

LA OBTENCIÓN DE PIEDRA DE BARRILLA FRENTE AL CAMBIO CLIMÁTICO: LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN “LA GASCA-LILLO” DEL PROYECTO TEXCO₂ DESARROLLADO EN HUÉSCAR Y CASTRIL

THE EXTRACTION OF BARILLA STONE AGAINST CLIMATE CHANGE:
THE “LA GASCA-LILLO” RESEARCH HYPOTHESES OF THE TEXCO₂
PROJECT DEVELOPED IN HUÉSCAR AND CASTRIL

David Antonio Rosas Espín

Universidad de Diseño, Innovación y Tecnología (UDIT) | david.rosas@udit.es

José María Montalvo Puentes

Consejería de Educación de la Región de Murcia | josemaria.montalvo@murciaeduca.es

Recibido: abril de 2025 / Aceptado: junio de 2025

Resumen

La obtención de piedra de barrilla, utilizada en la fabricación de vidrio, jabón y textiles, constituyó una agroindustria fundamental en España hasta el siglo XIX. En Castril, Puebla de Don Fadrique y los Vélez, fue indispensable para fabricar sus afamadas piezas de vidrio. Como los pormenores de la elaboración de sosa de barrilla se desconocen, este trabajo plantea diecisiete hipótesis para su reproducción experimental. Pretendemos recuperar este saber tradicional, así como evaluar su potencial como sumidero virtual de CO₂, contribuyendo a la lucha contra el cambio climático y promoviendo el desarrollo sostenible en las comarcas históricas productoras de barrilla.

Palabras clave

Piedra de barrilla | Captura de CO₂ | Desarrollo sostenible | Noreste de Granada | Geoparque de Granada

Summary

The extraction of barilla stone was a key agro-industry in Spain until the 19th century, used in the production of glass, soap, and textiles. In Castril, Puebla de Don Fadrique, and the Vélez, it was essential for crafting their renowned glass pieces. As the detailed process of producing barilla soda remains unknown, this study proposes hypotheses for its experimental reproduction. Our aim is to recover this traditional knowledge and assess its potential as a virtual CO₂ sink, contributing to the fight against climate change and promoting sustainable development in the historical barilla-producing regions.

Keywords

Barilla stone | Carbon capture | Sustainable Development | Granada Northeast | Granada Geopark

1. JUSTIFICACIÓN

Este trabajo se encuadra dentro de las labores preliminares del proyecto TEXCO₂ (Rosas, 2025) desarrollado por la Universidad de Diseño, Innovación y Tecnología (UDIT). Dicho proyecto tiene como meta conocer los pormenores de la producción de piedra de barrilla, que dejó de producirse en el siglo XIX sin quedar clara la complejidad del proceso¹.

A más largo plazo, planteamos convertir literalmente el aire en piedra a mayor escala, empleando la piedra de barrilla como pieza fundamental en la lucha y adaptación contra el cambio climático de las comarcas con producción histórica documentada. Planteamos para ello estudios de campo y laboratorio en Huéscar y Castril (Granada) que comenzaron el 7 de abril de 2025. Esta investigación multidisciplinar, aunque parte de un paradigma pragmático (Johnson & Onwuegbuzie, 2004), utiliza en sus premisas fuentes documentales y arqueológicas, abriendo caminos de entendimiento entre las humanidades y las tecnologías de vanguardia.

2. INTRODUCCIÓN

Las plantas barrilleras tuvieron una gran importancia en la Antigüedad, como atestigua la Biblia². Asimismo, fueron una fuente tradicional de cenizas y piedras de barrilla en España como alternativa al natrón de Egipto (Viera, 1810)³. Estos materiales se caracterizan por su alto contenido en carbonato sódico y potásico, de utilidad en industrias muy variadas como las del vidrio, cerámica, jabonera o textil (La Gasca, 1817; Tratado, 1844).

La industria del vidrio asociada a la barrilla (Girón, 2018) cobró una especial relevancia económica en las comarcas de Huéscar y los Vélez, como demuestran las hermosas piezas de color verde esmeralda expuestas en distintos museos (AA. VV., 2018) y las canteras de arena empleadas en su producción (Rosillo *et al.*, 2017). Del mismo modo, el registro documental indica que los cultivos de barrilla fueron significativos en las Hoyas de Baza y Guadix (La Gasca, 1817).

El aprovechamiento de las plantas barrilleras mediante recolección en el su-
reste español fue una práctica característica de la Edad Media (Velasco, 2004). Sin embargo, desde la Edad Moderna hasta finales del siglo XIX, cuando cre-

1. Este trabajo ha sido financiado con fondos destinados a proyectos internos de UDIT para el proyecto "Células de biomasa que solidifican CO₂ en procesos de sostenibilidad textil (TEXCO2)", con código INC-UDIT-2025-PRO24.

2. "Si laveris te nitro et multiplicaveris tibi herbam borith maculata es in iniquitate tua coram me dicit Dominus Deus" (Jerem. 2:22-32)

3. Biblioteca Nacional de España (BNE), MSS/22121, Martín Sarmiento, F. (1756) *Respuesta a la pregunta de si nacen en Galicia y en qué sitios, en qué cantidad y de qué calidad los vegetales kali, sosa y barrilla*.

ció como industria exportadora hasta su completa desaparición, se generalizaron los cultivos de barrilla en rotaciones con cereales y leguminosas de secano en España (La Gasca, 1817). En cualquiera de sus formas, ya sea mediante aprovechamiento natural, como mediante cultivo, la figura del maestro barrillero emerge como pieza fundamental (La Gasca, 1817; Tratado, 1844)⁴. Estos artesanos se desplazaban a los campos para quemar las plantas de barrilla secas en hornos improvisados en el propio terreno, transmitiendo oralmente los pormenores de su oficio, perdido en los anales de la historia. De manera muy resumida, para obtener piedra de barrilla influyen los suelos, las especies de plantas cultivadas, las labores culturales, la forma de secar los vegetales y cómo eran quemados en el propio terreno por parte de maestros barrilleros (La Gasca, 1817; Ortuño *et al.*, 2021).

