

Análisis de impactos productivos y ambientales de la implementación de ventiladores y cambio de combustible en ladrilleras artesanales de Riberalta, Beni.

Patricia Ruth Zavaleta Castellón

Investigadora independiente, Asesora Proyecto EELA gestión 2016

zavaleta_pat@hotmail.com

Resumen: El propósito de este artículo es analizar el caso de implementación de ventiladores, como alternativa tecnológica de eficiencia energética, y el cambio de combustible de leña a cáscara de castaña para la fabricación artesanal de ladrillos en hornos tipo volcán en el municipio de Riberalta. Los ladrilleros artesanales de Riberalta, Bolivia, utilizaban hasta finales del año 2015, leña como combustible principal para la cocción de ladrillos. Con la colaboración del Proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales – EELA, financiado por la Cooperación Suiza en Bolivia y ejecutado por Swisscontact; los productores artesanales de ladrillo de Riberalta, inicialmente trabajaron en la implementación de ventiladores en el proceso de cocción de los ladrillos, logrando consolidar una reducción en las cantidades de leña utilizada. Los productores, una vez que consolidaron el uso de ventiladores, vieron la facilidad de quema con cáscara de castaña y de forma empírica iniciaron su uso como combustible alternativo a la leña. Los cambios realizados significaron una mejora considerable de eficiencia en la cocción de ladrillos generando impactos positivos ambientales y productivos que ahora son analizados en tres puntos de referencia, línea base, implementación de ventiladores e implementación de biomasa, lo cual permite tener una referencia de cambios por etapas.

Entre los impactos positivos identificados se encuentran: mejora de la calidad del producto en un 5%, reducción de costos de inversión en más del 80%, reducción de gases de efecto invernadero en un 100%, considerando emisiones neutras del combustible y, finalmente, la reducción de la presión sobre el medio ambiente para la obtención de leña de desmonte.

Palabras clave: Biocombustible, cáscara de castaña, ladrilleras artesanales.

1 Introducción

La limitación de recursos fósiles, la preocupación por la calidad ambiental del aire y el Cambio Climático (CC), consecuencia de la generación de Gases de Efecto Invernadero (GEI), han impulsado el desarrollo de proyectos, estrategias y políticas en eficiencia energética y energías renovables.

En Bolivia, el Proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales – EELA, financiado por la Cooperación Suiza en Bolivia y ejecutado por Swisscontact – Fundación Suiza para el Desarrollo Técnico, ha investigado e implementado alternativas energéticas en los sectores ladrillero y yesero, logrando para el 2016, una reducción de más de 50 mil toneladas de CO₂ a nivel nacional con una participación en más de 23 zonas ladrilleras y yeseras (Velter S.R.L., 2016).

Un municipio de intervención fue Riberalta del Departamento del Beni, con 46 productores de ladrillo artesanal que utilizan el horno tipo volcán, caracterizado por su baja eficiencia, para producir 263 millares de ladrillo anualmente. El combustible utilizado por estos productores, hasta finales del 2015, cada horno utilizaba 240,5 ton año⁻¹ de leña proveniente de desmonte, generando un total de 420,20 t de CO₂ horno⁻¹ emitidos a la atmósfera (Swisscontact, 2016).

Dentro el proyecto EELA, en Riberalta se tuvo la participación de 50 hornos que implementaron ventiladores con el apoyo técnico y económico y, consecuentemente, realizaron cambio de combustible de leña a cáscara de castaña como una medida interna para la reducción de costos que les permita tener precios de mercado más competitivos.

El presente documento desarrolla, sistematiza y analiza los impactos productivos y ambientales que se han presentado como consecuencia de la implementación de ventiladores y cambio de combustible.

2 Planteamiento del problema de investigación

En las gestiones 2015 y 2016, los ladrilleros artesanales de la Asociación de Tejeros de Hamburgo, del Municipio de Riberalta, Beni, realizaron cambios importantes en el proceso de cocción de ladrillos. Entre estos cambios se tiene la implementación de ventiladores a través de gestiones realizadas por el proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales - EELA y, como consecuencia, a través de conocimientos empíricos, el cambio de combustible de leña a cáscara de castaña.

En este sentido, la presente investigación pretende determinar los impactos productivos y ambientales que generan las nuevas condiciones de cocción de ladrillo aplicadas por la Asociación de Artesanos en Tejería Hamburgo de Riberalta.

3 Objetivos

Identificar los impactos productivos y ambientales generados por el cambio de combustible e implementación de tecnología en procesos de cocción de ladrillos bajo los siguientes parámetros:

Productividad: calidad de productos, costos, horas de trabajo necesarias para la cocción de ladrillos.

Ambiental: Combustible utilizado, reducción de GEI.

4 Ladrilleras artesanales en Riberalta

Riberalta es un Municipio que se encuentra en el Departamento del Beni, Provincia Vaca Diez, con una población total de 89.022 habitantes (INE, 2012).

El Proyecto EELA inició actividades con los ladrilleros artesanales de Riberalta en la gestión 2015 a través de la realización de pruebas de cocción de ladrillos con ventiladores como muestra práctica del mejoramiento de la eficiencia de quema y, como consecuencia, reducción en el consumo de leña y tiempo, derivando en un ahorro de recursos económicos. La introducción de nueva tecnología tuvo resultados positivos y en menos de un año calendario, se masificó la quema con ventiladores y esto generó que los productores, de manera autónoma realicen el cambio de combustible a cáscara de castaña, dadas las características productivas de la zona y alta disposición de este biocombustible (Swisscontact, 2016).

