



EL MISIONERO DEL AGRO

EVALUACIÓN ECONÓMICA Y AMBIENTAL
DEL CAMBIO DE ENERGÍA CONVENCIONAL A
SISTEMAS DE ENERGÍA LIMPIA EN EMPRESAS
AGROINDUSTRIALES DE LA CIUDAD DE
GUAYAQUIL

ECONOMIC AND ENVIRONMENTAL
APPRAISAL OF CHANGE OF CONVENTIONAL
ENERGY USE A CLEAN ENERGY SYSTEMS IN
AGRIBUSINESS COMPANIES IN GUAYAQUIL

Autores: Wladimir Illescas Burneo
Universidad Agraria del Ecuador
taromenane@gmail.com

Javier Del Cioppo Morstadt
Universidad Agraria del Ecuador
jdelcioppo@uagraria.edu.ec

Universidad Agraria del Ecuador Campus Guayaquil
Av. 25 de Julio y Pío Jaramillo (vía puerto Marítimo)
Teléfonos: +593(4)2439995 +593(4)2439394
www.uagraria.edu.ec

Fecha de presentación: 30/octubre/2015
Fecha de aceptación: 04/diciembre/2015

Autores: Ing. Wladimir Illescas Burneo
Universidad Agraria del Ecuador
taromenane@gmail.com

Ing. Javier Del Cioppo Morstadt
Universidad Agraria del Ecuador
jdelcioppo@uagraría.edu.ec

RESUMEN

El presente trabajo evalúa los costos energéticos de 74 empresas agropecuarias y 29 agroindustriales de la ciudad de Guayaquil utilizando el método de energía secuestrada de Paneque, además compara los costos de generación térmica de dichas empresas con un modelo comercial mixto de generación de calor basado en biogás y calentador solar de agua. Las calderas más utilizadas en las empresas agroindustriales estudiadas son del tipo pirotubular horizontal (66%). El combustible más usado de las calderas es el diésel (48%). Los costos energéticos de las agroempresas debidos a combustibles fósiles fueron los más altos (entre 56 y 96%) de los costos energéticos calculados. Los flujos de caja de los dos escenarios relevantes para las empresas estudiadas muestran valores actuales de flujo de caja positivos (US\$ 2199 y 32780 respectivamente); y tasas internas de retorno de 10 y 15% respectivamente – usando una tasa de descuento del 10% para su comparación-. La emisión promedio mínima (en equivalente de CO₂) de carbono que se estaría evitando enviar al ambiente es de 2369 toneladas métricas anuales debidas al reemplazo de solamente 128,8 kW (el 22,7 % de la potencia de una caldera estándar de 60 CC).

Palabras clave: biogás, costos energéticos, emisión CO₂

ABSTRACT

This study evaluates the energy costs of 74 agricultural enterprises and 29 agro-industrial business located in Guayaquil using Paneque's kidnapped energy methodology, also compares the costs of thermal generation of such companies with a mixed commercial heat model based on biogas and solar water heater. The boilers frequently used are horizontal fire tube type (66%). The more used fuel in boilers is diesel (8%). Energy costs due to fossil fuel were higher (between 56 and 96 %) from all energy costs. The cash flows from two relevant scenarios show positive values of cash flow (US\$ 2199 and 32780 respectively) and internal rates of return of 10 and 15 % respectively). The minimum average of atmospheric carbon emission (CO₂ equivalent) removed is 2369 metric tons per year due to replacement of only 128,8 kW (22.7% of the power of a standard 60 CC boiler).

Keywords: biogas, energy costs, CO₂ emission

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone el uso de energía renovable proveniente de un sistema de calentadores solares y biogás para reemplazar las fuentes energéticas tradicionales usadas por las empresas agropecuarias de la ciudad de Guayaquil. El uso de energía convencional para la transformación de materias primas en productos elaborados mediante procesos térmicos es frecuente y proporcional al tamaño de la empresa.

El sistema de energía renovable que este trabajo destaca al medio en el que vivimos, rescata tecnologías de bajo costo de práctica eficiente y trata de solucionar el déficit del uso de energía limpia y de bajo costo como parte del componente productivo en las empresas agroindustriales ecuatorianas en la actualidad.