Las causas del declive de esta boyante industria se cifran en la adulteración de las piedras de barrilla (La Gasca, 1817: 26), que condujo a una pérdida de confianza en los compradores, junto al desarrollo de métodos químicos industriales para la obtención de sosa, como Leblanc y posteriormente Solvay (Fernández, 1998). Habría que añadir a las causas de su desaparición la falta de investigación y desarrollo (La Gasca, 1817: 82) para hacer competitivos económicamente unos usos tradicionales más beneficiosos desde el punto de vista medioambiental y social (Rosas, 2024).

En un contexto actual, disponer de un cultivo industrial competitivo para secanos y tierras marginales que genere productos con huella de carbono neutra, e incluso negativa, representa una oportunidad que requiere nuevos planteamientos, a la luz de los avances en la denominada industria 4.0. Estas tecnologías, entre las que destacan la inteligencia artificial, la agricultura de precisión o la robótica, podrían mejorar la eficiencia de los cultivos, los procesos industriales para la obtención de sosa y la recuperación de energía, además de la logística, finanzas y ventas.

No obstante, para poder obtener ventaja de todas estas tecnologías modernas, partimos de un desconocimiento empírico de las técnicas tradicionales, cuyas fuentes de información más detalladas son de tipo documental y bibliográfico, predominando las meramente fenomenológicas, así como algunas arqueológicas hipotéticas. Quisiéramos destacar en este sentido dos fuentes de especial relevancia, como son la *Memoria sobre las plantas barrilleras de España* (1817) de Mariano La Gasca, así como los valiosamente escasos estudios arqueológicos sobre hornos supuestamente barrilleros de López-Lillo (2010; 2012). Con respecto a fuentes actuales, la bibliografía sobre plantas halófilas tampoco ofrece respuestas en relación con las barrillas para la obtención de sosa, ya que parece no contemplarse este uso en la actualidad (Hasanuzzaman, Shabala & Fujita, 2018). En cambio, se emplean como barreras contra la desertificación, biorremediación de suelos o en los sectores de la alimentación, energético y farmacia (Rosas, 2025).

4. *Ibidem*.

En vista de lo anterior, se hace necesario entender cómo cultivar y fundir las barrillas para obtener sosa y energía, como principal objetivo y pregunta de investigación, partiendo de las que denominamos “Hipótesis La Gasca-Lillo”. En este sentido, observamos en el tratado de La Gasca visos de verosimilitud, especialmente al triangular sus descripciones con el registro arqueológico manifestado en los trabajos de López-Lillo (2010; 2012) y las fuentes experimentales de la botánica actual, aunque con matices.

Para responder a las hipótesis y preguntas de investigación, se han realizado sendos cultivos ecológicos experimentales de *Salsola soda* en fincas de Huéscar y Castril, con el objetivo de obtener piedra de barrilla en hornos específicamente diseñados, por medio del empleo de industria 4.0.

3. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

Para el desarrollo del proyecto TEXCO₂ se han seleccionado diversas parcelas en Huéscar y Castril (Granada).

Todas las parcelas de estudio se encuentran dentro del denominado Geoparque de Granada de la UNESCO, fuera de otras áreas de especial protección. Las zonas de experimentación se cultivaron siguiendo estándares ecológicos, quedando adecuadamente aisladas del entorno por medio de mallas perimetrales.

Desde un punto vista geológico, todos los terrenos se localizan en las cordilleras Béticas. Estas cordilleras están en el sureste de España, en una franja inclinada que se extiende desde Cádiz hasta las islas Baleares y constituye la cadena montañosa alpina más occidental del Mediterráneo, junto al Rif (Sanz de Galdeano *et al.*, 2007).

No obstante, en este trabajo, usamos como fuente experimental para el contraste de hipótesis la parcela con referencia catastral 18100A003000510000QQ, de coordenadas geográficas 37°47'07"N, 2°31'01"W, situada a 919 metros de altitud en el paraje conocido como Cañada María de Huéscar. Se cultivará exclusivamente bajo condiciones de secano riguroso. Se trata de una parcela agrícola rectangular, llana, de regadío, con una acequia perimetral que cuenta con una superficie catastral de 3248 m² (Fig. 1). Asimismo, la parcela de Cañada María, pertenece al borde de una cuenca intramontañosa sobre margas blancas del Mioceno⁵. Cuando están húmedos, estos materiales adquieren un tono ocre. El entorno paleogeográfico correspondía a un lago salado con algunas charcas de agua dulce en los bordes, que permitía albergar una abundante fauna de macrovertebrados, existiendo importantes yacimientos de fósiles en Fuencaliente-1, en las proximidades de la finca (Ros-Montoya *et al.*, 2018).

5. Hoja 950/22-38 de Huéscar, serie Magna 1994, escala 1:50.000.



Fig. 1. Parcela experimental de Cañada María (Huéscar, Granada).

Fotos: D. Rosas & J.M. Montalvo.

La parcela de Castril, en cambio, se reserva para experimentación al margen de las hipótesis de investigación, bajo distintas condiciones de riego y para usos alternativos de las plantas, incluyendo los culinarios, energéticos y para la obtención de piedra de barrilla. Tiene 1053 m² de superficie, está rodeada por acequias, cuenta con un aljibe y se sitúa a 1053 metros de altura en el paraje de Tubos. Su referencia catastral es 18047A003005630000FP y sus coordenadas geográficas 37°48'44"N, 2°46'41"W. Está emplazada sobre margas arenosas del Cretácico⁶, en suelos fértiles de huerta.

4. OBJETIVO DE INVESTIGACIÓN

Extraer de manera crítica las condiciones hipotéticas experimentales que permiten la obtención de piedra de sosa manifestadas por La Gasca (1817), en lo referente a los cultivos de barrilla y a su quema.

5. LAS HIPÓTESIS DE LA GASCA- LILLO

Las memorias sobre las barrillas de La Gasca (1817) son la fuente de información histórica recurrente a la que nos remiten los trabajos actuales sobre la piedra de barrilla (Gil, 1975; López-Lillo, 2010; López-Lillo, 2012; Ortuño *et al.*, 2021; Rosas, 2025). Dentro del mismo, serían de mayor relevancia para nuestros objetivos y preguntas de investigación aquellos aspectos relativos a la producción, recolección y secado de las plantas, por una parte; y, por otra, respecto a la producción de sosa a partir de la fusión de las barrillas en los hornos, así como los propios hornos.