De acuerdo a estudios realizados por el Proyecto EELA, se tienen los siguientes datos establecidos como línea base del presente estudio (Swisscontact, 2016):

- Productores: 46
- Cantidad de ladrillos producidos anualmente por horno: 263.000 unidades
- Peso promedio de ladrillo producido: 1,5 kg
- Peso de ladrillos producidos anualmente por horno: 395 t
- Leña utilizada para la cocción de ladrillos por año: 240,5 t año⁻¹
- Costo de combustible por millar de ladrillos: 265,87 Bs.
- Costo anual de combustible por horno: 9.997,00 USD

5 Eficiencia energética en hornos tipo Volcán

En el proceso de fabricación de ladrillos, la fase de cocción en los hornos es la etapa principal en términos energéticos, y también una de las más críticas de todo el proceso, en términos de calidad de los productos. En Bolivia, la tecnología más difundida para el proceso de cocción de los ladrillos, en el sector de la producción ladrillera artesanal, son los hornos volcán.

Este tipo de hornos fijos artesanales son de fuego directo, su estructura consiste básicamente de cuatro paredes construidos de ladrillos y/o adobes (no poseen techo, ni chimenea), generalmente son de geometría rectangular, abierto a la atmósfera en

la parte superior, y son de tiro ascendente (el calor y los gases de combustión generados, fluyen de abajo hacia arriba, al interior del horno). Los ladrillos a cocer, se van apilando de modo que, al interior del horno la carga de la base inferior se va reduciendo conforme se avanza con el acomodado de los ladrillos crudos hacia la sección superior. Es decir, el área rectangular del horno cargado, en la parte superior es menor que la base rectangular inferior, dando la impresión de un volcán de ahí el denominativo a esta clase de hornos (IMG Consulting, 2013).

Los hornos artesanales volcán se caracterizan, además por tener muy baja eficiencia energética, puesto que es una tecnología muy antigua y poco desarrollada. Según estudios del Programa EELA, el aprovechamiento efectivo de la energía (calor) generada para la cocción de la carga de ladrillos, se encuentra, tan solo alrededor del 16%, de modo que la gran mayoría de la energía se pierde por mecanismos de transferencia de calor, ineficiencias del horno, métodos y procedimientos inadecuados de trabajo, entre algunas deficiencias y características de este tipo de tecnología.

De este modo, el consumo específico de energía oscila entre 3,0 y 4,0 MJ/kg de producto, lo que también nos indica la baja eficiencia energética del horno. Los rendimientos en términos de calidad de productos, con y sin ventilador varían entre 90% y 95%, respectivamente, lo que implica una mejora del 5% en calidad de ladrillos en función a las principales características de calidad definida para los ladrillos; tales como el punto óptimo de cocción, uniformidad dimensional y acabado superficial de las piezas de ladrillo, entre algunas (GISE, 2012).

Tabla 1. Características principales de los hornos de baja eficiencia

TIPO DE HORNO	Nivel de inversión	Capacidad de Producción	Combustible utilizado	Consumo específico de energía
	US\$ (x10 ³)	Millares		MJ/kg producto
<i>Campaña (Hornos abiertos sin paredes fijas)</i>	0,5 - 2,5	7 – 70	Leña	3,5 - 5,5
<i>A fuego dormido (Colombia, Ecuador)</i>	2,5	~20 – 60	Carbón	2,5 - 3,5
<i>Volcán (Bolivia)</i>	2,0	10 – 142	Gas natural, carbón, leña, aserrín	3,0 - 4,0
<i>Abierto de paredes fijas (Caipira)</i>	2,3 – 15	2 – 60	Leña	3,0 - 5,0
<i>Paulistinha (Horno de tiro descendente usados en Brasil)</i>	28 – 46	50 – 75	Leña, aserrín	2,5 - 4,0

Fuente: Elaboración propia, en base a GISE, 2012.

En este contexto, durante la ejecución del Programa EELA, se evaluaron e implementaron algunas alternativas u opciones tecnológicas en función de mejorar la eficiencia energética en los procesos de cocción de los ladrillos ya que para tener una buena operación en un horno y generar productos de calidad, es importante tener una buena combustión (Swisscontact, 2016).

La combustión es el proceso que transforma la energía química del combustible en calor que, a su vez, es transmitido hacia la carga procesada (ladrillos). Una buena combustión exige una serie de cuidados, pero debe partir de un correcto dimensionamiento de las hornillas o cámaras de combustión en función al tipo de combustible y la carga a ser procesada (Coalición Clima y Aire Limpio Para Reducir Contaminantes de Vida Corta, 2016).

Por ejemplo, una cámara de combustión muy pequeña, alimentada con mucha leña, puede no recibir aire suficiente para una buena quema, y generar mucho hollín y desperdicio de energía. Además del correcto dimensionamiento de las cámaras de combustión, del control de combustión y de la alimentación de combustible lo más continua posible, el hecho de emplear aire forzado (inyección de aire) por medio de ventiladores, cuando es bien operado, puede permitir la reducción del tiempo de quema y del consumo de combustible en el orden de 30%, así como la mejora en la calidad del producto por el adecuado suministro de calor a la carga del horno (Coalición Clima y Aire Limpio Para Reducir Contaminantes de Vida Corta, 2016).

