua, divide las arcillas en dos grupos, en donde se emplearían en procesos diferentes de no ensayarse mezclas que le permitan alcanzar una estandarización de la pasta.

La falta de explotaciones de arcilla en el municipio de puerto de Santander, se debe probablemente a la ausencia de afloramientos de las formaciones geológicas León o Guayabo, encontrándose en su lugar depósitos aluviales y coluviales de tipo cuaternario, según se observa en la información geológica de la región, situación que se puede corroborar en la base de datos de catastro minero, donde no hay registro de títulos o solicitudes de área para el aprovechamiento del mineral, este hecho refleja una carencia de materias primas próximas para un óptimo desarrollo de la industria del gres, contrario a lo que sucede en los demás municipio.

De acuerdo al desarrollo que posee el sector cerámico en la región, y en vista a su potencial en arcillas, es de suma importancia el mejoramiento continuo en los procesos a través de técnicas modernas mucho más limpias y sostenibles, acompañadas del estudio de la materias primas y los productos fabricados, que ayuden a impulsar el Clúster cerámico Nortesantandereano, desde una perspectiva de innovación y fortalecimiento en la calidad de sus artículos para así ganar mayor terreno comercial en las diferentes plazas (local, nacional y extranjera), pudiendo posesionarlo como uno de los sectores industriales más representativos del país, y de especial importancia en el área metropolitana de Cúcuta.

Referencias Bibliográficas

- Acuerdo 089 del 2011 (Emitido por el concejo municipal de San Jose de Cúcuta el 30 de diciembre del 2011, de conformidad con la Ley 388 de 1997 y los Decretos 4002 de 2004 y 3600 de 2007) Cúcuta: Concejo municipal de San José de Cúcuta.
- Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) (2010). Open Round Colombia 2010: Catatumbo, 30(1), Bogotá Colombia, p. 2. [Online] Disponible en: <http://ronda2010.anh.gov.co/>.
- Agencia Nacional Minera (2017). Consultas: Agencia Nacional Minera. [Online] Disponible en: <https://tramites.anm.gov.co/Portal/pages/consultaListados/anonimoListados.jsf>. [consultado 30 de mayo 2017]
- Alvarez Rozo, D. y Sánchez Molina, J. (2014). Desarrollo de revestimientos cerámicos de gres a partir de materias primas de norte de Santander. Cúcuta, Colombia. Facultad de ciencias básicas, UFPS, pp 105-115
- Amstrong, J. R. y Menon, R. (2001). Minas y canteras, en Enciclopedia de la Organización Internacional del Trabajo, traducido del inglés por Ministerio de Empleo y Seguridad Social de España, tercera edición, pp.

- 74.1-74.63. [Online] Disponible en: <http://www.insht.es> [Consultado 4 de septiembre del 2017].
- Avendaño, R., Rueda, G. and Montes, L. (2016). La gestión ambiental en las pymes del sector arcilla en Cúcuta y su área metropolitana, Finanzas y Política Económica, 8(1) enero-junio, pp. 123–155.
- Barrero, D. et al. (2007). Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, boundaries and Petroleum Geology, a New Proposal [e-book], Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos A.N.H. [Online] Disponible en: http://www.anh.gov.co/Informacion-Geologica-y-Geofisica/Cuencas-sedimentarias/Documents/colombian_sedimentary_basins.pdf [Consultado 20 de junio de 2017]
- Bernal, I. (1991). Industria cerámica clásica [e-book]. Bogotá: Servicio nacional de aprendizaje. [Online] Disponible en: http://biblioteca.sena.edu.co/exlibris/aleph/u21_1/alephe/www_f_spa/icon/40411/pdf/ceramica_clasica.pdf [Consultado 18 de junio de 2017].
- Bracho-Pérez, E. y Escobar-Navarro, M. (2011). Geoquímica de crudos Cretáceos del Lago de Maracaibo, En: XXI Congreso nacional de geoquímica (INAGEQ 2011) Monclova, México, Universidad Autónoma de Coahuila e Instituto Nacional de Geoquímica, A.C, pp 28 - 37. Disponible en: https://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/30165010/actas_inageq_vol17_2011.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAIWOWYYGZ2Y53UL3A&Expires=1524850451&Signature=2Fwec%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DGEOQUIMICA_ORGANICA_APLICADA_A_MADERA_FO.pdf#page=39 [Consultado 20 de junio de 2017].
- Cámara de comercio de Cúcuta (2012). Documento líneas de acción. [pdf] Cúcuta, Cámara de comercio de Cúcuta. [Online] Disponible en: http://www.datacucuta.com/PDF/publicaciones-externas/CLUSTER/ARCILLAS_COMPETITIVAS/DOCUMENTO_DEL_CLUSTER.pdf [Consultado 4 de septiembre de 2017].
- Campos, J. et al (2006). Ahorro de Energía En La Industria Cerámica, Unidad de Planeación Minero Energética e Instituto Colombiano para el Desarrollo de la Ciencia y la Tecnología, pp. 1–28. [Online] Disponible en: <http://www.si3ea.gov.co/Portals/0/Gie/Procesos/ceramica.pdf> [Consultado 20 de agosto de 2017].
- Catastro Minero Colombiano (2017). Consulta de expediente: Catastro Minero Colombiano. [Online] Disponible en: <http://www.cmc.gov.co:8080/CmcFrontEnd/consulta/index.cmc> [Consultado 30 de mayo 2017].
- Cely, L. y Bolivar, R. (2015). Materia prima para la industria cerámica de Norte de Santander. II. Evaluación del comportamiento térmico y su incidencia en las propiedades tecnológicas, Respuestas, 20(1). [Online] Disponible en: <http://respuestas.ufps.edu.co/ojs/index.php/respuestas/article/view/260> [Consultado el 15 de junio del 2017].
- Centro Regional de Estudios Económicos CREE (2005). Notas económicas regionales: Región centro oriente, Bucaramanga Colombia, Banco de la República, pp. 1–10. [Online] Disponible en: .