Los trabajos de López-Lillo (2010; 2012), en cambio, se centran en el estudio de los restos arqueológicos de supuestos hornos barrilleros, a cuya conclusión

6. Hoja 950/22-38 de Huéscar, serie Magna 1994, escala 1:50.000

llega en base a los trabajos de La Gasca (1817), el estudio morfológico de los hornos y a los minerales de neoformación encontrados en su interior.

Por consiguiente, dividiremos este apartado en uno que cubra todo lo necesario hasta obtener plantas secas como combustible de los hornos, es decir, las prácticas agrícolas; y otro acerca de los procesos artesanales que permiten la fusión de dicha biomasa, obteniendo una piedra de color azulado y sonido metálico (La Gasca, 1817: 20).

La combinación de estas dos fuentes primordiales, bajo el tamiz de otros estudios empíricos actuales y documentales, constituye lo que denominamos las hipótesis La Gasca-Lillo, como punto de partida para diseñar y ejecutar los trabajos experimentales de nuestro estudio. Las denominaremos para facilitar la legibilidad del texto como H1, H2, H3 y así sucesivamente hasta H17.

5.1. LABORES CULTURALES DE LA BARRILLA EN LAS HIPÓTESIS LA GASCA-LILLO

Del estudio del tratado de La Gasca (1817), se desprende que en España se cultivaron distintas especies de plantas barrilleras, de las que no todas tenían igual valor para la producción de sosa (1817: 21). Destacan sobre todas ellas *Halogeton sativus* (La Gasca, 1817: 2), seguida de *Salsola soda* (La Gasca, 1817: 28). De peor calidad resulta *Salsola kali* (La Gasca, 1817: 32), que crece abundantemente en los campos alledaños a Cañada María.

Además de por la especie cultivada, la cantidad y calidad de la piedra dependía del tipo de terreno, modo de cultivo, cantidad y reparto de las lluvias, modo de la recolección, desecación de las plantas, conservación y quema de la biomasa (La Gasca, 1817: 21). En este sentido, si lo que se pretende es obtener barrilla de ellas, hemos de reconocer que son descritas como plantas de secano (La Gasca, 1817: 20-22), con riegos ocasionales en caso de sequías muy severas o entre junio y julio (La Gasca 1817: 13), evitándolos en las semanas en las que se habían de cosechar (La Gasca, 1817: 30). El encharcamiento y las heladas resultan asimismo letales, especialmente en fases tempranas de los cultivos, que se efectuaban entre febrero y marzo (La Gasca, 1817: 30). Por consiguiente, definimos la hipótesis La Gasca-Lillo-1 (H1)⁷ así: los cultivos son de secano con riegos moderados, en caso de producirse. En la actualidad, sabemos que las barrillas seleccionadas (*Salsola soda*) se riegan moderadamente para el consumo humano, resultándoles perjudiciales los encharcamientos y las heladas (Marbán & Zalba, 2019; Monllor, 2012).

Por otra parte, la siembra tenía lugar preferentemente en terrenos carbonatados ligeros, con pendientes moderadas, soportando elevadas concentraciones de sales, tanto en el terreno como en las aguas de riego (La Gasca, 1817: 7). Esto es congruente con los tratados de botánica actual (Marbán & Zalba, 2019; Monllor, 2012) y lo manifestado con respecto a la hipótesis H1, ya que los terre-

7. En adelante, a las hipótesis La Gasca-Lillo las denominaremos H1, H2, H3..., y así sucesivamente.

nos arenosos y con ligera pendiente se encharcan menos que los terrenos llanos y arcillosos. No debemos confundir el oportunismo de las plantas para medrar en terrenos salinos frente a otras, con que las plantas que contienen más sales produzcan más y mejor piedra de barrilla, ya que cuando estas se encuentran en exceso, producen piedras “salitrosas o saladas” (La Gasca, 1817: 22). Así, formulamos la hipótesis H2: los suelos carbonatados, ligeros, con pendientes suaves y con concentraciones moderadas de sal, son más adecuados. En este sentido, *Salsola soda* puede regarse con agua marina al 50 % mezclada con agua dulce y germina incluso con altas concentraciones de sales (Marbán & Zalba, 2019; Monllor, 2012). Los suelos de Cañada María y Castril, de distinta salinidad, permitirán comprobar si los suelos dulces producen más y mejor piedra de barrilla, como sugería La Gasca.

Con respecto al tratamiento previo del suelo, La Gasca (1817: 10) asegura que este “se araba y posteriormente se alisaba con una tabla, añadiendo un abonado con estiércol de vaca o caballo bien fermentado” (hipótesis H3).

El método de siembra tradicional está descrito en La Gasca (1817: 11), indicando que se lanzaban las semillas a voleo en franjas de tres metros de ancho (cuatro varas), a veces mezcladas con un 50 % - 75 % de arena, por su pequeño tamaño (La Gasca, 1817: 12). Hemos demostrado empíricamente que es falsa la cantidad de arena a mezclar con la semilla sugerida. Concretamente, un kilogramo de semillas de *Salsola soda* ocupan unos tres litros y contienen unas 50 000 semillas. Con tres litros de arena lanzados a voleo con fuerza para barrer de lado a lado un carril de tres metros de anchura, sólo se cubre una distancia de treinta metros de largo como máximo. Este experimento lo repetimos treinta y seis veces en los suelos ocreos de Cañada María con arena blanca típica empleada en morteros de cemento, lo cual permitía comprobar la efectividad de los lanzamientos.