La alternativa tecnológica de utilizar los ventiladores, logra reducir problemas frecuentes de mala distribución del calor en el horno, evitando la quema con llama de color amarillenta y generación excesiva de hollín, los cuales son indicadores de combustión ineficiente por falta de aire y en consecuencia se pierde energía. Evidentemente, el uso de ventiladores, genera un consumo de electricidad o combustibles líquidos (gasolina, diésel), pero que no representa una afectación negativa en la estructura de los costos de producción, al contrario, puede ser compensado, con creces, por la economía de leña, la reducción en los tiempos de operación, y el mejoramiento de la calidad final de los productos (Coalición Clima y Aire Limpio Para Reducir Contaminantes de Vida Corta, 2016).

Es así que, en la operación del proceso de cocción de los ladrillos, con la utilización de los ventiladores, se logra obtener un aprovechamiento efectivo de la energía (calor) generada, mayor al 26%, que es una mejora significativa, en relación a la operación sin ventilador. Los rendimientos en función a la calidad de los productos, superan el 90% con la implementación de esta alternativa tecnológica (GISE, 2012).

Adicionalmente, se han desarrollado e implementado estructuras de hornos eficientes como horno de Tiro Inventido para ladrilleras y Rotatorio para yeseras (Swisscontact, 2016), entre otros.

6 Cáscara de castaña como fuente bioenergética

La castaña comercial se encuentra en los bosques amazónicos de Bolivia, Brasil y Perú, del cual el 70% de la producción mundial se encuentra en Bolivia. Aproximadamente 22% de la Amazonía Boliviana se encuentra en la Provincia Vaca Diez del Beni. Por esta razón, la economía extractiva de castaña y su venta con y sin cáscara, se ha convertido en la principal fuente de ingresos de los pobladores de la región, siendo el generador de mayor movimiento económico del norte de Bolivia con más del 75% de los ingresos representados por la castaña (Viceministerio de Comercio Interno y Exportaciones, 2011).

La importancia de la castaña no se limita al aporte económico que brinda, sino también a la preservación de la selva Amazónica ya que su explotación permite frenar la depredación de los bosques (Viceministerio de Comercio Interno y Exportaciones, 2011). Adicionalmente, los residuos sólidos del proceso productivo de castaña genera cantidades importantes de cáscara que gracias a su poder calorífico, se ha convertido en una biomasa residual potencial para la generación de energía (Vincenti, 2011).

La zona de Riberalta, ubicada en la provincia Vaca Diez, se caracteriza por ser una zona productora de castaña, donde los residuos generados por esta actividad son desechados a las laderas de las carreteras, áreas deshabitadas, áreas de extracción de suelos o el río, para su descomposición natural, generando áreas con riesgo de

hundimiento, dada la naturaleza del material. Se tienen registros de que la cáscara de castaña, dado su poder calorífico y alta disposición a precios bajos (en algunos casos solo gasto de transporte), fue utilizada como biocombustible para:

- a) La generación de electricidad a través de un proyecto implementado en 1997 por National Rural Electric Cooperative Association – NRECA, conjuntamente con la Cooperativa Eléctrica de Riberalta (CER). El proyecto, que tenía como finalidad proporcionar energía eléctrica a la población de Riberalta, contaba con una conversión de biomasa de 1MW. Para esto se tenía una proporción de 90% cáscara de castaña y 10% desechos de madera. (Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas del Ministerio de Hidrocarburos y Energía, 2014). Sin embargo, otro documento elaborado por la FAO, menciona que el generador instalado tiene una capacidad de 0.75 MW con una generación real de 0,67 MW (Vincenti, 2011).
- b) Producción de Pellets para generación de energía en zonas alejadas donde los combustibles tradicionales como los combustibles fósiles, no son accesibles fácilmente. El 2012 se ha creado la empresa PELLETBOL en el Salar de Uyuni que procesa la cáscara de castaña generada en Riberalta para la producción de pellets para su uso en calefacción. (PelletBol, 2017).
- c) Ladrilleras artesanales, de acuerdo a estudio de Diagnóstico de las Cadenas Productivas de la Madera y Castaña en el Mercado Doméstico de Riberalta-Beni, se tiene registro del uso de cáscara de castaña en cantidades indeterminadas, descrito así por su bajo consumo, pero se establece la leña de desmonte como fuente principal de combustible (Cano-Cardona, 2013). Ver Figura 1:

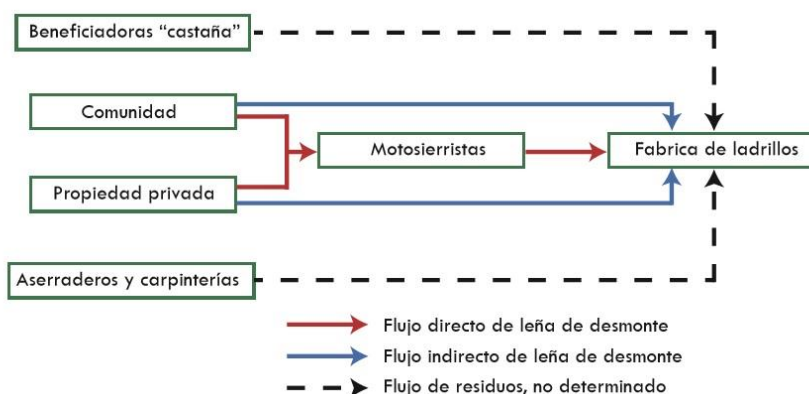


Figura 1: Cadena productiva de leña para producción de ladrillo en Riberalta (Cano-Cardona, 2013).

La cáscara de castaña era utilizada en la fase de encendido de horno y no así en la cocción completa de ladrillo dada la dificultad de su combustión en grandes cantidades y generación de más humo que la leña dada la característica de combustión ineficiente del horno tipo volcán.

