

Consumo de leña para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay

Wood consumption for the production of shingles, root tiles and hollow bricks in the district of Tobatí, Paraguay

Maura I. Díaz-Lezcano^{1,*}, Lider R. Medina-Romero¹,
María J. Aparicio-Meza² y Maria A. Villalba¹

Recibido: 07 abril 2022 | **Aceptado:** 22 diciembre 2022 | **Publicado en línea:** 29 diciembre 2022

Citación: Díaz-Lezcano, MI; Medina-Romero, LR; Aparicio-Meza, MJ; Villalba, MA. 2022. Consumo de leña para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay. Revista Forestal del Perú 37(2): 149-161. DOI: <https://doi.org/10.21704/rfp.v37i2.1955>

Resumen

En la presente investigación se evaluó la cantidad de leña requerida en la producción de cerámicas, con la finalidad de aportar información necesaria para la planificación del manejo y explotación sustentable de los recursos dendroenergéticos empleados en las industrias cerámicas. La metodología presentó dos etapas, la primera fue en la aplicación de una encuesta a 50 industrias de la cerámica de las 78 registradas en la municipalidad de Tobatí, Departamento de Cordillera, Paraguay. Las industrias que se sometieron a encuestas fueron seleccionadas al azar, luego se midió el consumo de leña por cocción y la ocurrencia de este proceso por dos meses en tres industrias de la cerámica, con un error de 20% y un nivel de confianza de 80%. Se realizó una proyección de la demanda de leña para los próximos 10 años. El consumo de leña tuvo un valor promedio que está entre 29 y 39 m³ (45 a 60 metros estéreos) por cada quema, la producción promedio de tejas, tejuelas y ladrillos huecos fue de 35 000 metros estéreos/quema equivalentes a 22 750 m³/quema, distribuidas de la siguiente manera: 13 000 m³/quema de tejas (20 000 metros estéreos/quema), 2 600 a 3 250 m³/quema de tejuelas (entre 4 000 y 5 000 metros estéreos/quema) y 5 200 a 5 850 m³/quema de ladrillos huecos (de 8 000 a 9 000 metros estéreos/quema). La leña utilizada en la quema por lo general proviene de las especies forestales *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, *Pterogyne nitens* Tul., *Helietta apiculata* Benth. y *Eucalyptus* spp. Con el consumo de cada metro cúbico de leña se producen 3 153 unidades de tejas, tejuelas y ladrillos huecos, siendo el consumo anual promedio de leña de 31 668 m³ (48 720 metros estéreos) y para los próximos 10 años habría una demanda de 316 680 m³ (487 200 metros estéreos).

Palabras clave: cerámica, especies forestales, industria, leña, recursos dendroenergéticos

¹ Carrera de Ingeniería Forestal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

² Carrera de Ingeniería en Ecología Humana, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de Asunción, Paraguay.

* Autor de Correspondencia: maura.diaz@agr.una.py

Abstract

In this research we evaluated the amount of firewood required in the production of ceramics, to provide necessary information for the planning of management and sustainable exploitation of the wood energy resources used in the ceramic industries. The methodology presented two stages, the first was the application of a survey to 50 ceramic industries out of 78 registered by the municipality of Tobatí, Department of Cordillera, Paraguay. The industries that underwent surveys were randomly selected, then the consumption of firewood for cooking and the occurrence of this process for two months were measured, from three ceramic industries, with an error of 20% and a confidence level of 80%. A projection of the demand for firewood was made for the next 10 years. The consumption of firewood had an average value between 29 and 39 m³ (45 to 60 stereo meters) for each burn, the average production of tiles, tiles and hollow bricks was 35 000 stereo meters/burn equivalent to 22 750 m³/burn, distributed as follows: 13 000 m³/tile burning (20 000 stereo meters/burn), 2 600 to 3 250 m³/tile burning (between 4 000 and 5 000 stereo meters/burn) and 5 200 to 5 850 m³/hollow brick burning (of 8 000 to 9 000 stereo meters/burn). The fuelwood used in the burning generally comes from the forest species *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub., *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan, *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos, *Pterogyne nitens* Tul., *Helietta apiculata* Benth. y *Eucalyptus* spp. With the consumption of each cubic meter of firewood, 3 153 units of tiles, tiles and hollow bricks are produced, with the average annual consumption of firewood of 31 668 m³ (48 720 stereo meters) and a demand of 316 680 m³ (487 200 stereo meters) for the next 10 years.

Key words: ceramics, forest species, industry, firewood, wood energy resources

Introducción

La leña es un producto de mucha demanda a nivel mundial y a pesar ser renovable es necesario que sea usada de forma sustentable, de modo que este recurso pueda ser utilizado en el presente y sea beneficiosa también para las generaciones futuras. La importancia de este recurso forestal es fundamental para innumerables usos, entre los cuales la más significativa es su explotación a nivel industrial.

Según Cortés-Blobaum *et al.* (2019), el uso de leña y carbón como energéticos constituyen del 60 al 80% del consumo total de madera extraída, debido a su bajo costo y facilidad de uso, constituyéndose entre las principales fuentes de energía en poblaciones rurales inmersas en ecosistemas forestales a nivel mundial. En este contexto, el factor principal que influye en la demanda de leña es su bajo precio, debido a que resulta más económico comprar leña que usar combustibles fósiles (Villacorta Regalado 2020).

En Latinoamérica la industria de la construcción y la mampostería de ladrillos cerámicos

comunes aún están íntimamente unidos a una cultura artesanal, en donde la fabricación de ladrillos se realiza siguiendo los mismos pasos que realizaban las comunidades que habitaban la zona desde la época de la colonia, empleando leña como combustible para la cocción de los ladrillos (Curadelli *et al.* 2019).

Díaz Lezcano *et al.* (2021) sostienen que el distrito Tobatí del Departamento de Cordillera, Paraguay, tiene un déficit de recursos forestales, limitando su uso en la producción de ladrillos prensados y comunes, los cuales obedecen a su mala explotación y falta de manejo, aumentando los precios de la leña, y por ende los costos de producción y disminuyendo las ganancias.