Por lo anterior, encontramos dificultades para conocer el espaciado ideal entre plantas para fines barrilleros. Esto es debido a que La Gasca (1817) no indicó de manera numérica directa las distancias entre plantas, sino que afirmó que se empleaban entre ocho y doce celemines de semilla limpia y seca por fanega de tierra para *Salsola soda* (La Gasca, 1817: 30) y cinco tahúllas de tierra por cada barchilla de simiente en el caso de *Halogetum sativus* (La Gasca, 1817: 11). Velasco Hernández (2004: 149), informa de que la simiente necesaria para cultivar una fanega de tierra se estimaba en el equivalente a cincuenta y cinco litros en el Campo de Cartagena en 1775. Como las semillas se conservaban dentro de sus flores (La Gasca, 1817: 11), aunque se pudiesen picar para desprender las semillas antes de la siembra (La Gasca, 1817: 12), tienen una tasa de germinación muy variable (Marbán & Zalba, 2019; Monllor, 2012) y se realizaba un clareo posterior (La Gasca, 1817: 13), la indefinición de los marcos de plantación ideales resulta notoria. Para las semillas de *Salsola soda* utilizadas en esta investigación se estipulan quince centímetros de distancia entre semillas y treinta centímetros entre plantas clareadas, a fin de comer sus brotes frescos, realizando hasta tres

siegas a veinte centímetros por cosecha⁸. Por consiguiente, formulamos la hipótesis H4: el espaciado entre plantas será de entre 15 y 40 cm.

Respecto al momento de cosechar los barrillares, La Gasca (1817: 13) nos informa de una manera clara y consistente que las plantas se arrancaban de raíz cuando estaban en sazón: granadas y con las flores en botón, con los tallos finos y sin tonos rojizos (hipótesis H5).

Además, la productividad de biomasa por superficie es un dato fundamental en la viabilidad económica del proyecto. Vamos a estimar, triangulando los trabajos de La Gasca (1817), López-Lillo (2010) y Velasco Hernández (2004), cuál sería la productividad que tendríamos que obtener para al menos igualar a nuestros antepasados. En primer lugar, Velasco Hernández (2004: 149), basándose en fuentes históricas del *Catastro de Ensenada* de Cartagena de 1762, expone que la producción anual de barrilla por fanega de secano declarada era de cuatro quintales en tierras de primera calidad, tres en las de segunda y dos en las de tercera. Esto equivaldría a 2875 kg/ha en tierras de primera calidad, 2156 kg/ha en tierras de segunda calidad y 1438 kg/ha en tierras de tercera calidad (entendemos que estaba seca). Por el contrario, distancias de 55 cm en barrillares de *Salsola kali* colindantes con la finca experimental, dan como resultado plantas de considerable tamaño y muy leñosas, las cuales serían destinadas a simiente (La Gasca, 1817: 11), ya que se consideraba que los tallos finos proporcionaban barrilla de calidad (La Gasca, 1817: 12). Cálculos de órdenes de magnitud en un barrillar cercano a Cañada María (Tabla 1), sugieren hasta 4 kg/m² de biomasa, lo cual supera ampliamente las mejores expectativas de Velasco Hernández (2004: 149). Hemos observado incluso ejemplares mucho mayores rodando por los campos cercanos.

TABLA 1. PESO Y DIMENSIONES DE ALGUNOS EJEMPLARES DE *SALSOLA KALI* CRECIDAS NATURALMENTE JUNTO AL TERRENO EXPERIMENTAL DE CAÑADA MARÍA Y PRODUCTIVIDAD DE BIOMASA

Ejemplar	Peso (g)	Largo (cm)	Ancho (cm)	Alto (cm)	Biomasa seca (g/m ²)
E1	293	60	50	65	543
E2	354	74	50	75	460
E3	656	89	60	73	619
E4	283	70	55	72	404
E5	324	67	50	70	498

Fuente: elaboración propia.

8. Semillas ecológicas de *Salsola soda*. Normativa CE. Cat. Comercial. Pureza 97 %. Germinación 65%. Vid. <https://www.bioseme.it/>

En la figura 2 mostramos el barrillar al que nos referimos, situado en las coordenadas 37°47'45"N, 2°31'07"W.



Fig. 2. Fotografía panorámica de un barrillar natural de *Salsola kali* próximo a la parcela de Cañada María. Foto: D. Rosas & J.M. Montalvo..

Por otra parte, López-Lillo (2010) describe enjambres de hornos encontrados en yacimientos arqueológicos de Alicante. Los hornos, dentro de cada enjambre o concentración de estructuras, no se separaban más que unos metros. En cambio, las distancias entre enjambres de hornos eran de al menos 150 m (López-Lillo, 2010: 204). Por ello, podemos suponer que tal área circular constituye la cuenca de abastecimiento de cada horno (célula de biomasa), en una cosecha. Cada horno de la célula de biomasa tenía un metro de diámetro, por lo que era capaz de producir 1000 kg de piedra (López-Lillo, 2010; La Gasca, 1817: 17). La biomasa necesaria para dicha producción, según La Gasca (1817: 17), estaba en una proporción 1:4 (un quintal de piedra por cada cuatro de barrilla seca). Considerando células de biomasa circulares, cada horno procesaba 4000 kg de biomasa seca procedente de 17 500 m² del terreno adyacente, lo que arroja una producción de biomasa seca del terreno de unos 228 g/m².

Esas productividades están en el rango intermedio de las declaradas por Velasco Hernández (2004). No obstante, suponen la mitad de la producción estimada experimentalmente en los barrillares aledaños de *Salsola kali* seca tras su ciclo vital completo, con tallos excesivamente leñosos para producir sosa. No debemos confundir este dato con el potencial productivo en biomasa de las plantas, que sería muy superior, sino como resultado de detener su crecimiento antes de que se vuelvan leñosas, a la vez que rebosen de la savia que alimentaría sus semillas. Debemos considerar, además, la energía química que contienen sus resinas, pues con los aceites extraídos de semillas de otras amarantáceas, se fabrica combustible para aviación (Tundis *et al.*, 2009). En conclusión, la hipótesis H6 sugiere que "la productividad ideal de salsolas para elaborar sosa está entre 144 y 288 g/m²".