Para determinar la energía que puede ser aprovechada de una determinada biomasa, se debe considerar su poder calorífico. Como parámetro comparativo, se considera la cáscara de castaña y la leña con mayor uso en el sector ladrillero, el Tejeyeque con resultados plasmados en la Tabla 1.

Tabla 2. Poder Calorífico Superior (PCS) de Tejeyeque y cáscara de castaña.

Material	PCS [cal/g]
Tejeyeque	4.186,50
Cáscara de castaña	4.506,07

Fuente: Elaboración propia en base a estudios realizados por IDEPROQ a solicitud de Swisscontact (IDEPROQ, 2015).

Un factor importante a considerar, además del poder calorífico, es el contenido de humedad presente, definida como cantidad de agua expresada en porcentaje del peso. La biomasa, cuando es quemada, primero evapora el agua para luego disponer el calor para el proceso productivo, determinando así la energía que se puede obtener del biocombustible. Por lo tanto, el control de humedad se establece como un punto crítico en este tipo de proceso. A mayor porcentaje de humedad, menor poder calorífico.

7 Biomasa y emisiones de gases de efecto invernadero

La biomasa, está definida por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC) como la *“masa total de organismos vivos presentes en un área o volumen dado; el material vegetal recientemente muerto suele estar conceptualizado como biomasa muerta”*.

El IPCC, como instancia de referencia respecto a investigaciones y estadísticas relacionadas con el Cambio Climático, ha desarrollado Directrices para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero, esto con la finalidad de poder cuantificar las emisiones y que estas puedan ser comparables entre regiones o países. Ente los valores promedio de referencia que presenta el IPCC para realizar los cálculos correspondientes, se encuentran los valores calóricos netos y factores de emisión por fuente (IPCC, 2006). En la Tabla 3 se presentan dichos valores para el caso de estudio.

Tabla 3. Valores de referencia establecidos por el IPCC

Valor calórico neto		Factores de emisión por fuente	
Leña TJ/Gg	Biomasa sólida TJ/Gg	Madera tCO ₂ /TJ	Biomasa sólida tCO ₂ /TJ
15,6	11,6	112	100
15,6	11,6	112	100

Fuente: Sistematización propia en base a IPCC, 2006.

Es importante mencionar que cuando se refiere a estadísticas nacionales de energía y balances, los datos de la biomasa suelen tener un alto grado de incertidumbre ya que una gran fracción de la biomasa, usada para energía, puede ser parte de la economía informal, sin contar con registros sólidos (IPCC, 2006). A esto se añade que para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero, las emisiones generadas por el uso de biomasa se consideran neutras, esto considerando que la biomasa primero ha absorbido el CO₂ de la atmósfera, emitiéndolo nuevamente en su combustión. Por lo tanto, se aplica a la biomasa pura un factor de emisión de cero (Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, 2011).

El IPCC también ha desarrollado un método alternativo para estimar los datos de la actividad para el uso de la madera combustible en el sector AFLOU (Agricultura, Silvicultura y otros usos del Suelo, por sus siglas en inglés) y recomienda que al realizar el inventario se tenga cuidado no realizar conteos dobles de emisiones (IPCC, 2006).

Las emisiones de gases de efecto invernadero de la combustión de la biomasa no se incluyen en los inventarios totales nacionales, pero se las registra como elemento informativo (cuando es posible) a los fines de la verificación cruzada y para evitar el cómputo doble (IPCC, 2006). El PNUMA presenta una relación de emisiones históricas de GEI con y sin consideración de la quema de biomasa a gran escala (PNUMA, 2015).

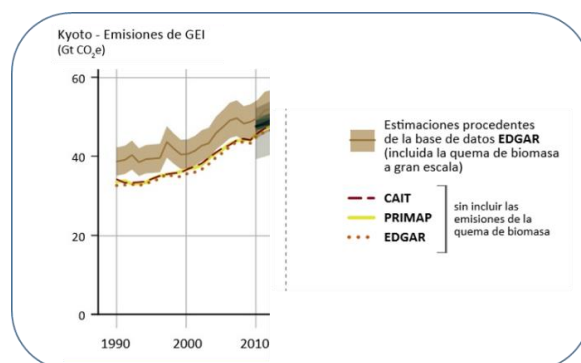


Figura 2: Emisiones históricas de GEI. Fuente: Sustraído del gráfico de emisiones históricas y proyecciones hasta el 2050 de PNUMA, 2015

Romero, en su estudio sobre aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles, menciona que el “*uso de biomasa o de sus derivados puede considerarse neutro en términos de emisiones sólo si se emplea en cantidades a lo sumo iguales a la producción neta de biomasa del ecosistema que se explota*” (Romero Salvador, 2010). Es decir, se debe considerar la procedencia de la biomasa que se utilizará.

El impacto del uso de biomasa sobre la biodiversidad no se limita solamente a su uso energético, sino también a otros factores ambientales como biodiversidad, funcionamiento hidrológico o la protección del suelo (Romero Salvador, 2010) entre otros. Debido a las dificultades e incertidumbres de los estudios relacionados con biomasa y GEI, existe una gran disparidad de conclusiones sobre el comportamiento ambiental de la biomasa (Romero Salvador, 2010).

8 Metodología

Considerando que los informes finales del Proyecto EELA presentan datos de cierre a nivel nacional, como procedimiento inicial para la presente investigación, se determinó el número de hornos en Riberalta que implementaron el uso de ventiladores y cambio de combustible para la cocción de ladrillos. Se consideraron:

- a) La lista de hornos que usan ventilador, realizada en fechas 15 y 16 de Junio de 2016 en coordinación con la Asociación de Artesanos en Tejería Hamburgo – Riberalta donde se especifican datos como: Productor, teléfono, número de hornos, uso de ventilador, combustible utilizado y firma del productor como respaldo de la veracidad de la información recogida (Swisscontact, 2016).
- b) Reporte de Prueba de tecnología y descarga EELA, de fecha agosto 2016, donde se especifican datos como: Productor, C.I., teléfono, características de

la combustión con y sin ventilador y firma del productor, entre otros (Swisscontact, 2016).