La provincia del Guayas tiene una alta incidencia de radiación solar/año que favorece el proceso adiabático del calentador de agua solar; la temperatura diaria promedio es óptima para promover el desarrollo enzimático y bacteriano a ser usado en la conversión de materia orgánica a biogás, existe agua para uso industrial y las condiciones del mercado -debido a su población- demandan productos agropecuarios con valor agregado. La producción de la cadena vertical garantiza que haya subproductos o desechos agroindustriales que son el sustento del sistema de biogestión.

Las relaciones que se dan frecuentemente entre los actores dependen del tipo y tamaño de las empresas agropecuarias; de la clase de maquinaria, tecnología y equipos disponibles para la producción. En todos los casos: empresas pequeñas y grandes, la función de la producción depende de los precios de la energía para transformar sus materias primas mediante procesos energéticos en productos con valor agregado.

Reducir la demanda de energía sin sacrificar la producción es imperativo en las empresas que destaquen por su autonomía energética: el resultado será directamente aportando la autonomía y seguridad energética de la empresa, además proveer protección al ambiente y clima. Actualmente la responsabilidad empresarial ambiental es una estrategia de crecimiento hacia la prosperidad económica que contempla las actividades productivas y las normativas jurídicas. Asimismo, la energía producida por algunas de las tecnologías que requieren gran inversión, tienen relación directa con aspectos económicos y sociales que afectan el desarrollo sostenible: agua, producción de alimentos, calidad del ambiente, creación de empleo, seguridad, entre otros. Se debe observar también que la magnitud de la matriz energética que una sociedad necesite estará en función de su consumo.

Socioeconómicamente, el modelo de desarrollo actual que se basa en el uso de energía proveniente de combustibles fósiles, provoca desequilibrios ya que compromete la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades. Dicho de otra manera, el desarrollo económico, el progreso social y el uso racional de los recursos naturales en los países en desarrollo lleva al mercado energético del modelo tradicional a desequilibrarse al no poder garantizar en un futuro la energía: su acceso y su abastecimiento.

Para asegurar la sostenibilidad a largo plazo de cualquier modelo energético, es necesario el desarrollo de energías renovables que contribuyan en los procesos productivos para que el crecimiento económico vaya ligado al progreso social, mejoramiento de la calidad de vida y con impactos ambientales mínimos derivados de la producción y el consumo de energía.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para conocer los procesos de producción de las empresas agropecuarias guayaquileñas (tipos y cantidades de energía) se censó en el área industrial en la ciudad de Guayaquil para conocer aquellas empresas cuyo objeto social fuese las actividades agrícolas o ganaderas. Se censó a las empresas agropecuarias guayaquileñas localizadas en el área industrial para conocer los procesos de producción ejecutados en la actividad agrícola y ganadera. De las empresas agropecuarias que cumplieron el requisito anterior se seleccionaron aquellas que tuvieron residuos, desperdicios, desechos o subproductos de sus actividades agrícolas o ganaderas (biomasa para biodigestión) y se seleccionó aquellas que cumplieron los requisitos y presentaron biomasa (residuos, desperdicio, desechos o subproductos de sus actividades) para digestión.

Se seleccionaron las empresas agroindustriales registradas en la ciudad de Guayaquil y cuya actividad económica fuese la transformación de las materias primas mediante valor agregado. De las empresas que cumplieron el requisito anterior se seleccionarán aquellas que generen calor usando calderas o intercambiadores de calor usando combustibles fósiles. Entre las empresas agroindustriales se consideraron las que usaban combustibles fósiles en calderas o intercambiadores y generaban mayor calor. Se recopiló información sobre tipo de calderas, número de calderas, potencia de las calderas, eficiencia de las calderas, número de obreros por caldera, tipo de combustible utilizado, consumo de combustible diario por caldera y costos de los combustibles utilizados.

Se investigó en las distribuidoras industriales los equipos comercializados y se seleccionó los que ofertaban 20 años de vida útil (calentador de agua solar de 22 kW). Se utilizó para los cálculos un biodigestor con generación de calor de por lo menos 80 kW y que use excremento o biomasa de residuos de plantas para la digestión anaeróbica.

Para el cálculo de la digestión anaeróbica se utilizó un biodigestor de excremento o biomasa de residuos de plantas de generación de calor de 80 kW. Las características adicionales que se investigó para cada equipo fueron: potencia, eficiencia energética, peso y costos.

Para la determinación y comparación de costos energéticos se adaptó la metodología de Paneque et al (2002) la cual establece el costo energético de ejecución de la operación mediante la determinación de los costos energéticos (en MJ/h) parciales como: energía secuestrada en los materiales de construcción incluyendo la fabricación y transporte, combustibles fósiles, reparaciones por mantenimientos, mano de obra para operación de equipos. La energía correspondiente al combustible utilizado también usó la metodología de Paneque et al (2002) pero basándose en las tablas de equivalencia energética de Fluck (1992), ASAE (1993), Stout (1990) y Hetz & Barrios (1997). Para el cálculo de la energía retenida por lubricantes por filtros y mantenimiento se tomó nuevamente la metodología de Paneque et al (2002) citando a Fluck (1992) usando un 1/20 como energía del combustible.

Para realizar el análisis económico de los sistemas de generación de calor convencional con el sistema de energía alternativa mixto biogás-calentador solar se tomaron los valores de ingreso anual de los flujos de caja como los valores promedio calculados sobre los promedios de los rangos de consumos de combustibles fósiles anuales (ver tabla 3). Estos valores promedio fueron ponderados linealmente a un ahorro de 128,8 kW anual (ver tabla 6).

La construcción de los flujos de caja consideró los ingresos por ahorro en generación (128,8 kW anuales) en un sistema combinado (biogás y calentador solar de agua).

El incremento de teórico de temperatura del calentador de agua solar es entre 65 y 85 grados centígrados pero solamente se valoró el aporte energético total (28,8 kW anuales) al sistema.

Los costos de biomasa para el biodigestor fueron calculados para una cantidad de estiércol de cerdo diaria de 42 metros cúbicos a un precio de US\$ 5 diarios incluido transporte. Los demás costos y valores que se consideraron para la construcción de los flujos de caja se muestran en la tabla 8.

La depreciación anual de los equipos usó una fórmula lineal sobre sus valores de precio de compra a 20 años de vida útil. El flujo de caja usó una tasa de descuento de 10%. El

capital de trabajo necesario para el sistema mixto de generación de energía alternativa usó la relación lineal de Pontt, Pontt, & Guíñez (2008) que determina una generación energética de 9000 kW a un valor de US\$ 1069014.

El cálculo de la emisión requirió los valores de consumo anual de cada uno de los combustibles fósiles siendo multiplicados por la constante de equivalencia de CO₂ (2.95, 19.24 y 22.23 kg CO₂) para los combustibles GLP, bunker y diésel respectivamente. Las constantes de emisión se tomaron de IPCC (2007).

El bagazo de caña se consideró neutral con respecto a la emisión de CO₂ al ambiente.

RESULTADOS

El censo realizado muestra que 74 empresas agropecuarias -registradas en la Superintendencia de Compañías y Valores en el año 2014- cumplen con los requisitos señalados en la metodología como empresas con potencial para generación térmica ya que cuentan con residuos, desperdicios, desechos o subproductos de sus actividades agrícolas o ganaderas como parte de sus procesos productivos. Es importante recordar que estos residuos constituyen biomasa que podría servir para el proceso de biodigestión y generación de biogás. La tabla 1 muestra las empresas agropecuarias por tipo de actividad.

Asimismo, se identificaron 90 empresas agro-industriales registradas en la Superintendencia de Compañías y Valores en el año 2014 (ver tabla 2). Las 90 empresas fueron censadas acorde al criterio señalado en la metodología y solamente 29 empresas cumplieron con el criterio metodológico de selección. Las empresas restantes se dedican a otro tipo de actividades de valor agregado sin incurrir en transformación de materia

prima por calor, o fueron empresas que aunque siendo registradas no tenían actividad productiva, o tampoco fue posible obtener datos de ellas a través del censo.

Las 29 empresas agro-industriales utilizan distintos tipos de calderas, las calderas más utilizadas son del tipo pirotubular horizontal (66%) debido a su bajo costo de inversión. El 31% de las empresas que usan intercambiadores de calor, tienen sistemas de intercambio de calor adaptados a los quemadores de sus calderas. Solamente 3% de las empresas tiene calderas tipo acuotubular.

Debido a que las empresas censadas en el estudio tenían cantidades muy disímiles de consumo de combustible, para presentar los resultados de los costos se las agrupó por tipo de combustible usado y por rangos de consumo como se muestra en la tabla 3.

La comparación realizada de los costos energéticos (medidos en MJ/h) de los sistemas generación térmicos de las

empresas agroindustriales se detallan en la tabla 5. Adicionalmente en los mismos cuadros -para motivo de comparación- se muestran los costos energéticos para sistemas no convencionales de generación de calor (biogestor, calentadores solares de agua y un generador de energía eólica de tamaño mediano); la caracterización de los sistemas no convencionales para esta comparación se puede hallar en la tabla 6. Todos son sistemas comerciales que se encuentran en el mercado.

Tabla 1. Empresas agropecuarias por tipo de actividad productiva

Actividad económica	Número de empresas	Porcentaje
Actividades de preparación de cacao y café en grano	6	8%
Actividades de preparación de la cosecha	2	3%
Actividades de secado al sol de frutas y hortalizas	1	1%
Cría y reproducción búfalos	6	8%
Cría y reproducción de cerdos	6	8%
Cría y reproducción de ganado bovino	25	34%
Explotación de criaderos de pollos y gallinas	11	15%
Producción apícola	4	5%
Producción de huevos de aves de corral	6	8%
Producción de leche cruda de vaca	7	9%

Fuente: Los autores

Tabla 2. Empresas agro-industriales por tipo de actividad productiva

Actividad económica	Número de empresas	Porcentaje
Sacrificio, faenamiento, preparación, producción y empaque de carne fresca menores	2	2%
Conservación de frutas, pulpa de frutas, legumbres y hortalizas	8	9%
Elaboración de aceites crudos vegetales	3	3%
Elaboración de alimentos preparados para animales domésticos	3	3%
Elaboración de almidones	1	1%
Elaboración de bebidas alcohólicas destiladas	4	4%
Elaboración de cacao, manteca, grasa y aceite de cacao	6	7%
Elaboración de chocolate y productos de chocolate	4	4%
Elaboración de compotas, mermeladas y jaleas	1	1%
Elaboración de concentrados artificiales	1	1%
Elaboración de jugos (zumos), néctares, concentrados de fruta fresca y hortalizas	4	4%
Elaboración de leche en polvo, condensada sea o no azucarada	3	3%
Elaboración de leche fresca líquida, crema de leche líquida, bebidas a base de leche	11	12%
Elaboración de otros productos lácteos: manjar de leche	5	6%
Elaboración de platos a base de carne o de pollo	3	3%
Elaboración de platos de pescado y mariscos	2	2%
Elaboración de platos preparados a base de legumbres y hortalizas	2	2%
Elaboración de productos de café: molido, soluble, extractos y concentrados	3	3%
Elaboración de sopas y caldos de diversos ingredientes, líquidos, sólidos, polvo	1	1%
Elaboración y refinado de azúcar de caña, jarabe de azúcar de caña y melaza de caña	4	4%
Sacrificio, faenamiento, preparación, producción y empaque de carne fresca de aves	1	1%
Sacrificio, faenamiento, preparación, producción y empaque de carne fresca mayores	4	4%
Fabricación de alimentos preparados para animales de granja	6	7%
Fabricación de productos alimenticios a partir de un solo componente	5	6%
Molienda y extracción de jugo de caña (trapiche) y producción de panela	1	1%
Producción de harinas o sémolas de carne	1	1%
Tratamiento de desperdicios de mataderos para preparar alimentos para animales	1	1%

Fuente: Los autores

Tabla 3. Rango de consumo y precios por tipo de combustible

Tipo de combustible	Porcentaje de empresas	Rango de consumo anual			Unidad	Costo anual promedio (US\$)
		Mínimo	Máximo	Promedio		
Bunker	25%	22600	649072	266755.71	galones	234594.48
Diesel	43%	17680	208000	94338.50	galones	94338.50
GLP	28%	480	3840	1973.33	kg	1973.33
Bagazo	3%		6276		tm	12175.44

Fuente: Los autores

Tabla 4. Costo energético de las plantas térmicas por tipo de combustible

Tabla 5. Costo energético de las plantas térmicas por tipo de combustible

Energía secuestrada (porcentaje)						
ID	Filtros	Mantenimiento	Mano			
Empresa	Materiales	Combustible	lubricantes	reparación	de obra	Total
Bunker						
2	2,17%	86,40%	4,32%	2,80%	4,31%	100,00%
4	0,49%	92,33%	4,62%	0,63%	1,94%	100,00%
6	4,96%	65,61%	3,28%	6,40%	19,75%	100,00%
7	2,35%	87,28%	4,36%	3,03%	2,97%	100,00%
19	0,47%	92,45%	4,62%	0,60%	1,86%	100,00%
20	1,96%	87,25%	4,36%	2,53%	3,90%	100,00%
21	10,25%	66,41%	3,32%	13,22%	6,80%	100,00%
Diesel						
9	1,67%	88,45%	4,42%	2,15%	3,31%	100,00%
10	0,13%	92,00%	4,60%	0,17%	3,10%	100,00%
13	1,51%	89,08%	4,45%	1,95%	3,00%	100,00%
14	4,37%	77,41%	3,87%	5,64%	8,70%	100,00%
15	6,75%	67,72%	3,39%	8,71%	13,43%	100,00%
16	4,53%	76,76%	3,84%	5,85%	9,02%	100,00%
18	3,22%	76,01%	3,80%	4,15%	12,81%	100,00%
22	9,55%	56,33%	2,82%	12,31%	18,99%	100,00%
25	1,86%	87,67%	4,38%	2,40%	3,70%	100,00%
27	6,00%	70,79%	3,54%	7,74%	11,93%	100,00%
28	0,95%	89,57%	4,48%	1,22%	3,78%	100,00%
29	3,22%	76,01%	3,80%	4,15%	12,81%	100,00%
GLP						
1	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
3	2,35%	85,66%	4,28%	3,03%	4,68%	100,00%
5	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
8	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
11	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
12	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
17	0,64%	92,65%	4,63%	0,82%	1,26%	100,00%
23	0,32%	93,92%	4,70%	0,42%	0,64%	100,00%
24	0,61%	88,18%	4,41%	0,78%	6,02%	100,00%
Bagazo+Diesel+Bunker						
26	0,47%	94,06%	4,70%	0,61%	0,15%	100,00%
Calentador solar						
	5,04%	0,00%	0,00%	6,50%	88,45%	100,00%
Biodigestor						
	39,04%	0,00%	0,00%	50,37%	10,59%	100,00%
Generador eólico mediano						
	2,21%	0,00%	0,00%	2,85%	94,94%	100,00%

Fuente: Los autores

Tabla 6. Características de los generadores de energía no convencional

	Potencia (kW)	Número de elementos	Potencia total (kW)	Eficiencia (%)	Peso (kg)	Costo (US\$)	Vida útil (años)
Calentador de agua solar	2,4	12	28,8	11	475	1500	20
Biodigestor	100	1	100	13	8994	26666	20
Generador eólico	5	1	5	96	236	12000	20

Fuente: Adaptado de All Small Wind Turbines (2015), SUNBEST (2015) y National Biodigester Programme (2015)

Tabla 7. VAN y TIR acorde a los tres escenarios

	US\$/kW/año	VAN	TIR	TRI
Pesimista	110.25	32780.53	15%	8.016 años
Conservador	81.24	2199.68	10%	10.039 años
Optimista	6.52	-76569.18	-18%	>20 años

Fuente: Los autores

Tabla 8. Costos para el flujo de caja

Ítem	Costo US\$	Unidad
Estiercol de cerdo	5	kg/día
Agua	0.321	metro cúbico/día
Salario	354	US\$/mes

Fuente: BCE (2015) e INTERAGUA (2015)

Los tres escenarios (pesimista, conservador y optimista) de valores ahorrados debido al cambio de uso de energía se muestran en la tabla 7. La tasa de descuento que se tomó para la comparación fue del 10%. Los flujos de caja se muestran como anexos 1, 2 y 3 al final del documento.

Los costos que se usaron para la construcción de los flujos de caja se estimaron acorde a lo descrito en metodología y se muestran a continuación. El costo del estiércol de cerdo incluye labor y transporte.

Tabla 9. Emisión equivalente en tm CO₂/año

Combustible	Mínima	Promedio	Máxima
Bunker	384.80	5038.13	11544.00
Diesel	377.91	2034.85	4446.00
GLP	8.85	36.38	70.80
Rangos promedios	257.19	2369.79	5353.60

Fuente: Los autores

Los valores en toneladas métricas correspondientes a los promedios de emisión al ambiente de CO₂ debido a los combustibles fósiles usados se muestran a continuación en el tabla 9.

DISCUSIÓN

El litoral ecuatoriano brinda las condiciones adecuadas: rango climático y radiación solar para que funcione óptimamente un sistema de generación energética mixto como el solar-biogás. La ventaja radica en que las temperaturas inferiores o superiores fuera del intervalo de rango adecuado no son deseables para la descomposición enzimática de la materia orgánica ni su degradación microbial. Asimismo, la alta incidencia solar (en horas y en valores energéticos) permite un mayor rendimiento de los calentadores solares de agua en comparación con otras latitudes y condiciones.

La biomasa es abundante también debido a las condiciones geográficas y edafoclimáticas de nuestro país, los residuos, desperdicios y desechos de las actividades agropecuarias primarias pueden servir como sustrato para la generación de biogás por digestión anaeróbica. Esto concuerda con Velasco Chiriboga (2006) quien explica que en el caso del mango producido en el litoral, los frutos no son utilizados de una manera adecuada ya que productores o comunidades no saben cómo darle uso al mango y a las frutas descompuestas.

Las empresas agropecuarias y las agroindustriales en nuestro país han venido usando tradicionalmente combustibles fósiles sin plantearse la opción de la generación propia de por lo menos algún porcentaje de la energía que consumen. La idea de la generación energética propia engloba a la vez la disminución de costos referidos a combustibles tradicionales y la disminución de carga de CO₂ y otros gases al ambiente.

Algunas de las empresas agroindustriales censadas no tienen una cadena de producción vertical completa. Estas empresas se dedican

a brindar servicios de valor agregado como empaque, limpieza y selección de productos agrícolas; otras transforman materias primas importadas en productos elaborados (jugos, alcoholes). Son pocas las empresas que tienen una cadena vertical más larga y que procesan por lo menos una materia prima agropecuaria.

Los resultados de este trabajo coinciden con los de Paneque et al (2002), FAO (1990), Fluck (1992) y Hertz & Barrios (1997) al señalar que los costos energéticos más altos en la producción de la agricultura empresarial se deben a los costos energéticos por concepto de combustible.

En el caso particular de este trabajo, la autogeneración (no convencional) fue descontada (en unidades de dinero) de los costos de generación anual convencionales, estos valores son supuestos de promedios. Estos supuestos de ahorro forman tres escenarios de ahorro y sobre estos escenarios de trabajaron los ingresos de los flujos de caja para el análisis económico.

El flujo de caja del análisis económico también supone que no existe un 15% de participación de los trabajadores como utilidad operacional ya que los ingresos del flujo de caja son ahorros por no producir con combustible fósil convencional como se explica en el párrafo anterior, tampoco se suponen costos variables ni reinversión.

Los ingresos por venta de bonos de carbono tampoco fueron tomados en cuenta en el flujo de caja ya que el mercado de los bonos aún es incipiente en nuestro país, tampoco están definidos los costos de la auditoría ambiental que certifica el origen del carbono de las emisiones de las empresas en nuestro país.

CONCLUSIONES

El censo realizado en este estudio muestra que en la ciudad de Guayaquil existen 74 empresas agropecuarias y 90 empresas agroindustriales registradas en la Superintendencia de Compañías y Valores en el año 2014. De las 90 agroempresas que fueron censadas acorde al criterio señalado en la metodología, solamente 29 empresas cumplieron con el criterio metodológico de selección. Las empresas restantes se dedicaban a otro tipo de actividades de valor agregado sin incurrir en transformación de materia prima por calor, fueron empresas que aunque siendo registradas, no tenían actividad productiva o no fue posible obtener datos del censo.

Las actividades más recurrentes y relevantes de las 90 empresas investigadas son: procesamiento de leche fresca (12%), conservación de hortalizas (9%), elaborados de cacao y concentrados animales (7%), elaboración de otros productos lácteos y fabricación de productos alimenticios a partir de un solo componente (6%).

De las 29 empresas agro-industriales censadas, las calderas más utilizadas son del tipo pirotubular horizontal (66%) debido a su bajo precio de adquisición. El 31% de las empresas que usan intercambiadores de calor, tienen sistemas de intercambio de calor adaptados a los quemadores de sus calderas.

El combustible más usado de las calderas es el diésel (48%) seguido del GLP y el bunker (28 y 25% respectivamente).

Para todos los sistemas de generación de calor de las empresas sin importar el tipo de combustible, los costos energéticos debidos a combustible fueron los más altos (entre 56 y 96%) de los costos energéticos calculados. Los sistemas no convencionales no tienen costos energéticos debidos a combustible, pero tienen otros costos energéticos elevados como los trabajadores (mano de obra) y mantenimiento y reparación (50% del biodigestor).

Los flujos de caja de los escenarios de ingresos conservador y optimista (valores ahorrados debido al uso de energía no convencional) muestran valores actuales de flujo de caja positivos (2199 y 32780 US\$ respectivamente) y tasas internas de retorno que podrían ser aceptables (10 y 15% respectivamente). Ambos tiempos de recuperación de la inversión están entre 8 y 10 años.

La emisión promedio mínima (en equivalente de CO₂) de carbono que se estaría evitando enviar al ambiente es de 2369 toneladas métricas anuales debidas al reemplazo de solamente 128,8 kW (el 22,7 % de la potencia de una caldera estándar de 60 CC).

BIBLIOGRAFÍA

- All Small Wind Turbines. (2015). All Small Wind Turbines. Retrieved 5 5, 2015, from All Small Wind Turbines: <http://www.windturbinestar.com/5kwv-v-aeolos-wind-turbine.html>
- Banco Central del Ecuador. (2015). Banco Central del Ecuador. Retrieved 5 7, 2015, from Banco Central del Ecuador: http://contenido.bce.fin.ec/resumen_ticker.php?ticker_value=inflacion
- Fluck, R. (2002). Energy for World Agriculture: Energy for farm production (Vol. 6). Amsterdam: Elsevier.
- Hobson, P., Bousfield, S., & Summers, R. (2001). Methane production from agricultural and domestic wastes. London, United Kingdom: Applied science publishers.
- INTERAGUA. (2015). INTERAGUA. Retrieved 5 8, 2015, from INTERAGUA: http://www.interagua.com.ec/clientes_preguntasf_ufa.htm
- IPCC. (2007). IPCC Fourth Assessment Report. Retrieved 2 5, 2015, from IPCC Fourth Assessment Report: https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/syr/en/mains4-3.html
- Paneque Rendón, P., Fernández, H., & de Oliveira, A. (2002). Comparación de cuatro sistemas de labranza/siembra con relación a su costo energético. Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, 11 (2).
- Pontt, J., Pontt, C., & Guíñez, C. (2008). Estudio de la contribución de las ERNC al SIC al 2025: Potencial de la biomasa para la generación eléctrica en Chile al 2025. Valparaíso.
- SUNBEST. (2015). SUNBEST. Retrieved 5 5, 2015, from SUNBEST: <http://www.sunbest.solar/products/solar-water-heater/>
- Superintendencia de Compañías y Valores. (2014, 08 01). Superintendencia de compañías y valores. Retrieved 08 01, 2014, from Superintendencia de compañías y valores: <http://www.supercias.gob.ec/portalinformacion/portal/index.php>
- Thomas, S. (2000). Evaluation of plant biomass research for liquid fuels Brighton science policy research unit. United Kingdom: University of Sussex.
- Velasco Chiriboga, M. (2006). Diseño de una planta empacadora para mango. Guayaquil, Ecuador: ESPOL: tesis de grado de ingeniero mecánico.

Source: Los Angeles

Anexo2. Flujo de caja con escenario de precio conservador

Items (en US\$)	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035
Ingresos																					
Alquiler energía	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total Ingresos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costos																					
Costo fijo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo variable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de depreciación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Costo de mantenimiento	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total costos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación (*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad antes de impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Impuestos (10%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Utilidad después de impuestos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciación (*)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo operativo																					
Inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Beneficio	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Calentador solar	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Otros costos	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Instalación	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ingeniería	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Configuración (15%)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total inversión	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Valor residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de capital	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Flujo de caja	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VAR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TIR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Transferencia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Fuente: Los autores

Anexo 3. Flujo de caja con escenario de precio optimista

Items (en miles de \$US)	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Ingresos																					
Abono energía	0	943.11	876.74	9 540.7	954.86	996.49	1029.64	1085.26	11 326.0	1181.96	1233.52	1287.20	1343.42	1402.00	1463.12	1526.92	1593.49	1662.97	1735.47	1811.4	1891.10
Total ingresos	0	943.11	876.74	9 540.7	954.86	996.49	1029.64	1085.26	11 326.0	1181.96	1233.52	1287.20	1343.42	1402.00	1463.12	1526.92	1593.49	1662.97	1735.47	1811.4	1891.10
Costos																					
Costo fijo anual	0	592.00	596.64	1633.37	176.46	177.92	185.68	193.77	202.22	211.04	220.24	229.84	239.86	250.32	261.24	272.63	284.51	296.92	309.86	323.37	337.47
Costo de agua	0	2 089	301.9	31.46	32.84	34.27	35.76	37.32	38.96	40.65	42.42	44.27	46.20	48.21	50.31	52.51	54.80	57.19	59.68	62.28	65.00
Costo de operación	0	354.00	369.43	385.54	402.36	419.69	437.60	456.13	475.28	495.07	515.53	536.67	558.50	581.02	604.24	628.16	652.78	678.10	704.13	730.86	758.29
Costo de mantenimiento	0	100.20	110.83	115.66	120.71	126.07	131.76	137.79	144.17	150.92	158.05	165.57	173.48	181.79	190.50	199.61	209.12	219.04	229.36	239.99	250.93
Total costos	0	636.00	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96	696.96
Depreciación (-)	0	-2033.30	-2174.13	-2268.92	-2367.85	-2471.09	-2578.83	-2691.19	-2808.26	-2930.06	-3056.67	-3188.12	-3324.43	-3465.60	-3611.74	-3762.95	-3919.32	-4085.95	-4262.94	-4450.39	-4648.37
Multidatantes del impuesto	0	2033.30	2174.13	2268.92	2367.85	2471.09	2578.83	2691.19	2808.26	2930.06	3056.67	3188.12	3324.43	3465.60	3611.74	3762.95	3919.32	4085.95	4262.94	4450.39	4648.37
Impuestos (10%)	0	-44 225.31	-48 153.54	-52 255.98	-56 476.46	-60 846.46	-65 406.46	-70 186.46	-75 226.46	-80 566.46	-86 246.46	-92 206.46	-98 486.46	-105 026.46	-111 866.46	-119 046.46	-126 606.46	-134 586.46	-142 926.46	-151 666.46	-160 846.46
Multidatantes de impuestos	0	44 225.31	48 153.54	52 255.98	56 476.46	60 846.46	65 406.46	70 186.46	75 226.46	80 566.46	86 246.46	92 206.46	98 486.46	105 026.46	111 866.46	119 046.46	126 606.46	134 586.46	142 926.46	151 666.46	160 846.46
Depreciación (+)	0	2033.30	2174.13	2268.92	2367.85	2471.09	2578.83	2691.19	2808.26	2930.06	3056.67	3188.12	3324.43	3465.60	3611.74	3762.95	3919.32	4085.95	4262.94	4450.39	4648.37
Flujo Operacional																					
Inversión																					
Equipos	28 688																				
Costo de instalación	-45 000																				
Costo de conexión	-1500.0																				
Instalación	-12500.0																				
Costo de conexión	-4500.0																				
Costo de conexión (10%)	-1000.0																				
Total inversión	-70000.0																				
Valor neto	-70000.0																				
Capital de trabajo	-20000.0																				
Flujo de capital	-20000.0																				
Flujo de capital	-20000.0																				
Flujo de capital	-20000.0																				
Tasa de descuento	10%																				
Tasa de descuento	10%																				

Fuente: Los autores