Finalmente, La Gasca (1817) apuntó en sus memorias que las plantas de mayor tamaño se reservaban para simiente de la siguiente cosecha. Ello es

razonable, ya que cuanto más grandes son las plantas, más semillas contienen (Marbán & Zalba, 2019) y no esperaban obtener sosa de ellas al quemarlas (La Gasca, 1817: 12). En este punto, constatamos que al quemar como rastrojo la biomasa completa del barrillar de *Salsola kali* aledaño a nuestros cultivos, seco y arrastrado por los vientos tras acabar su ciclo vital, no hemos encontrado que sus cenizas tengan un pH alcalino. Es por ello que se reservaban las plantas más desarrolladas como simiente (hipótesis H7). Estas semillas se conservarían en la actualidad dentro de sus flores (La Gasca, 1817: 11), en recipientes secos, cerrados al vacío y a oscuras, con gel de sílice en el fondo (Bacchetta *et al.*, 2008). Cuestionamos este criterio antiguo para la selección de las siguientes generaciones de plantas, puesto que sólo se consideraba su velocidad madurativa, mientras que las quemadas para dar sosa no tenían oportunidad de reproducirse y mejorar las simientes.

Con respecto a la humedad con la que se queman las plantas, La Gasca (1817: 13) solamente apunta que “las secaban al sol tras su recolección en junio hasta septiembre, en montones cónicos de 1,30 m de alto llamados garberones, evitando que fermentasen”. Consideramos que estas condiciones de secado constituyen la hipótesis H8.

5.2. LOS HORNOS DE BARRILLA EN LAS HIPÓTESIS LA GASCA-LILLO.

En este apartado realizaremos una aproximación hipotética sobre las labores artesanales que realizaban los maestros barrilleros para obtener piedra de sosa. Nuestro interés se enfoca más concretamente hacia los hornos y las acciones del maestro barrillero y su cuadrilla.

En primer lugar, es imprescindible determinar la forma y composición de los hornos. Aquí observamos una coherencia clara entre las descripciones de La Gasca (1817) con los restos arqueológicos estudiados por López-Lillo (2010). Estos hornos de planta aproximadamente circular se realizaban excavando en lugares estratégicos del propio barrillar. En vista de perfil, los hoyos realizados tendrían forma de dos conos truncados unidos por su base y se reforzaban las paredes para que no se desprendiesen, en caso de que los materiales del terreno no fueran suficientemente cohesivos (La Gasca, 1817: 17), donde la solera se enlucía con una capa de arcilla de unos dos centímetros de espesor (López-Lillo, 2010). La boca de los hornos estaba abierta y se tapaba con barrilla (La Gasca, 1817). En la boca de los hoyos se podía situar un enrejado metálico para alojar montones de barrilla, mientras que, en la parte inferior, se acumulaba un fundido rico en sosa (La Gasca, 1817: 17). Las paredes inclinadas de la parte superior del horno tenían como objetivo el retorno de las llamas hacia el interior de este, de manera que la temperatura interna fuese más elevada que con paredes verticales.

El emplazamiento solía hacerse en terrenos con una ligera pendiente, que López-Lillo (2010) justifica por la necesidad de romper los hornos para sacar piedras de hasta mil kilos a favor de la pendiente y excavando lo menos posible. Transformando las medidas antiguas al sistema métrico decimal, La Gasca

(1817: 17) especifica que su ancho variaba entre 4 y 7 pies (1,12 y 1,96 metros), con una profundidad de entre 3 y 4 palmos (67 y 89 centímetros). La boca del hoyo era más estrecha que su parte más ancha o “vientre”. La boca sobresalía entre 3 y 4 pulgadas (8 y 10 centímetros) de la superficie del terreno, con un diámetro de entre 3 y 4 palmos (67 y 89 centímetros), manteniendo siempre una proporción exacta con el diámetro del vientre. Dentro albergaba piedras que podían pesar entre 20 y más de 50 quintales (920 y más de 2300 kilogramos). Por ejemplo, una piedra de aproximadamente 4 quintales (184 kilogramos) requería un hoyo con un vientre de 5 palmos y 4 dedos (1,12 metros) de diámetro y una boca de 3 palmos y 2 dedos (76 centímetros). Este diseño constituye la denominada hipótesis H9. Coincidimos con López-Lillo (2010), en que una representación hipotética de esas estructuras, en base a las memorias de La Gasca (1817) y al registro arqueológico, podría ser la expuesta en la figura 3.

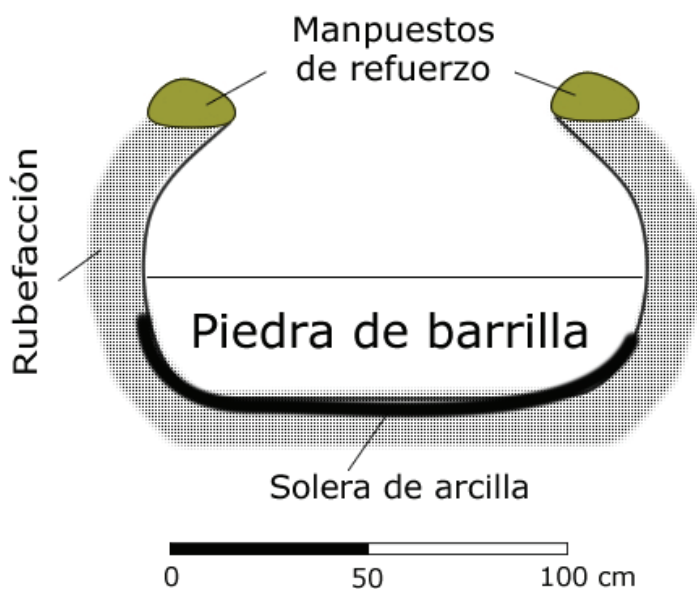


Fig. 3. Sección hipotética de un horno sencillo de barrilla, según la descripción de La Gasca (1817) y las aportaciones de López-Lillo (2010; 2012), modificado de Fernández (1998).

Fuente: elaboración propia.

Una vez realizados los hornos y, previamente a la quema de barrilla, se precalentaban y se retiraban las cenizas (La Gasca, 1817: 18). También se describe el empleo de otras plantas secas, como pudieran ser los juncos (La Gasca, 1817: 18), entremezclados con barrilla para dar soporte, porosidad y más energía calorífica. Por consiguiente, la hipótesis H10 sugiere el precalentamiento de los hornos hasta alcanzar una temperatura óptima de trabajo, sin desperdiciar biomasa de barrilla en el proceso.