Ambos respaldos fueron obtenidos por el Proyecto EELA en gestiones de campo.

Para el análisis de impactos productivos y ambientales, se han seleccionado cuatro parámetros de referencia, para lo cual se han considerado los datos e información disponible dentro del Proyecto de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales – EELA.

En lo referente a **impactos productivos**, se han analizado tres factores:

Calidad del producto

Considerando que ya se tienen estudios relacionados con la implementación de ventiladores e incremento de eficiencia energética en ladrilleras artesanales, se usaron los mismos como referencia para el análisis y discusión. Respecto a la calidad del producto por cambio de combustible, se realizó una evaluación en base al criterio que los ladrilleros artesanales tienen sobre su producto. No se tiene mayor información registrada respecto a calidad de producto cuando el combustible utilizado es cáscara de castaña, en este sentido, se realizó entrevista vía teléfono a la productora Vilma Villarroel Rivera en fecha 10 de septiembre del 2017. Entre las preguntas realizadas se consultó sobre:

- Uso de ventiladores a la fecha,
- Calidad de ladrillo cuando la quema se realiza con leña y cuando se realiza con cáscara de castaña,
- La diferencia de tiempo de quema entre el proceso de cocción con leña y cáscara de castaña,
- Situación actual de consumo de combustible considerando la bajada en la producción de castaña

Costos

Se ha realizado un análisis cuantitativo de reducción de costos en la adquisición de combustible a través de una comparación en tres diferentes momentos:

- Inicial, se tomaron datos de la tabla de seguimiento de monitoreo del Proyecto EELA de acuerdo a Ficha de actividad - datos tabla de seguimiento monitoreo EELA.
- Implementación de ventiladores, datos calculados en base a reportes de prueba de tecnología realizados a 10 productores en las gestiones 2015-2016, donde se especifica los volúmenes de leña utilizado con y sin uso de ventilador, tiempo de cocción, datos de los productores, entre otros

(Swisscontact, 2016). Se calculó el porcentaje de reducción de uso de combustibles y se relacionó al valor inicial de referencia obteniendo un porcentaje de reducción de costos. Este cálculo permite determinar el impacto exclusivo del uso de ventilador.

- Implementación cambio de combustible, a través del análisis de encuestas realizadas por el proyecto EELA en agosto del 2016, donde participaron 6 productores de ladrillos que operan un total de 11 hornos tipo volcán, siendo un 18,6% del total de hornos en operación en la gestión 2016 (Swisscontact, 2016).

Horas de trabajo

Se considera las horas de trabajo necesarios para la cocción de ladrillos, se ha calculado la diferencia de tiempos de acuerdo a los reportes de prueba de tecnología (descritos en metodología de cálculo de costos), información que permite hacer una comparación entre el antes y después del uso de ventilador. No se tienen datos de variaciones de tiempo de cocción usando leña y cáscara de castaña, en este sentido, se realizó entrevista vía teléfono a la productora Vilma Villarroel Rivera en fecha 10 de septiembre del 2017. Entre las preguntas realizadas se consultó sobre la diferencia de tiempo de quema entre el proceso de cocción con leña y cáscara de castaña.

En lo referente a **impactos ambientales**, se analizan dos factores:

Combustible

El combustible utilizado y variación de cantidad utilizada expresada en peso, fue calculado en tres momentos:

- Inicial, se tomaron datos de la tabla de seguimiento de monitoreo del Proyecto EELA (Swisscontact, 2016)
- Implementación de ventiladores, datos calculados en base a reportes de prueba de tecnología (descritos en la metodología de costos). Este cálculo permite determinar el impacto exclusivo del uso de ventilador. , que permiten comparar la variación de combustible utilizado por millar de ladrillo producido con y sin el uso de ventiladores. Se calculó el porcentaje de reducción de uso de combustibles y se relacionó al valor inicial de referencia obteniendo un porcentaje de reducción de este insumo.

- Implementación cambio de combustible, a través del análisis de encuestas realizadas por el proyecto EELA en agosto del 2016 (descritos en la metodología de costos).

Se calcularon porcentajes de variación de combustible en peso en referencia al dato inicial.

Emisiones de gases de efecto invernadero

Calculados en base a combustible utilizado (datos calculados en el punto anterior) y las directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Se calcularon porcentajes de variación de emisiones en t CO₂ para uso de ventiladores y cambio de combustible en referencia al dato inicial.

En el análisis también se considera la neutralidad de emisiones de CO₂ para lo que es combustión de biomasa a través de revisión bibliográfica correspondiente.

9 Resultados

A continuación se hace referencia a cada uno de los resultados obtenidos, los cuales son presentados en el orden establecido en la metodología.

Como dato de referencia base y de acuerdo a procedimiento citado en metodología, se tiene como resultado un total de 50 hornos que implementaron ventiladores y, con ello, cambio de combustible para la cocción de ladrillos.

Calidad del producto

En revisión bibliográfica se tiene establecido un incremento del 5% en la calidad del producto por uso de ventilador usando leña como combustible. Respecto al cambio de combustible, en entrevista realizada a productora de ladrillos, menciona que la calidad del ladrillo está relacionada con la humedad de la cáscara de castaña. A mayor humedad menor rendimiento. El rendimiento es similar a la quema con leña cuando la cáscara de castaña no presenta altos niveles de humedad (Villarreal Rivera, 2017).