- Congreso de la Republica de Colombia (2001) Ley 685 de 2001 1/109.
- Consortio de estructuración Vial. (2014). Informe geológico-geotécnico: corredor 4 a: Zulia- Cúcuta – Puerto Santander, Agencia Nacional de Infraestructura, p 69. [Online] Disponible en: .
- Consortio GSG (2015). Plancha 77- Campo Dos, Bogotá: Servicio Geológico Colombiano, SGC. [Online] Disponible en: .
- Consortio GSG (2015). Plancha 78-Puerto Santander, Bogotá, Servicio Geológico Colombiano. [Online] Disponible en: .
- Corporación Autónoma Regional de la Frontera Nororiental (2011). Capítulo 1. Marco General, en Plan de Acción Ajustado 2007-2011, [e-book]. Cúcuta, Colombia: COORPONOR, pp. 3–95. [Online] Disponible en: .
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2015). Clasificación industrial internacional uniforme de todas las actividades económicas, Revisión 4 adaptada para Colombia CIIU Rev. 4 A.C. Bogotá, DANE, pp. 1–497. [Online] Disponible en: .
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística DANE (2015). Encuesta Anual Manufacturera 2015, Bogotá, DANE. [Online] Disponible en: .
- Departamento Nacional de Planeación DNP (2007). Agenda interna para la productividad y la competitividad, Norte de Santander, Bogotá, DNP, p 52. [Online] Disponible en: .
- Díaz, E. (2012). Plan de Desarrollo para Norte de Santander “Un Norte Pa’lante” 2012-2015, Cúcuta, Gobernación del norte de Santander, p 176. [Online] Disponible en: .
- Freddy, J. and Díaz, G. (2011). Efecto de las calizas agregadas a las pastas empleadas en la fabricación de productos cerámicos de construcción del área metropolitana de Cúcuta, Respuestas, 1(1), pp. 38–44. [Online] Disponible en: <http://revistas.ufps.edu.co/ojs/index.php/respuestas/article/view/103> [Consultado 23 de junio del 2017].
- Gazulla, M. F. et al. (2013). Determinación de carbono orgánico en materias primas cerámicas en presencia de siderita, FeCO_3 , Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio, 52(3), pp. 5-11. [Online] Disponible en: <http://repositori.uji.es/xmlui/bitstream/handle/10234/83456/59489.pdf?sequence=1> [Consultado 23 de octubre del 2017].
- Gelves, J. F., Peña, G., y Sánchez, J. (2009). Comportamiento de las arcillas del Área Metropolitana de Cúcuta sometidas a proceso de moldeo por extrusión, Respuestas, 14(2), pp. 32–38. [Online] Disponible en: <http://revistas.ufps.edu.co/ojs/index.php/respuestas/article/view/543> [Consultado 23 de octubre del 2017].
- Generalitat Valenciana e Instituto Valenciano de la Edificación (2011). Guía de la baldosa cerámica [e-book], Valencia-España: Generalitat Valenciana, p 108. Disponible en: .
- Herrera, J. (2006). Métodos de minería a cielo abierto [pdf], Universidad Politécnica de Madrid. [Online] Disponible en: http://oa.upm.es/10675/1/20111122_METODOS_MINERIA_A_CIELO_ABIERTO.pdf [Consultado 4 de octubre del 2017].
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (1998). Memoria del cuadrángulo G-13 Cúcuta, Bogotá, Servicio Geológico Colombiano. [Online] Disponible en: <http://srvags.sgc.gov.co/>

- Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica [Consultado 12 de julio del 2017].
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (2011). Geología De Las Planchas 98 - Durania Y 99 - Villa Del Rosario, Norte De Santander – Colombia, Bogotá, Servicio Geológico Colombiano. [Online] Disponible en: http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Estado_Cartografia_Geologica/ [Consultado 22 de junio del 2017].
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (2015). NTC 919, Baldosas Cerámicas: Definiciones, Clasificación, Características y Rotulado, Bogotá, INCONTEC, 56 p.
- Jiménez, C. (2008). La frontera colombo-venezolana: una sola región en una encrucijada entre dos estados. *Reflexión Política*, 10, pp. 258–272. [Online] Disponible a través de: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal [Consultado 13 de septiembre del 2017].
- Junta metropolitana de Cúcuta (2015). Área viva, Región sostenible, Cúcuta, Área metropolitana de Cúcuta, AMC. [Online] Disponible en: <http://www.amc.gov.co/areametro/acuerdos/archivo/0757703.pdf>.
- Lores, M. T. et al. (1997). Estudio de la eliminación de materia orgánica en arcilla mediante tratamiento térmico. Análisis del proceso a diferentes escalas. *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 36(4), pp. 419–424. [Online] Disponible en: <http://boletines.secv.es/upload/199736419.pdf> [Consultado 23 de octubre del 2017].
- Marconi, S. (2006). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas (CIIU), Revisión 4 Estructura y notas explicativas. En: CELADE y la DGEEC de Paraguay, Seminario regional de intercambio de experiencias en materia de clasificadores y nomenclatura, Santiago de Chile, 13 al 14 de diciembre 2010.
- Mogrovejo, J., Bastos, L. y Pabón, J. (2015). Impacto económico del sector cerámico en San José de Cúcuta, Universidad & Empresa [e-journal], 17(29), 157-180. Doi: [dx.doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.29.2015.07](https://doi.org/10.12804/rev.univ.empresa.29.2015.07) [Consultado 20 de junio del 2017].
- Moortgat, G., Vancaster, N., Vandeneede, V., y Cambier, F. (1994). La caracterización de barbotinas arcillosas utilizando medidas de resistencia a la polarización. En III congreso mundial de la calidad del azulejo y del pavimento cerámico (pp. 211–221). Castellón, España. [Online] Disponible en: .
- Ochoa, A. et al. (2016). Geología de la plancha 87 – Sardinata departamento de Norte de Santander, Bogotá, Servicio Geológico Colombiano SGC, 196 p.
- Ortega-lara, A. et al. (2012). Peces de la cuenca del río Catatumbo, cuenca del Lago de Maracaibo, Colombia y Venezuela, *Biota Colombiana*, 13(1), pp. 71–98. [Online] Disponible a través de: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal [consultado 9 de junio del 2017].
- Oviedo, J. et al. (2016). Geología de la plancha 88 - Cúcuta a escala 1:100.000 departamento de Norte de Santander - Colombia, Bogotá: Servicio Geológico Colombiano, 156 p.
- Perdomo, J., Malaver, F. y Stalin, J. (2002). Proyecto equipo negociador “ALCA” en su clústers estratégicos regionales aplicación al clúster calzado para dama - Cúcuta, Bogotá, Centro de Investigaciones para el