Asimismo, pensamos que la temperatura de trabajo de los hornos era muy elevada. Primero, porque las memorias de La Gasca nos dicen que el calor generado en la combustión de la barrilla era extremadamente intenso, alcanzando temperaturas propias de procesos metálicos y que la piedra de barrilla del fondo se encontraba fundida (La Gasca, 1817: 17). Por otro lado, que la piedra estaba fundida lo atestiguan también el instrumental y las operaciones de choca, que consistían en remover el metal fundido para eliminar burbujas y homogeneizar la mezcla (La Gasca, 1817: 19). La disposición de una capa de arcilla aislante en el enlucido del fondo de los hornos (López-Lillo, 2010), apoya también la hipótesis de que contenían un fundido que no se tendría que mezclar con el suelo en las labores de choca. También parece que los maestros barrilleros pudieran emplear como uno de los indicadores de temperatura de trabajo, además del propio calor desprendido, el goteo de un fundido rico en sosa desprendido por las barrillas (La Gasca, 1817). Además, para refundir una piedra de cuarenta quintales (1840 kg), por ejemplo, se necesitaban una o dos carretadas de junco seco (La Gasca, 1817: 21).

Recordemos que el carbonato sódico puro funde a 851 °C y comienza a descomponerse a partir de 400 °C (OIT, 2018), siempre que la atmósfera no esté saturada de CO₂, en cuyo caso, no se descompone hasta más de 1040 °C, o de agua, cuya descomposición sería más lenta (Newkirk & Aliferis, 1958). No obstante, López-Lillo (2010; 2012) demuestra que los materiales encajantes de las paredes de los hornos barrilleros presentaban una rubefacción de unos 10 cm de espesor, con fases minerales de neoformación de gehlenita, formada a través de la illita y calcita del terreno, pero no se encontraron fases de diópsido-wollastonita, que necesita temperaturas superiores a 850 °C. Por consiguiente, coincidimos con López-Lillo (2012) en que el óptimo para conseguir piedra de barrilla estaría en un rango entre 750 y 850 °C, próximo a los 800 °C (hipótesis H11).

Ello parece lógico, ya que alcanzar temperaturas superiores requeriría un desperdicio innecesario de combustible. Esto nos lleva a la cuestión fundamental para la explotación industrial eficientemente de un barrillar en la actualidad, sobre si sería necesario llegar a fundir las piedras de barrilla, como se preguntaba el propio La Gasca (1817: 82). ¿Se trataba de una estrategia para reducir costes de transporte de las voluminosas cenizas, frente a un bloque rocoso? Diríamos que sí. ¿Pretendían ahorrar agua para no concentrar el carbonato sódico mediante un lavado de las cenizas? Desconocemos si era intencionado, pero ambos efectos se producen y no existía un reaprovechamiento del calor sobrante; por lo que, una vez alcanzada la temperatura de trabajo, la quema de barrilla a temperaturas tan altas podría no resultarles relevante.

Otra cuestión básica para la explotación de un horno que tiene que mantenerse en un rango de temperaturas, es la velocidad de alimentación y quema de la biomasa. En este sentido, La Gasca (1817) informa de que la combustión debía mantenerse sin interrupción desde el principio hasta el fin de la quema, ya que, si la piedra se enfriaba, no sería continua ni uniforme. El manejo adecuado del fuego para mantener una materia líquida y uniforme era esencial y dependía del talento y experiencia del quemador. Por cuestiones de pura economía, es evidente que los agricultores perseguían que la presencia de la cuadrilla de barrilleros durase

el menor tiempo posible, ya que habrían de sufragar los costes. En este sentido, La Gasca (1817) indicó que se empleaban unas 48 horas continuas para un horno estándar, que procesaba 4000 kg de biomasa seca, como acabamos de calcular en la hipótesis H6. Ello supone una “tasa de alimentación de 83 kg/h para hornos de 1 metro de diámetro” (hipótesis H12). Esta tasa resulta elevada, en coherencia con las altas temperaturas de los hornos y apoya la necesidad de peones que abasteciesen al maestro barrillero o a su sustituto continuamente de un material muy energético, pero voluminoso (La Gasca, 1817).

En relación con la alimentación de aire del exterior en los hornos, la hierba se coloca de forma que quedase suelta, sola en capas, o mezclada con junco para facilitar la combustión (La Gasca, 1817: 18). El hoyo se llenaba hasta que la hierba sobresaliese un palmo (22 centímetros) de la boca (La Gasca, 1817: 18). El fuego se encendía en el lado expuesto al viento y se mantenía un montón de hierba sobresaliendo de la boca del hoyo durante toda la operación (La Gasca, 1817: 18). Se cuidaba de no cubrir totalmente la boca en los extremos por donde soplaban el aire, lo que aseguraba una combustión uniforme y completa (La Gasca, 1817: 18). Si el viento soplaban demasiado fuerte o comenzaba a llover, el barrillero tomaba medidas para evitar el fracaso de la operación, como usar parapetos de hierba para proteger el hoyo o asegurarse de usar hierba seca del centro de los montones (La Gasca, 1817: 29). Si soplaban poco viento, se alimentaba el horno con menos hierba y se evitaban los parapetos (La Gasca, 1817: 29).

Comenzaremos por observar que el maestro controlaba el tiro orientando la colocación de las barrillas a favor de la entrada de la brisa en la parte superior del horno, cuya boca tenía igual diámetro que su base, es decir, presenta dimensiones métricas (La Gasca, 1817). Estas bocas tan grandes, permitían introducir las voluminosas barrillas por su abertura, además de cambiar con facilidad la dirección desde la que se introducían con respecto al viento. La Gasca (1817) también nos informa de que las paredes del horno eran cóncavas, para lograr el retorno de las llamas hacia su interior. Si combinamos estas informaciones con la intensa velocidad de alimentación de biomasa (H12) y las elevadas temperaturas hipotetizadas (H11), diríamos que se busca una combustión controlada, que supondría altas temperaturas y mejor aprovechamiento del CO_2 para la síntesis del carbonato sódico fundido. Esta alimentación de aire también estaba restringida, ya que sólo una parte del horno se exponía a la entrada del viento y el horno se encontraba bajo tierra, por lo que debía existir un flujo continuo, canalizado y moderado de aire (hipótesis H13), es decir, que los hornos carecían de un mecanismo de tiro fijo, sino que lo generaba de manera dinámica el maestro barrillero con sus operaciones. También queremos matizar que estas son las condiciones hipotéticas que buscaron los artesanos barrilleros, lo cual no significa que no debamos explorar la quema en otras condiciones en un desarrollo experimental que busque mejorar esta industria.