La presente investigación se realizó en el distrito de Tobatí, Departamento de Cordillera, Paraguay, que tiene como uno de sus rubros principales de renta un gran número de industrias cerámicas, específicamente en la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos que demandan grandes volúmenes de leña para sus procesos de producción. Por esta razón se requiere mayor investigación en

la producción de estos materiales cerámicos, así como la cantidad de leña utilizada y una proyección de su necesidad para los próximos años.

El objetivo del trabajo fue analizar el consumo de leña en la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí, Paraguay y realizar una proyección de su necesidad para los próximos años.

Materiales y Métodos

Población de unidades y variables de medición

El diseño de la presente investigación es mixto cuanti-cualitativa, descriptiva, transversal y no experimental (Hernández Sampieri *et al.* 2004). Se recogió y analizó la información presentando los aspectos resaltantes que adquieren las unidades temáticas cerámicas y recursos energéticos.

El estudio se realizó en el distrito de Tobatí que se encuentra dentro del Departamento de Cordillera, se encuentra distante a unos 63 km de Asunción (Paraguay).

La investigación consistió en la cuantificación de leña utilizada para producir tejas, tejuelas y ladrillos huecos en distintas industrias de cerámica en el Distrito de Tobatí que tiene un número total de 78 industrias de la cerámica, para lo que se realizaron consultas a la Municipalidad de la ciudad de Tobatí. Producto de las consultas se obtuvo el total de industrias ceramistas registradas, y a través de técnicas estadísticas fueron clasificadas, para luego aplicar el método de entrevistas para obtener información necesaria para su análisis.

Posteriormente, se realizaron mediciones de la leña utilizada para la cocción de los materiales cerámicos antes y después de ingresar a los hornos, para ello se utilizó cinta métrica. Se midió la leña apilada antes y después de la quema, correspondiendo la diferencia a la leña consumida durante el proceso de cocción, y utilizándose la unidad de medida correspondiente al metro estéreo (cuya equivalencia es 1 metro estéreo = 0,65 m³). Para la realización de las mediciones se adoptó el método de cubicación de leñas propuesto por Gutiérrez Rodríguez *et al.* (2013). Fueron estudiadas las variables que se detallan a continuación en el Cuadro 1.

Objetivo específico	Variables	Indicadores	Técnicas de obtención de información
Caracterizar las unidades de producción de tejas	Características de la Unidad de producción	-Los productos obtenidos -Superficie destinada al proceso productivo (en hectáreas) -Superficie destinada a plantaciones (uso presente y futuro) -Temporalidad de producción	Encuesta
Identificar las etapas del proceso de producción cerámico y estimar la producción	Proceso de producción	-Cantidad de cerámica producida por mes -Frecuencia de cocción -Tiempo de quema	Encuesta
Identificar las especies más utilizadas y su origen	Especies forestales nativas y exóticas más utilizadas para la quema	Cantidad y tipo de especies forestales nativas y exóticas utilizadas	Encuesta
Determinar la cantidad de leña utilizada para la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos	Cantidad de leña utilizada	Volumen de leña por cocción	Mediciones

Cuadro 1. Objetivos, variables e indicadores de la presente investigación.

Finalmente, se realizó una proyección de la demanda de leña a ser utilizado en la producción de tejas, tejas y ladrillos huecos en los próximos 10 años en las industrias locales, así como también la superficie de plantaciones forestales a ser necesarias para el abastecimiento del consumo.

Diseño muestral

Se realizó la encuesta de 50 unidades constituidas por industrias de la cerámica de un total de 78, lo que representó el 64 % del total de la población, las cuales determinaron los valores de la probabilidad de éxito o fracaso en la fórmula que se utilizó para determinar las industrias que fueron sometidas a medición, para poder saber la cantidad de leña que se requiere por quema para la producción de tejas, tejas y ladrillos huecos. Las mediciones realizaron en dos ocasiones; antes y después de la cocción.

Para calcular el tamaño de la muestra se utilizó la siguiente fórmula ser en la encuesta (Aguilar-Barojas 2005).

$$n = \frac{N Z^2 pq}{d^2 (N - 1) + Z^2 pq}$$

Donde:

n = tamaño de la muestra

N = tamaño de la población

Z = valor de Z crítico, calculado en las tablas del área de la curva normal. Llamado también nivel de confianza

d = nivel de precisión absoluta. Referido a la amplitud del intervalo de confianza deseado en la determinación del valor promedio de la variable en estudio

p = proporción aproximada del fenómeno en estudio en la población de referencia

q = proporción de la población de referencia que no presenta el fenómeno en estudio (1-p)

Esta investigación es del tipo descriptivo donde se señala la situación actual del consumo de leña. Para ello, se elaboraron preguntas una vez determinado el número total de

Unidades	Equivalencia
1 metro estéreo de leña	0,65 m ³ de leña
1 m ³ real	0,59487 metro estéreo (*)

Cuadro 2. Conversión de unidades de medida. Fuente: (*) (Triana 2001).

muestras que fue arrojada por la fórmula, y posteriormente se realizaron las visitas correspondientes.

Para calcular la cantidad consumida por todas las cerámicas primero se multiplicó la cantidad de leña utilizada por número de cocciones llevadas a cabo en un mes para obtener el valor mensual y posteriormente se multiplicó por 12 para determinar la cantidad anual, y finalmente fueron convertidos los resultados obtenidos a metros estéreos mediante los valores de conversión presentados en el Cuadro 2.

Los cálculos realizados para la proyección de plantaciones, se realizó sumando el consumo del primer año a los siguientes, es decir que para el segundo año fue el doble del primero, para el tercero la suma del primer año más el segundo y así sucesivamente, estos cálculos no tuvieron en cuenta cambios de tecnologías, demandas de mercado o la disminución del recurso.