- desarrollo, UNAL. [Online] Disponible en: http://www.cid.unal.edu.co/files/publications/CID200211pepreq_a.pdf [consultado 4 de agosto del 2017].
- Rivas, Z. et al. (2009). Nitrógeno y fósforo totales de los ríos tributarios al sistema lago de Maracaibo, Venezuela, *Interciencia*, 34(5), pp. 308–314. [Online] Disponible a través de: Red de Revistas Científicas de América Latina, el Caribe, España y Portugal [Consultado 20 de junio del 2017].
- Rozo Rincón, S. M., Sánchez Molina, J. y Gelves Díaz, J. F. (2015). Evaluación de minerales aluminosilicatos de Norte de Santander para fabricar piezas cerámicas de gran formato, *Facultad de Ingeniería*, 24(38), pp. 53–61. Disponible a través de scielo: [Consultado 16 de octubre del 2017].
- Saavedra, J. S. (2016). Modelamiento geológico minero y cálculo de reservas de la mina támesis i en las veredas de agualinda y juan frio, de los municipio de los patios y villa del rosario, norte de santander. Tesis pregrado Geología. Universidad de Pamplona.
- Sacmi Iberica S.A. (2001). Tecnología cerámica aplicada. Vol I, Faenza Editrice Ibérica S.L. Faenza RA, Italia: Litográfica Faenza S.R.L.
- Sánchez, A. (2014). Crisis en la frontera, Cartagena Colombia, Banco de la Republica CEER-Cartagena, 197. [Online] Disponible en: .
- Sánchez, E. et al. (1990). Criterios de selección de materias primas para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos, *Cerámica Información*, No. 157, julio-agosto, pp. 13-21.
- Sánchez, J. et al. (2013). Estudio comparativo de las técnicas de extrusión y prensado como procesos de conformado de productos cerámicos de construcción en el Área Metropolitana de Cúcuta, *Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio*, 52(3), pp. 48–54. [Online] .
- Sánchez, J. (2017). Cisco de café como posible material sustituto de arcilla en la fabricación de materiales cerámicos de construcción en el área metropolitana de Cúcuta IV. En: UFPS (Universidad Francisco de Paula Santander), Semana Internacional y XII Semana de Ciencia, Tecnología e innovación, Cúcuta, Colombia.
- Sánchez, J. y Díaz, J. (2011). Introducción A Los Hornos Utilizados En La Industria Cerámica Tradicional, Cúcuta, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Sánchez, J., Gelves, J. F. y Ramírez, R. P. (2012). Implementación de un sistema tipo SCADA para mejorar los procesos de secado y cocción de la ladrillera SIGMA LTDA, *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(20), pp. 80–85. [Online] Disponible en: http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/RCTA/article/view/192 [Consultado 26 de octubre del 2017].
- Sánchez, J. y Ramírez, R. (2013). El Clúster De La Cerámica Del Área Metropolitana De Cúcuta. Cúcuta, Colombia: Universidad Francisco de Paula Santander.
- Sánchez Molina, J., Alvarez Rozo, D. y Sarabia-Guarín, A. (2016). Evaluación de materias primas utilizadas en la fabricación de baldosas de gres en el sector cerámico de Norte de Santander (Colombia), *Respuestas*, 21(2), pp. 48–56. [Online] Disponible en: <http://dx.doi.org/10.22463/0122820X.776>
- Sánchez Molina, J., Gelves Díaz, J. F. y Romero Arcos, Y. A. (2012). Caracterización tecnológica y del talento humano de las empresas

- fabricantes de cerámica roja ubicadas en el área metropolitana de Cúcuta, Respuestas, 17(2), pp. 71–80. [Online] Disponible en: .
- Sarabia Guarín, A., Sánchez Molina, J. y Leyva Díaz, J. C. (2017). Uso de nutrientes tecnológicos como materia prima en la fabricación de materiales de construcción en el paradigma de la economía circular, Respuestas, 22(1), pp. 6–16. [Online] .
- Sepúlveda, G. F., Branch, J. and Jaramillo, P. (2012). Planning of open pit mines through stochastic optimization, Boletín de Ciencias de la Tierra, pp. 107–113. [Online] Disponible a través de scielo en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-36302012000100008 [Consultado 4 de septiembre del 2017].
- Servicio Geológico Colombiano (2017). Geología de las planchas 87 (Sardinata) y 88 (Cúcuta), en: UFPS (Universidad Francisco de Paula Santander), I seminario de las Geociencias y la Metrología, Subred de geociencias y minería - RCM. Cúcuta, Colombia, p. 54.
- Servicio Geológico Colombiano (2017b). Mapa geológico colombiano. SGC. [On line] Disponible en: http://srvags.sgc.gov.co/Flexviewer/Mapa_Geologico_Colombia/ [Consultado 16 de junio del 2017].
- Sistema de Información Minero (2017). Mapa Ingeominas, Bogotá. [Online] Disponible en: [Consultado 15 de junio de 2017].
- SIMEC (2012). Entregable 2: Arcillas competitivas, Norte de Santander [pdf], Cúcuta. [Online] Disponible en: [Consultado 4 de septiembre del 2017].
- Urdanet, A. y Maracaibo, L. (1988). San José de Cúcuta en el comercio marabino del siglo XIX, Boletín Americanista, No 38, pp. 247–258. [Online] Disponible en: <http://revistes.ub.edu/index.php/BoletinAmericanista/article/view/12754/15721> [Consultado 4 de agosto del 2017].
- Uribe, A. (2002). Decreto 2390, Bogotá: Ministerio de minas y energía. [Online] Disponible en: <https://www.anm.gov.co/>.
- Valera, A. (2016). Etnohistoria de la Cuenca del Lago De Maracaibo [e-book]. Cabimas, Venezuela: Universidad Nacional Experimental Rafael María Baralt. [Online] Disponible en: [Consultado 20 de junio del 2017].
- Vallejo, L. et al. (2002). Ingeniería Geológica. Madrid, España: Pearson Educación, S.A.
- Villamizar, W. (2016). Plan de Desarrollo para Norte de Santander 2016-2019 “Un Norte Productivo Para Todos”, Cúcuta: Gobernación del Norte de Santander. [Online] Disponible en: [Consultado 23 de junio del 2017].