Costos

De acuerdo a la Tabla 4, se observa una reducción paulatina de inversión en combustible.

Tabla 4. Costos promedio anuales por horno de acuerdo al combustible utilizado

Tipo de combustión	Costo USD horno⁻¹año⁻¹	Diferencia porcentual*
---------------------------	---	-----------------------------------

Combustión con leña	9.997	-
Combustión con leña y ventilador	6.848	31,50%
Combustión con cáscara de castaña y ventilador	1.675	83,24%

*Porcentaje de reducción respecto a situación inicial (uso de leña sin ventilador)

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por Swisscontact citados en metodología.

Para el cálculo de combustión con cáscara de castaña y ventilador se consideró que 10 de los 11 hornos registrados en las encuestas cuentan con uso de ventiladores. Adicionalmente, de los 10 hornos que realizaron cambio de tecnología, el 30% realiza un uso mixto de combustible, es decir, que utiliza cáscara de castaña en época de sequía y leña en temporada de lluvia. Se tabularon las 10 encuestas respetando el uso exclusivo y mixto ya que se considera que ocasionalmente se usa leña para casos puntuales y los datos tratan de estar lo más cercanos a la realidad.

De acuerdo a datos tabulados, la tonelada de cáscara de castaña tiene un costo de 6,98 dólares americanos y la tonelada de leña 41,57 dólares americanos. Considerando los resultados de cálculos de combustible utilizado tanto de castaña como de leña, 145,86 y 15,81 toneladas, respectivamente, se tiene un total de 1.675,32 dólares americanos anuales.

Horas de trabajo

De acuerdo al análisis estadístico realizado a los reportes de quema, se tiene una reducción de tiempo de quema promedio de 29,3 h a 19,3 h, con la implementación de ventiladores para la combustión de leña con una reducción del 34,13%, promedio de 10 h horno⁻¹. Traduciendo esto en costos por quema, considerando la participación de dos operadores, se traduce en un ahorro de 240 Bs. quema⁻¹, haciendo un total anual de 551,72 USD, considerando el promedio de 16 quemas horno⁻¹año⁻¹.y un salario de 12 Bs. por hora (salario calculado en base al mínimo nacional).

Respecto al cambio de combustible, en entrevista realizada a productora de ladrillos, se menciona que el tiempo de quema está determinado por el grado de humedad de la leña y cáscara de castaña, según sea el caso, incrementando un 20%, es decir a 23,16 h aproximadamente. Por otro lado, el tipo de trabajo varía ya que la participación del operador debe ser más constante por el incremento en la alimentación de combustible al horno (Villarroel Rivera, 2017).

Traduciendo esto en costos por quema, considerando la participación de dos operadores, se traduce en un incremento de 144 Bs. quema⁻¹, haciendo un total anual de 331,03 USD, considerando el promedio de 16 quemas horno⁻¹año⁻¹.y un salario de 12 Bs. por hora.

Tabla 5. Horas promedio de cocción de ladrillos

Tipo de combustión	Horas H	Diferencia porcentual*
Combustión con leña	29,3	-
Combustión con leña y ventilador	19,3	34,13%
Combustión con cáscara de castaña y ventilador	23,16	20,96%

*Porcentaje de reducción respecto a situación inicial (uso de leña sin ventilador)

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por Swisscontact citados en metodología

Combustible

La Tabla 6 muestra el cambio gradual de consumo de combustible expresado en peso.

Tabla 6. Consumo de combustible en promedio anual por horno

Tipo de combustión	Peso [toneladas]	Diferencia porcentual*
Combustión con leña	240,5	-
Combustión con leña y ventilador	164,7	31,5%
Combustión con cáscara de castaña y ventilador	161,7	32,7%

*Porcentaje de reducción respecto a situación inicial (uso de leña sin ventilador)

Fuente: Elaboración propia en base a datos proporcionados por Swisscontact citados en metodología.

De acuerdo a cálculos realizados a los reportes de prueba de tecnología, se tiene una reducción del 31,5% en el consumo de leña con la implementación de ventiladores.

Para el cálculo de consumo de cáscara de castaña, los resultados tabulados sobre 10 hornos, muestra un consumo de 145,86 t de castaña y 15,81 t de leña al año, haciendo un total de 161,67 toneladas de combustible.

Emisiones de gases de efecto invernadero

En base al combustible promedio anual utilizado por horno y considerando el factor de emisiones de CO₂ establecidos como valores de referencia por el IPCC, se ha calculado los valores referenciales presentados en la Tabla 7 (IPCC, 2006) para emisiones iniciales con uso de leña sin ventilador y finales con uso de cáscara de castaña y ventilador.

Tabla 7. Cálculo de emisiones de CO2 a la atmósfera

Valores	Cantidad anual combustible utilizado		Valor calórico neto		Factores de emisión por fuente		Emisiones por fuente		Emisiones	Factor de emisión
	Leña	Biomasa sólida	Leña	Biomasa sólida	Madera	Biomasa sólida	Madera	Biomasa sólida		
	t	t	TJ/Gg	TJ/Gg	tCO ₂ /TJ	tCO ₂ /TJ	kg CO ₂	kg CO ₂	tCO ₂	tCO ₂ /t ladrillo
Iniciales	240,5	0	15,6	11,6	112	100	420.202	0	420,20	1,06
Finales	15,81	145,86	15,6	11,6	112	100	27.623	169.198	196,82	0,52

Fuente: Elaboración propia en base a datos del IPCC (IPCC, 2006) y datos proporcionados por Swisscontact citados en metodología.