Resultados

Encuestas realizadas

Las tejas, los ladrillos huecos y las tejas fueron clasificadas por tipo previamente al momento de la cocción, luego introducidos al mismo tiempo a los hornos en donde se constató la mayor producción de ladrillos huecos con relación a los demás tipos de cerámica. Se estimó una producción promedio aproximada de 35 000 unidades de tejas tejas y ladrillos huecos por quema (ver Figuras 1, 2 y 3).

En la Figura 1 se observa la producción de tejas en relación con la cantidad de cerámicas, registrándose 14 industrias con una producción de más de 20 000 unidades en tanto que

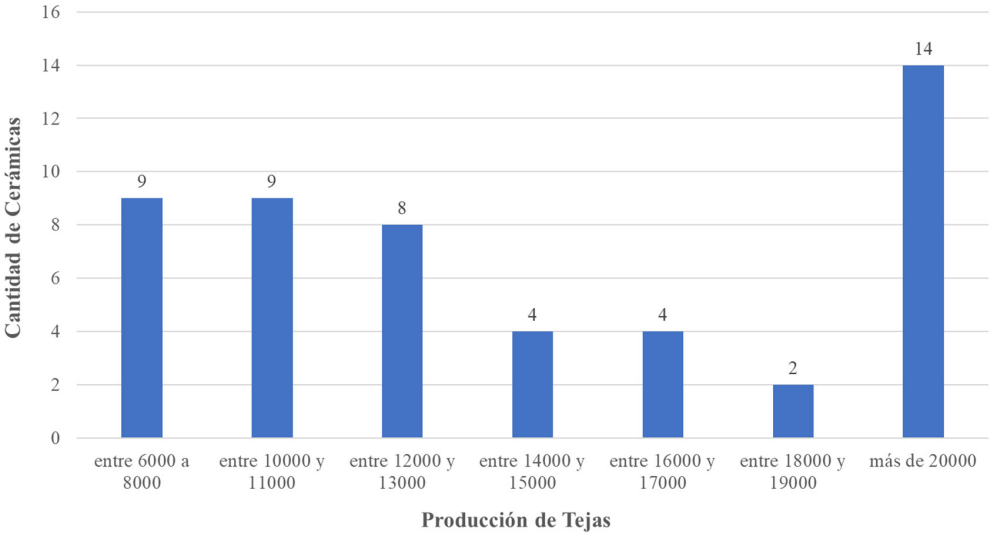


Figura 1. Producción de tejas en relación a número de cerámicas.

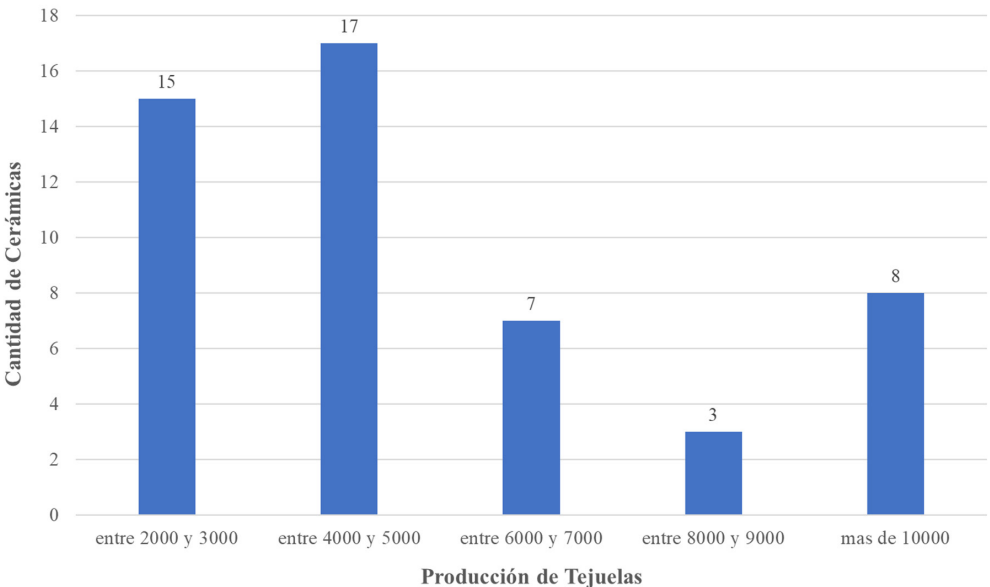


Figura 2. Producción de tejuelas en relación a número de cerámicas.

se reportaron 9 cerámicas con producciones menores a 8 000 tejas.

Por otro lado, las industrias con mayor capacidad instalada tienen una producción

mayoritaria de tejas que de tejuelas y ladrillos huecos, por ello el promedio de producción de tejas por quema es mayor que el de tejuelas y ladrillos huecos.

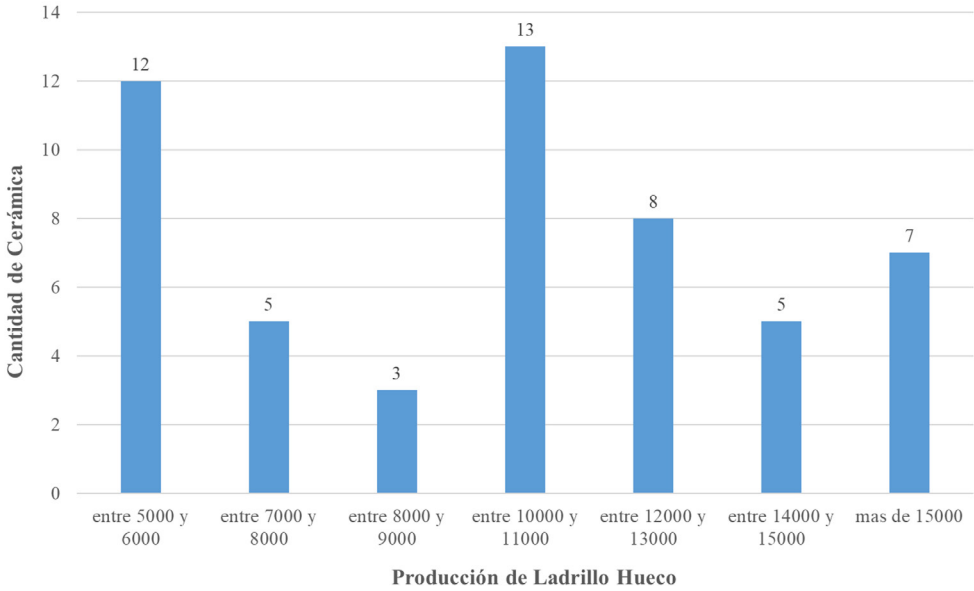


Figura 3. Producción de ladrillos huecos en relación a número de cerámica.