Capítulo aparte merecen las mezclas en las memorias de La Gasca (1817), no sólo porque las adulteraciones de las piedras de barrilla fueron una causa importantísima del declive de la industria, sino porque se admitía, e incluso era beneficiosa, la adición de determinadas sustancias para garantizar la estabilidad de la piedra, una vez solidificada. En este sentido, era adecuado añadir arena

(hasta 10 %) y “espato de bario” (La Gasca, 1817: 26). Puesto que el componente más económico y ubicuo es la arena, consideramos que se puede añadir hasta un 10 % de arena a la piedra de barrilla (hipótesis H14).

Finalizada la última choca, se vertían unos dos cántaros (20 litros) de agua sobre la masa y se cubría el hoyo con tierra (La Gasca, 1817: 20). La piedra se dejaba solidificar durante al menos 48 horas, aunque lo habitual era esperar entre ocho y quince días, o incluso varios meses (La Gasca, 1817: 20). Ello apunta a la necesidad de que el fundido cristalizase y se enfriase. En este sentido, suponiendo una tasa lineal de enfriamiento de la piedra desde 800 °C a 25 °C en 48 horas sería de 16 °C por hora (hipótesis H15).

Para extraer la piedra, se excavaba una zanja más profunda que el hoyo y se dividía la piedra en varios pedazos (La Gasca, 1817: 20). López-Lillo (2012) defiende que se rompían los hornos por el lateral más próximo a favor de la pendiente del terreno, excavando lo menos posible, para que arrastrar las piedras de hasta 1000 kg resultara más sencillo (hipótesis H16). En cualquier caso, en un horno moderno, hay que prever cómo extraer la piedra de barrilla de su interior.

Con respecto a la calidad y tamaño de la piedra resultante, esta tendría forma circular, de unos 42 centímetros (media vara) de espesor, sólida, de color gris azulado tirando a blanco y con 45-50° de pureza (La Gasca, 1817: 28). Su textura era homogénea, seca al tacto, sin olor desagradable seca (pero urinoso mojada), con un sabor salado y alcalino (La Gasca, 1817: 20). Su peso era comparable al de un metal oxidado, siendo más apreciada aquella menos azulada, menos pesada, más compacta y homogénea (La Gasca, 1817: 20). Esta descripción de la piedra y su pureza corresponde a la hipótesis H17. Por ello, debe determinarse la concentración de carbonato sódico y las propiedades de la piedra con técnicas experimentales adecuadas.

6. CONCLUSIONES

En este trabajo, de naturaleza preliminar, presentamos diecisiete hipótesis de investigación para la obtención de piedra de barrilla por métodos tradicionales, a contrastar experimentalmente por medio de cultivos de prueba en Huéscar y Castril.

Estas hipótesis se formulan considerando testimonios orales recogidos por La Gasca en el siglo XIX, así como estudios de yacimientos arqueológicos donde López-Lillo (2010; 2012) identifica ciertas estructuras como hipotéticos hornos barrilleros. Sin embargo, la falta de trabajos experimentales obliga a proceder de este modo, concediendo el beneficio de la duda a dichos supuestos, siempre que los modernos conocimientos empíricos no puedan desacreditarlos. Tenemos la esperanza de lograr confirmarlos o refutarlos experimentalmente. Ello constituye la principal limitación de este estudio, a lo que hay que sumar los escasos trabajos disponibles.

En cambio, se abren líneas de investigación futuras de interés, ya que la obtención de piedra de barrilla implica un doble proceso de descarbonización que no requiere un almacenamiento físico permanente de carbonato sódico, con interesantes y versátiles aplicaciones técnicas. El primer proceso de captura se debe a la fotosíntesis de las plantas; y el segundo, tras su quema, a la producción de carbonato sódico, sustancia con un alto contenido en CO_2 . Ello permite vislumbrar sumideros de CO_2 virtuales, dar valor a suelos de peor calidad agrícola y disminuir el consumo de agua en la agricultura, por ser las barrillas plantas halófilas, es decir, que son capaces de subsistir, aunque los suelos sean salinos y haya sequías prolongadas.

Asimismo, la actualización de estos procesos de obtención de sosa y energía, permitirían avanzar hacia el desarrollo de industrias circulares con huella de carbono baja, nula y deseablemente negativa, dinamizando zonas rurales en la España vacía, representada en nuestro caso por Huéscar y las comarcas limítrofes.

Además, obtener la mítica piedra de barrilla es de interés para las disciplinas humanísticas y artísticas, puesto que se desconocen los pormenores de los procesos que dieron origen a los vidrios de Castril, los Vélez y Puebla de Don Fadrique. Pero no sólo ello, ya que otras industrias como las del jabón, el textil, la cerámica e incluso la metalúrgica, emplean o emplearon sosa.

Por otra parte, los usos alimenticios y medicinales tradicionales de las plantas de barrilla también pueden ser objeto de estudio, como líneas de investigación derivadas, junto a la limpieza de suelos contaminados y contra la desertificación, ya que las barrillas absorben sustancias nocivas a través de sus raíces y las acumulan en sus tejidos. Como los cultivos son ecológicos, pueden ayudar en la protección de las abejas, ya que las barrillas son arbustos con flores.

Finalmente, se abren posibilidades en proyectos didácticos en Educación Primaria, Secundaria y en Universidad, así como en la generación de empleo para personas con discapacidad o riesgo de exclusión social.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a Antonio Ros, responsable del Archivo Histórico Municipal de Huéscar, por su apoyo en la búsqueda de material bibliográfico, su amistad y su ayuda personal.