Tabla 8. Cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero

Tipo de combustión	Emisiones	tCO ₂	Diferencia porcentual*
Combustión con leña		420,20	-
Combustión con leña y ventilador		287,84	31,5%
Combustión con cáscara de castaña y ventilador		196,58	53,22%

*Porcentaje de reducción respecto a situación inicial (uso de leña sin ventilador)

Fuente: Elaboración propia en base a datos del IPCC (IPCC, 2006) y datos proporcionados por Swisscontact citados en metodología.

Para calcular la reducción de emisiones de CO₂ con el uso de ventilador en el horno a leña, se considera el porcentaje de 31,5%, referente a la reducción de uso de leña y, por lo tanto, proporcional a la reducción de emisiones, teniendo como resultado 287,84 toneladas de CO₂ emitidas por hornos tipo volcán que utilizan leña y ventilador en Riberalta.

La Tabla 8 muestra el resumen de las emisiones de CO₂ de acuerdo a los tres puntos de análisis determinados para el presente estudio.

Todos los resultados presentados se resumen en la 0.

Tabla 9. Variaciones porcentuales por implementación de ventilador y cambio de combustible para la cocción de ladrillos, respecto a situación inicial.

Tipo de combustión	Calidad	Costo	Tiempo	Peso Combustible	Emisiones CO ₂
Combustión con leña	-	-	-	-	-
Combustión con leña y ventilador	+5%	-31,50%	-34,13%	-31,5%	-31,5%
Combustión con cáscara de castaña y ventilador	Variable	-83,24%	-20,96%	-32,7%	-53,22%

Fuente: Elaboración propia

Considerando que la cáscara de castaña tiene emisiones neutras en su combustión, para el cálculo de emisiones finales del inventario Nacional de GEI, la reducción de emisiones sería del 100%.

10 Análisis y discusión

Los impactos en la producción de manera general son positivos, con el uso de ventilador la calidad del producto mejora y los costos y tiempos utilizados para la cocción de ladrillo son menores, reduciendo los costos de inversión inicial. Con el uso de cáscara de castaña, los costos bajan por la disponibilidad y bajos precios de la biomasa, en algunos casos, reducido solamente a costos de transporte. Sin embargo, el tiempo de cocción se incrementa respecto al uso de leña con ventilador y se requiere mayor participación del operador ya que la alimentación del horno es más continua que con leña.

Es importante considerar en este punto las características de la cáscara de castaña como combustible con factores como porcentaje de humedad y facilidad de alimentación al horno ya que generan un impacto directo en la calidad del producto y proceso de cocción de ladrillo.

El incremento en la eficiencia en la cocción de ladrillos en hornos tipo volcán con el uso de ventiladores, presentan impactos positivos directos en lo que se refiere a reducción de emisiones de gases de combustión y gases de efecto invernadero.

Como impacto indirecto, la reducción de uso de leña de desmonte, minimiza la presión sobre los ecosistemas para la obtención del combustible tradicional a través de desmonte o deforestación, impacto también positivo.

Respecto al cambio de combustible, el uso de cáscara de castaña, al ser un residuo de la industrialización de la castaña, actividad positiva en la zona por valorizar las selvas Amazónicas y evitar su deforestación, se identifican los siguientes beneficios:

(+) Completa el ciclo de la cadena de valor de la castaña al utilizar sus residuos como un biocombustible.

(+) El biocombustible, al ser un residuo, no genera deforestación ni compite por la producción de alimentos o uso de suelo.

(+) Se reducen las emisiones de gases de efecto invernadero a la atmósfera.

Si bien el cambio de combustible es de biomasa a biomasa, consideradas de emisiones neutras, es importante aclarar la importancia de la procedencia de las mismas. La generación de GEI de la leña puede medirse también a través de un análisis en el sector AFLOU por el desmonte/deforestación, por el contrario, la cáscara de castaña es un residuo de un proceso y no genera presión que dañe la flora ni fauna de la región ni genere un cambio en el uso de suelo.

En este sentido, se puede considerar que las emisiones del uso de cáscara de castaña son realmente neutras reduciendo la emisión de GEI en un 100%.

Sostenibilidad de los cambios implementados

El uso de ventilador es sostenible en el tiempo y recuperable en su costo de inversión (GISE, 2012), más aun considerando que los costos de ventiladores han reducido y se pueden adquirir desde 8.000,00 USD y el costo de mantenimiento aproximado es de 200,00USD año⁻¹ (Swisscontact, 2016).

Respecto al uso de cáscara de castaña, se debe considerar principalmente la disponibilidad de este insumo. Sobre este punto, en la gestión 2017, la producción de castaña se ha reducido en un 70% generando una fuerte crisis en el área. Esta reducción, de acuerdo a nota emitida por la Cámara de Senadores, se debe a la falta de lluvias en la Amazonía Boliviana como consecuencia del cambio climático, la tala ilegal y la degradación de los bosques.

Esto nos muestra que las acciones para un cambio de combustible deben incluir gestiones de protección de los recursos naturales para que esto pueda ser sostenible

en el tiempo. Adicionalmente, considerar que la disponibilidad de la biomasa también depende de condiciones climáticas, para lo cual se deben generar políticas nacionales para reducción de riesgos causados por el Cambio Climático.