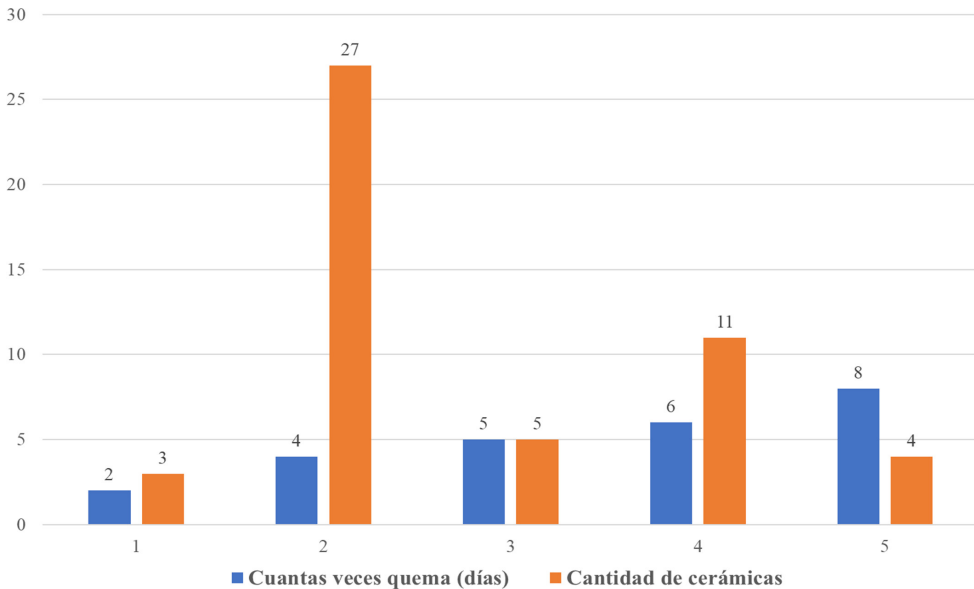


Figura 4. Cantidad de quema en relación a número de cerámicas.

La producción promedio de tejuelas en relación al número de industrias cerámicas se encuentra en un rango entre 4 000 a 5 000 unidades, y estando los valores mínimos de

producción industria de tejuelas entre los 2 000 a 3 000 unidades, en tanto que los valores máximos de tejuelas están en más de 10 000 unidades (Figura 2).

En cuanto a la producción de ladrillos huecos, los valores promedios obtenidos mediante la evaluación de los resultados refieren que se fabrican de 10,000 a 11.000 unidades por quema. Se estima la producción mensual de 60.000 a 66.000 ladrillos huecos, siendo el valor mínimo entre los 5.000 a 6.000 unidades, y el valor máximo de 15.000 unidades (Figura 3).

Frecuencia y tiempo de quema de leña en relación al número de cerámicas

La cantidad de quema de leña en los hornos según las encuestas realizadas muestran que el valor promedio fue entorno a cuatro quemas en 27 cerámicas, el valor mínimo se concentra en dos quemas en tres cerámicas, y los valores máximos fueron de ocho quemas para cuatro cerámicas (Figura 4).

El promedio del tiempo de quema es de 6 días en 17 cerámicas, mientras que los valores mínimos se concentran en 4 días de quema en 1 cerámica y el rango máximo está en 8 días de quema en 6 cerámicas (Figura 5).

Utilización de leña de especies forestales nativas y exóticas

En cuanto a la leña utilizada proveniente de especies forestales nativas y exóticas, 45 ceramistas indicaron que utilizan especies nativas y exóticas, y que no tienen preferencia por el origen de la leña, utilizando las que estén disponibles, mientras que 5 ceramistas indicaron que solamente usan especies nativas (Figura 6). Según las entrevistas realizadas, la selección de leña procedente de especies forestales obedece a la disponibilidad que existe entre las especies nativas, que por lo general son *Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub. (“yvyra pytä”), *Parapiptadenia rigida* (Benth.) Brenan (“kurupa’y rä”), *Handroanthus heptaphyllus* (Vell.) Mattos (“tajy”), *Pterogyne nitens* Tul. (“yvyra ro”) y *Helietta apiculata* Benth (“yvyra ovi”), y la especie exótica más utilizada fue *Eucalyptus* spp (“eucalipto”).

Origen de la leña en relación al número de cerámicas

El origen de la leña proviene principalmente de 3 zonas de la Región Oriental del Paraguay,

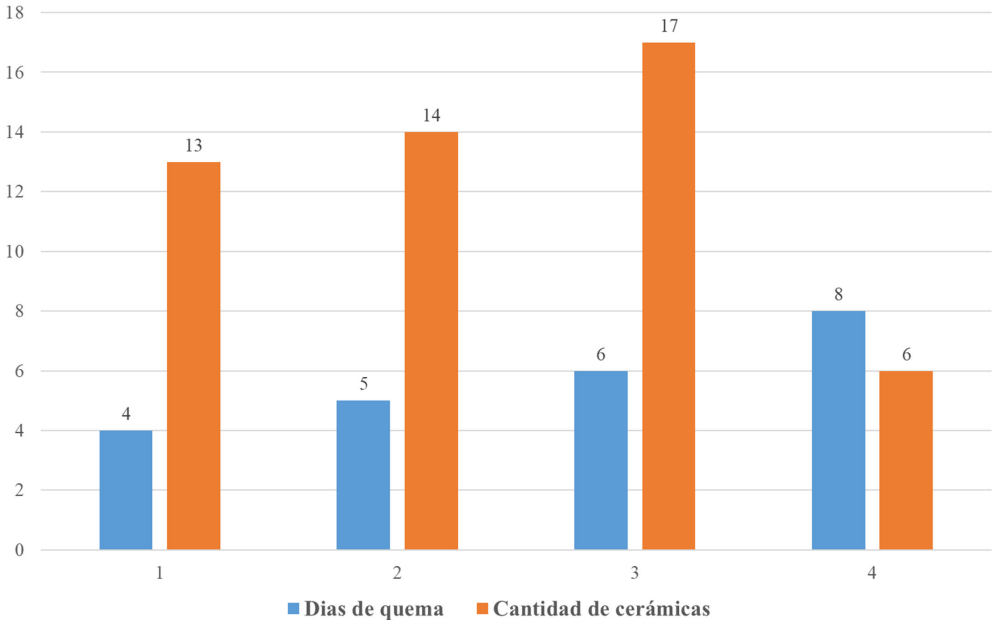


Figura 5. Tiempo de quema en relación a número de cerámicas.

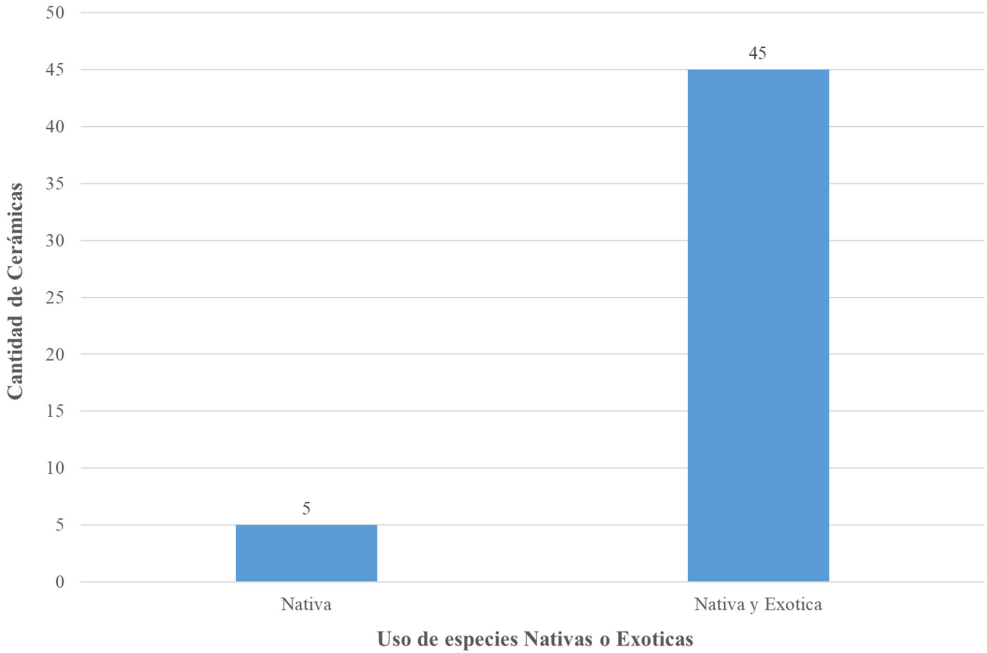


Figura 6. Utilización de especies nativas o exóticas en relación a número de cerámicas.

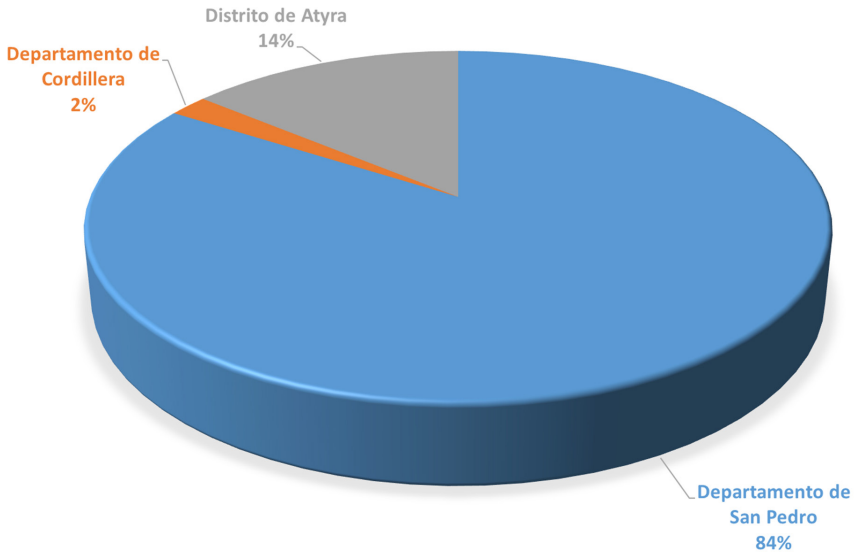


Figura 7. Origen de leña en relación a número de cerámicas.

las cuales son Atyra (2 %), otras localidades de Cordillera (14 %) y de San Pedro (84 %) (Figura 7).

Volumen de leña utilizado en relación al número de cerámicas y relación en proceso de producción de tejas

La cantidad de metros estéreos utilizados mensualmente es de 45 a 60 (equivalente a dos camionadas) que equivalen a 27 y 36 m³ y que representa el 96% del total, y entre 65 a 80 metros estéreos que equivalen a 39 y 48 m³ lo que representa el 4% (Figura 8).

Los resultados obtenidos de las mediciones que se realizaron del consumo de leña en la fabricación de tejas se observan en el Cuadro 3, en donde se señalan datos de la primera, segunda y tercera medición, de cuya diferencia se obtuvo el consumo de leña en metros estéreos.

A la vista de los resultados obtenidos en el Cuadro 3 se requiere aproximadamente el consumo de 29 metros estéreos de leña para producir 46 666 unidades de tejas. Con el consumo de cada metro cúbico de leña se está produciendo

3 153 unidades de tejas comunes. Considerando estos valores se puede decir que con 1 metro estéreo (0,59487 m³) de leña se pueden producir 4 861 tejas.

Proyección del consumo de leña

De todas las industrias de las cerámicas encuestadas solo 10 de ellas poseen plantaciones forestales propias de *Eucalyptus* de superficies entre 3 a 5 hectáreas, las cuales actualmente no son utilizadas debido al pequeño porte de los árboles, y las restantes 40 cerámicas no cuentan con plantaciones forestales propias ni bosques manejados.

En el presente estudio se ha considerado estimar proyecciones con base a plantaciones de *Eucalyptus* spp., teniendo en cuenta que esta especie forestal exótica es de rápido crecimiento y con su uso se disminuiría la presión sobre el bosque nativo, al mismo tiempo que abastecería la demanda del mercado local a corto plazo.

Teniendo en cuenta que el consumo promedio anual de todas las industrias cerámicas es-

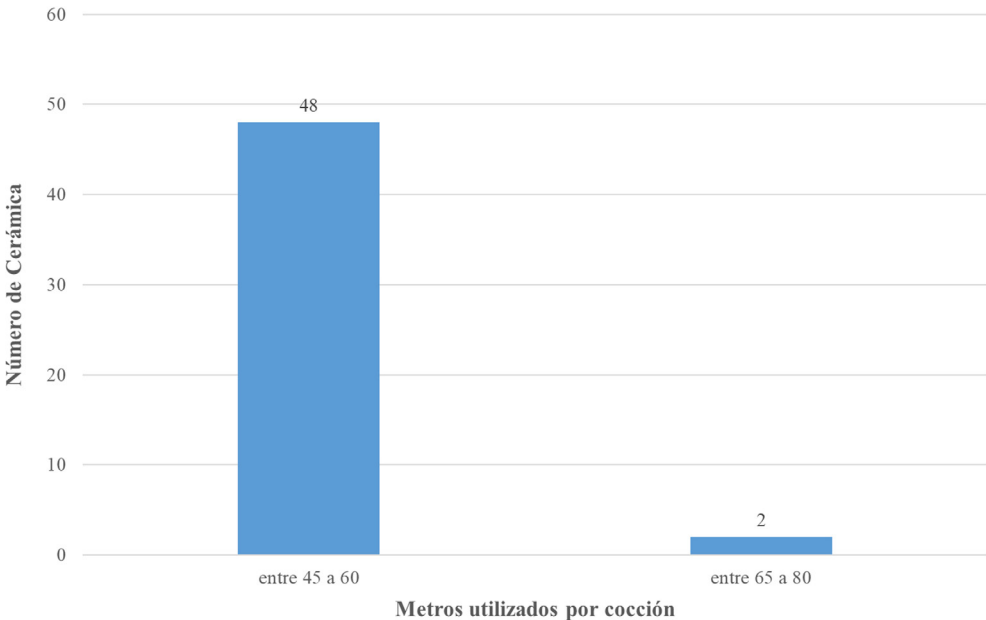


Figura 8. Volumen de leña en relación a número de cerámicas.

Cerámica	Medición del consumo de leña en metro estéreo (entre paréntesis m ³)			Cantidad de tejas producidos por cocción	Cantidad de metros estéreos mensual	Cantidad de metros estéreos anual	Cantidad en m ³ anual
	1° medición metros estéreos	2° medición metros estéreos	Consumo de leña				
Cerámica A	15 (9,8 m ³)	7,5 (4,9 m ³)	7,5 (4,9 m ³)	45 000	45	540	321
Cerámica B	18,5 (12,3 m ³)	7 (4,6 m ³)	11,5 (7,5 m ³)	50 000	69	828	493
Cerámica C	16 (10,4 m ³)	6 (3,9 m ³)	10 (6,5 m ³)	45 000	60	720	428
Total	49,5 (32,2 m ³)	20,5 (13,3 m ³)	29 (18,9 m ³)	140 000	174	2 088	1 242
Promedio	16,5 (12,7 m ³)	6,8 (4,4 m ³)	9,6 (6,2 m ³)	46 666	58	696	414

Cuadro 3. Resultado de mediciones del consumo de leña en olerías de Tobatí.

Año	Requerimiento energético m ³ para 78 Cerámicas	Requerimiento energético metros estéreos para 78 Cerámicas	Proyección de plantaciones en ha (*)	Proyección de plantaciones en ha (**)
2016	87 000	48 720	-	-
2026	289 820	487 910	11 592	9 660
Observaciones			(*) Según INFONA (2010)	(**) Según Borsy (2013)

Cuadro 4. Requerimientos y proyección de plantaciones forestales.

tudiadas es de 48 720 metros estéreos (28 982 m³) de leña en el 2016 con base a los datos obtenidos con el presente estudio, y bajo las mismas condiciones actuales de demanda del mercado de la construcción. Si se realiza el cálculo para el periodo 2017 al 2026 se requerirían 487 200 metros estéreos (289 820 m³) (Cuadro 4). Todo esto sin tener en cuenta la tecnología, ni el posible aumento de industrias, o la escases de recursos naturales como arcilla y agua.

La proyección realizada en la presente investigación para abastecer el consumo de leña de 487 200 metros estéreos (equivalentes a 289.820 m³) en olerías hasta el año 2026, sostiene que se

requerirá de una superficie de plantación de 11 592 ha de *Eucalyptus* ssp. teniendo en cuenta un IMA (incremento medio anual de especies forestales exóticas) de 25 m³ según INFONA (2010), y 9 660 ha con un IMA de 30 m³ según Borsy *et al.* (2013).

Discusión

En una cocción se pueden producir aproximadamente 8 000 tejas y 6 000 ladrillos por quema. Si se produce solo los ladrillos, se puede cocer un aproximado de 12 000 ladrillos por quema (Kajiwara 2011). Por su parte, Sanmartín y Tuba (2015) sostienen que

la producción de tejas es de 10 000 unidades por quema. Además, valores aproximados refieren que la frecuencia con que se realizan las quemas de leña en las industrias cerámicas de Ecuador analizadas por Kajiwara (2011) es generalmente tres veces por mes. La cocción con madera seca dura aproximadamente un día, si se utiliza madera bien seca, mientras que si se utiliza madera que no está bien seca, la cocción dura un día más (Kajiwara 2011), estos datos coinciden con lo manifestado por Sanmartín y Tuba (2015), quienes afirman que la quema se realiza en un periodo de 20 a 30 horas seguidas y al finalizar se sella la entrada de leña con barro. Por lo que puede afirmarse que la leña empleada por las industrias cerámicas locales estudiadas en la presente investigación realizan la quema en mayor cantidad de días.

El poder calorífico superior de la leña de las especies utilizadas como insumo para la producción de tejas en industrias cerámicas estudiadas es el siguiente: *Peltophorum dubium* ("yvyra pytä") con 4.755 kcal/kg, *Pterogyne nitens* ("yvyra ro") con 4.684 kcal/kg, *Patagonula americana* L. ("Guajaivi") con 4.536 kcal/kg, *Handroanthus heptaphyllus* ("tajy") con 4.955 kcal/kg, y *Eucalyptus* spp. ("eucalipto") con 4.525 kcal/kg (Quirino *et al.* 2.005). Estas especies tienen un poder calorífico intermedio según investigaciones realizadas por Quiirino *et al.* (2005), quienes mencionan que el poder calorífico de las especies forestales varía entre 3 350 y 5 260 kcal/kg. Otros investigadores refieren que el poder calorífico del carbón vegetal de especies forestales nativas como *Parapiptadenia rigida* ("kurupa 'yra") es de 8.200 kcal/kg (Cabral 2013) y el de especies exóticas como *Eucalyptus* es de 3.719 kcal/kg (Vázquez 2010). Las especies utilizadas como leña en Tobati tienen un rango intermedio de poder calorífico, y son las que se mencionan en las investigaciones mencionadas como frecuentes en olerías.

Villalba (2008) sostuvo que las especies forestales más utilizadas para fines energéticos en el Distrito de Tobatí fueron *Peltophorum dubium* ("yvyrapyta"), *Balfourodendron riedelianum* (Engl.) Engl. ("guatambu"), *Pterogyne*

nitens ("yvyraro"), *Helietta apiculata* ("yvyra ovi") e *Inga* sp. ("ingá"). Según las entrevistas las especies más adecuadas para leña son *Peltophorum dubium* y *Helietta apiculata*, debido a su poder calórico. Por su parte Enciso (2008) afirmó que las especies forestales más utilizadas en las olerías del distrito de Itá eran *Peltophorum dubium* ("yvyra pyta"), *Patagonula americana* ("guajaivi") y *Pterogyne nitens* ("yvyraro"). Ambas investigaciones coinciden con el presente estudio en lo que refiere a las especies forestales utilizadas como fuente dendroenergética.

Según Villalba (2008), el abastecimiento de leña para el consumidor (doméstico o industrial) en el pasado era de forma gratuita, debido a la abundancia de los recursos forestales, pero en los tiempos recientes este recurso dendroenergético está puesto a la venta siendo su procedencia principalmente de los departamentos de San Pedro y Concepción.

Afirmaciones de González (2016) sostuvieron que el 60% de los transportistas consultados coincidían en que era difícil conseguir leña en las localidades aledañas a Tobatí y por lo tanto, el 40% preferían transportarlas desde localidades como San Pedro, Cruce Liberación, General Aquino y Guayaybi. Por su parte, Díaz Lezcano *et al.* (2021) sostienen que el principal lugar de origen de la leña utilizada en la olerías de Tobatí es la zona norte del Paraguay y la combinación de especies nativas y exóticas es la más empleada en la producción de ladrillos simples y prensado.

Las cifras resultantes del presente estudio son mayores a las reportadas por Sanmartín y Tuba (2.015), quienes comentan que la cantidad de leña utilizada es de entre 12 y 16 metros cúbicos de leña por cada quema y dependiendo de la capacidad del horno, siendo la cantidad mensual de leña utilizada de 18 metros cúbicos de la especie eucalipto que corresponde a los costos fijos de la producción. Esta diferencia podría obedecer al alto contenido de humedad de la leña utilizada en el Paraguay, ya que al contener mayor humedad la combustión es más lenta y la demanda de insumos combustibles es mayor.

Las encuestas llevadas a cabo por Villalba (2008) refirieron que el consumo de leña tuvo como promedio mensual 282 metros estéreos durante ese año, resaltando que la principal fuente de energía de Tobatí es la leña. Esto difiere de las mediciones realizadas en la presente investigación, cuyos resultados apuntan a un consumo mensual de 58 metros estéreos de leña.

Sin embargo, el resultado del promedio de las mediciones del consumo de leña se aproxima a los presentados por González (2016), quien obtuvo un consumo de 79 metros estéreos de leña en promedio por mes, entre los emprendimientos industriales, teniendo un amplio rango de consumo que va desde 20 hasta 180 metros cúbicos, dependiendo de la cantidad de quemas realizadas en un mes.

Borsy *et al.* (2013) refieren que la mayoría de las industrias de ladrillo y artesanías de barro del Paraguay están concentradas en los Departamentos de Cordillera y Central, principalmente en las ciudades de Tobatí, Itá, Itauguá y Areguá. Estos autores realizaron un análisis de seis industrias cerámicas donde el consumo de leña osciló entre los 1 152 a 21 609 t/año. En tanto que Enciso (2008) sostuvo que la mayoría de las olerías encuestadas en tres localidades del distrito de Itá, departamento Central de Paraguay respondieron que utilizan seis metros estéreos de leña por hornada como máximo, siendo el consumo promedio general en las tres localidades de 252 metros estéreos por mes. Según las encuestas obtenidas en las tres localidades, el 100 % afirmó que el único recurso energético utilizado es la leña.

Díaz Lezcano *et al.* (2021) afirman que, conforme a las encuestas realizadas a los productores, el promedio de producción anual de las olerías productoras de ladrillos comunes es de 460 693 491 unidades, con un consumo promedio anual de 128 640 metros estéreos de leña. A su vez, en las olerías productoras de ladrillos prensados la producción promedio anual es de 175 803 581 unidades y el consumo promedio anual de leña es de 182 400 metros estéreos. Los mismos autores sostienen que mediante a la medición de la leña utilizada en los hornos se

determinó que por cada metro cúbico de leña consumida se producen 7 604 unidades de ladrillos comunes y 2 142 unidades de ladrillos prensados.

El promedio de crecimiento por hectárea para una población de 900 árboles es de 1 624 metros estéreos con fines energéticos en 20 años para una plantación de *Eucalyptus* (FAO 2009), y considerando el escenario proyectado al año 2026 en este estudio serán necesarias 9 660 a 11 592 ha para abastecer el consumo de leña en olerías de Tobatí. Conforme al análisis de Borsy *et al.* (2013), del total de plantaciones establecidas en Paraguay se estima que el 65 a 70%, es utilizado como leña, con una producción de 40 m³/ha/año. Sin embargo, muchas de las plantaciones no disponen de material genético de calidad, y están ubicadas en suelos marginales y en zonas no muy productivas. Por lo tanto, se asume que el IMA promedio es de 25 m³/ha/año, y con un máximo optimista de 30 m³/ha/año.

Conclusiones

El consumo anual promedio de leña en la producción de tejas, tejuelas y ladrillos huecos en el distrito de Tobatí es de 31 668 m³ (48 720 metros estéreos) y para los próximos 10 años de habría una demanda de 316 680 m³ (487 200 metros estéreos), para lo que se requeriría una superficie de 11 592 hectáreas de *Eucalyptus* spp.

Agradecimientos

Los autores agradecen a los responsables de las industrias cerámicas tanto por responder a las encuestas como por permitir el trabajo operativo dentro de sus instalaciones.

Referencias

- Aguilar Barojas, S. 2005. Fórmulas para el cálculo de la muestra en investigaciones de salud. *Salud en Tabasco* 11(1-2):333-338.
- Borsy, P; Ortiz, R; Balsevich, J; Schneider, R. 2013. Producción y consumo de biomasa só-

lida en Paraguay. Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Cabral, W. 2013. Determinación del poder calorífico en carbón vegetal de *Prosopis rustifolia* Griseb. en la región Occidental del Paraguay. Tesis de grado en Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

Cortés-Blobaum, HJ; Rodríguez-Laguna, R; Otazo-Sánchez, EM; Prieto-García, F; Frago-so-López, PI; Razo-Zárate, R. 2019. Patrones culturales de uso de leña en la primera área protegida de Latinoamérica, El Chico, México.

Curadelli, SG; Piastrellini, R; Arena, AP; López, M; Civit, BM. 2019. Análisis ambiental y social de ciclo de vida de la producción de ladrillos artesanales en Mendoza, Argentina.

Díaz Lezcano, MI; Mendieta Agüero, RA; Aparicio Meza, MJ; Ramírez Ortega, JD. 2021. Consumo de leña en olerías durante la etapa de cocción de ladrillos en el distrito de Tobatí, Paraguay. Revista Científica De La UCSA 8(3):75–88. DOI: <https://doi.org/10.18004/ucsa/2409-8752/2021.008.03.075>.

Enciso, A. 2008. Diagnóstico del consumo de leña en industrias olerías, en tres compañías del distrito de Itá. Tesis de grado en Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

FAO. 2009. Eucalipto en la repoblación forestal (en línea). Consultado 22 sep. 2016. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/004/ac459s/AC459S15.htm>.

González; N. 2016. Producción cerámica, uso de biomasa y sus implicancias en el ecosistema social de Tobatí, Departamento de Cordillera. Tesis de grado en Ingeniería Ambiental. Universidad Nacional de Asunción, San Lorenzo, Paraguay.

Hernández Sampieri, R; Fernández Collado, C; Baptista Lucio, P. 2004. Metodología de la investigación. 3ed. Chile, McGraw-Hill Interamericana. 705 p.

INFONA. 2010. Rentabilidad de la inversión en plantaciones de eucalipto con fines maderables

(en línea). Consultado 22 oct. 2016. Disponible en http://www.infona.gov.py/application/files/6914/3205/2230/Rentabilidad_Inversion_Forestal_05055015.pdf.

Kajiwara, Y. 2011. Producción de la teja Castellana en la República de El Salvador. Journal of the School of Letters 7:15–32.

Quirino, W; Teixeira, A; Abreu, A; Abreu, L; Dos Santos, A. 2005. Poder calorífico da madeira e de materiais lignocelulosicos. Revista Da Madeira 89:100–106.

Rodríguez, G; Ediesummer, RDMO; Echeverry, NV. 2013. Guía de cubicación de la madera. Corporación Autónoma Regional del Risaralda–CARDER, Unión Europea, Grafica Budas SAS Pereira, Colombia, 6–41.

Sanmartín, F; Tuba, A. 2015. Análisis y determinación de los costos de la explotación, procesamiento, acabado y comercialización de ladrillo y teja de los diferentes talleres de la Parroquia rural de Sinincay, cantón Cuenca año 2014. Tesis de Pregrado. UCuenca, Cuenca, Ecuador.

Triana, M. 2001. Factor de conversión de unidades “estéreo” a m³ para cuantificar volúmenes de leña (en línea). Consultado 22 oct. 2016. Disponible en <http://revistas.udistrital.edu.co/ojs/index.php/colfor/article/view/3206/4694>.

Vázquez, F. 2010. Aplicaciones de la biomasa en el mundo rural (en línea). Consultado 08 nov. 2016. Disponible en http://html.mundorural.com/biomasa_6.html.

Villacorta Regalado, YM. 2020. Características de la oferta, demanda y factores que influyen en la comercialización de leña en la ciudad de Bambamarca, Cajamarca.

Villalba, F. 2008. Consumo de leña en industrias de cerámicas en el Distrito de Tobatí, Departamento de Cordillera. Tesis de grado en Ingeniería Forestal. Universidad Nacional de Asunción, Asunción, Paraguay.