Igualmente, agradecemos a Antonio Sánchez Navarro y a José Fidel Rosillo, de la Universidad de Murcia, por sus orientaciones.

Agradecemos al Grupo UDIT de Investigación en Moda, Tecnología y Sostenibilidad (GUMTS) por su apoyo. Concretamente, a Alberto Ramos, Carolina García, Javier Fernández de Gorostiza, Carlos Lli y a su vicerrector de Investigación, José Luis Olazagoitia. También a Adielá Batista (OTRI) y a Alfredo León.

Especial agradecimiento merecen José María Montalvo y familia por ceder dos parcelas de cultivo experimental en Huéscar; así como a Francisca Cano Lázaro, por proporcionarnos una parcela experimental en Castril, así como por su apoyo incondicional.

También agradecemos a José Antonio Jiménez Martínez de Agroservicios El Teodoro, por su disponibilidad en momentos de máxima demanda, pericia en el uso de maquinaria agrícola y su ofrecimiento para continuar las investigaciones en otras parcelas.

Finalmente, pero no por ello menos importante, agradecemos a la Universidad de Diseño, Innovación y Tecnología (UDIT) por financiar los trabajos preliminares de TEXCO₂.

BIBLIOGRAFÍA

- AA. VV. (2018) “La esmeralda frágil. Investigación, exposición y divulgación de los vidrios de María y Castril entre los siglos XVI y XIX”, *Revista Velezana*, 36, pp. 140-141.
- Bacchetta, G. *et alii* (eds). (2008) *Conservación ex situ de plantas silvestres*. Oviedo: Principado de Asturias-La Caixa.
- Fernández Pérez, J. (1998) “La elaboración de la sosa en España: de la barrilla a la fábrica Solvay de Torrelavega”, *Antilia: Revista Española de Historia de las Ciencias de la Naturaleza y de la Tecnología*, 4. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14352/120353> [consulta: 15.03.2025].
- Gil Olcina, A. (1975) “Explotación y cultivo de las plantas barrilleras en España”, *Estudios geográficos*, 138-139, pp. 453-478.
- Girón Pascual, R. M.^a (2018) “Cenizas, cristal y jabón. El comercio de la barrilla y sus derivados entre España e Italia a finales del siglo XVI (1560–1610)”, *eHumanista: Journal of Iberian Studies*, 38, pp. 215-232.
- Hasanuzzaman, M.; Shabala, S. & Fujita, M. (2018) *Halophytes and Climate Change: Mechanisms and Potential Uses*. Boston: CABI.
- Johnson, R. B. & Onwuegbuzie, A. J. (2004) “Mixed methods research: A research paradigm whose time has come”, *Educational Researcher*, 33(7), pp. 14–26.
- La Gasca, M. (1817) *Memoria sobre las plantas barrilleras de España*. Madrid: Imp. Real.
- López Lillo, J. A. (2010) “Estructuras de combustión en el entorno de la Sierra de Fontcalent (Alacant): un primer acercamiento a su estudio”, *Lucentum*, 29, pp. 199–216.
- López Lillo, J. A. (2012) “Finca Lo Bogni (Alicante)”, en Guardiola Martínez, A. & Tintero Fernández, F. E. (eds.) *Intervenciones arqueológicas en la provincia de Alicante*. Recuperado de: https://www.marqalicante.com/contenido/int_arqueologicas/doc_144.pdf [consulta: 15.03.2025]

- Marbán, L. M. & Zalba, S. M. (2019) "When the seeds go floating in: A salt marsh invasion". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 231(106442).
<https://doi.org/10.1016/j.ecss.2019.106442>
- Monllor, M. (2012) *Análisis del comportamiento germinativo en especies halotolerantes*. Memoria de licenciatura. Valencia: Universidad Politécnica.
- Newkirk, A. E. & Aliferis, I. (1958) "Drying and Decomposition of Sodium Carbonate", *Analytical Chemistry*, 30(5), pp. 982-984.
- Organización Internacional del Trabajo (2018) *Ficha técnica del Carbonato sódico anhidro*. Recuperado de: https://chemicalsafety.ilo.org/dyn/icsc/showcard.display?p_lang=es&p_card_id=1135&p_version=2 [consulta: 09.03.2025]
- Ortuño, J. A. et alii (2021) "Halophytes in Arts and Crafts: Ethnobotany of Glassmaking", en Grigore, M. N. (ed.) *Handbook of Halophytes*. Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-57635-6_106
- Ros-Montoya, S. et alii (2018) "The mammoth from the archaeo-paleontological hominin site of Huéscar-1: A tile in the puzzling question of the replacement of *Mammuthus meridionalis* by *Mammuthus trogontherii* in the late Early Pleistocene of Europe", *Quaternary Science Reviews*, 197, pp. 336–351.
- Rosas, D. A. (2025) "Cómo convertir el aire en piedra", *The Conversation*. Recuperado de: <https://theconversation.com/como-convertir-el-aire-en-piedra-251655> [consulta: 10.03.2025]
- Rosillo, J. F. et alii (2017) "Estudio mediante SEM de fragmentos de vidrio (siglos XVII–XIX) procedentes de María (Almería)", *Macla: Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 22, pp. 117-118.
- Sanz de Galdeano, C. et alii (2007) "El relieve de la Cordillera Bética", *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15(2), pp. 185–195.
- Tratado (1844) *Tratado de las plantas tintóreas, de la barrilla y otras plantas que dan sosa, y del tabaco*. Madrid: Manuel Romeral.
- Tundis, R. et alii (2009) "A potential role of alkaloid extracts from *Salsola* species (Chenopodiaceae) in the treatment of Alzheimer's disease", *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 24(3), pp. 818–824.
- Velasco Hernández, F. J. (2004) "La sosa-barrilla: una seña de identidad del campo de Cartagena en los siglos XVI al XIX", *Revista Murciana de Antropología*, 10, pp. 145-158.
- Viera y Clavijo, J. (1810) *Tratado sobre la barrilla dispuesto en forma de diálogo*. Las Palmas de Gran Canaria: Real Sociedad Económica de Amigos del País.