Lamentablemente, esta situación ha llevado a la industria artesanal ladrillera de Riberalta a volver a realizar su procedimiento de cocción de ladrillos con el uso de leña de desmonte, lo cual, paradójicamente incrementa la degradación de los bosques y deforestación, incrementa las emisiones de gases de efecto invernadero tanto por la combustión del material como por la reducción de área que pueda ser sumidero de GEI, incidiendo en el cambio climático.

11 Conclusiones

Se han identificado impactos positivos tanto en la producción como el medio ambiente. El impacto en la producción es directo, mejorando la calidad de productos en un 5% y reduciendo costos de inversión en más del 80%.

El impacto en el medio ambiente es directo, en lo que se refiere a emisiones de gases de combustión y gases de efecto invernadero, hasta en un 100% en GEI. El impacto también es indirecto en lo que se refiere a reducción de la presión sobre el medio ambiente para la obtención de leña de desmonte, actividad que incide en la deforestación y degradación de los bosques.

Lamentablemente, la disposición de cáscara de castaña está sujeta a la producción de castaña y, esta a su vez, está condicionada a factores climáticos y de preservación y conservación (de acuerdo al caso) del Amazonas Boliviano.

Se recomienda que para un mejor manejo de la cáscara de castaña como combustible, se realicen estudios para identificar la factibilidad de que la biomasa pueda pasar por un proceso de pelletizado que incremente su densidad y el porcentaje de humedad sea el óptimo. Adicionalmente a esto, se debe considerar la implementación de dosificadores de biomasa a fin de facilitar el proceso productivo de ladrillo artesanal.

Agradecimiento

Se agradece a la Fundación Suiza para el Desarrollo Técnico – Swisscontact, por la disponibilidad de datos del Proyecto EELA y la apertura para su análisis y difusión a través del presente documento.

Referencias Bibliográficas

- [1] Cano-Cardona, W. M. (2013). *Diagnóstico de las cadenas productivas de la madera y castaña en el mercado doméstico de Riberalta-Beni, Bolivia*. Santa Cruz: Tropenbos Internacional & Instituto Boliviano de Investigación Foresta.
- [2] Coalición Clima y Aire Limpio Para Reducir Contaminantes de Vida Corta. (2016). *Manual de Capacitación Sector Ladrillero en América Latina*. Perú: Swisscontact.
- [3] Comisión Interdepartamental del Cambio Climático. (2011). *Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero*. Catalunya: Comisión Interdepartamental del Cambio Climático, Catalunya.
- [4] GISE. (2012). *Producción más limpia para ladrilleras artesanales*. Cochabamba: Swisscontact.
- [5] IIDEPROQ. (2015a). *Informe de análisis de cáscara de castaña N° IIDEPROQ 030-2015*. La Paz.
- [6] IIDEPROQ. (2015b). *Informe de análisis Tejejeque N° IIDEPROQ 031-2015*. La Paz.
- [7] IMG Consulting. (2013). *Diagnostico de Mercado del Sector Ladrillero Artesanal a Nivel Nacional*. Cochabamba: Swisscontact.
- [8] INE. (2012). *Instituto Nacional de Estadística*. Obtenido de www.ine.gob.bo
- [9] IPCC. (2006). *Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*.
- [10] PADIC S.R.L. (2013?). *Plan económico financiero de alternativa tecnológica para el sector ladrillero artesanal*. Cochabamba: Swisscontact.
- [11] PelletBol. (1 de septiembre de 2017). *PelletBol*. Obtenido de <http://www.pelletbol.com>
- [12] PNUMA. (2015). *Informe de 2015 sobre la disparidad en las emisiones*. Nairobi: Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA).
- [13] Romero Salvador, A. (2010). Aprovechamiento de la biomasa como fuente de energía alternativa a los combustibles fósiles. *Rev.R.Acad.Cienc.Exact.Fís.Nat. (Esp)*, 331-345.
- [14] Swisscontact. (25 de Agosto de 2016a). *Biomasa sostenible como alternativa económica y ambiental*. Obtenido de <http://www.swisscontact.org/es/country/bolivia/noticias/news-detail/news/biomasa-sostenible-como-alternativa-economica-y-ambiental.html>

-
- [15] Swisscontact. (22 de Agosto de 2016b). *Encuestas-Preguntas sobre la producción en ladrilleras y el impacto del programa. Para encuestas de unidades productivas*. Riberalta, Bolivia.
- [16] Swisscontact. (2016c). *Ficha de Actividad - Datos tabla de seguimiento monitoreo EELA*. Cochabamba.
- [17] Swisscontact. (15-16 de Junio de 2016d). *Lista de hornos que usan ventilador*. Riberalta, Bolivia.
- [18] Swisscontact. (2016e). *Ofertas de tecnologías eficientes para ladrilleras y yeseras artesanales en Bolivia*. El Hornero Tecnológico, 18.
- [19] Swisscontact. (Agosto de 2016f). *Reportes de prueba de tecnología y descargo EELA en Riberalta*. Riberalta, Bolivia.
- [20] Velter S.R.L. (2016). *Reporte de evaluación de salida. Programa de eficiencia energética en ladrilleras artesanales. Fase II*. Cochabamba: Swisscontact.
- [21] Viceministerio de Comercio Interno y Exportaciones. (2011). *Perfil Producto Castaña*. La Paz: Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural.
- [22] Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas del Ministerio de Hidrocarburos y Energía. (2014). *Plan para el Desarrollo de las Energías Alternativas 2025*. La Paz.
- [23] Villarroel Rivera, V. (10 de septiembre de 2017). *Consulta sobre quema con leña y cáscara de castaña*. (P. Zavaleta, Entrevistador)
- [24] Vincenti, L. F. (2011). *Estado del Arte y Novedades de la Bioenergía en Bolivia*. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura