

FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
SEDE ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO, AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2011-2013

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
SOCIALES CON MENCIÓN EN GOBERNANZA ENERGÉTICA**

**BIODIGESTORES UNA SOLUCIÓN ENERGÉTICA PARA LA POBLACIÓN
RURAL. USO DEL BIOGÁS EN UN CASO DE ESTUDIO**

KATYA ISABEL PAZMIÑO MACAS

JUNIO 2016

**FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES
SEDE ECUADOR
DEPARTAMENTO DE DESARROLLO, AMBIENTE Y TERRITORIO
CONVOCATORIA 2011-2013**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS
SOCIALES CON MENCIÓN EN GOBERNANZA ENERGÉTICA**

**BIODIGESTORES UNA SOLUCIÓN ENERGÉTICA PARA LA POBLACIÓN
RURAL. USO DEL BIOGÁS EN UN CASO DE ESTUDIO**

KATYA ISABEL PAZMIÑO MACAS

ASESOR DE TESIS: PEDRO JOSÉ ALARCÓN

LECTORES: PERE ARIZA MONTOBBIO

LUIS MANUEL HIDALGO

JUNIO 2016

DEDICATORIA

Esta tesis se la dedico a mi esposo Julio César que en todo el transcurso de mi trabajo con su amor y apoyo incondicional ha demostrado ser mi mejor amigo y compañero leal.

A mis hijos: César David, Julio Andrés y Mía Isabella que a pesar de sus cortas edades supieron comprenderme con mucha paciencia y amor durante la elaboración de la tesis.

Y finalmente a mis padres que son el pilar de mi vida que con su amor y apoyo siempre serán mi ejemplo a seguir.

AGRADECIMIENTOS

Durante todo el trayecto que tuve que cumplir para la realización y culminación de mi tesis me perdí maravillosos y valiosos momentos de familia, pero siempre conté con la comprensión, el amor y el respaldo de todos ellos para poder conquistar una meta más en mi carrera profesional.

Mi vida y mi pasión son: Julio César, César David, Julio Andrés, Mía Isabella, Gloria y Aníbal y por ellos siempre valdrá la pena cualquier sacrificio y lucha. Los amo y les agradezco por estar siempre conmigo y ser la voz de aliento ante cualquier dificultad y desafío.

Mi agradecimiento también, a mis profesores de la Maestría, que con sus bases sólidas, dedicación y entrega profesional ampliaron y enriquecieron mi conocimiento en los ámbitos de carácter social y ambiental que ellos los dominan con su experiencia y sabiduría.

ÍNDICE

Contenido	Páginas
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO I.....	15
LOS BIODIGESTORES	15
Contribución de los biodigestores en la zona rural.....	16
Beneficios sociales	17
Beneficios económicos	17
Beneficios ambientales	19
Limitaciones del consumo del biogás en la zona rural	20
Casos de biodigestores instalados en Latinoamérica.....	21
Biodigestores en Bolivia.....	21
Biodigestores en Honduras.....	23
Biodigestores en Perú.....	24
Biodigestores en Ecuador.....	25
Usos de los productos del biodigestor	28
Biogás para cocción y calefacción.....	28
Biol como fertilizante	29
Biogás para generación eléctrica	29
Tipos de biodigestores	31
Biodigestores de estructura sólida fija.....	32
Biodigestores de estructura sólida móvil.....	33
Biodigestores de balón de plástico	34
Biodigestor tubular construido en la parroquia Peñaherrera	37
Tanque de carga y tanque de descarga del material orgánico	38
Funda de plástico tubular o cámara de digestión.....	39
Salida del biogás.....	40
Ubicación de la bolsa plástica dentro de la fosa.....	40

Válvula de seguridad	41
Filtro de gases	41
Carga del material orgánico en el biodigestor	42
Protección del biodigestor	44
El agitador del material orgánico.....	44
Factores de diseño para un biodigestor.....	44
Cantidad de estiércol	45
Cantidad de orín	45
Cantidad de material orgánico de carga	46
Sólidos totales.....	46
Cantidad de agua para la mezcla	47
Cantidad de carga para el biodigestor.....	47
El tiempo de retención.....	47
Volumen del biodigestor	48
Cantidad posible de producción de biogás	48
Proceso de obtención del biogás.....	48
CAPÍTULO II.....	50
ENERGÍA Y DESARROLLO	50
Desarrollo sostenible y los recursos naturales	53
Uso endosomático y exosomático de la energía.....	54
Desarrollo y subdesarrollo.....	56
Consumo de energía de los países según el desarrollo y subdesarrollo	57
En búsqueda un desarrollo más humano y sostenible	61
Calidad de vida	62
Medioambiente y desarrollo	63
La lluvia ácida	64
Perforación de la capa de ozono.....	64
El efecto invernadero.....	64
Contaminación.....	65
Consumo de energía en el mundo	66
La energía de los recursos naturales	67
Fuentes de energía renovable	69

Energía solar	69
Energía eólica	70
Energía de las olas del océano	70
Energía procedente de la biomasa	71
Energía hidroeléctrica.....	72
Fuentes de energías no renovables	72
Cadena energética de la biomasa para la obtención del biogás.....	74
La biomasa como portador energético.....	75
Clasificación de la biomasa	76
La fotosíntesis como procesador energético.....	77
La biomasa como fuente de energía renovable	77
Biomasa natural	77
Biomasa residual	78
Biomasa excedentaria.....	79
Biomasa de los cultivos energéticos.....	79
Formas de cocción basadas en el uso de la biomasa	81
CAPÍTULO III	83
EL BIOGÁS COMO FUENTE DE ENERGÍA UTILIZADA EN ÍNTAG, PARROQUIA PEÑAHERRERA	83
Antecedentes.....	83
Situación socioeconómica de la parroquia Peñaherrera	84
Contexto	85
Uso de biodigestores en la parroquia Peñaherrera.....	87
El biogás como una solución energética en la población rural.....	88
Beneficios obtenidos con el uso del biogás en la comunidad de estudio	91
Beneficio social	91
Beneficio ambiental	92
Beneficio económico	94
Uso del biogás como combustible en el caso de estudio.....	95
Problemas actuales y futuros que limitan el progreso de los biodigestores en la parroquia Peñaherrera.....	96
Factor técnico	97

Factores socioeconómicos	100
Factor institucional	102
CAPÍTULO IV	106
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL DESARROLLO DEL BIOGÁS COMO UNA ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA.....	106
Incentivo institucional para el desarrollo de la energía de bio-digestión en el Ecuador	106
Análisis de proyectos emblemáticos para generación eléctrica.....	108
Confrontación entre la calidad de vida, los objetivos de desarrollo y la energía en las zonas rurales	111
Entrevista realizada a los usuarios de los biodigestores de la Parroquia Peñaherrera	112
Datos de la entrevista.....	112
Sistematización de las entrevistas.....	113
CONCLUSIONES.....	118
RESULTADOS	122
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125

INDICE DE TABLAS

Tabla N. ° 1 Composición del biogás	16
Tabla N. ° 2 Biodigestores instalados en Ecuador al 2013.....	27
Tabla N. ° 3 Características de los biodigestores más usados.....	36
Tabla N. ° 4 Valores y características del estiércol de algunos animales.....	45
Tabla N. ° 5 Tipos de combustibles obtenidos de la biomasa	80
Tabla N. ° 6 Producción de excremento diario proveniente de los cerdos.....	88
Tabla N. ° 7 Propiedades generales del biogás.....	90

INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N. ° 1 Biodigestor de forma cilíndrica y de estructura sólida fija	33
Gráfico N. ° 2 Biodigestor de forma alargada y de estructura sólida móvil	34
Gráfico N. ° 3 Biodigestor de forma balón de plástico	35
Gráfico N. ° 4 Consumo de energía de países pertenecientes a la OCDE.....	59
Gráfico N. ° 5 Consumo de energía por países NO OCDE.....	59
Gráfico N. ° 6 Países con mayor gasto energético	60
Gráfico N. ° 7 Consumo de energía primaria por tipo de fuente, 1980-2040	66
Gráfico N. ° 8 Número de programas en el cantón Cotacachi	87
Gráfico N. ° 9 Distribución del biogás para uso energético familiar	91
Gráfico N. ° 10 Centrales eléctricas al 2015	109
Gráfico N. ° 11 Proyectos de generación eléctrica al 2015	110

INDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía N.° 1 Excavación de la fosa para el biodigestor	38
Fotografía N.° 2 Tanque de carga de los desechos orgánicos al biodigestor	39
Fotografía N.° 3 Cámara de digestión, funda plástica.....	40
Fotografía N.° 4 Válvula de seguridad artesanal.....	41
Fotografía N.° 5 Filtro de gases.....	42
Fotografía N.° 6 Cocina artesanal de biogás	43
Fotografía N.° 7 Tanque de almacenamiento para el lodo residual, biol	43

RESUMEN

El interés de la presente tesis se basó en los biodigestores que actualmente están en funcionamiento en las comunidades de la parroquia Peñaherrera y cómo el uso de los productos resultantes de estos ha mejorado la calidad de vida de los usuarios, obteniéndose beneficios sociales, económicos y ambientales.

En el análisis inicial para el desarrollo de la tesis se tomó como punto de partida el enunciado expuesto en el Informe Mundial de Energía del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y el Consejo Mundial de Energía del 2000, en donde se expresa que la energía juega un papel preponderante para la consecución de los objetivos de desarrollo y la necesidad de optar por tipos de energía amigables con la naturaleza y la sociedad.

Para el estudio de caso se recurrió a fuentes académicas y bibliográficas sobre instalación y uso de biodigestores en la región y otros países que sirvieron de apoyo para abstraer las experiencias con el uso de biodigestores para obtener biogás que es el combustible que se transforma en energía térmica y permite la cocción de alimentos.

La implementación y uso de los biodigestores reemplaza el uso de la leña y disminuye notoriamente la dependencia del gas licuado de petróleo.

Otro beneficio fue la mejora de la salud de los integrantes de la familia en especial de mujeres y niños por no estar expuestos diariamente al humo que provoca la combustión de la leña dentro de un ambiente cerrado.

Se pudo verificar que el uso de los biodigestores mejoró notablemente la situación de las mujeres de la familia quienes estaban encargadas de suministrar la leña en el hogar y utilizarla para cocinar los alimentos, beneficio que se vio reflejado en el ahorro de tiempo y la disponibilidad del mismo para realizar otras tareas de crecimiento personal y familiar que antes estaban impedidas.

Además, el tiempo que ganan las mujeres desde el uso del biogás es invertido en tareas laborales remuneradas que les permite aumentar los ingresos familiares y mejorar la situación económica de sus hogares.

Otro producto del biodigestor es el biol que es un abono rico en nutrientes listo para ser usado directamente en los sembríos o en los pastizales. El biol reemplaza el uso

del abono químico y permite obtener productos orgánicos de buena calidad, sanos y en mayor cantidad.

El uso del biol presenta, además el aumento de la productividad de la tierra y con ello se puede obtener mayores ingresos económicos resultado de la venta de los productos.

Por otro lado, el control de los excrementos de los cerdos evitó la contaminación de las acequias aledañas a las fincas de las que se utiliza el agua para la alimentación y demás usos de la familia, disminuyendo la emisión del gas metano producto de las heces fecales de los cerdos.

Como se podrá evidenciar en el desarrollo de este trabajo académico, el uso de biodigestores en la Parroquia Peñaherrera trajo muchos beneficios a las familias que construyeron uno de éstos equipos tecnológicos en sus fincas, los cuales ofrecieron la oportunidad de diversificar el aprovisionamiento energético local.

Además, cabe señalar que a pesar de que su aplicabilidad es puntual y orientado a un sector muy pequeño, el nivel de satisfacción y la utilidad del biogás contribuyó a mejorar la situación social, ambiental y económica de la localidad.

INTRODUCCIÓN

La importancia que tiene el abastecimiento de energía a nivel mundial ha conducido a una carrera contra el tiempo para utilizar otros portadores energéticos que ayuden a solventar los problemas que aquejan a países como el Ecuador cuya demanda energética interna tiene un alto componente de electricidad y combustibles fósiles importados.

A nivel rural el problema en el suministro energético se siente cuando la población que vive en las zonas rurales del Ecuador debe pagar altos precios para aprovisionarse del cilindro de gas licuado de petróleo que es usado para cocinar los alimentos del hogar pese al subsidio existente. Además, esta parte de la población debe conformarse algunas veces con una mala calidad de suministro eléctrico.

En algunas zonas rurales la leña sigue siendo utilizada para cocinar, aunque ha disminuido su uso desde la introducción del gas licuado de petróleo. El uso de la leña es una gran oportunidad para introducir el biogás como combustible que reemplazaría el uso de la leña, mientras que el biol otro producto del biodigestor, reemplazaría el uso del abono químico.

El uso del biol presenta oportunidades para incrementar la producción y los ingresos de los pequeños agricultores.

Para la realización de la presente tesis se planteó como objetivo general el conocer los beneficios potenciales del uso de los biodigestores en la zona rural de Íntag. Los objetivos específicos son:

- Definir los beneficios sociales, ambientales y económicos que representa el uso de los biodigestores en la población rural basado en el caso de estudio de la parroquia Peñaherrera.
- Obtener información del uso de biodigestores en otros países y extraer a partir de su experiencia los beneficios y las limitaciones de los biodigestores instalados en las poblaciones rurales con un fin social.
- Analizar las leyes ecuatorianas creadas a favor de las energías renovables y del combustible biogás como portador energético para cocinar o para generación eléctrica.

Las preguntas de investigación planteadas fueron las siguientes:

- ¿Cuáles son los beneficios sociales, ambientales y económicos del uso de los biodigestores en la población rural?
- ¿Cómo ayuda el uso de los productos del biodigestor en las comunidades de la población rural?
- ¿Los biodigestores son una alternativa energética en la población rural?
- ¿El uso de biodigestores tiene el apoyo legal para su desarrollo en el Ecuador?

Los resultados obtenidos en la investigación permitieron conocer la importancia de implementar un tipo de energía renovable que sea una alternativa viable en la población rural y en el futuro hacer una réplica de los beneficios.

Con el uso de los biodigestores las personas beneficiarias tienen la posibilidad de cambiar su situación, porque al tener a disposición el combustible biogás ahorran el tiempo que antes invertían en la recolección de leña, protegiendo la integridad y la salud en especial de las mujeres que eran quienes se encargaban de esta labor.

En efecto, con el uso del biogás dejaron de utilizar la leña y disminuyó el uso del gas licuado de petróleo protegiendo a los bosques de la tala de los árboles y ahorrando en el aprovisionamiento quincenal del cilindro de gas.

A los biodigestores se les ha dado la nominación de ser una tecnología de género ya que ha beneficiado más a las mujeres del hogar. Las mujeres que tienen biodigestores en sus fincas deben ahora mantener las chancheras y los biodigestores funcionando para obtener como resultado el biogás, el cual les permitirá tener tiempo para dedicarse a otras labores que muy probablemente les permitirán obtener ingresos que ayudarán a solventar las necesidades de la familia.

En el desarrollo de esta tesis se abordará el tema de los biodigestores en el capítulo 1, en el que se observa la contribución social, económica y ambiental, así como también las limitaciones que tiene para su desarrollo.

En este capítulo se analizan experiencias con el uso de biodigestores en Bolivia, Honduras, Perú y Ecuador. En el resto del capítulo 1 se explica los usos y tipos de biodigestores, las partes constitutivas del biodigestor, los factores de diseño y cómo es el proceso para la obtención del biogás.

En el capítulo 2 se explica la relación que existe entre la energía y los objetivos de desarrollo.

También se analiza el origen del concepto de países subdesarrollados y cómo éste epíteto influye en la concepción de un país frente al mundo. A continuación, se hace una comparación de los consumos energéticos a nivel mundial entre los países denominados desarrollados versus los subdesarrollos y cómo estos consumos influyen en el medioambiente.

La necesidad de controlar y disminuir los efectos dañinos en el ambiente ha dirigido la atención a las energías provenientes de los recursos naturales que en este capítulo se mencionan rápidamente como información, y se profundiza más en la energía proveniente de la biomasa, sus características y los usos.

En el capítulo 3 se desarrolla el tema del uso del biogás en la parroquia Peñaherrera, sus beneficios, las limitaciones y los factores que contribuyen para el desarrollo o no de los biodigestores en la zona rural.

En el capítulo 4 se hace el análisis desde el punto de vista institucional para el desarrollo de los biodigestores en el Ecuador, así como también un breve análisis de los tipos de energía que gozan de todo el sustento legal para su fomento.

Finalmente, se concluye con el análisis de las entrevistas a los usuarios de los biodigestores de la parroquia Peñaherrera.

CAPÍTULO I LOS BIODIGESTORES

En zonas rurales es común observar la existencia de agricultura y ganadería a pequeña escala, ligada a la producción de desechos orgánicos que, al no ser tratados con responsabilidad, se convierten en un foco contaminante e infeccioso para el medio ambiente y la sociedad rural. En las poblaciones rurales culturalmente se han manejado los desechos como abonos directos y hasta la actualidad son colocados en la tierra de cultivo.

Con el afán de conservar el ambiente libre de desechos orgánicos cuya descomposición emite metano, técnicamente se ha desarrollado un sistema amigable con la naturaleza que permite reutilizar los desechos provenientes de los animales y de la naturaleza convirtiéndolos en productos útiles a la par que se protege el medio ambiente.

Dado que la zona rural produce material orgánico, vegetal y animal, “los biodigestores son sistemas naturales que aprovechan residuos orgánicos, procedentes de actividades agropecuarias, principalmente estiércol, para producir biogás (combustible) y biol (fertilizante natural) mediante el proceso de digestión anaerobia” (Herrero, s/f: 2).

El biogás es el resultado de la descomposición de la materia orgánica. De este modo, el biodigestor se constituye en un contenedor de materia orgánica en descomposición, que controla la emanación del gas metano hacia la atmósfera y asegura la obtención del abono natural listo para ser usado en los sembríos. Tal es el caso de los biodigestores instalados en la provincia de Imbabura, cantón Cotacachi, parroquia Peñaherrera, en la conocida zona de Íntag, de donde se tomó el caso de estudio para la presente tesis.

El biogás producto de la descomposición de la materia orgánica en ausencia del aire, está formado por una mezcla de gases, siendo los principales el metano y el bióxido de carbono. En la (Tabla N.º 1) se muestra la composición del biogás que está sujeta a las condiciones ambientales en las que ocurre el proceso y al tipo de material orgánico utilizado dentro del biodigestor (Mandujano et al., 1981: 8).

Tabla N. ° 1. Composición del biogás

GAS	FÓRMULA	CONCENTRACIÓN
Metano	CH ₄	54-70%
Bióxido de carbono	CO ₂	27-45%
Hidrógeno	H ₂	1-10%
Nitrógeno	N ₂	0.5-3%
Ácido sulfhídrico	H ₂ S	0.10%

Fuente: Mandujano et al., (1981: 8)

Como se mencionó, la composición del biogás depende de las condiciones ambientales del lugar en donde está instalado el biodigestor y del tipo de material orgánico de carga con el que se alimenta al biodigestor. Cabe aclarar que es necesario trabajar lo más cercano posible a las condiciones óptimas para la generación eficiente del biogás, pero siendo consecuentes con la realidad del lugar en donde están siendo utilizados los biodigestores. En otras palabras, el biodigestor debe trabajar a las temperaturas ambientales del lugar y con el material orgánico disponible.

Los biodigestores pueden variar en su construcción y dependen de la cantidad y tipo de los desechos almacenados.

Contribución de los biodigestores en la zona rural

La contribución que realizan los biodigestores en la zona rural está directamente relacionada con la energía que suministran para el consumo familiar de una manera ambientalmente sostenible, económicamente rentable y de fácil acceso.

El ser humano demanda condiciones de bienestar que están sujetas a la energía que puedan utilizar para cumplir con sus necesidades, pero que también vienen acompañadas por problemas de consumo de energía lo que causa serios daños ambientales y problemas económicos dentro de una población demandante (Li et al., 2009: 1438). Hoy en día, con el uso de los biodigestores familiares e instalados en las zonas rurales, se observa que el abastecimiento de energía limpia tiene beneficios locales.

A continuación, se aborda la contribución de los biodigestores en la zona rural, desde los puntos de vista social, económica y ambiental.

Beneficios sociales

En países donde el nivel de desarrollo no ha alcanzado los estándares impuestos por los denominados países desarrollados y que aún siguen dependiendo de la leña o del estiércol seco como portadores energéticos que permitan cocinar los alimentos, es muy común observar que las mujeres y los niños sean los responsables de abastecer al hogar de leña y estiércol seco, dedicando gran parte de su tiempo a la recolección de los mismos y desplazando cualquier otra actividad. Según estudios realizados las mujeres y niños deben recolectar estos materiales hasta dos veces por semana y caminar grandes distancias para poder conseguirlos, sometiéndose a problemas de salud y riesgos como la violencia.

El impacto que los biodigestores familiares han tenido dentro de la población rural y de bajos recursos económicos es la disminución a la exposición de riesgos que venían siendo objeto las mujeres y niños durante el tiempo de recolección de la leña y la continua exposición al humo generado por la combustión de la leña en el hogar.

Otro impacto observado es la disponibilidad de tiempo que tienen las mujeres y niños para realizar otras tareas que benefician económicamente a la familia y los niños pueden asistir regularmente a la escuela. Con el uso de los biodigestores las tareas de las mujeres y niños como responsables del suministro de leña y estiércol se redujo notablemente en un 80 y 90% del tiempo utilizado en éstas tareas.

Por la utilidad que los biodigestores tienen dentro del ámbito familiar se le ha denominado como una tecnología de género, pues las más beneficiadas son las mujeres que culturalmente son las encargadas de la alimentación de la familia y del cuidado de los niños y de los animales. Es por ésta razón que, con el uso del biogás y la notable disminución del consumo de la leña, ahora las mujeres pueden desenvolverse socialmente y ser parte activa de la comunidad, aportando económicamente y asistiendo a centros de aprendizaje para su desarrollo personal (Garfi et al., 2011: 580).

Beneficios económicos

Uno de los propósitos de la instalación de los biodigestores familiares es proporcionar una alternativa energética local que dependa tan sólo del trabajo diario dentro de un ambiente familiar, y que como producto resultante se obtenga el biogás y el biol. En donde el biogás producido es el combustible que reemplazará el uso de la leña y disminuirá el

uso del gas licuado de petróleo. Mientras que el biol reemplazará el uso del abono químico en la agricultura que es dañino para la salud de los seres humanos.

El beneficio económico del uso del biogás en la población rural es el ahorro que representa la disminución del uso del gas licuado de petróleo, el cual tiene un precio elevado en éstas zonas y estar ubicados en lugares donde las carreteras por lo regular están en mal estado o simplemente no existen.

Otro beneficio del uso del biogás es que las mujeres pueden aportar económicamente al hogar, pues pueden utilizar el tiempo que invertían en la recolección de la leña en tareas pagadas o desde sus propios negocios.

En la agricultura el beneficio de usar el biol o el lodo residual como abono orgánico en las cosechas, es el incremento de las cosechas o el crecimiento rápido de los productos, por ejemplo, del césped que es alimento del ganado orientado para la producción de leche o para el consumo humano.

En Perú, en el Departamento de Cajamarca se llevó a cabo un estudio en el cual el objetivo fue analizar el potencial del uso del líquido residual del biodigestor y el compost (biol o también llamado lodo residual) en un sembrío de papas. La prueba se realizó nutriendo la tierra mediante el uso de: prueba denominada T1 que representa el líquido residual, prueba denominada T2 representa el biol y prueba denominada T3 no se puso ningún fertilizante.

Luego de varios meses los resultados que arrojaron las pruebas fueron los siguientes: las plantas bajo T1 rindieron un promedio de 25,27 t/ha (toneladas por hectárea), las plantas de la prueba T2 rindieron un promedio de 22,82 t/ha y las plantas de T3 un promedio de 19,82 t/ha (Garfi et al., 2011: 580).

De las pruebas anteriormente mencionadas se concluyó que utilizar el biol y el efluente proveniente de los biodigestores familiares en las sembríos, incrementaría notablemente las cosechas, abastece la necesidad de la familia y queda un excedente listo para la venta. De ésta manera se incrementarían notablemente los ingresos familiares creando nuevas fuentes de empleo pues se necesitaría mayor mano de obra para la cosecha.

Según lo mencionan los autores Garfi et al., que por ser biodigestores instalados en zonas de familias de bajo recursos económicos aún los biodigestores tubulares más

económicos resultan ser costosos para éstas familias pues carecen de algún tipo de subsidio.

Beneficios ambientales

El biogás como combustible usado en la población rural es una fuente de energía alternativa que juega un papel muy importante en la reducción de gases de efecto invernadero. Dos de los gases componentes del biogás son el metano y el dióxido de carbono, causantes directos del efecto invernadero que afecta al planeta Tierra, pero en donde el gas metano contribuye 21 veces más al efecto invernadero que el dióxido de carbono (Rajendran et al., 2012: 2 927).

El principal productor de las emisiones de metano y de dióxido de carbono es la combustión de los combustibles fósiles y sus derivados, así como también la quema de grandes extensiones de bosques y los residuos que de ellos provienen.

Según estudios realizados el biogás que produce un biodigestor familiar de construcción regular sustituye “316 litros de Kerosene, 5 535 kilogramos de leña y 4 400 kilogramos de estiércol de ganado utilizados como combustibles, reduciendo las emisiones de: óxido de nitrógeno (NO_x) en 16,4 kg/año (kilogramos al año), de dióxido de azufre (SO₂) en 11,3 kg/año, de monóxido de carbono (CO) en 987,0 kg/año y de otros gases volátiles en 69,7 kg/año” (Rajendran et al., 2012: 2 928).

Otros estudios revelan que el destacado desarrollo que tienen los biodigestores en China ha permitido reducir los gases de efecto invernadero, mediante el uso del biogás como combustible en los hogares de la población rural; y que si se llegará a sustituir el uso de los productos combustible como la leña, paja, carbón y demás combustibles fósiles por el biogás se reducirían los gases de efecto invernadero en 73 157 megatoneladas de dióxido de carbono (CO₂) que equivale al consumo realizado entre los años 1991 y 2005 (Yu et al., 2008: 2 027).

Estudios realizados en Perú en donde se escogieron a 12 familias de la zona rural que utilizan biogás y que han sustituido el uso de la leña para cocinar, arrojaron como resultados un decremento notorio en el consumo de la leña de entre el 50 y 60% y una hora (1h) menos en el tiempo de cocción de los alimentos. Estas externalidades positivas evitan la deforestación de los bosques, disminuye las emisiones de gases de efecto

invernadero, mejora la calidad de vida de las familias tanto en la salud como en la parte económica mientras reduce los impactos ambientales (Garfi et al., 2011: 575).

Limitaciones del consumo del biogás en la zona rural

A pesar de lo beneficioso que resultare ser el uso del biogás en las zonas rurales tanto en los temas de salud, economía familiar, nuevas oportunidades de empleo, mayor desarrollo agrícola, entre otros, los biodigestores deben aún sortear problemas significativos como los altos costos de mantenimiento y de instalación que no puede ser cubiertos por las familias de la zona rural, debido a sus bajos ingresos económicos.

Además, el modelo económico de varios países de la región y de la gran mayoría de países del mundo se sustenta en el uso de los recursos no renovables como los combustibles fósiles, en desmedro del uso de las energías renovables que, a su vez, tienen que superar brechas económicas. Por ejemplo, en el caso de China el costo de generación de electricidad a partir del uso de la bioenergía o el metano resulta ser 1,5 veces mayor que el uso del carbón (Surendra et al., 2014: 856).

A pesar que en los objetivos de desarrollo sustentable uno de los pilares para modificar los estados de pobreza de varios países en el mundo todavía sigue siendo la energía, justamente los países llamados desarrollados no prestan atención a la necesidad de energía en la zona rural y por tal motivo no varían mucho las políticas a favor de las energías renovables. Pues el interés aún generalizado de los países es favorecer la energía que provea mayor rentabilidad económica con tecnología conocida y sobre todo que sea de interés nacional.

El acceso al agua es una de las limitaciones más importantes del uso de biodigestores tanto en la zona rural como a nivel industrial, el agua es el componente irremplazable para la mezcla con el material orgánico que permite los procesos de fermentación dentro del biodigestor y la generación de biogás. En el caso de África sólo un porcentaje reducido de la población tiene acceso al agua, por tal motivo los biodigestores no son una opción que pueda funcionar en ese continente y en otros más (Surendra et al., 2014: 856).

Romper la actual estructura energética es una tarea ardua que requiere de tiempo, disponibilidad del recurso fósil, la apertura a energías renovables (diferentes a la energía hidráulica). Con la actual estructura energética los biodigestores carecen de apoyo

económico y político, pues el nivel de aplicación es para un sector minoritario de la sociedad que no llama la atención del gobierno y por ende carece del apoyo para el crecimiento de éste tipo de tecnología de energías renovables (Li et al., 2009: 1 442).

Los motivos anteriormente expuestos fueron tomados a consideración por grupos interesados en el manejo adecuado de los recursos naturales con la tecnología apropiada, que luego de estudios y experiencias en el campo tomaron el reto de organizarse. Un grupo sobresaliente es la Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe (RedBioLAC), cuya misión es “Ser una red que aglutina a las instituciones relacionadas con la investigación aplicada y en la difusión de la biodigestion anaeróbica para estimular el tratamiento integral y el manejo de los residuos orgánicos, como estrategias para mejorar el bienestar de la población de Latinoamérica y el Caribe.” (RedBioLAC, s.f.). El grupo RedBioLAC tuvo sus inicios en el 2009 y desde ese entonces ha venido organizando, investigando, desarrollando, implementando y dando a conocer sobre los biodigestores con la visión de mejorar la parte socioeconómica de los pueblos de Latinoamérica y el Caribe. Debido a la experiencia del grupo en la implementación de biodigestores en varios países, se ha tomado los estudios de factibilidad que se han hecho para implementar un programa nacional en los países de: Bolivia, Honduras y Perú, casos sobresalientes que servirán de análisis para el desarrollo de la presente tesis. Actualmente el nuevo país de enfoque es Ecuador del cual todavía no se han hecho los estudios de factibilidad con una visión de programa nacional, pero del cual en la página web se muestra información importante que ha sido tomada en cuenta para la presente tesis.

Casos de biodigestores instalados en Latinoamérica

Biodigestores en Bolivia

La experiencia de Bolivia en la instalación y uso de los biodigestores data desde 1 986, en donde, bajo la tutela de la cooperación técnica alemana (GTZ) y la Universidad Mayor de San Simón (UMSS), instalaron en Cochabamba sesenta (60) biodigestores familiares, repartidos en algunas zonas geográficas donde existieron haciendas ganaderas de aproximadamente 25 a 50 vacas, concentrándose la instalación de los biodigestores en el Departamento de Cochabamba, debido al clima favorable y al número elevado de haciendas existentes en sus alrededores. El período de instalación de los biodigestores en Bolivia por primera vez fue entre 1986 y 1992, y eran de fabricación china. En ese tiempo

se lograron obtener amplios conocimientos en lo que se refiere a diseño, instalación, funcionamiento, beneficios y las limitaciones que presentan los biodigestores instalados en las zonas rurales de Bolivia.

En el 2002 al 2006, se implementó un segundo proyecto de instalación de biodigestores del tipo tubular de bajo costo, liderado por el voluntario Jaime Martí-Herrero quien bajo el auspicio logístico de la ONG Tecnologías en Desarrollo y el auspicio económico del Cabildo de la Isla de Tenerife de España, instalaron veinte y tres (23) biodigestores, de los cuales veinte (20) biodigestores fueron para el uso familiar, uno (1) fue instalado en un centro de faenamiento y dos (2) se instalaron para el tratamiento de aguas negras en un internado escolar. Dicho proyecto fue con el propósito de validar si el tipo de biodigestor tubular técnicamente diseñado para trabajar en climas cálidos puede trabajar en climas templados y fríos; se cumplió con el objetivo y obtuvieron resultados satisfactorios que permitieron usar el biogás dentro de la zona rural de una manera eficiente. En el 2003 - 2004 gracias a los resultados positivos se implementaron una serie de proyectos en la zona periurbana del Departamento de Cochabamba, llegándose a instalar quinientos (500) biodigestores tubulares en Cochabamba y el altiplano de la Paz ubicados a una altura de 3 800 metros sobre el nivel del mar y de clima frío. Pues en estos proyectos adicionalmente al biodigestor instalado se construyó un cobertor sobre el biodigestor que aprovecha el efecto invernadero, subiendo de ésta manera la temperatura ambiental del biodigestor que permite una mejor degradación de la materia orgánica.

Del 2007 al 2010, se realizó el Proyecto de biodigestores tubulares a nivel nacional que contó con el apoyo de GTZ bajo el nombre del Programa EnDev-Bolivia y cofinanciado por el Reino de los Países Bajos y Alemania. La preocupación de éste proyecto se centró en que los usuarios de los biodigestores y demás instituciones públicas y privadas conozcan y se formen académicamente en el diseño e instalación de biodigestores, democratizando de ésta manera el conocimiento para el desarrollo tecnológico del biodigestor. Bajo los conocimientos adquiridos se esperó la implementación de un mayor número de biodigestores construidos bajo criterios y metodologías técnicas que mejoren el almacenamiento del biogás y la construcción de las cocinas artesanales, para mayor aprovechamiento del mismo. En éste período se identificó que los pobladores priorizan el uso del biol al igual que del biogás, dato

anteriormente desconocido por los estudiosos del proyecto, por lo que se instalaron seiscientos (600) biodigestores tubulares familiares a nivel nacional (Veen et al., 2012a: 23-25).

En los varios proyectos de instalación de los biodigestores en Bolivia se denotaron puntos en común como problemas aún faltos por resolver y son: la baja capacitación que recibieron los usuarios no permitió que se hagan mantenimientos preventivos y/o correctivos al sistema que compone el biodigestor, desencadenando en abandono o explosión de la bolsa plástica. Los usuarios de los biodigestores no tuvieron el acompañamiento necesario para entender y manejar los cambios de hábitos que traen consigo el uso de los biodigestores familiares. En la implementación de los varios proyectos de biodigestores en Bolivia se contó con el apoyo económico para la construcción de los mismos, subsidiando en su totalidad el costo del biodigestor familiar, problema que surgió cuando los usuarios necesitaron reparar los biodigestores y no tenían el capital suficiente para hacerlo (Veen et al., 2012a: 23-25).

Biodigestores en Honduras

El inicio de la era de los biodigestores en Honduras tiene comienzos en el tiempo que escaseó el petróleo en los años 1979, en donde organismos como la FAO apoyó económicamente para que técnicos del país se trasladen a China o el Brasil y capacitarse en la construcción y manejo de los biodigestores de domo fijo, instalándose más de sesenta (60) biodigestores en fincas privadas.

Luego en los años 1990 – 2004, se construyeron biodigestores tubulares en las zonas rurales pobres, en donde el móvil para la implementación fue la donación de parte de organismos no gubernamentales.

Hoy en día los proyectos que se vienen realizando en Honduras son de organismos no gubernamentales (ONG), que impulsan la construcción de los biodigestores como, por ejemplo: FUCOSOH (ISH) que construyó 25 biodigestores tubulares con la visión de expandirse y acaparar mayor número de usuarios. DIMA en alianza con Aguas de San Pedro, el club Rotario y la Fundación Merendón instalaron diez (10) biodigestores para tratar las aguas contaminadas provenientes de los cafetales ubicados en la cuenca del río. CATIE – FOCUENCAS otra ONG, que programó la construcción de 10 biodigestores en Cerro Grande. AHPROCAFE programó la construcción de 63 biodigestores del modelo

domo fijo. Y por último varias empresas privadas que prestan los servicios para la instalación, mantenimiento y cuidado de los biodigestores (Filomeno et al., 2010: 17-18).

Biodigestores en Perú

En Perú el interés de investigar nuevas formas energía y que sean a partir de los recursos energéticos no convencionales llevó a considerar al biogás como uno de esos productos, y es así que desde 1979 se formularon varios proyectos en donde se investigó bajo qué condiciones y cuales lugares son los óptimos para comenzar con los proyectos de instalación de biodigestores a nivel nacional. En 1980 se instaló el primer biodigestor en la Universidad Nacional de Cajamarca. Hasta 1984 se instalaron 45 biodigestores familiares en su gran mayoría en la sierra peruana (Ancash, Amazonas, Cajamarca, Cusco, Huánuco, Junín, Madre de Dios, Puno) y tan solo cuatro (4) en la costa peruana (Lima y Arequipa), lamentablemente la falta de interés y de seguimiento a los proyectos hicieron que solamente los proyectos de Arequipa y de Cajamarca fuesen los que tuvieron éxito y se construyeran más biodigestores familiares en esas zonas, como es el caso de Cajamarca que llegaron a construirse 51 biodigestores adicionales hasta 1989. Estos proyectos fueron financiados al 100% por la Universidad Nacional de Cajamarca y lo que se pedía a los beneficiarios de los biodigestores es que asignen una superficie de terreno y la mano de obra para la construcción de los mismos. Luego de la puesta en marcha de los biodigestores el seguimiento de parte de los delegados de la Universidad permitió que trabajen por unos años más, pero la sociabilización de este tipo de tecnología disminuyó totalmente al igual que el interés por conservar los biodigestores construidos, haciendo que años más tarde queden en desuso.

Otros casos de éxito al inicio, fueron los biodigestores instalados en Arequipa, pues fue muy importante el apoyo que brindó la empresa Gloria S.A. instalando un biodigestor en las instalaciones industriales y demostrando a los ganaderos de la zona el funcionamiento y los beneficios de los biodigestores. Gloria S.A. apoyó con el asesoramiento técnico a todos los ganaderos diseñando un biodigestor que cubra las necesidades locales. Para la puesta en marcha de los biodigestores, la construcción corrió a cargo económicamente de los mismos ganaderos. Este proyecto tuvo éxito hasta el año 2000, momento en que Gloria S.A. recortó personal en la empresa y dejó de asesorar técnicamente a los productores, descuidándose los biodigestores hasta su extinción.

Excepcionalmente, sigue funcionando un biodigestor de los proyectos que asesoró Gloria S.A., y es el de la chacra ecológica demostrativa la cual es alimentada con desechos agrícolas y estiércol de cuyo proveniente de la misma granja y sirviendo como un lugar al que pueden asistir instituciones educativas y aprender del proceso.

En el 2004, en Cuzco se llevaron a cabo dos proyectos en los que se instalaron dos biodigestores tubulares de plástico en las comunidades de Chollocani y Pabellones en dos fincas familiares respectivamente, según los informes indicaron que hasta mediados del 2005 estuvieron trabajando correctamente, proveyendo biogás para cocinar un tiempo aproximado de 2 horas diarias y alternando su uso con la quema de bosta (excremento seco de los animales). Desde el 2007 hasta finales del 2008 se instalaron 13 biodigestores familiares, evaluando su uso a finales del 2008, arrojando datos que indicaron el daño de un 30% de los mismos. A pesar de que los usuarios muestren su satisfacción con la tecnología de los biodigestores por la comodidad que representan en la cocción de los alimentos y la disminución del humo dentro de la vivienda, aún queda por definir detalles técnicos como la cantidad de biogás producido, la implementación con materiales de mejor calidad y un dato muy importante es que los usuarios de los biodigestores deben aportar económicamente en la construcción de los mismos ya que al ser una tecnología subsidiada al 100% por empresas u organismos sin fines de lucro, no hay el compromiso de los beneficiarios de los biodigestores en conservar y mantener funcionando los biodigestores a largo tiempo (Veen et al., 2012b : 27-33).

Biodigestores en Ecuador

En la investigación realizada para la elaboración de la presente tesis se mantuvo reuniones con la Asociación de Campesinos Agroecológicos de Íntag (ACAI), quienes colaboraron con la información de los biodigestores instalados en el Cantón Cotacachi de la zona de Íntag. El número de biodigestores instalados en Íntag son de veinte y dos (22) biodigestores familiares que proveen biogás para la cocción de los alimentos y se recolecta el biol para abono de las tierras agrícolas de la zona. La construcción de los biodigestores se realizó con el apoyo de organismos como CARE-Ecuador y del Programa de Pequeñas Donaciones de Naciones Unidas, encaminados por un grupo de personas provenientes de organismos como la Coordinadora Ecuatoriana de Agroecología (CEA) y cuyo miembro activo la ACAI fueron quienes han estado

encargados de desarrollar programas rurales con un enfoque agroecológico sustentable en las localidades rurales en donde existen los programas de biodigestores familiares construidos desde el 2002.

Económicamente, la construcción de los biodigestores fue subsidiada al 100%, comprometiendo la mano de obra de los usuarios para la instalación de los mismos. El sistema de subsidio es el mismo que se llevó a cabo en países como Perú, Bolivia y Honduras, pero a diferencia de éstos, los usuarios de los biodigestores en Íntag son miembros de una asociación de productores agroecológicos que permanentemente dan seguimiento a los biodigestores para realizar mantenimientos y verificar el funcionamiento, además, el sistema de carga del material orgánico al biodigestor fue diseñado y estratégicamente ubicado en lugares altos con respecto a éste, para que la caída del material sea por gravedad y con la ayuda del aseo diario de las chancheras hacer que el material baje al biodigestor, prescindiendo del trabajo extra que significa recoger los desechos y trasladarlos al biodigestor lo cual bajo otras experiencias ha desencadenado en el abandono de los mismos. Pues el usuario al pertenecer a una asociación y no tener que dedicar tiempo y trabajo adicional al biodigestor ha permitido conservar en buen estado a los biodigestores y funcionando.

En el informe del 2013 que presentó la CEA a la RedBioLAC sobre los avances del Ecuador en la instalación y utilización de los biodigestores en las zonas rurales del país, mostró que hasta el 2013 había un total instalado de 38 biodigestores los cuales estaban distribuidos en los lugares que se muestra en la (Tabla N.º 2) (CEA, 2013):

Tabla N. ° 2. Biodigestores instalados en Ecuador al 2013

Lugar de investigación	Cantón	Estado	Porcentaje de utilización del BD	Cantidad
Camal Municipal	Antonio Ante	Funciona para extracción del biol	80%	1
Hostería de Paz	Ibarra-Parroquia la Carolina	Funciona para extracción del biol	100%	1
Hostería la Merced Baja	Ibarra-Zuleta	Funciona para extracción del biol	70%	1
Granja La Pradera (UTN)	Antonio Ante	Funciona para demostración de estudiantes	80%	2
Pontificia Universidad Católica	Ibarra	Funciona para extracción del biol y para biogás	90%	1
Comunidad Chaupi Guarani	Ibarra; Unión de Organizaciones campesinas Cochapamba	Funciona para extracción del biol	70%	1
Cotacachi; Asociacion de Campesinos Agroecológicos de Intag	Intag	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	100%	22
CEA	Cuenca	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	90%	2
Cuyuja - Napo	FONAG - Biocorredor del Buen Vivir Valle del Quijos	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	100%	1
CEA	Loja	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	90%	2
Instalación privada (Ing. Gerardo Parra)	Machala	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	100%	2
Cayambe	Pedro Moncayo	Funciona para extracción del biol para aplicación en granja integral y para la obtención del biogás	100%	2
TOTAL				38

Fuente: CEA (2013)

Al momento de la elaboración de esta tesis se tiene conocimiento que se han venido implementando más proyectos sobre biodigestores familiares en Ecuador entre los que se pueden citar: en Cotacachi se construyeron dos biodigestores, en San Miguel de Los

Bancos se construyó un biodigestor y tres están en proyecto de construcción, en Archidona en la comunidad de Cotundo se construyó un biodigestor, en Francisco de Orellana en la población de Dayuma existen dos biodigestores.

En la provincia de Guayas en El Empalme existen dos biodigestores, en Esmeraldas en el cantón Río Verde de la parroquia Montalvo existen diez biodigestores distribuidos en tres comunidades, en Atuntaqui en el sector conocido como Natabuela existe un biodigestor instalado y seis más están en proyecto de construcción, en Pacto dentro de la comunidad El Paraíso existe un biodigestor, en el Quinche existe un biodigestor, en la provincia de Napo en la población Cuyuja existen dos biodigestores y en la provincia de Cotopaxi existe un biodigestor instalado.

Los biodigestores instalados en los diferentes lugares mencionados anteriormente tienen diferentes aplicaciones y en algunos casos no son sólo utilizados para la producción de biogás como combustible para cocinar. Cabe señalar que para la ejecución de los proyectos de biodigestores ya citados, se tuvo el respaldo de la organización MUNDOINTAG, quienes apoyaron a la construcción de los biodigestores colaborando desde la parte técnica y económica, para que entren en funcionamiento y se mantengan. Para la investigación de la presente tesis no fue posible visitar los lugares citados anteriormente debido a no tener disponibilidad de tiempo, pero fueron datos obtenidos en conversación con Robinson Guachagmira integrante de MUNDOINTAG.

Usos de los productos del biodigestor

Biogás para cocción y calefacción

El biogás que producen los biodigestores caseros es principalmente usado para la cocción de los alimentos, aproximadamente se consume entre 30 y 45 m³ de biogás al mes, lo que representa un ahorro en el consumo del gas licuado de petróleo (GLP) de 11 a 15 kg que equivale a un cilindro de gas por mes. El biodigestor puede producir 0,5m³/día de biogás para cuatro horas de uso continuo (Rajendran et al., 2012: 2 923-2 924).

En el caso de estudio de los biodigestores instalados en la parroquia Peñaherrera de Íntag las familias alternan el uso de biogás y el GLP, teniendo preferencias de uso que dependen del tipo de alimentos a ser cocinados. El biogás es mayormente usado cuando se cocinan los granos pues se necesita de mayor tiempo de cocción, relativizando el uso

del gas licuado de petróleo y extendiéndose el tiempo de compra de reposición de cilindro de gas licuado hasta por tres meses.

Otro de los usos del biogás es para calentar agua y para producir calor en ambientes cerrados, esto es muy utilizado en la industria especialmente en las empresas avícolas.

Biol como fertilizante

Hay dos tipos de productos como abonos que resultan de la descomposición de la materia orgánica dentro del biodigestor, uno es el lodo seco residual y el otro producto es el líquido residual rico en minerales. El lodo residual es un abono rico en nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio que puede ser utilizado directamente como fertilizante en los sembríos, aumentando la productividad de las tierras.

El líquido residual es utilizado en los pastizales como fertilizante, incrementando la producción de la hierba para el ganado y es también un buen fertilizante que puede ser usado en agua dulce y salada que sirve para acondicionar el medio para el crecimiento de algas y plantas que sirven de alimento y un medio de vida para otras especies que están dentro del agua. En la industria el líquido residual ayuda a absorber materiales pesados como el plomo proveniente de las aguas contaminadas (Rajendran et al., 2012: 2 923).

Biogás para generación eléctrica

El biogás que proviene de los biodigestores domésticos es usado en algunos países como en India, China y países desarrollados para generar electricidad tanto para consumo familiar o local y a nivel industrial para mover grandes maquinarias. Las maquinarias que usan biogás como combustible para la generación eléctrica, necesita de un componente líquido combustible para comenzar la ignición, pues en la actualidad el biogás puede interactuar con otros combustibles como el diésel y la gasolina.

En estudios realizados la cantidad de biogás que se requiere para generar 982 kW de electricidad es de 6,7 m³/día y para calentar el agua es de 2 m³/día. Por otro lado, para abastecer la demanda de un generador de 1 kW bastaría utilizar la mitad de la energía que puede suministrar un digestor doméstico. Otro caso de estudio demuestra la efectividad de uso de la biomasa, tal es el caso de las semillas de la jatropha, que luego de someterse

a procesos de destilación se obtiene el biodiesel, dejando como residuos los desechos que serán enviados al biodigestor.

El biodiesel y el biogás proveniente del biodigestor serán utilizados de manera dual como combustible de un generador de 12 kW orientado para la electrificación rural, en donde el biol del biodigestor puede ser utilizado como abono para los sembríos de jatropha cerrándose el ciclo de uso y tornándose en un proceso como biorefinería (Rajendran et al., 2012: 2 924).

Otro uso eléctrico del biogás son las lámparas de iluminación las cuales son más eficientes que las lámparas usadas a kerosene y un poco menos eficiente que las lámparas eléctricas. Técnicamente un metro cúbico de biogás equivale a un foco iluminador que tiene una potencia de 60-100 vatios, que se mantiene encendido durante seis horas, mientras que para el uso en la cocina el mismo metro cúbico sirve para cocinar los alimentos para seis personas, las tres comidas del día.

El biogás al ser utilizado como agente combustible para generar electricidad en la casa de una familia compuesta por cinco personas basta obtener del biodigestor la cantidad de 0,25 a 0,5 m³ por día de biogás. Otros ejemplos del uso del biogás son: en la República de Kenia las refrigeradoras que no utilizan la electricidad usan en su lugar el biogás para su funcionamiento; otro uso del biogás es mantener caliente el ambiente de las incubadoras de pollos.

En Nepal los sistemas de alcantarillado de los servicios públicos están conectados a un biodigestor que provee biogás para generar electricidad para el alumbrado de los mismos servicios higiénicos. En la India también se han conectado los servicios públicos a biodigestores con la misión de mejorar las condiciones de vida de sus habitantes (Rajendran et al., 2012: 2 924).

Tipos de biodigestores

El tipo de biodigestor dependerá del lugar en donde será instalado, la complejidad de su construcción y la cantidad de biogás que podrá producir. Los biodigestores pueden ser del tipo: de carga continua, semi continuos o de carga discontinua.

Los digestores de carga continua son usualmente usados en la industria pues la carga de los desechos se lo hace de manera automatizada hacia el biodigestor, generando una producción continua de biogás debido a la gran cantidad de material orgánico disponible. Los digestores de carga semi continua son los más utilizados en la zona rural, pues el efluente de salida es inmediatamente repuesto por el efluente de entrada.

En el caso de los biodigestores instalados en la parroquia Peñaherrera son del tipo semi continuos y utilizan las excretas de los cerdos que en conjunto con el agua que es utilizada para limpiar las chancheras bajan por gravedad hacia el biodigestor y empuja el antiguo lodo residual. Éste sistema es comúnmente usado en sistemas domésticos y pequeños, siendo los más populares los digestores de construcción tipo indio o chino.

Y por último los biodigestores de carga discontinua son aquellos que se abastecen del material orgánico cada vez que baja la producción del biogás, esto quiere decir que la carga se la hace por completo cuando se ha vaciado el contenido del material antiguo del biodigestor (Varnero, 2011: 97-98).

Los tipos de biodigestores dependen de la capacidad económica, capacidad de residuos y la acción de uso que tenga el usuario final. Pues existen los biodigestores para uso de residuos industriales y los biodigestores de residuos de áreas rurales.

El interés de la presente tesis se centra en los biodigestores que son usados en las áreas rurales que por costos son más económicos, su funcionamiento no requiere de conocimientos técnicos elevados, la capacidad de residuos es baja y tiene como uso final la cocción de alimentos a nivel familiar.

Existen los biodigestores de flujo discontinuo y de flujo continuo. La diferencia entre estos dos tipos radica en que el primero, la materia orgánica es almacenada por un tiempo que varía entre 30 y 180 días permaneciendo sellado el tanque, mientras se realiza el proceso de fermentación, emitiendo gases de forma continua llegando al pico máximo de producción y luego de ello la producción de gas es descendente.

En los biodigestores de flujo continuo, la carga de materia orgánica se lo realiza diariamente teniendo como características la fluidez y uniformidad del material de fermentación.

Hay diferentes tipos de biodigestores que se han tenido que ir modificando y adaptando al medio en donde se han instalado, tal es el caso de los biodigestores familiares o caseros que deben ser construidos a bajos costos y adaptarse al medio ambiente de la zona. Los tres principales tipos de biodigestores son:

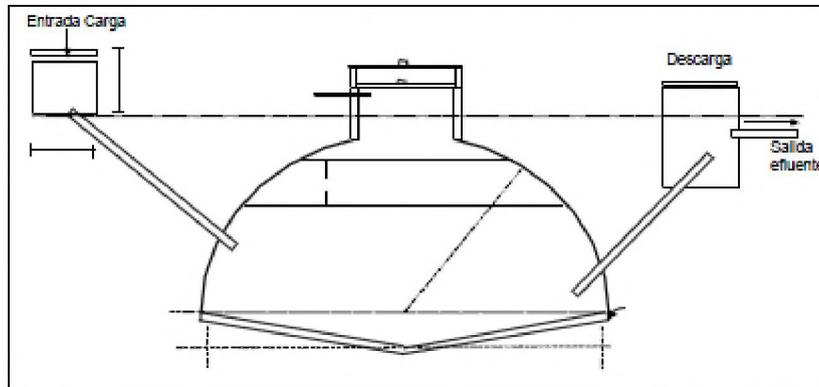
Biodigestores de estructura sólida fija

Los biodigestores de estructura sólida fija son los más usados en países denominados en vías de desarrollo y la construcción se lo hace en el suelo, en donde el tanque de almacenamiento se lo hace con ladrillos con un buen revestimiento para evitar se escape el gas generado.

El domo o campana se la construye en forma de un semicírculo introduciendo dos tuberías que sirven para cargar el material orgánico y el otro para descarga hacia la cámara del efluente.

La evacuación del efluente o el material orgánico líquido se realiza por la compresión que existe del gas al material líquido, haciendo que éste último se desplace al exterior por la tubería correspondiente (Unidad de planeación minero energético, 2003: 20). Ver Gráfico N. °1.

Gráfico N. ° 1. Biodigestor de forma cilíndrica y de estructura sólida fija

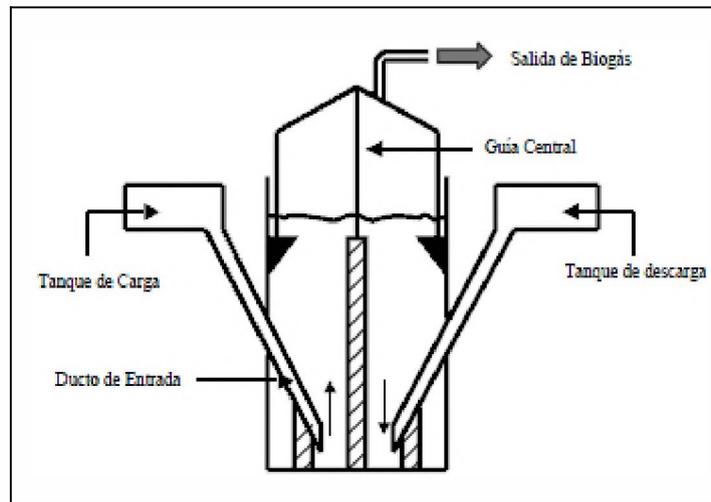


Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético (2003: 21)

Biodigestores de estructura sólida móvil

Biodigestores de forma cilíndrica alargada, compuesta por dos cuerpos el fijo que está enterrado en el suelo y es donde se almacenan los desechos orgánicos y el cuerpo móvil que es donde se acumula el biogás. Los dos cuerpos se mantienen unidos por una varilla que sujeta la campana y la que permite desplazarse hacia arriba o hacia abajo demostrando que existe gas o que el gas se ha consumido respectivamente. Los materiales que se usan para la construcción del biodigestor es ladrillo, cemento, arena y lámina de acero (Unidad de planeación minero energético, 2003: 21). Ver Gráfico N.º2.

Gráfico N. ° 2. Biodigestor de forma alargada y de estructura sólida móvil



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético (2003: 22)

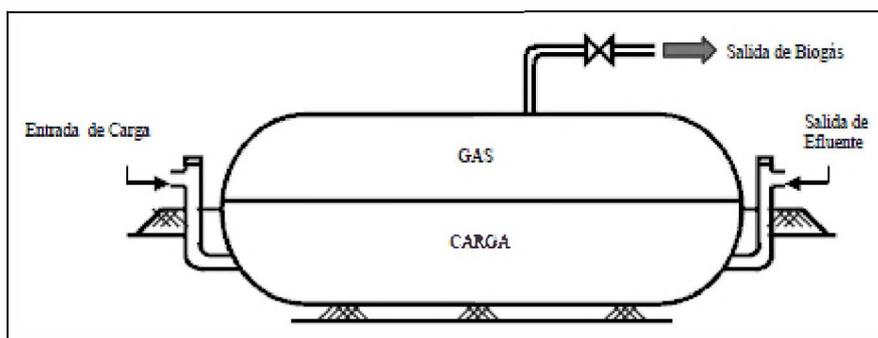
Biodigestores de balón de plástico

Son biodigestores que se construyen con material de plástico o de geo membrana de PVC que tiene la forma tubular y son sellados. El material orgánico ocupa el 75% del espacio de la bolsa plástica mientras que el 25% restante es ocupado por el biogás, la tubería que transporta el material orgánico hacia y desde el biodigestor son instalados directamente a la bolsa plástica al igual que la tubería que transporta el biogás.

Estos tipos de biodigestores son los usados en las zonas rurales donde predominan las altas temperaturas y constantes. El material del que está hecho el biodigestor debe tener las características técnicas para que resista los rayos ultravioletas y el medio ambiente circundante.

La bolsa plástica del biodigestor es instalada en una zanja cavada en la tierra sobre un colchón de paja o arena fina. Ver Gráfico N. °3 (Unidad de planeación minero energético, 2003: 22).

Gráfico N. ° 3. Biodigestor de forma balón de plástico



Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético (2003: 22)

A continuación, se muestra la Tabla N. °3 en la que se resume las características de los biodigestores más usados, y la elección de uso dependerá de la cantidad de material orgánico disponible y el monto de inversión a realizarse.

Tabla N. ° 3. Características de los biodigestores más usados

Características	De estructura sólida fija	De estructura sólida móvil	De balón de plástico
Cámara de digestión	Esférica / bajo tierra	Esférica / Semiesférica	Semiesférica
Nivel de tecnología	Madura	Madura	Madura
Presión del gas	No constante	Constante	Muy baja presión de gas, es necesario aumentar la presión con sobrepeso.
Localización óptima	Todos los climas	Todos los climas	Todos los climas
Vida útil	20 años	20 años	5 años
Ventajas	Bajos costos de construcción. No posee partes móviles. No posee partes metálicas que puedan oxidarse. No tiene partes expuestas, por eso está protegido contra bajas temperaturas.	Manejo fácil. El gas almacenado es visible a través del nivel de la campana.	Bajos costos de construcción. Fácil transporte e instalación. Construcción horizontal y plana que favorece en los lugares con alto nivel freático.
Desventajas	La presión puede ser muy alta, por eso la cúpula tiene que ser cuidadosamente sellada; porosidades y grietas pueden afectar la planta.	Alto costo de construcción de la campana. En la mayoría de los casos, la campana es metálica y por eso sujeta a corrosión. Más costos de mantenimiento causado por trabajo de pintura.	El material plástico está sujeto a daños y tiene que ser protegido.

Fuente: Unidad de Planeación Minero Energético (2003: 24)

Existen algunos modelos de digestores, los cuales se diferencian entre sí por la forma, los servicios que prestan y el tratamiento mecánico al material fermentado. Para el caso de estudio se centrará la atención en el biodigestor tubular usado e instalado en Íntag en la parroquia Peñaherrera y en otras zonas rurales del Ecuador al igual que en otros países de la región Latinoamericana.

Biodigestor tubular construido en la parroquia Peñaherrera

De acuerdo al apartado anterior son dos los factores decisivos que influyen en el momento de decidir el tipo de biodigestor a ser instalado en las fincas familiares, el primero son los costos de inversión y el segundo es la cantidad de material orgánico disponible para llenar el biodigestor.

Para el caso de estudio los comuneros y los técnicos representantes de los organismos de apoyo decidieron construir biodigestores tubulares de plástico, de flujo semi continuo porque la disponibilidad del gas es durante todo el año mientras haya un flujo de entrada diario.

Los materiales que utilizaron los comuneros para la construcción del biodigestor instalado en cada una de las fincas de los interesados fueron: plástico tubular más grueso que el que se usa en los invernaderos, tubos de cemento, bloques o ladrillos, arena, ripio, retazos de espuma Flex, tiras de caucho, tuberías de PVC, accesorios de tuberías, mangueras, botellas recicladas, cabos o sogas, una cocina adecuada previamente para que pueda funcionar con el biogás.

Para la implementación de los biodigestores fue indispensable el compromiso de los usuarios para colaborar con la construcción de los mismos, ya que la responsabilidad económica de los materiales fue de los organismos sin fines de lucro. El compromiso de los comuneros fue asignar un pedazo de tierra para colocar el biodigestor más la mano de obra para la construcción e instalación.

La obra de la instalación comenzó con la excavación de la fosa para alojar el biodigestor, la longitud de la fosa depende de la capacidad del biodigestor, para el caso de los biodigestores instalados en Íntag se estandarizó las medidas de los biodigestores.

De largo miden 10 metros por 90 centímetros de profundidad y por 90 centímetros de ancho en la parte superior y en la parte inferior 80 centímetros de ancho. Para evitar cortes en el plástico es necesario que no existan piedras o vegetación que ponga en peligro de ruptura a la bolsa plástica.

Fotografía N.º 1



Fuente: RedBiolac (Excavación de la fosa para el biodigestor)

Tanque de carga y tanque de descarga del material orgánico

El tanque de carga es el lugar previo a la cámara de digestión o bolsa plástica, que está adecuado con un conducto tubular que llevará los residuos líquidos o sólidos a la cámara del biodigestor, permitiendo el ingreso del material ya preparado el cual circula por efecto de la gravedad al estar ubicada la cámara de carga por sobre el nivel de líquido en el biodigestor. Tanto el tanque de carga como el tanque de descarga se construyen en los extremos del biodigestor.

El tanque de descarga es el lugar hacia donde fluye el lodo residual que se obtiene cuando los procesos de fermentación ya se han realizado, a este lodo se lo denomina biol, elemento rico en nutrientes listo para ser utilizado en la agricultura. Para facilitar su salida el caño de salida se coloca al nivel de terreno o se almacena en tanques para luego distribuirlo en los sembríos.

Fotografía N.º 2.



Fuente: Elaboración propia (Tanque de carga de los desechos orgánicos al biodigestor)

Funda de plástico tubular o cámara de digestión

La cámara de digestión es el lugar de almacenamiento de la materia orgánica que presta las condiciones técnicas adecuadas para que la fermentación se realice bajo condiciones de ausencia de oxígeno, un componente indispensable es el agua y la temperatura adecuada para que favorezca a la velocidad de degradación del material.

La cámara de digestión es el elemento principal de los biodigestores, la cual permite la obtención del biogás.

Para la construcción de la cámara de digestión se usó 24 metros de plástico tubular más grueso que el plástico que se usa en los invernaderos. Con ésta cantidad de plástico se hace una sola funda de 12 metros la cual fue empataada a los tanques de entrada y salida.

Fotografía N.º 3



Fuente: Elaboración propia (Cámara de digestión, funda plástica)

Salida del biogás

En la parte superior de la bolsa plástica aproximadamente a 2 metros de la salida de carga se realizó un corte más pequeño que el tubo de media pulgada el cual se asegura mediante los accesorios de tubería para evitar fugas de gas. Aquí se empata la tubería de distribución del biogás.

Ubicación de la bolsa plástica dentro de la fosa

La bolsa plástica al ser colocada debe coincidir en alineación con los pliegues de la bolsa plástica y la fosa. En sus extremos la funda será amarrada con las tiras de caucho a las tuberías de los tanques de carga y descarga respectivamente.

Válvula de seguridad

La función de la válvula de seguridad es evitar que el exceso de gas acumulado pueda provocar una explosión de la cámara de digestión.

La poca disponibilidad de recursos económicos, llevaron a la construcción artesanal de la válvula de seguridad en los biodigestores construidos en la localidad. A unos 2 metros del biodigestor en el tramo entre el biodigestor y la cocina se colocó una tubería en forma de T, en el cuál se instaló una botella plástica reciclada con agua que sirve como sello de agua y que evacua el exceso del biogás, cumpliendo la función de válvula de seguridad.

Fotografía N.º 4



Fuente: Elaboración propia (Válvula de seguridad artesanal)

Filtro de gases

A un metro de la válvula de seguridad, se coloca otro tubo en forma de T, pero con un tapón en el que se introduce un estropajo de laminillas metálicas (usado para lavar ollas), el cual actuará como filtro reteniendo los gases responsables de los malos olores (partículas de azufre).

El estropajo de laminillas metálicas deberá ser reemplazado cada dos meses debido al rápido proceso de oxidación que sufre éste material en un medio húmedo.

Fotografía N.º 5



Fuente: Elaboración propia (Filtro de gases)

Carga del material orgánico en el biodigestor

Previamente al llenado de material orgánico en la bolsa plástica, se debe realizar la prueba contra fuga de gas, esto se realiza introduciendo aire comprimido proveniente de algún compresor.

Luego de la prueba de fuga se procede a llenar la bolsa plástica con todo el material orgánico o desechos que se obtienen de las chancheras y el agua con el que se realiza la limpieza diaria del lugar. Cuando el llenado es por primera vez se necesita que el nivel de embalse de los tanques de carga o descarga sea mayor al nivel de llenado de la bolsa plástica para que la materia se desplace y no haya fuga de gases.

Al cabo de 30 días se habrá generado gas en la funda que estará listo para ser usado en la cocina artesanal de la familia. Obteniéndose gas para ser consumido de dos a tres horas en la mañana y de dos a tres horas por la tarde. Produciendo aproximadamente 60 litros de lodo residual o biol listo para abonar la tierra.

Fotografía N.º 6



Fuente: Elaboración propia (Cocina artesanal de biogás)

Fotografía N.º 7



Fuente: Elaboración propia (Tanque de almacenamiento para el lodo residual, biol)

Protección del biodigestor

Es importante mantener el biodigestor en un lugar fuera del alcance de los animales para conservarlo. Así como también la limpieza periódica del área del biodigestor, siendo aconsejable ubicarlo debajo de un techo para protegerlo del ambiente.

El agitador del material orgánico

Algunos biodigestores por su gran tamaño necesitan utilizar paletas agitadoras para mover el material evitando la compactación y cumplir con la función de ayudar a que las burbujas del biogás se desplacen.

En los biodigestores construidos en Íntag el agitador es una piola o sogá que cruza la cámara de carga, la cual al moverla agita el material y cumple las mismas funciones que las paletas.

Factores de diseño para un biodigestor

Los factores que determinan el diseño de un biodigestor están relacionadas directamente con los factores de producción del biogás. Los biodigestores familiares instalados en la parroquia Peñaherrera fueron construidos con materiales de bajo costo, de fácil acceso y plenamente manejables, que en su devenir ayudaron a controlar los desechos orgánicos producto de la ganadería y la agricultura de la zona rural.

Los factores que se deben controlar son: pH, temperatura, material orgánico, carga, tiempo de retención, mezcla y cantidad de carbono y nitrógeno de la mezcla.

Sin profundizar en la parte química de cada uno de los factores anteriormente mencionados se explica la razón de su importancia. El pH debe ser neutral y es importante para la producción de biogás al igual que la temperatura, pues a mayor temperatura favorecerá mayor producción de biogás.

El material orgánico debe contener buena cantidad de nutrientes como fósforo, nitrógeno y sulfuro para la producción del biogás, así como también debe ser fácilmente degradable y la carga del material debe ser de forma continua para la obtención de mayor cantidad de biogás. La mezcla en este proceso es importante pues normalmente el material putrefacto forma natas que evitan la salida de los gases mientras que el exceso de mezcla mata los microorganismos (Rajendran et al., 2012: 2913).

A continuación, se detalla de forma explicativa los términos técnicos usados en el manejo de los biodigestores, los cuales son importantes conocer como información técnica para el funcionamiento y las características al momento del diseño de un biodigestor.

Cantidad de estiércol

Para la construcción de los biodigestores es importante conocer la cantidad de material orgánico disponible en las fincas y la cantidad de agua que se debe adicionar para la mezcla y la homogenización del producto que se ingresa al biodigestor. La Tabla N.º 4 presenta valores que pueden ser tomados como datos cuando no es posible cuantificar el material orgánico.

Tabla N.º 4. Valores y características del estiércol de algunos animales

Clase de animal	% por peso vivo		% del material de digestión		Relación C/N	P - Producción de biogás (m ³ de gas / 1kg SO)
	PE - Estiércol	PO - Orina	% EST Sólidos	% SO Sólidos orgánico		
Vacunos	5	4	15 -16	13	20	0,250
Cerdos	2	3	16	12	13	0,350
Caprinos, ovejas	3	1,5	30	20	30	0,200
Caballos	5	4	25	15	20	0,250
Avícolas, gallinas	4,5	4,5	25	17	5-8	0,400
Humanos	1	2	20	15	8	0,300

Fuente: Unidad de planeación minero energético (2003: 33)

La fórmula a continuación permite obtener la cantidad de estiércol en kilogramos por día:

$$“E = NA \times PVP \times PE/100 \text{ en donde:}”$$

NA es el número de animales por una especie (vacas, cerdos, caballos, humanos, entre otros). PVP es el peso vivo promedio por animal. PE es la producción de estiércol por animal por día en porcentaje de peso vivo” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 34).

Cantidad de orín

La fórmula que permite calcular la cantidad de orín que se produce en kilogramos por día es la siguiente:

$$“O = NA \times PVP \times PO/100 \text{ en donde:}”$$

NA es el número de animales por una especie. PVP es el peso vivo promedio por animal. PO es la producción de orín por animal por día en porcentaje de peso vivo (se asume que 1 litro de orín pesa 1 kilogramo)” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 34).

Cantidad de material orgánico de carga

Para determinar la cantidad de carga del material orgánico en kilogramos por día se debe tomar en cuenta el estiércol producido más el orín, lo cual lleva a la fórmula siguiente:

“ $MPC = E + O$ ” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 34).

Sólidos totales

Existen biodigestores que son llenados con material orgánico vegetal o con desperdicios familiares y también con estiércol, por tal motivo es importante determinar cuál es el porcentaje disponible de materiales sólidos en el producto para el biodigestor. La fórmula a continuación muestra cómo se obtiene éste valor:

“ $\%ST = (E \times \%EST) / MPC$ en donde:

$\%ST$ es el porcentaje de sólidos totales contenidos en la materia prima para carga. MPC es la materia prima para carga en kilogramos por día. $\%EST$ es el porcentaje de sólidos en el estiércol. E es el estiércol en kilogramos por día” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 35).

De la fórmula anterior se obtiene el porcentaje de sólidos totales que será utilizada en la fórmula que dará como resultado la cantidad de sólidos en kilogramos por día que se muestra a continuación:

“ $ST = (\%ST \times MPC) / 100$ en donde:

ST es la cantidad de sólidos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día y MPC es la materia prima para carga en kilogramos por día” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 35).

Cantidad de agua para la mezcla

El cálculo para saber cuánto de agua se debe adicionar al material orgánico depende si el porcentaje de sólidos totales %ST es mayor al 10%, y si éste es el caso la fórmula a utilizarse es la siguiente:

“ $MH_2O = ((MPC \times ST) / 10) - MPC$ en donde:

MH_2O es la masa de agua para mezcla que disminuye hasta un 10% los sólidos orgánicos contenidos en la materia prima, en kilogramos por día. ST es la cantidad de sólidos orgánicos contenidos en la materia prima para carga, en kilogramos por día. MPC es la materia prima para carga en kilogramos por día” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 35).

Cantidad de carga para el biodigestor

El siguiente paso a realizar es realizar el cálculo para obtener la cantidad de carga de la materia orgánica con la que se alimentará al biodigestor cuya unidad de medida es el kilogramo y la forma de generarla es diaria. Para éste cálculo se considera el total de la materia orgánica más el valor que hay que adicionar de agua en el biodigestor.

“ $C = MPC + MH_2O$ ” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 36).

El tiempo de retención

Es la cantidad de tiempo que permanecerá el material orgánico más el agua dentro del biodigestor, el valor que se obtenga en este apartado determina el tamaño del biodigestor que también depende de la temperatura del lugar de instalación. La ecuación a utilizarse es la siguiente:

“ $TR = (- 51,227 \times \ln (T^{\circ}C) + 206,72)$ en donde:

TR es el tiempo de retención en días. $\ln (T^{\circ}C)$ es el logaritmo natural de la temperatura promedio en grados Celsius del sitio donde se instalará el biodigestor y tomando en cuenta los valores numéricos constantes” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 36).

Volumen del biodigestor

Es la capacidad que tiene el biodigestor para almacenar la materia orgánica, representando el volumen efectivo útil de almacenamiento cuya unidad de medida es el litro. La fórmula a utilizarse para el cálculo es:

$$Vd = C \times TR \times 1,2 \text{ en donde:}$$

Vd es el volumen del digestor en litros. C es la carga diaria para alimentar el digestor en litros por día. TR es el tiempo de retención en días. El calor constante de 1,2 es el volumen adicional para el almacenamiento del biogás” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 37).

Cantidad posible de producción de biogás

Por último, es importante saber la cantidad de biogás que se producirá por día, luego de realizar los cálculos previos con las fórmulas presentadas, el cálculo se lo realizará con la siguiente formula:

$$PG = MPC \times SO \times P \text{ en donde:}$$

MPC es la cantidad de estiércol en kilogramos por día. SO es el porcentaje de materia orgánica del estiércol según la especie. P es la producción aproximada de m³ de gas por cada kilogramo de masa orgánica seca total” (Unidad de planeación minero energético, 2003: 37).

Proceso de obtención del biogás

Para la obtención del biogás como un biocombustible gaseoso, es necesario someter la biomasa recolectada a procesos de digestión anaeróbica, que en otras palabras es la degradación o fermentación de la materia orgánica en ausencia de oxígeno.

Cuyos principales componentes son el metano (55-65%) y el anhídrido carbónico (35-45%) y, en menor proporción, nitrógeno, (0-3%), hidrógeno (0-1%), oxígeno (0-1%) y sulfuro de hidrógeno (trazas). Se produce a razón de unos 200-400 litros por kg de materia seca, con un valor calórico de unas 5 500kcal/m³. El poder calorífico del biogás está determinado por la concentración de metano (8500 kcal/m³), pudiéndose aumentar esta eliminando todo o parte del CO₂ presente en el biogás (DeJuana et al., 2007: 239).

El ser vivo posee características únicas en su formación orgánica, que al término de su vida se conjugan factores químicos y biológicos para dar paso a nuevos seres minúsculos que comienzan la vida a partir de la degradación de otros seres.

La degradación de los seres vivos es el estado de putrefacción de los componentes del cuerpo en su forma externa e interna. Generando nueva vida como los microorganismos (bacterias, protozoarios, hongos), quienes son los encargados del proceso de la fermentación que depende del medio en donde se desarrolla el proceso; si la fermentación se lleva a cabo en ausencia de oxígeno se denomina fermentación anaeróbica, y fermentación aeróbica si en el medio existe oxígeno. De la fermentación de la materia orgánica se obtiene como resultado el biogás.

Desde siempre la naturaleza ha reutilizado todos los desechos generados por ella misma dando lugar a que la tierra tome los nutrientes necesarios de los desechos y puedan producir material orgánico vegetal listo para el consumo animal “en conclusión, en la naturaleza con sus diferentes ecosistemas todos los desechos son constantemente reutilizados, por lo que no existen residuos, es decir que no existe lo que no posee utilidad, y todo es reciclado” (Groppelli y Giampaoli, 2001: 42).

Es por esta razón que los biodigestores poseen una gran utilidad que van de la mano a favor de la naturaleza y del ser humano, pues el biodigestor ayuda a cumplir los ciclos regenerativos en el que por un lado captura el biogás para ser utilizado en las labores cotidianas del hogar mientras que el lodo residual y el efluente restantes son reutilizados para nutrir la tierra y haciéndola más fértil.

CAPÍTULO II ENERGÍA Y DESARROLLO

Energía y desarrollo es el vínculo importante que se analiza en la primera parte del presente capítulo y el análisis toma como punto de partida los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio, propuestos por los representantes de los países miembros de las Naciones Unidas en el año 2000. En septiembre de 2015 los mismos ocho objetivos son tomados como base para los nuevos diecisiete Objetivos de Desarrollo Sustentable que hoy en día tiene la misión de acabar con la pobreza y buscan mejorar las condiciones de vida de las personas pobres del mundo.

El tiempo que el grupo de trabajo del Proyecto del Milenio de las Naciones Unidas se impuso para ejecutar los ocho Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) fue de quince años, contados desde el año 2000, con lo que en el 2015 se cumplió el plazo obteniéndose resultados positivos que demuestran la efectividad y el compromiso de los países miembros en disminuir la pobreza del mundo. Pero aún sigue habiendo pobreza y es por ésta razón que con los nuevos Objetivos de Desarrollo Sostenible tienen la meta de acabar con ella.

Estudios realizados en el Informe Mundial de Energía del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo y del Consejo Mundial de Energía del 2000 demuestran el papel preponderante que juega la energía en la consecución de los objetivos de desarrollo en el ámbito social, económico y medioambiental. Dicho informe señala que “se tendrá que cambiar los tipos de energía que producimos y las formas en las que las utilizamos. Si no es así, se acelerarán los daños en el medio ambiente, aumentará la desigualdad y el crecimiento económico mundial estará en peligro” (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, 2000: iii). Es por ésta razón se considera importante analizar la relación que tiene la energía en la consecución de los Objetivos de Desarrollo.

En un inicio los Objetivos de Desarrollo del Milenio fueron elaborados con el fin de “la erradicación de la pobreza y del hambre (ODM 1); el logro del acceso universal de la educación primaria (ODM 2); la promoción de la igualdad de género (ODM 3); la reducción de la mortalidad infantil y la mejora de la salud maternal (ODM 4 y 5); la reducción del VIH/SIDA y otras enfermedades (ODM 6); garantizar la sostenibilidad ambiental (ODM 7); y la creación de una alianza universal para el desarrollo (ODM 8).

Para cada objetivo se identificaron metas que los países se comprometieron a alcanzar en el año 2015” (Pardo y Rodríguez, 2010: 128). Y desde septiembre de 2015 y en base a lo que en un inicio fueron los ocho objetivos de desarrollo se presentan los nuevos diecisiete Objetivos de Desarrollo Sustentable que deben ponerse en marcha son: Poner fin a la pobreza (ODS 1), hambre cero (ODS 2), buena salud (ODS 3), educación de calidad (ODS 4), igualdad de género (ODS 5), agua limpia y saneamiento (ODS 6), energía asequible y sostenible (ODS 7), trabajo decente y crecimiento económico (ODS 8), industria innovación, infraestructura (ODS 9), reducir inequidades (ODS 10), ciudades y comunidades sostenibles (ODS 11), consumo responsable y producción (ODS 12), acción climática (ODS 13), vida marina (ODS 14), vida en la tierra (ODS 15), paz, justicia e instituciones fuertes (ODS 16), alianzas para los objetivos (ODS 17).

Estos diecisiete objetivos fueron elaborados y aprobados en la Cumbre para el Desarrollo Sostenible que se reunió en septiembre del 2015, en donde los Estados miembros de la ONU aprobaron la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Desde el punto de vista de la energía los Objetivos de Desarrollo sean éstos del Milenio o Sostenible, tienen como uno de los pilares fuertes para el cumplimiento de los Objetivos propuestos, el acceso a la energía ya sea del tipo endosomático o exosomático. Si se mejora el acceso de los pueblos a la energía también mejorará la salud y el estado anímico de las personas, así como también los servicios públicos necesarios para mejorar la calidad de vida de cualquier población pobre y todo esto se verá reflejado en la parte económica y ambiental, como, por ejemplo, la principal fuente de energía del ser es la alimentación fuente de energía irremplazable que el ser humano necesita para vivir y es la meta del Objetivo de Desarrollo Sustentable número uno.

Otro ejemplo es la relación energía y salud, en donde el médico necesita de instrumentos médicos eléctricos que permitan salvar la vida de un paciente, o que por el uso prolongado de leña para cocinar la madre de familia y sus hijos tengan enfermedades pulmonares serias que ya no puedan ser tratadas a tiempo y por ese motivo fallecen. Otro ejemplo es la relación entre energía y educación, donde la electricidad juega un papel preponderante y decisivo que permite continuar o no con los estudios de un niño, joven o adulto que debe trabajar en el día y estudiar por las noches con el afán de superación personal y profesional.

La educación también está relacionada con el uso de centros de capacitación que necesitan de computadoras e internet como instrumentos de búsqueda de información y que permite la comunicación con otros medios. El acceso a la energía en las poblaciones rurales permite suavizar las arduas tareas cotidianas de los agricultores, que dependiendo del acceso que se tenga a ésta, mejorarán las prácticas laborales en el campo.

En las poblaciones rurales del Ecuador es común hoy en día observar el uso de la leña como combustible para la cocción de los alimentos. Y a nivel mundial se calcula que “3 000 millones de personas aún dependen de biomasa para cocinar y 1 500 millones de personas aún no tienen acceso a la electricidad” (Pardo y Rodríguez, 2010: 129).

La preocupación por establecer las causas del alto índice de enfermedades respiratorias y muerte infantil, incentivó a realizar estudios en los que establecieron que el uso de la leña y/o estiércol eran los responsables directos de causar incendios, enfermedades pulmonares y muerte temprana de los infantes.

El humo que genera la combustión de la leña y la falta de ventilación son los causantes del deterioro de la salud de hombres, mujeres y niños, siendo las más afectadas las mujeres de la familia ya que son las encargadas de cocinar y arriesgan la vida y la salud debido a que tienen que realizar largas caminatas en busca de la leña (Fernández, 2010: 14). Estos problemas son más comunes en el área rural, que en áreas urbanas.

El acceso a servicios energéticos adecuados, mejora considerablemente el bienestar del ser humano. Pues la energía contribuye en la producción: de calor, luz, y fuerza para consumo endosomático o exosomático que da como resultado el trabajo realizado. En general la energía da el confort para acondicionar espacios para beneficio del ser humano y se la puede obtener de los portadores energéticos que son la biomasa, los alimentos, los combustibles y la electricidad.

Si los intereses de los Objetivos de Desarrollo Sustentable están orientados a seguir impulsando el desarrollo de los pueblos en extrema pobreza hasta poder eliminarla, entonces los Estados miembros de la ONU deben asegurarse de crear las condiciones para que el individuo pueda vender su trabajo y conseguir los medios económicos que le permitan cubrir necesidades básicas como la alimentación, salud, educación y bienestar. En efecto, para conseguir las metas planteadas por los Objetivos de Desarrollo es importante el acceso a servicios energéticos.

Sin embargo, el acceso a dichos servicios es desigual y miles de millones de personas todavía viven en pobreza energética. Por lo tanto, es poco probable que los países con altos índices de pobreza energética puedan alcanzar los ODM en el año 2015.

El Informe World Energy Outlook del 2006 estima que se necesitaría invertir aproximadamente 8 000 millones de dólares –cerca del 0,005 por ciento del Producto Interno Bruto (PIB) del 2006- cada año hasta el 2015 para que los 2 500 millones de personas que aun cocinan con biomasa cambien a GLP (gas licuado de petróleo).

Se estima que esta meta es posible de alcanzar, especialmente si se considera que el monto agregado de subsidios a combustibles fósiles en el mundo industrializado representa cerca de 200 000 millones de dólares por año (Pardo y Rodríguez, 2010: 131).

La inequidad energética, ha abierto grandes brechas entre los países ricos y países pobres. Identificando a los países ricos como los países desarrollados con gran infraestructura industrial y comercial. Quienes por su poderío económico lideran las iniciativas energéticas para el aseguramiento del abastecimiento de sus empresas.

Por otro lado, están los países pobres o también denominados subdesarrollados que a diferencia de los países ricos no cuentan con un amplio abanico industrial, convirtiéndose en los consumidores de los productos elaborados por los países ricos.

La diferencia extrema que existe entre los países que consumen más frente a los que consumen menos, ha marcado las carencias aún más de los pobres que habitan en las zonas rurales de los países menos consumistas.

Desarrollo sostenible y los recursos naturales

En 1987 la comisión conformada por la doctora Gro Harlem Brundtland y demás países representantes ante la ONU elaboran el informe denominado *Our Common Future*, conocido también como informe Brundtland, en el que se centra el interés en cuatro elementos fundamentales para lograr una sostenibilidad ambiental: “pobreza, población, tecnología y calidad de vida” (Goodland et al., 1994: 13). En el informe Brundtland hay varias definiciones sobre desarrollo sostenible pero la más utilizada es: “El desarrollo sostenible es el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la habilidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, definición tomada de WCED, *Our Common Future* (Goodland et al., 1994: 107).

Dentro del informe se aclara que para lograr el desarrollo sostenible de los pueblos es de vital importancia prestar atención a los conceptos de organización social,

satisfacción de las necesidades de los pobres del mundo y la superación de las barreras tecnológicas que limitan las condiciones de vida de las poblaciones (Goodland et al., 1994: 107).

El nexo para lograr un desarrollo sostenible en la organización social, ambiental y económica es el apropiado manejo de los recursos naturales renovables y de los no renovables también. Pero el especial interés se centra en el manejo apropiado de los recursos, según define Suárez de Freitas, los recursos naturales son aquellos elementos que el humano usa para satisfacer necesidades y el conjunto de todos estos elementos conforma la riqueza natural de un determinado país. Pero, que por los intereses creados a partir del recurso natural como por ejemplo el petróleo, el uso sustentable de los recursos, solamente puede ser aplicado a los recursos naturales renovables (Freitas, 1997: 9).

La acción del ser humano de tomar de la naturaleza en exceso con fines de lucro, ha llevado al mal uso del recurso natural, llegando al límite de su regeneración.

La preocupación por tratar de conservar el recurso natural es porque la naturaleza es un todo constitutivo y que a la falta de algo se ve comprometido el funcionamiento del sistema ecológico. Disminuyendo los recursos del futuro y creando problemas de abastecimiento para las otras generaciones.

Uso endosomático y exosomático de la energía

El uso de la energía por y para los seres vivos es variado y depende de las necesidades que debe cubrir el ser humano, animales o vegetales para determinar el consumo de energía. El sol, fuente única de energía que irradia luz y calor al planeta, permite llevar a cabo procesos biológicos. Los seres vivos toman la energía del sol y la procesan y como resultado se obtienen otros componentes que sirven de alimento o materia prima para transformarla en otro tipo de energía.

El sol permite la vida en el planeta Tierra y los seres vivos como las plantas utilizan la energía irradiada por el sol para llevar a cabo la fotosíntesis, las cuales absorben un porcentaje de la energía del sol y el dióxido de carbono (CO₂) que existe en el ambiente y los transforman en carbohidratos y oxígeno.

Estos carbohidratos son alimento para seres humanos y animales. Los carbohidratos suministran la energía, cuya medida es la kilocaloría (kcal), que es

absorbida por seres humanos y animales. Los seres humanos necesitan consumir de entre 2000 y 3000 kcal diarias para sobrevivir y que su cuerpo pueda conservarse sano.

El consumo de energía del humano es de una quinta parte al momento de realizar un trabajo, dejando el resto para ser utilizado por el metabolismo y mantener una equilibrada temperatura corporal (Martínez, 2006: 22).

La energía consumida por los seres vivos y que fue tomada de la naturaleza por medio de los carbohidratos se denomina uso endosomático de la energía, que también tiene como definición la necesidad genética del ser que debe consumir para no morir de inanición (Martínez, 2006: 22).

El consumo endosomático al tomar de la naturaleza la energía que proveen los alimentos está ligado a la producción de desechos como son las heces fecales.

Desde el punto de vista de aprovechamiento de los desechos y su uso, se pueden manipular los desechos orgánicos especialmente provenientes de los animales como con los excrementos o los restos de los mismos luego del faenamiento, pudiendo servir como materia prima para generar más energía, para ello solo basta almacenar los desechos en dispositivos cerrados como los biodigestores y dejar que cumplan con el proceso de descomposición, que luego de un período de almacenamiento da como resultado el biogás, el cual puede ser utilizado como combustible y el lodo restante de la descomposición llamado biol como abono orgánico.

Por otro lado, se tiene el uso exosomático de la energía que no es más que el uso del recurso que sirve para satisfacer necesidades económicas, culturales, políticas o de estatus social. El uso que hace la humanidad de la energía proveniente de los recursos renovables y de los no renovables, con característica de consumo excesivo de energía o derroche de energía para satisfacer necesidades industriales, de transporte o comerciales, caen bajo la denominación de consumo exosomático de la energía.

El uso exosomático de la energía puede ser directo cuando se utiliza la energía para el transporte o actividades provenientes del hogar y el uso exosomático indirecto cuando es usado en actividades industriales para la producción de cosas (Martínez, 2006: 23).

Desarrollo y subdesarrollo

El término subdesarrollo fue utilizado por primera vez por el expresidente de los Estados Unidos de América Harry Truman, cuando tomó posesión de la presidencia el 20 de enero de 1949. En su discurso público se refirió a ciertos países como “subdesarrollados”: “Debemos emprender un nuevo programa audaz que permita que los beneficios de nuestros avances científicos y nuestro progreso industrial sirvan para la mejoría y el crecimiento de las áreas subdesarrolladas” (Sachs, 1996: 52).

Destacar, por ejemplo, la pobreza entre todos los aspectos, conduce a una política de desarrollo que pondrá un acento particular sobre la redistribución internacional e interna del ingreso. El subdesarrollo concebido como estado o situación estructural e institucional lleva a sostener que el subrayado de la política de desarrollo debe ponerse en el cambio de las estructuras e instituciones que se presume determinar ese estado o situación. Cuando se destacan como características básicas las potencialidades desaprovechadas de los recursos humanos y naturales, ese acento de la política de desarrollo se vuelca hacia la educación y la formación de mano de obra calificada, así como a la aplicación de la tecnología moderna. Cuando en cambio se insiste sobre los problemas de la dependencia, la política tenderá a modificar las formas tradicionales de vinculación entre países y al fortalecimiento del sistema nacional (Sunkel, 1970: 16).

Los países tipificados como “países poco desarrollados, o en vías de desarrollo, países pobres, países no industrializados, de producción primaria, países atrasados y dependientes, entre otro.” (Sunkel, 1970: 15), según definición, muestran una alta dependencia de los países desarrollados en temas políticos, económicos, tecnológicos y hasta culturales.

A partir del discurso de Truman, los países “subdesarrollados” fueron centro de interés de varios organismos internacionales que pertenecían a países con economías modernas, esto quiere decir cuya base económica son los recursos que están en los países “subdesarrollados”.

Como característica de los países denominados desarrollados se cuentan el avance tecnológico y científico, los altos niveles de contaminación ambiental, el derroche de energía y materiales.

La declaración que hizo Harry S. Truman marcó un hito en la historia mundial cuando anunció:

Debemos embarcarnos en un audaz programa nuevo para poner a disposición los beneficios de nuestros avances científicos y progreso

industrial para la mejora y crecimiento de las áreas subdesarrolladas... El viejo imperialismo –la explotación para el beneficio foráneo- no tiene lugar en nuestros planes... Una producción incrementada es la clave para la prosperidad y la paz. Y la llave a la mayor producción es una aplicación más amplia y más vigorosa del conocimiento científico y técnico moderno (Sachs, 1996: 360).

Consumo de energía de los países según el desarrollo y subdesarrollo

La degradación del ambiente tiene que ver con el exceso de productos que son fabricados y programados para un tiempo de vida útil corto, convirtiéndose en productos desechables.

Por otra parte, el crecimiento poblacional, la actividad que realiza la población y el tipo de trabajo que desempeña, están ejerciendo presión sobre el ambiente. Paradójicamente en el ámbito económico son justamente los factores mencionados anteriormente y sus variantes los puntos involucrados que se ven reflejados en la economía de un país como el ingreso nacional (Goodland et al., 1994:95).

Dicho en otras palabras, si la cantidad de personas y la actividad que realizan aumentan o disminuyen, de la misma forma fluctuará el nivel de producción de un país, y si se ejerce mayor presión al medioambiente por el tipo de trabajo que realice esa persona, mayor será la contribución al ingreso nacional.

Entonces, aquí yace la diferencia entre un país desarrollado frente a un país subdesarrollado, mientras un país desarrollado ha hecho uso de todos los recursos existentes en su territorio y aumentado el ingreso nacional, otros países han ido consumiendo de la naturaleza tan solo lo necesario, obteniendo un ingreso nacional acorde con el país y sus necesidades.

Las presiones hegemónicas, económicas, sociales, políticas de los países denominados desarrollados, hacia los países denominados subdesarrollados, convirtieron a unos países en consumidores del recurso (países ricos) y a otros en los exportadores de recursos (países pobres) (Ricardo, 1959: 278-279).

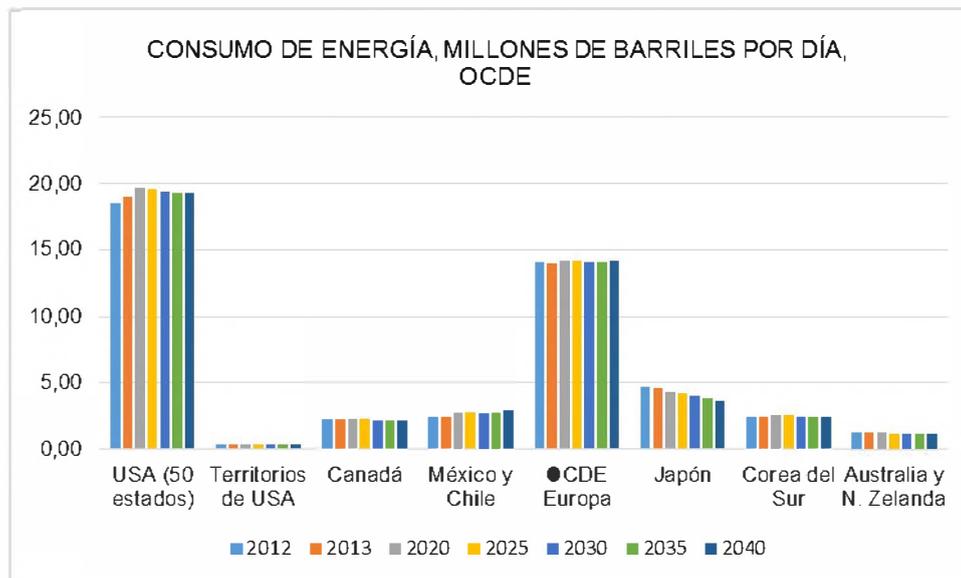
En Europa después de la Segunda Guerra Mundial, en 1948, se creó la Organización Europea para la Cooperación Económica (OECE) que luego de unirse Canadá y Estados Unidos en la Convención del 14 de diciembre de 1960 nace la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE), a la cual solo

pueden pertenecer los países denominados más ricos del mundo o los que consumen más los recursos del mundo.

Luego con el desabastecimiento del petróleo en 1973, la OCDE crea la Agencia Internacional de la Energía (AIE), misma que tiene como miembros únicos a los países que pertenecen a la OCDE. Los países miembros hoy en día son: Australia, Austria, Bélgica, Canadá, Chile, República Checa, Dinamarca, Estonia, Finlandia, Francia, Alemania, Grecia, Hungría, Islandia, Irlanda, Israel, Italia, Japón, Corea, Luxemburgo, México, Países Bajos, Nueva Zelanda, Noruega, Polonia, Portugal, República Eslovaca, Eslovenia, España, Suecia, Suiza, Turquía, Reino Unido, Estados Unidos de América.

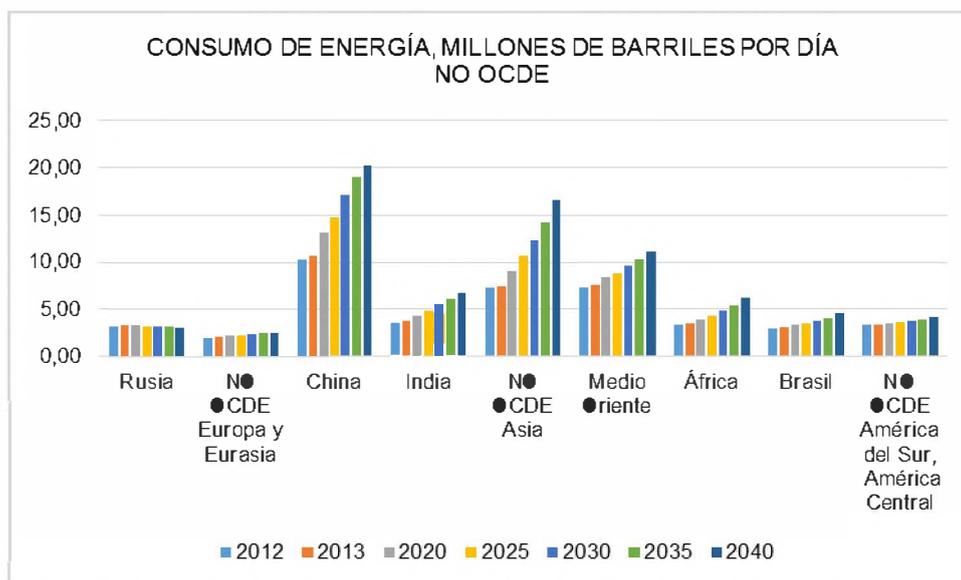
Los datos históricos de la creación de la OCDE y de la AIE, así como los países miembros fueron tomados de la página web de la OCDE, datos históricos que sirven para entender como los intereses de los países desarrollados van más allá de un interés ambiental que debería ser de preocupación de los países desarrollados y los no desarrollados. Las tablas que se muestran a continuación muestran el consumo de energía de los países desarrollados y subdesarrollados, el consumo energético de los países miembros de la OCDE se muestra en el (Gráfico N.º 4), mientras que en el (Gráfico N.º 5) se puede observar el consumo de energía de los países que no pertenecen a la OCDE. Y por último en el (Gráfico N.º 6) se hizo un gráfico comparativo entre los países con mayores gastos energéticos, pertenecientes y no pertenecientes a la OCDE.

Gráfico N.º 4. Consumo de energía de países pertenecientes a la OCDE



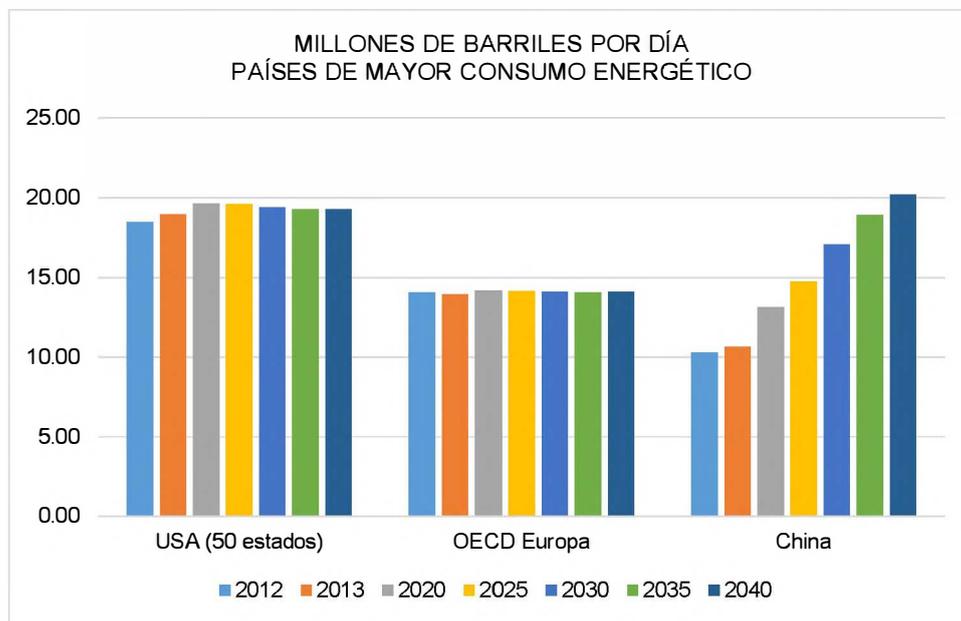
Fuente: U.S. Energy Information Administration (2015: A-39)

Gráfico N.º 5. Consumo de energía por países NO OCDE



Fuente: U.S. Energy Information Administration (2015: A-39)

Gráfico N. °6. Países con mayor gasto energético



Fuente: U.S. Energy Information Administration (2015: A-39)

En el análisis de los gráficos, se observa que en el Gráfico N.º 4 son los países miembros de la OCDE que mantienen el consumo energético en lo que va desde el 2012 a lo proyectado hasta el 2040, pero quienes mayormente consumen son Estados Unidos y los países europeos que pertenecen a la OCDE.

En el Gráfico N.º 5 el consumo de energía es creciente conforme lo proyectado al 2040, despuntando como mayores consumidores China y los países de Asia que no pertenecen a la OCDE.

Y en el Gráfico N.º 6 el consumo de energía de China es creciente, llegando a superar el consumo de Estados Unidos para el 2040. Pero en la actualidad, quien sigue consumiendo mayormente los recursos energéticos del mundo son los Estados Unidos de América.

En búsqueda un desarrollo más humano y sostenible

La facilidad que hoy en día se tiene para acceder a los combustibles, ha dado paso a que el consumo exosomático sea mayor en cien veces más que lo utilizado antes del descubrimiento del fuego. El uso de la energía para satisfacer caprichos tecnológicos, necesidades de movilidad y lujos extremos inició la carrera del consumismo, marcando la diferencia entre pobres y ricos.

El objetivo de un desarrollo sostenible es preocuparse de satisfacer las necesidades del presente, pero sin comprometer las necesidades futuras de nuestras generaciones. Lamentablemente hoy en día el mal uso de la energía ya compromete los recursos a utilizarse en la transformación de energía para el futuro y de igual manera al momento no soluciona las necesidades básicas de las personas pobres.

Por otro lado, la energía sostenible se define como la energía “producida y utilizada de modo que respalde el desarrollo humano a largo plazo, en todas sus dimensiones sociales económicas y ambientales” (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, 2004: 3-4).

El programa de las Naciones Unidas para el desarrollo define al desarrollo humano como:

El proceso de ampliar la gama de opciones de las personas, brindándoles mayores oportunidades de educación, atención médica, ingresos y empleo, y abarcando el espectro total de opciones humanas, desde un entorno físico en buenas condiciones hasta libertades económicas y políticas (PNUD, 1992: 18).

Si el desarrollo humano da mayores oportunidades y opciones para desenvolverse mejor en cualquier medio, esto quiere decir que ha mejorado la calidad de vida del individuo.

La aplicabilidad en la zona rural de Íntag, se observa cuando las comunidades ven satisfechas su necesidad de combustible, usando el biogás. El cual le permite tener más tiempo para dedicarse a labores profesionales o de desarrollo personal, beneficiando especialmente a las mujeres (niñas o adultas) de la comunidad que tienen los biodigestores.

Calidad de vida

La calidad de vida del ser humano es uno de los elementos principales que se encuentran dentro de la sostenibilidad ambiental (Goodland et al., 1994: 13). Pues el individuo al depender directamente del medio en el que desarrolla su vida aprovecha y se beneficia de los servicios que existen en su entorno. Pero de la misma manera puede resultar perjudicado si el medio en el que se desarrolla no es adecuado para su seguridad e integridad.

Como se enuncia en el libro de López, y tomado del principio primero de la Conferencia de Estocolmo, “El hombre tiene el derecho fundamental a la libertad, la igualdad y el disfrute de condiciones de vida adecuadas en un medio de calidad tal que le permita llevar una vida digna y gozar de bienestar, y tiene la solemne obligación de proteger y mejorar el medio para las generaciones presente y futuras” (López, 2008: 66).

La calidad de vida depende de variables sociales, culturales, ambientales y las variables intrínsecas. Aspectos como tener acceso a la alimentación, a la salud, a la educación, a un trabajo digno, a vivienda, a la energía (combustible y electricidad), a espacios para recreación y a seguridad son las variables que permiten percibir la calidad de vida que tiene el individuo.

El acceso a la salud involucra que el individuo tenga atención oportuna y de calidad en donde traten la enfermedad de manera efectiva e inmediata, lo que involucra que el centro de salud debería tener los instrumentos médicos necesarios para salvar la vida de los pacientes.

El acceso a la educación, como un derecho del individuo, significa contar con planteles educativos cercanos a las poblaciones, tomando en cuenta que en el ámbito educativo no basta tan solo con alfabetizar hasta que pongan el nombre y apellido, sino más bien enseñar para mejorar el nivel académico y así poder conseguir un mejor trabajo.

El acceso al trabajo es la oportunidad que tiene el individuo de recibir dinero a cambio del trabajo realizado. Con la remuneración percibida puede comprar cosas y satisfacer sus necesidades.

El acceso a la vivienda se refiere a tener un lugar digno donde descansar y dar protección a la familia. El acceso a la energía es una variante importante que permite que

un hogar tenga combustible para cocinar y no depender de la leña o que en las oscuras noches los niños y adultos tengan luz eléctrica para realizar tareas.

La recreación involucra la importancia de que el individuo tenga un espacio para distraerse, muy a parte de los días que están designados a vacaciones. La seguridad del ciudadano la otorga la ley mediante los puestos policiales que dan seguridad frente a hechos delictivos.

En el apartado anterior se analizaron los instrumentos que pueden medir la calidad de vida del individuo, pero todas ellas son dependientes del lugar en donde se desarrolla la vida del ser. Los aspectos culturales, religiosos, geográficos, entre otros, son los factores que alteran la situación ideal. Por tal motivo los índices de calidad de vida son tan solo una muestra de todo lo que engloba la realidad (Rojas, 2011: 136-138).

La calidad de vida de la zona rural de Íntag, está siendo afectada porque los servicios básicos son deficientes, la población no cuenta con agua potable, la luz eléctrica es deficiente y quema continuamente los aparatos eléctricos, los establecimientos educativos están en mal estado, los centros de salud están desprovistos de medicina y equipos médicos y existe una baja oferta laboral. Pero, por otro lado, es una población que vive en un ambiente sin contaminación, cuenta con amplios espacios para los niños, la población presta la seguridad a sus habitantes, tienen un techo donde vivir, no les hace falta alimentación ya que es una tierra agrícola y ganadera.

Medioambiente y desarrollo

Casualmente la reserva de Íntag está sufriendo las inequidades del desarrollo, pues los pobladores están en el litigio para que no se explote el cobre y demás minerales que hay debajo de la tierra de Íntag, pues los pobladores son conocedores de los problemas ambientales que acarrea la extracción de los minerales a cielo abierto.

Los comuneros apoyados por los grupos de las organizaciones no gubernamentales se han encargado de realizar charlas explicativas en el cantón al igual que grupos de las comunidades afectadas han asistido a cursos y charlas en otros países en donde la minería afectó a las comunidades, manteniendo amplios diálogos con los afectados.

A continuación, se mencionan los efectos negativos a las que está expuesto el medio ambiente y la vida del planeta Tierra causados por la industrialización del recurso y la carrera energética emprendida por los países para suplir necesidades creadas.

La lluvia ácida

Se produce por la mezcla del óxido de azufre, el óxido de nitrógeno y el agua lluvia, que, al precipitarse sobre la tierra, produce la lluvia ácida. El óxido de azufre y el óxido de nitrógeno son productos resultantes de la contaminación que es causada por los combustibles fósiles, ya sea por los derivados del petróleo o el uso intensivo del carbón para la generación eléctrica (Menéndez, 1997: 64-66).

Perforación de la capa de ozono

La capa de ozono es la membrana que cubre a la Tierra de los rayos ultravioletas del Sol, protegiendo a los seres vivos de los rayos solares directos causantes de graves quemaduras, cáncer a la piel o afectaciones al sistema inmunológico, entre otros. Los agentes que contribuyen para que la capa de ozono se rompa es el CFC (clorofluorocarburos), muy usado en los artefactos eléctricos y todos los gases producidos por la alta contaminación que existe causados por la industria, el transporte y el mal manejo de los residuos a nivel mundial (Madrid, 2009: 95).

El efecto invernadero

En su forma natural, ayuda a mantener la temperatura en el planeta, pero que hoy en día por la existencia de más gases y el CO₂ producto de la contaminación por el uso desmedido de los combustibles fósiles impide la circulación normal de la radiación solar, frenando la salida de las ondas infrarrojas a la atmósfera, absorbidas por moléculas de los gases de efecto invernadero, reflejándolas a la tierra y aumentando la temperatura de la misma (Madrid, 2009: 88).

El cambio climático es el centro de atención a nivel mundial y por el cual se han creado leyes internacionales para protegerlo. La acción principal para prevenir el cambio climático es evitando que los países desarrollados y altamente industrializados generen más gases nocivos que aumenten la temperatura de la tierra en dos grados centígrados,

produciendo alteraciones sobre la faz de Tierra como: incremento de huracanes, deshielo de los polos, subida del nivel de mar (0,5 a 2 metros en los siguientes 50 años), lluvias excesivas, incendios forestales, aparición de plagas, nuevas enfermedades, sequías, menos nevadas, destrucción de los ecosistemas, desastres naturales, extinción de especies, entre otros (Madrid, 2009: 89). Incentivando como necesidad el cambio del uso de los combustibles fósiles por energías alternativas que no afecten al ambiente, así como también el manejo eficiente de la energía.

Según la información obtenida de la política de estado la Estrategia Nacional de Cambio Climático indica que en el Ecuador el sector agricultura es la primera fuente de emisiones de gases de efecto invernadero en donde “aproximadamente pasaron de 159 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 1990 a 210 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2006, un incremento del 24% en 16 años, a un promedio de un 1,5% anual” (Ministerio del Ambiente, 2012: 31).

Los causantes de estas emisiones son: el uso indiscriminado de fertilizantes, la expansión de la frontera agrícola y la quema de los desechos de los cultivos.

Contaminación

En la actualidad hay varios tipos de contaminación que sufre el planeta Tierra, y ésta es producida por el incremento vertiginoso de la población mundial y la forma de consumo, la cual demanda de gran cantidad de enseres, electrodomésticos y demás materiales como satisfactores. A diario se producen gran cantidad de desechos tóxicos en estado líquido, sólido y gaseoso provenientes de las industrias, transporte y desechos, abarrotando en cantidad los botaderos de basura los cuales emanan gases tóxicos que son liberados sin ningún control al medio ambiente.

El deficiente control de la basura de las grandes ciudades y de los poblados son puntos altamente contaminantes donde pueden proliferar enfermedades poniendo en riesgo la salud de los pobladores.

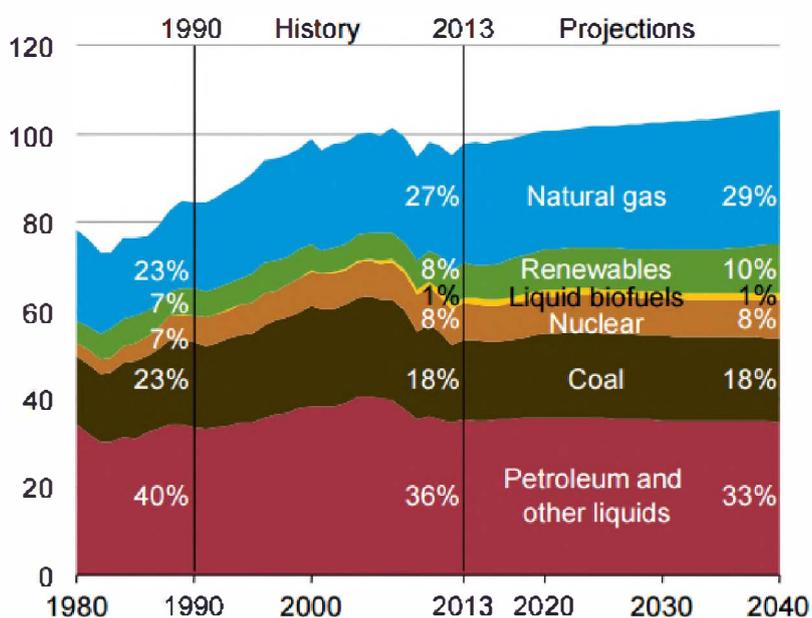
El mal manejo de los desechos y el crecimiento poblacional ha conducido a mayor producción de basura en el Ecuador, como referencia “las emisiones de este gas han pasado de 4,5 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 1990 a 7,9 millones de toneladas de CO₂ equivalente en 2006, un incremento del 42,8%” (Ministerio del

Ambiente, 2012: 32), en donde por la descomposición de la materia y desechos se genera el gas metano el cual es el principal gas de efecto invernadero.

Consumo de energía en el mundo

El uso exosomático de la energía se ha incrementado vertiginosamente en los últimos años y depende directamente del crecimiento económico y poblacional (Boyle et al., 2004: 8). Según la organización EIA (U.S. Energy Information Administration), en su informe del panorama de energía anual del 2015 (Annual Energy Outlook 2015), muestra el consumo primario de energía por combustible, con una proyección al 2040 (ver Gráfico N.º 7) en donde el consumo de energía está bajo la unidad de medida BTU (unidad usada en Estados Unidos). Tanto el *BTU* y el *Julio* (unidad usada en el Sistema Internacional de Unidades) son unidades de energía.

Gráfico N.º 7. Consumo de energía primaria por tipo de fuente, 1980-2040



Fuente: U.S. Energy Information Administration (2015: 15)

La demanda energética creciente del recurso fósil cada vez es mayor, así como mayor es la dependencia de la disponibilidad del recurso. Como se muestra en el Gráfico N.º 7, en

el caso de referencia se observa que el consumo subió en 8,6 cuatrillones Btu que equivale al 8,9%, de los 97,1 cuatrillones Btu del 2013 frente a los 105,7 cuatrillones Btu que se tendrá en el 2040 (U.S. Energy Information Administration, 2015: 15).

El inminente agotamiento de este recurso no renovable ha vuelto la mirada hacia las fuentes alternativas de energía para la generación de combustibles (Fontaine, 2010: 145).

En el planeta existen varios lugares que gozan de condiciones climáticas y características geológicas especiales que, en la formación de los grandes yacimientos mineros, petroleros, de gas natural o de carbono fueron los propicios para generar los ahora llamados recursos no renovables. Las reservas más grandes de petróleo se encuentran en Medio Oriente y el Norte de África, además que también cuentan con reservas de gas natural al igual que en la Unión Soviética. Mientras que las reservas de carbono están distribuidas alrededor del mundo, pero en mayor cantidad en Australia, China, el Sur de África y los Estados Unidos de América (Boyle et al., 2004: 11).

La energía de los recursos naturales

La vida que existe en el planeta Tierra es gracias al sol, que es una fuente natural de energía y el que ha permitido la evolución del planeta Tierra. La energía que irradia al planeta, combinada con el agua y el oxígeno, dio como resultado el desarrollo de una amplia biodiversidad.

La existencia de los cuatro elementos indispensables para la vida, que son tierra, agua, aire y calor, permitieron el surgimiento de variadas formas de seres vivos que a lo largo de su vida tienen las características de transformarse en seres que cumplen roles de productores, consumidores o descomponedores de elementos. Los animales, insectos, plantas y sus productos son el resultado de la combinación perfecta de los elementos de la naturaleza que toman de ella lo que necesitan para adquirir características de su especie, generando desechos orgánicos, que servirán de material para que otros organismos vivos descompongan la materia y así dar paso a un nuevo ciclo de vida.

El ciclo de vida de los seres vivos es nacer, crecer, reproducirse y morir. Ciclos que durante la estadía sobre el planeta Tierra permiten cambios en los lugares donde se ha desarrollado la vida del ser vivo. Hoy en día los animales de granja, los desechos

tratados y generados por el humano, ciertos desechos industriales y la biomasa existente en la naturaleza son un potencial energético que con el debido tratamiento de reciclaje solucionaría algunas necesidades de la población urbana y rural.

En el planeta Tierra los procesos naturales cumplen ciclos de autorregeneración, dependiendo en gran medida de la relación armónica entre humano y naturaleza, relación que da como resultado un equilibrio sistémico.

Al escuchar ‘recurso natural’ se sugiere y dibuja en nuestras mentes paisajes hermosos, donde la variedad de productos se encuentra al alcance de todos. Según lo menciona Sachs, la palabra recurso proviene del latín *surgere* que significa ser una fuente generosa y abundante de energía que proviene del suelo, que para beneficio del humano está lista para ser usada con el debido respeto y el cuidado al bien natural (Sachs, 1996: 319).

El recurso tomado de la naturaleza es poseedor de una fuente abundante de energía que al ser ingerido por los seres vivos se transforma en fuerza que permite al ser humano o animal llevar a cabo acciones que consumen energía y que se transforma en fuerza para realizar un trabajo. La definición de energía es entonces la capacidad que adquiere un determinado elemento para cumplir con tareas asignadas y cuya unidad de medida es el Julio o joules en inglés (J).

Hoy en día existen dos tipos de energía que son explotadas: la energía renovable y la energía no renovable.

La energía renovable depende principalmente de la radiación solar que llega a nuestro planeta Tierra, que al año representa aproximadamente “5,4 millones de Exajoules (EJ), de los cuales el 30% es reflejado hacia el espacio y el 70% es para el uso en la Tierra. Siendo el valor energético disponible anual que llega a la Tierra de 3,8 millones de Exajoules (EJ)” (Boyle et al., 2004: 24). La energía renovable, al depender directamente del Sol, estará en constante cambio y disponible para un nuevo uso, pero dependerá directamente de las buenas prácticas ambientales que se apliquen localmente.

Por otro lado, los recursos no renovables son recursos que cumplieron su ciclo de vida, pero no pueden regenerarse en un corto tiempo como por ejemplo el petróleo, que necesitó de millones de años para convertirse en el oro negro que mueve actualmente al mundo como el más versátil recurso energético.

La forma de explotación de los recursos naturales varía conforme el nivel de desarrollo tecnológico del país donde se lleva a cabo la explotación del recurso.

Fuentes de energía renovable

Las fuentes de energía renovable dependen principalmente de la energía irradiada del sol, por tal motivo las diversas formas de energía renovable son una variante de la energía solar.

Energía solar

La fuente natural de energía que es el Sol provee al planeta Tierra de las condiciones ideales con las cuales acondiciona y mantiene la vida en el planeta. Pues la energía irradiada proporciona diversas formas de aprovechamiento energético. Este aprovechamiento se da desde la forma más básica como es el uso del mismo para iluminar nuestras casas, mantener calientes nuestros hogares, secar la ropa; luego como generador de electricidad y un potencial productor de combustible directo como lo es el vector hidrógeno.

La energía irradiada del Sol no es la misma alrededor del mundo, pues en algunos países la energía solar es más potente que en otros lugares, debido a que están situados en la línea equinoccial, tal es el caso de Ecuador.

El Sol como una fuente rica de energía permite un uso pasivo de la energía como lo es el secado de ropa, el secado de semillas, evaporar el agua para obtener la sal, seca el barro de los adobes, entre otras tareas domésticas y de la industria donde no es necesaria la intervención de la tecnología, que desde el punto de vista económico es una forma de ahorrar el combustible fósil y hacer uso del recurso calor y aire.

Ahora que el acceso al combustible es bajo, los costos elevados, y la tendencia al agotamiento del petróleo, han hecho que los grandes intereses mundiales estén centrados en conseguir la energía necesaria que abastezca la necesidad de la misma. Es por esta causa que en la actualidad se han desarrollado varias aplicaciones tecnológicas donde es aprovechada la energía del Sol para generar mayor flujo de energía como es el uso del generador térmico, para calentar fluidos o las celdas solares para generar electricidad (Boyle et al., 2004: 23-27).

La energía solar como el elemento energético abundante en el planeta también está inmersa en la obtención de combustible, como lo es el hidrógeno, que bien podría suplir el uso del combustible que hoy por hoy consumimos. Este tipo de combustible es mencionado dentro de las fuentes solares de energía ya que la electrólisis necesaria para separar el hidrógeno y el oxígeno es provocada por el uso de la corriente continua generada por las celdas fotovoltaicas y sumado el uso del sol para calentar el agua donde se lleva el proceso del electrolisis, formarían en conjunto una solución energética que proveerá el suficiente combustible para suplir las necesidades energéticas del planeta (Menéndez, 1997: 119).

Energía eólica

La energía eólica es un recurso indirecto del Sol y es producto de la circulación de grandes masas de aire que se forman debido al ingreso de los rayos solares a la superficie terrestre calentando la atmósfera y el suelo, que por su irregularidad, unas regiones se calentarán más que otras, produciendo diferencias térmicas en el ambiente y originando las corrientes de aire o también llamados vientos. Este aire que tiene características de circular a mayor velocidad y tener el poder de mover cosas es aprovechado para generar electricidad.

La fuerza del viento como energía, que permitió a los grandes barcos de los conquistadores y piratas movilizarse alrededor del mundo, en la antigüedad y hasta el presente es aprovechada, para realizar labores cotidianas como son la molienda de granos y bombeo de agua (Boyle et al., 2004: 28). En la actualidad es muy común el uso de grandes molinos de viento para generar electricidad y ser parte de una de las alternativas para suplir la demanda de un país, tal es el caso en el Ecuador de la central eólica Villonaco ubicada en la provincia de Loja.

Energía de las olas del océano

Otra de las energías dependientes indirectas del Sol es la energía proveniente del movimiento del agua del océano, que por los fuertes vientos forman grandes olas que, al chocar sobre una superficie, transforman la energía en otra. Esta, al ser recuperada por

medio del uso de turbinas especiales y acopladas a un generador, permitirá la obtención de la electricidad (Boyle et al., 2004: 31).

Energía procedente de la biomasa

A la energía proveniente de la biomasa también se la denomina bioenergía, y al igual que las energías anteriormente citadas depende del Sol. La biomasa tiene como característica única la fotosíntesis.

La fotosíntesis es un proceso que llevan a cabo los seres vivos que pertenecen al reino vegetal, en donde los rayos solares y el CO₂ del ambiente son captados y procesados biológicamente por medio de la fotosíntesis, dando como resultado la obtención de los carbohidratos.

Antes del descubrimiento del petróleo, el uso de la biomasa era generalizado, pues fue usado como combustible para movilizar los trenes, barcos, como generador de calor en los hogares y elemento indispensable para la cocción de los alimentos. El uso de la biomasa (leña, madera, estiércol) como combustible es y ha sido el recurso energético que ha facilitado las tareas de las familias de las poblaciones rurales del mundo, generando siempre mayor energía que la necesitada por el hogar. Terminando de esta manera en la tala indiscriminada de los bosques y la erosión de los suelos, por la extracción del recurso.

Hoy en día se cuenta con una amplia variedad de instrumentos tecnológicos que facilitan la obtención de energía a través de la biomasa, como por ejemplo los biocombustibles, que son combustibles líquidos obtenidos de procesos químicos de determinada biomasa con características especiales.

La electricidad es producida por los generadores que captan el calor producto de la quema de la biomasa y el biogás (también llamado metano) producto de la fermentación de los desechos orgánicos que reposan en un contenedor cerrado y que es utilizado para la cocción de alimentos.

Hoy en día el uso de la biomasa como un agente combustible amenaza arrasar con los productos que son usados para la alimentación humana y ser utilizado para generar más energía, como son los casos del maíz, la soja, la caña de azúcar y la palma africana que son utilizados para generar biocombustibles (Johansson, 1993: 19-21).

Energía hidroeléctrica

La energía hidroeléctrica es el resultado de los grandes embalses de agua provocados por el ser humano que con el uso adecuado de tecnología transforma la velocidad de caída o de paso del agua en electricidad.

Las hidroeléctricas dependen de la alimentación continua del agua que llevan los ríos, y estos a su vez son producto de la evaporación del agua que provocan los rayos solares sobre la superficie del océano.

El agua evaporada forma en la atmósfera nubes que son desplazadas por el viento hacia las regiones montañosas o valles, descargando de esta manera el agua en forma de lluvia.

El agua descargada en forma de lluvia tiene la característica de ser un recurso renovable y que por el cual la hidroeléctrica genera energía renovable. En este tipo de energía se aprovecha las características físicas que adquiere el agua cuando cae desde grandes alturas y se obtiene la energía potencial o si el río es caudaloso se obtiene energía cinética. La energía cinética y la energía potencial con el uso adecuado de tecnología generan la electricidad (Johansson, 1993: 73-74).

La obtención de la energía de fuentes renovables optimiza el recurso disponible y aprovecha la energía disipada para satisfacer necesidades colectivas.

El punto de discusión en lo que se refiere a la energía proveniente de las hidroeléctricas es que si es un tipo de energía renovable. Pues la devastación ambiental y social que provocan antes y durante su construcción pone en tela de duda su estadia dentro de la categoría renovable.

Fuentes de energías no renovables

Frente a las energías renovables, este tipo de energía es obtenida del recurso extraído de la naturaleza que en base a procesos técnicos y tecnológicos capta características especiales que lo hacen más eficiente frente a las energías renovables.

La materia prima utilizada para la obtención de la energía no renovable se adquiere de recursos que existen en la naturaleza en cantidades finitas, como ejemplos se tiene al petróleo, carbón, gas natural, minerales y la energía nuclear (Boyle et al., 2004: 23).

La gran demanda que existe para el abastecimiento de energía a nivel mundial ha generado la intensificación de la extracción del recurso natural, afectando directamente al ecosistema y acortando los tiempos necesarios que la naturaleza se toma para auto regenerarse (Sachs, 1996: 326).

El origen de los recursos no renovables proviene de la biomasa existente de hace muchos millones de años tanto animal como vegetal, juntándose y formando los grandes yacimientos que hoy existen y de donde se extrae el petróleo, los minerales, gas natural, entre otros (Boyle et al., 2004: 10).

La importancia del descubrimiento de estos recursos radica en ser un excelente generador de energía y la alta variedad de usos en los que se aplican, por tal motivo el interés mundial es conocer la cantidad total contenida de energía en los yacimientos, denominándose a esto energía primaria (Boyle et al., 2004:57).

Con el advenimiento del siglo XIX y el descubrimiento de yacimientos de carbón hicieron que la industria tenga su apogeo en este siglo, supliendo la necesidad de energía y de fácil acceso. Pues con la industria y su desarrollo se crea una variedad de máquinas que usan como combustible al carbón, transformando la energía en electricidad.

El uso continuo del recurso en la industria en general trajo consecuencias tales como enfermedades en los trabajadores y contaminación ambiental, pues el carbón tiene la característica de ser altamente contaminante (Menéndez, 1997: 31).

En 1859 se descubre el petróleo en Estados Unidos de América, el cual pasa a sustituir en gran medida el uso del carbón. El petróleo tiene características de ser un aceite negro, viscoso, buen carburante y con una gran variedad de tipos de combustibles y materia prima que se derivan de él, como por ejemplo la gasolina, el diésel, el gas licuado de petróleo, el plástico, el caucho, entre otros.

Los derivados combustibles del petróleo tienen la característica atractiva de ser altamente inflamables y de fácil acceso para el consumo. El uso del combustible fósil y sus derivados ha facilitado el trabajo humano y ampliado la variedad de maquinaria para la industria, transporte, energía y demás.

Otro recurso natural no renovable es el gas natural, que se encuentra en los yacimientos en conjunto con el petróleo o solo. Originado de la putrefacción de restos

orgánicos de la etapa jurásica y almacenada en grandes bolsas contenidas en la tierra es un combustible volátil, de fácil ignición y amigable con el ambiente.

El precio del gas natural va atado al precio del petróleo, requiere de un manejo cuidadoso ya que al ser almacenado en grandes volúmenes es peligroso (Menéndez, 1997: 30-31).

Los minerales también están dentro de los recursos naturales no renovables, y también son usados para generar energía como el uranio. Este mineral, al ser tratado químicamente, sirve como combustible para las plantas atómicas, las cuales generan energía eléctrica, energía térmica, entre otras.

El uso continuo, directo e indirecto del petróleo y sus derivados, del carbón y del uranio en el mundo a través de los años, ha incrementado considerablemente la contaminación del ambiente. El uso razonable o no de los mismos ha dependido del nivel de desarrollo cognitivo y tecnológico de los países, siendo los menos afortunados los países de donde se extraen los recursos. Existen muchas causas que se atribuyen a la contaminación ambiental, entre las cuales están: la extracción deficiente del recurso, el uso indiscriminado, técnicas antiguas de generación, malas prácticas industriales, entre otras.

Cadena energética de la biomasa para la obtención del biogás

La cadena energética está constituida por los procesos de transformación que cumplen los recursos naturales desde su obtención, como materia prima, hasta su uso final.

El inicio de la cadena energética de los recursos no renovables, como por ejemplo el petróleo, empieza con la extracción del petróleo como fuente de energía primaria que en una refinería es transformada en el portador energético secundario GLP o también conocido como gas licuado de petróleo, que al ser utilizado como combustible en la cocina se transforma en calor o energía útil.

La cadena energética que proporciona estos servicios comienza con la recogida o extracción de la energía primaria que, en una o varias fases, puede ser convertida en un portador energético, como la electricidad o el gasoil, que sea adecuado para utilización final. Los equipos de uso final de la energía como: cocinas eléctricas, bombillas, vehículos, maquinaria, convierten la energía final en energía útil, lo cual proporciona los beneficios deseados: los servicios energéticos (Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía, 2004: 4).

Por otro lado, la cadena energética de la bioenergía difiere en la forma de transformación del tipo de energía que se obtiene de los recursos no renovables.

La cadena energética en el caso de estudio se inicia con la recolección de la biomasa que es la energía primaria, los desechos orgánicos, luego la energía primaria es almacenada en los contenedores de los biodigestores bajo condiciones de temperatura que darán las características necesarias para que los organismos minúsculos lleven a cabo la descomposición de la materia orgánica o también llamada fermentación, transformando la energía primaria en un portador energético secundario: el biogás.

En el proceso de transformación se obtienen dos productos del biodigestor, uno de ellos es el biogás que es el portador energético que permitirá cocinar los alimentos y el otro producto es el biol que es el lodo residual que queda en el fondo del biodigestor el cual tiene la propiedad de ser un producto rico en nutrientes que puede ser utilizado directamente como abono para la tierra agrícola (Groppelli y Giampaoli, 2001: 28).

La biomasa como portador energético

La naturaleza suministra los recursos necesarios para ser utilizados en las diferentes tareas diarias del ser humano y la industria. De la naturaleza se obtienen recursos como la leña y el carbón mineral, los cuales facilitaron ciertas tareas que en conjunto con la fuerza humana y la fuerza animal tomaron roles como la fuerza de trabajo única de la época.

La biomasa en su composición como materia orgánica proporciona la energía de forma directa, ya sea por combustión (quema de la leña), o por procesos de transformación de la biomasa en los que se obtiene alcoholes (etanol), biodiesel, biogás (gas metano), que al ser utilizados como combustibles son transformados en energía y que al ser utilizados en máquinas o cocinas se obtiene trabajo y calor respectivamente.

En la actualidad 3 000 millones de personas alrededor del mundo siguen sin poder tener acceso a cocinas modernas. Y son aquellos países pobres en donde el acceso a los combustibles es difícil, o los costos elevados hacen imposible el uso de este servicio energético.

Por los motivos que fueren, el uso de la biomasa todavía sigue siendo indispensable en el hogar de esas poblaciones pobres, con esto no significaría volver a estados precarios, más bien representa una oportunidad para aplicar los conocimientos

científicos, técnicos y tradicionales para la obtención de un tipo diferente de combustible a partir de lo existente y abundante del lugar en donde se desarrolla la vida del poblador, pudiendo ser los desechos orgánicos tanto animales, vegetales o humanos, que también tienen un origen natural proveniente de procesos biológicos (García, 2001: 335).

Por otro lado, la ampliación de la frontera agrícola y la producción controlada y eficiente de los cultivos mediante el uso de nuevas técnicas, da como resultados el incremento de las cosechas, satisfaciendo las necesidades locales, pero excediéndose en la producción y aumentando los desperdicios agrícolas.

En gran medida estos excedentes son productos de la industrialización del agro. El aprovechamiento del recurso excedentario se centra en la utilización del mismo como producto para la obtención de los biocombustibles. Lamentablemente, el consumo energético es mucho mayor que el consumo de alimentos, llegando a competir, la necesidad de abastecimiento energético con la seguridad alimentaria del mundo.

Los biocombustibles como resultado del proceso al que se sometió la biomasa, pueden ser utilizados como combustibles solos o combinados con el combustible fósil. En el caso de sólo utilizar el biocombustible (biodiesel, etanol o biogás), el ciclo como combustible comienza en el momento de la ignición, que no es más que la quema y la producción de CO₂ al medioambiente.

La diferencia entre los gases emitidos de la combustión de los combustibles fósiles versus los biocombustibles, radica en el proceso de la fotosíntesis, el CO₂ en cuestión ya fue capturado por la planta durante su crecimiento, lo cual no aporta o incrementa las emisiones de CO₂ (Menéndez, 1997: 123). Ésta relación es válida siempre y cuando se sustituya el uso de los combustibles fósiles por los biocombustibles (Comisión Nacional de Energía, 2007:18).

Clasificación de la biomasa

La biomasa se clasifica en biomasa primaria, biomasa secundaria y biomasa terciaria. La biomasa primaria comprende toda la variedad de biomasa vegetal, plantas verdes y demás organismos vivos que realizan procesos fotosintéticos. La biomasa secundaria es toda la biomasa producida por todos los seres que se alimentan de la biomasa primaria, y que como producto generan un tipo distinto de biomasa que la ingerida. La biomasa terciaria

es el resultado de la ingesta de la biomasa secundaria, como por ejemplo los seres carnívoros que se alimentan de los animales herbívoros.

La fotosíntesis como procesador energético

La naturaleza, al tomar de los rayos solares toda la energía necesaria para producir una cadena de complejos procesos que lleva consigo la fotosíntesis, permite el advenimiento de otras formas de vida, muy dependientes de ella.

Los rayos solares tienen una potencia media global de $1,7 \times 10^{17}$ W; “en la que la biomasa se produce a un ritmo de unos 170 000 millones de toneladas ($1,7 \times 10^{14}$ kg) al año con un contenido energético de 2 850 exajulios ($2,85 \times 10^{21}$ J), equivalente a 68 080 millones de toneladas de petróleo (tep) anuales, lo que supone una potencia media de 90,4 millones de megavatios ($9,04 \times 10^{13}$ W)” (DeJuana et al., 2007: 195).

De los datos obtenidos en 1998, el consumo anual de energía primaria se estimaba en 396,61 exajulios, mientras que hasta el 2012 el consumo mundial fue de 582 767 exajulios de energía primaria (DeJuana et al., 2007: 195).

Con esto se podría concluir que hasta 1998, la energía de la naturaleza podría suplir las necesidades humanas mundiales, pero que lamentablemente hoy en día se necesitaría más planetas como la Tierra para poder suplir toda la demanda energética requerida para seguir llevando un estilo de vida dignificado por una economía extractivista e intensiva de los recursos naturales.

La capacidad regenerativa de la naturaleza va disminuyendo y con ello va aumentando la necesidad de suplir las carencias energéticas de aquellas poblaciones pobres en donde la obtención de la combustible leña es una tarea ardua y extenuante para abastecerse del elemento que le permita cocinar los alimentos que serán servidos en el hogar.

La biomasa como fuente de energía renovable

Biomasa natural

La naturaleza ofrece una gran variedad de biomasa, y es todo el recurso disponible que ha crecido a través de los años sin la intervención humana. Lamentablemente la

apropiación legal e ilegal de tierras ha degradado el sistema ecológico, reduciendo considerablemente la selva virgen.

Los portadores energéticos provenientes de la biomasa natural que intervienen en el proceso de transformación de energía es toda la naturaleza muerta (troncos caídos, hojarascas, ramas).

En la población rural, la falta de servicios energéticos ha conducido al consumo de la leña proveniente de los bosques aledaños a las comunidades, causando gran presión en el ecosistema natural. Produciendo desertificación en algunas zonas donde fueron boscosas.

La naturaleza por si sola cumple con ciclos de auto regeneración, que es una forma de protegerse contra el avance de la frontera de la civilización que lleva consigo destrucción al ambiente natural (DeJuana et al., 2007: 203).

Biomasa residual

Son todos los residuos producidos por actividades industriales, agrícolas, ganaderas, forestales, así como también los residuos orgánicos producidos por los núcleos urbanos (basura, alcantarillado), establos y pequeñas chancheras.

La biomasa residual proveniente de la ganadería por muchos años se ha utilizado como abono en plantaciones convirtiéndose en una práctica beneficiosa para quienes tienen el ganado y la producción agrícola junta.

Pero hoy en día la crianza de los animales para la venta se ha industrializado, causando gran acumulación de desechos orgánicos, lo que ha conllevado a un deficiente manejo de desechos y contaminación de esteros y ríos.

La industrialización avícola y del ganado vacuno, porcino y bovino generan grandes cantidades de desechos, por su alto contenido de humedad, de los cuales el estiércol (mezcla de las deyecciones de los animales y el material que se usa como cama de los mismos) más los purines (deyecciones líquidas, más agua de limpieza e impurezas de arrastre), son materiales orgánicos que en su descomposición generan gas metano al ambiente que por su composición es veintiún veces más dañino que el dióxido de carbono (CO₂).

Los desechos urbanos, como los residuos sólidos y líquidos, forman otro tipo de biomasa. En el caso de los desechos urbanos sólidos son transportados hacia grandes botaderos de basura. Mientras que el resto de desechos orgánicos provenientes de la población y sus actividades son desechadas al alcantarillado de la ciudad.

Biomasa excedentaria

Es la producción agrícola en exceso; es el remanente luego de haber provisto los mercados y distribuidos para la alimentación de la población.

La producción en exceso es resultado de la industrialización agrícola para consumo humano. Lamentablemente las condiciones agrícolas no son iguales en todos los lugares de la Tierra, evidenciándose la falta de alimentos en países donde la tierra es menos productiva que en otros, causando un evidente malestar en la población afectada que sufre por hambre. Mientras que los productos en exceso de los países favorecidos son utilizados para la generación de biocombustibles y electricidad.

Biomasa de los cultivos energéticos

Algunos países de Latinoamérica gozan de grandes extensiones de tierra, clima adecuado y un fácil acceso al agua, a diferencia de otros países en el mundo. Características que han llamado la atención de empresas multinacionales, las cuales han comprado gran cantidad de tierras y en otros casos han obligado o forzado a la venta de las tierras aledañas a la propiedad, todo con el fin de usar las tierras para los cultivos energéticos. Ejemplos de cultivos energéticos son las plantaciones de caña de azúcar (Brasil, Colombia, Ecuador), palma africana (Colombia, Ecuador), el piñón (España, Ecuador) (Madrid, 2009: 170).

Los cultivos energéticos son sometidos a procesos técnicos de donde se pueden obtener los aceites y alcoholes que servirán de combustibles para vehículos, máquinas generadoras de calor, electricidad y equipamiento industrial.

En Ecuador la empresa Coazucar genera electricidad y calor a través del bagazo de caña (proceso de cogeneración), utilizando una cantidad de electricidad para suplir las necesidades propias y el excedente es vendido al Estado para ser incorporado en el Sistema Nacional Interconectado que “es el sistema integrado por los elementos del

sistema eléctrico conectados entre sí, el cual permite la producción y transferencia de energía eléctrica entre centros de generación, centros de consumo y nodos de interconexión internacional, dirigido a la prestación del servicio público de energía eléctrica, no incluye la distribución de electricidad” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015: 4).

La era de la agro-energía o los cultivos energéticos está orientada a suplir las necesidades energéticas locales con una proyección mundial, tal es el caso de Brasil, Estados Unidos, España, México, entre otros, proponiendo una nueva forma de combustible que en cierta manera permita sobrellevar la falta de los combustibles fósiles. Algunos países al observar la nueva tendencia energética han establecido en sus políticas estatales leyes que respalden el funcionamiento y la comercialización de los biocombustibles como, por ejemplo, Brasil.

Los biocombustibles como derivados directos de la biomasa se clasifican en sólidos, líquidos y gaseosos. La adecuación que se le da a la materia prima (biomasa) depende del acondicionamiento inicial para convertirlo en el producto deseado; mediante el uso de procesos mecánicos, termoquímicos, biotecnológicos y extractivos. (Comisión Nacional de Energía, 2007:19-21). A continuación, se muestra en la (Tabla N. °5) el tipo de producto combustible que se puede obtener de la biomasa.

Tabla N. ° 5. Tipos de combustibles obtenidos de la biomasa

Sólidos	Líquidos	Gaseosos
Paja	Alcoholes	Gas de gasógeno
Leña sin procesar	Biohidrocarburos	Biogás
Astillas	Aceites vegetales y ésteres	Hidrógeno
Briquetas y pellets	Derivados de ellos	
Triturados finos (menores de 2mm)	Aceites de pirolisis	
Carbón vegetal		

Fuente: DeJuana et al., (2007: 213)

Formas de cocción basadas en el uso de la biomasa

En algunas poblaciones rurales es difícil conseguir combustible a bajo costo, pues los accesos y carreteras a las poblaciones son de muy mala calidad. Lo que ha conllevado a que las comunidades opten por seguir utilizando la biomasa sólida (leña o estiércol seco).

Cuando es indispensable seguir usando la leña en la cocina, las metas de los Objetivos de Desarrollo del Milenio se orientan a la protección de la salud implementando estrategias técnicas en las cocinas que mejoran el uso y disminuyen los efectos nocivos, así como también aseguran el abastecimiento de biomasa mediante una producción sostenible de bosques.

En algunos países centroamericanos, hay proyectos de mejorar técnicamente las cocinas a leña, las cuales aprovechan energéticamente más el calor de la combustión de la leña. Pero esta solución tiene aún el limitante económico y, por otro lado, la deficiente sociabilización de los proyectos, lo que impide la masificación de estas tecnologías, por tal motivo los riesgos a los que siguen expuestos los usuarios por la combustión de la leña dentro de los hogares no ha disminuido (Modi et al., 2006: 56-57).

La dependencia de la biomasa como combustible ejerce presión en la biodiversidad puesto que el uso diario de la madera desemboca en la tala indiscriminada de los árboles.

Se supone que el costo asociado con iniciar la producción de biomasa sostenible a través de la agro-silvicultura, lotes forestales, la arboricultura o bosques comunitarios es de USD 35 por hogar. Se llegó a esta cifra suponiendo un consumo anual de leña por familia de 3,5 toneladas y un costo de USD 10 por tonelada para iniciar medios sostenibles para producir la biomasa. Si se supone que 3,5 millones de hogares (es decir, la mitad de los 7 millones de hogares en Kenia) son la meta para el período de 10 años, se estima que el costo total de 10 años sería de USD 122,5 millones. Si se supone que se añada un 10 por ciento de cobertura cada año, el costo anual sería de USD 12 millones (Modi et al., 2006: 93).

En las cifras mencionadas en la cita anterior, el aporte económico que deben hacer los pobladores con bajo recursos económicos, aunque sean bajos, son significativos en esas economías.

En el Ecuador todavía no ha sido implementada la producción de biomasa sostenible para el consumo doméstico (leña), razón por la cual la tala de árboles ha seguido en aumento.

En las poblaciones rurales del Ecuador es común observar que familias de escasos recursos económicos crían cerdos para la venta o para consumo. Estos pequeños criaderos tienen un potencial energético que con una adecuada técnica y baja inversión se puede obtener el biogás como sustituto del gas licuado de petróleo y la leña.

Los digestores anaeróbicos son los encargados de entregar el biogás para el consumo, y los elementos que usa son las heces fecales y orina de los cerdos, los cuales son almacenados en grandes bolsas que durante la fermentación sueltan el gas metano y este se almacena en la parte superior de la bolsa, quedando como residuo un lodo rico en nutrientes que está listo para ser utilizado como abono en la agricultura. El gas acumulado se lleva por tuberías al lugar en la cocina donde puede ser usado como combustible para cocinar alimentos.

Otros elementos que también sirven para la producción del biogás, proceden de la biomasa residual de la agricultura, así como también de los residuos ganaderos o provenientes de los camales donde se realiza el faenamiento de los animales.

Es muy importante contar con el aprovisionamiento continuo de líquidos como el agua en el biodigestor para que se mezcle con los desechos, “además, el biogás es un combustible de cocina limpio con el potencial de obtener créditos del Mecanismo de Desarrollo Limpio (MDL) equivalentes a casi 20 kg de CO₂ por cada kg de metano quemado” (Modi et al., 2006: 58).

Hasta el presente capítulo se ha analizado la parte teórica de los biodigestores y la relación que tiene este tipo de tecnología con el afán de disminuir la pobreza en los países denominados subdesarrollados y la energía que proporcionan para mejorar la calidad de vida de los sectores menos favorecidos y dependientes de la leña. En los capítulos siguientes nos adentraremos en el caso de estudio.

CAPÍTULO III

EL BIOGÁS COMO FUENTE DE ENERGÍA UTILIZADA EN ÍNTAG, PARROQUIA PEÑAHERRERA

Antecedentes

El caso de estudio de interés de la presente tesis está instalado en la parroquia Peñaherrera en el Cantón Cotacachi en el valle de Íntag. La ubicación geográfica del valle de Íntag es entre los cantones de Cotacachi y Otavalo, pertenecientes a la provincia de Imbabura, en un área comprendida de 1 462 km².

Existen 76 comunidades rurales con una población aproximada de 13 696 habitantes. Íntag está ubicada en la zona de amortiguamiento de la Reserva Cotacachi-Cayapas, por su gran biodiversidad goza de microclimas, lo que favorece a una amplia variedad de productos agropecuarios.

La zona de Íntag está conformada por siete parroquias que son: Apuela, Cuellaje, García Moreno, Peñaherrera, Plaza Gutiérrez, Vacas Galindo y Selva Alegre. La parroquia en donde se ubica el estudio de caso de la utilización del biogás como combustible para cocinar los alimentos es la parroquia Peñaherrera. Las comunidades que pertenecen a la parroquia son: Cuaraví, Nangulví Alto, Nangulví Bajo, Villaflora, El Triunfo, Chinipamba, Paraíso, El Cristal, Guaraví Alto, La Delicia, Mirador de las Palmas, Monopamba.

Íntag no cuenta con abastecimiento de agua potable; el agua que utilizan proviene de las vertientes naturales o de las acequias, por este motivo la preocupación de las comunidades es de mantener el agua libre de contaminantes, pues se usa para la cocción de los alimentos.

Las familias de las comunidades rurales usualmente crían animales de granja como gallinas, cerdos, cuyes, conejos y vacas, los mismos que son utilizados para consumo de la familia o para la venta. Para el caso de estudio el interés se mantiene en los criaderos de cerdos que tienen las familias los cuales proveen el desecho orgánico que sirve para la producción del biogás en los biodigestores.

En un inicio las familias no tenían encerrados a los cerdos, que deambulaban por la finca o eran colocados en el patio trasero de las casas en donde los chanchos hacían sus necesidades proliferando las moscas y los malos olores en el predio. Los comuneros se organizaron y proyectaron el uso de los biodigestores en la comunidad para lo cual fue

necesario encerrar los cerdos en una chanchera diseñada para que no necesite de un involucramiento total del humano para llevar los desperdicios al biodigestor, pues las chancheras fueron construidas a diferente nivel que los biodigestores, permitiendo que la caída de los desechos sea por gravedad hacia el contenedor del biodigestor.

Situación socioeconómica de la parroquia Peñaherrera

Los ingresos económicos que reciben los pobladores de la parroquia provienen de la agricultura y la ganadería. En la ganadería los pobladores se dedican a la crianza y venta del ganado vacuno y porcino, y mayormente crían gallinas y cuyes para el consumo familiar.

En la zona hay una alta producción de leche debido a que el ganado vacuno se puede alimentar bien por la existencia de grandes pastizales. Este producto es comercializado directamente por la Corporación de Producción Íntag Leche (CORPIL), asociación que fue formada por gente de la comunidad para negociar y obtener un mejor precio por litro de leche.

Con el pasar de los años, la producción agrícola ha cambiado y productos como la penca, muy utilizada para la obtención de la cabuya, disminuyó totalmente su consumo debido al surgimiento del producto plástico que sustituyó la venta y el uso del producto.

Otros cultivos fueron reemplazados debido a la comercialización de los productos agrícolas como la eliminación de los cultivos de caña de azúcar para ser reemplazados por las plantaciones de café, tomate de árbol, mora, naranja, hortalizas, granadillas y los productos de ciclo corto como el maíz, morochillo y el fréjol.

La comercialización de los productos se realiza a través de las agrupaciones o asociaciones, como es el caso de la venta del café que se lo hace con la Asociación Agrícola de Productores de Café (AACRI), para la venta de fréjol se lo hace por medio de la Corporación de Productores Agrícolas Íntag Sustentable.

Por otro lado, se ha tratado de desarrollar el turismo ecológico y comunitario dentro de la zona y, junto con los pobladores y algunas asociaciones, se han unido para desarrollar infraestructura y servicios hoteleros para incentivar la visita de turistas nacionales y extranjeros.

Contexto

La existencia de bosques protectores dentro de la zona ha llamado la atención de algunas organizaciones en especial las privadas, que en conjunto con la asociación de comunidades de Íntag, realizan esfuerzos con el afán de proteger al medioambiente y formar un frente de oposición ante la amenaza de explotación minera.

La motivación por proteger el medioambiente ha llevado a los pobladores a buscar alternativas para mejorar los productos agrícolas sin dañar la tierra con el uso indiscriminado de químicos, así como también se han preocupado por manejar de mejor manera la gran cantidad de excrementos de las chancheras, las cuales causan malos olores, reproducción de moscas, contaminación de las acequias y ríos aledaños.

Por otro lado, por ser una zona de amortiguamiento cuenta con una rica biodiversidad, característica que ha permitido que el cantón Cotacachi sea acreedor al nombramiento de Cantón Ecológico según la ordenanza N.º 309 del 19 de abril de 2001 del Concejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi, donde, respecto a la naturaleza y a las culturas locales, se señala:

Cantón ecológico” se entenderá como la voluntad cívica, política y normativa de todos los habitantes del cantón Cotacachi de elegir un modo de vida, de producción, de consumo, de relacionamiento entre personas y grupos sociales; y, de relacionamiento entre la sociedad y la naturaleza, que respete los elementos y procesos de la misma, las culturas locales tradicionales y la paz social, y que, al mismo tiempo, contribuyan a conservar un ambiente rico en culturas y biodiversidad para beneficio de las presentes y las generaciones venideras (Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi, s.f. : 4).

El valle de Íntag y sus comunidades, al estar ubicados en la zona rural del Cantón Cotacachi, no cuentan con los servicios básicos adecuados. Problemas como el mal abastecimiento del GLP (gas licuado de petróleo), carreteras en mal estado, falta de transporte, escaso acceso a las comunicaciones (teléfono, Internet), falta de agua potable, electricidad de mala calidad por variaciones de voltaje, centros de salud desprovistos de instrumentos y con poco personal médico, escuelas lejanas y no acondicionadas, entre otras dificultades limitan el crecimiento social y económico en la zona.

Recientemente el valle de Íntag y sus necesidades llamaron la atención del gobierno central y local, debido al interés de expropiar las tierras y extraer los minerales que existen en la zona. En el 2015, el vicepresidente Jorge Glas, visitó y ofreció mejorar

la calidad de vida de la zona, mediante la mejora de los centros de salud provisionándolos con insumos y profesional médico, mejorar la educación, y entregar agua potable, entre otros, con el fin de sosegar las necesidades y las tensiones causadas por la eminente explotación minera que se avecina. En la visita realizada a la zona de Íntag, se pudo constatar obras en la vía, como pavimentación y ampliación de vías que son para beneficio de las comunas, pero al mismo tiempo se puede reflexionar si las vías recientemente construidas y adecuadas son para facilitar la salida de los minerales preciosos de la zona que hoy en día es de interés nacional.

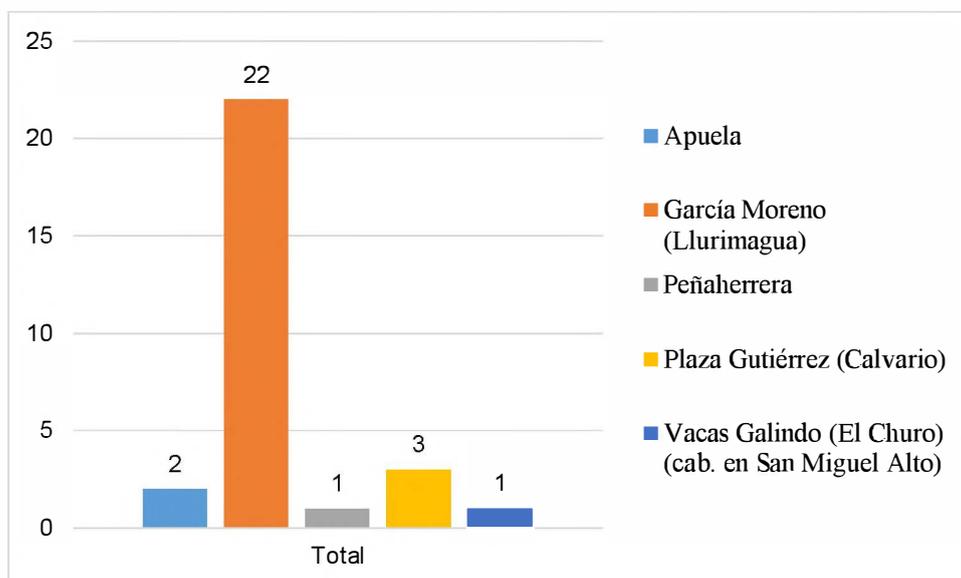
Según lo indica el gobierno que con el cambio de la matriz productiva se generarán nuevas rentas como la minera, la cual será canalizada para beneficio y desarrollo principalmente de las zonas donde se llevan a cabo la extracción de los minerales, que para el caso de estudio es el cantón Cotacachi (Gobernación de Imbabura, s.f.).

Según la página web de la Empresa Pública de Desarrollo Estratégico ECUADOR ESTRATEGICO EP enuncia que su misión es: “Materializar la Política Pública del Gobierno Nacional para el Buen Vivir de las comunidades en las zonas de influencia de los proyectos de los sectores estratégicos, a través de la ejecución de programas integrales de desarrollo local, redistribuyendo equitativa y planificadamente los ingresos generados por el aprovechamiento responsable y sostenible de los recursos naturales y operando bajo normativa vigente, con eficiencia, eficacia y transparencia” (Ecuador Estratégico E.P., s.f.).

Tomando en cuenta el enunciado anterior es importante analizar los proyectos que se han planificado en las zonas afectadas y cuantos proyectos se han ejecutado. En la provincia de Imbabura se llevan acabo varios proyectos emblemáticos de desarrollo local debido a que en ésta provincia existe influencia de proyectos estratégicos del gobierno y en su afán de legitimizar una repartición justa, ha desarrollado programas de desarrollo local en los cantones de Imbabura.

Como se muestra en el Gráfico N.º 8, desde el 2014 se han llevado a cabo algunos programas de desarrollo, que en muchas parroquias lograron finalizarse en el 2015, y un número reducido de programas que aún sigue pendiente la contratación del servicio. Tal es el caso de la parroquia Peñaherrera en donde sigue pendiente la contratación para la fase dos de la Unidad Educativa Jose Peralta, que es hasta el momento el único proyecto que está pensado para la parroquia Peñaherrera de parte de Ecuador Estratégico.

Gráfico N. ° 8. Número de programas en el cantón Cotacachi



Fuente: Ecuador Estratégico E.P. (2015)

Uso de biodigestores en la parroquia Peñaherrera

Los comuneros de la parroquia Peñaherrera, preocupados por su situación, formaron una organización que ha venido trabajando en proyectos ecológicos. Uno de estos proyectos es la producción de biogás, para lo cual aceptaron la ayuda de organismos sin fines de lucro, que les capacitaron y dirigieron la construcción de los biodigestores en las fincas de los interesados en obtener biogás para sus hogares.

La existencia de ganado vacuno y porcino en la zona hace que el manejo de los excrementos de los animales no sea el adecuado y se produzca contaminación en el medio donde viven. Habitualmente, el estiércol es utilizado como abono natural directo en las tierras para cultivo, pero se ha comprobado que esta práctica no es beneficiosa ya que tarda en descomponerse aproximadamente un año para luego poder prestar las ventajas nutritivas y que puedan ser asimiladas por la tierra (Vera et al., 2014: 430).

Comuneros de la parroquia Peñaherrera interesados en el manejo ambiental de sus fincas se agruparon para formar la Asociación de Campesinos Agroecológicos, quienes, preocupados por mantener cerca a los animales, pero sin tener que percibir los malos olores en los hogares, decidieron comenzar un plan de reorganización de las chancheras y la construcción de biodigestores.

El material que es utilizado para que en su descomposición genere el combustible gaseoso (biogás) es el excremento de los cerdos; debido a la facilidad de mantener a los cerdos dentro de las chancheras sin la necesidad que salgan de ellas para su alimentación, lo que permite concentrar los desechos sólidos y líquidos en un solo lugar y que, durante la limpieza, el material se dirija por gravedad hacia la bolsa de almacenamiento del biodigestor.

La razón de escoger las excretas de los cerdos y no las del ganado vacuno es porque las vacas necesitan pastar para comer y deben desplazarse en el día por grandes terrenos y pernoctar en las noches. La cantidad de excrementos que producen los cerdos al permanecer encerrados permite recolectar todo el material orgánico de manera eficaz. La cantidad de material que se obtiene diariamente depende de la cantidad de cerdos y la edad de los mismos, como se muestra en la Tabla N.º 6.

Tabla N.º 6. Producción de excremento diario proveniente de los cerdos

GANADO PORCINO	
Producción de material orgánico por día	
Tamaño del cerdo	cantidad kg/día
Grande	2
Mediano	1.5
Pequeño	1

Fuente: Vera et al., (2014: 431)

El biogás como una solución energética en la población rural

Las comunidades de la zona de Íntag no cuentan con vías de acceso en buen estado, lo cual representa una gran desventaja pues al estar ubicadas en una zona pluviosa hace que continuamente las vías dañadas se conviertan en lodazales que no permiten el ingreso de los carros abastecedores de los cilindros de gas, obligando a que los pobladores deban desplazarse en burros o caballos hacia lugares lejanos para poder abastecerse del cilindro o por otro lado deban buscar leña para utilizarla como combustible para cocinar los alimentos.

Las carreteras en mal estado y la lejanía hacen que los productos necesarios se encarezcan, tal es el caso de los cilindros de gas que llegan a valer hasta tres o más veces su valor original, apretando aún más la economía familiar de los pobladores rurales.

La oportunidad que prestan los biodigestores como una solución que abastece de energía a las familias de las comunidades ubicadas en la zona rural, se observa en la satisfacción de no tener que depender del cilindro de gas o de la leña para poder cocinar los alimentos.

En el capítulo I, se realizó el análisis sobre los biodigestores, el biogás y los desechos orgánicos que pueden ser utilizados para satisfacer la necesidad de combustible como portador energético que permita satisfacer necesidades en la zona rural.

El uso de los biodigestores depende de la cantidad de desecho orgánico que se tenga a disposición, el acceso al agua, la temperatura ambiente y la mano de obra, son necesarios para obtener como producto el biogás que es el combustible que ayudará en la cocción, calefacción, refrigeración y electrificación rural, como se utiliza en otros países del mundo como China, India, Perú, Bolivia, Honduras.

Las características y la cantidad del biogás dependerán del material orgánico con que se alimenta el biodigestor. En las zonas rurales cuya actividad económica se basa en la agricultura y la ganadería, podría bien usarse los residuos orgánicos producto de las cosechas y los excrementos de los animales, pero, al utilizar toda esta gran variedad de productos, sería necesaria la implementación de biodigestores de mayor capacidad y con mayor tecnología para el aseguramiento del gas.

Y esta producción a gran escala necesitaría un aporte económico mayor, incluso para la distribución del biogás. En la Tabla N.º 7 se muestran las propiedades generales que contiene el biogás.

Tabla N. ° 7. Propiedades generales del biogás

BIOGAS	
Composición	55 – 70% metano (CH ₄) 30 – 45% dióxido de carbono (CO ₂) Trazas de otros gases
Contenido energético	6.0 – 6.5 kW h m ⁻³
Equivalente de combustible	0.60 – 0.65 L petróleo/m ³ biogás
Límite de explosión	6 – 12 % de biogás en el aire
Temperatura de ignición	650 – 750°C (con el contenido de CH ₄ mencionado)
Presión crítica	74 – 88 atm
Temperatura crítica	-82.5°C
Densidad normal	1.2 kg m ⁻³
Olor	Huevo podrido (el olor del biogás desulfurado es imperceptible)
Masa molar	16.043 kg kmol ⁻¹

Fuente: Varnero (2011: 16)

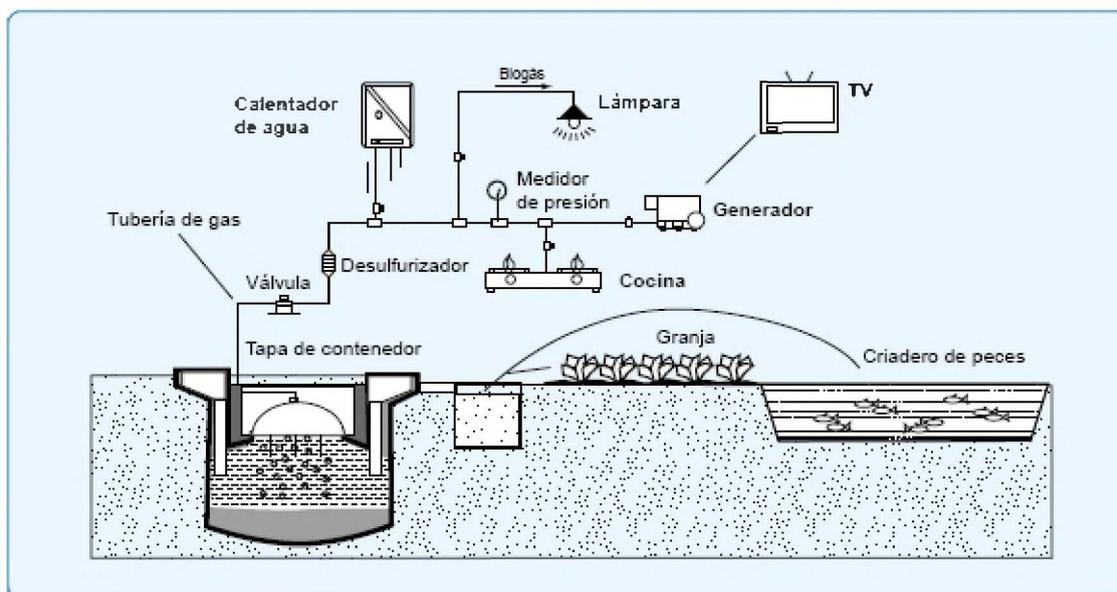
Elaboración: propia

El beneficio de usar biogás con desechos orgánicos provenientes de los animales de corral es que, frente a la leña, no causa afectación al sistema respiratorio en especial de los niños y las mujeres del hogar. La carga laboral de las mujeres disminuye al no tener que salir en búsqueda de la leña, pues el uso del biogás les permite tener más tiempo para dedicarse a actividades de interés para ellas y su familia. Los gastos en los que se incurre al tener que transportar la leña o el tanque de gas pueden reflejarse en el ahorro tanto del combustible fósil (gasolina o diésel), así como también en la compra de fertilizantes. En la parte ambiental el uso del biogás disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero.

Como tema central de la presente tesis está el uso del biogás como combustible para cocinar los alimentos, pero otros de los usos que puede tener el biogás es como un factor de generación mediante equipamiento que permita: refrigerar los productos, producción de electricidad, alumbrado público o calentamiento de agua (García, 2001:

237). Pues el acceso a este tipo de energía solventaría en gran medida la falta de suministro energético en la población rural (ver Gráfico N.º 9).

Gráfico N.º 9. Distribución del biogás para uso energético familiar



Fuente: Varnero (2011)

Beneficios obtenidos con el uso del biogás en la comunidad de estudio

Para realizar el análisis de los beneficios que presta la construcción de los biodigestores en la parroquia Peñaherrera, se analiza desde el punto social, ambiental y económico.

Beneficio social

Los usuarios de los biodigestores cuentan con el material que genera biogás y que está listo para el consumo. Con esta facilidad, los comuneros, en especial las mujeres, pueden cocinar los alimentos cómodamente desde las cocinas artesanales construidas, ahorrando tiempo en los trabajos cotidianos. El ahorro se debe a que antes del biogás, mayoritariamente las mujeres y niños de la familia, tenían que encargarse de buscar y transportar la leña para cocinar.

Esta tarea es muy dura y desgastante, la cual no les permitía tener tiempo libre para dedicarse a otras tareas o a distracciones familiares. El trabajo extenuante que significaba la búsqueda de la leña afectaba directamente a la seguridad y a la salud de los

buscadores de leña, debido a las largas caminatas en terrenos montañosos y llenos de peligros.

Por otro lado, el uso del biogás ha permitido disminuir apreciablemente los problemas respiratorios de mujeres y niños, causados por la constante exposición al humo generado por la combustión de la leña y de otros materiales como el plástico, material que también es colocado en la cocina, y tratado como si fuera un incinerador de desperdicios. Con el uso del biogás disminuyó la producción de CO₂ (dióxido de carbono) y gases tóxicos que contribuyen al calentamiento global.

Otro beneficio que se consiguió es bajar considerablemente la tasa de incendios provocados por el uso de la leña, en los que resultaban mayormente afectados los niños.

El ubicar a los cerdos en las chancheras ayudó a mantener limpia el área de la casa o finca, desaparecer los malos olores y evitar la proliferación de moscas que son las transmisoras de enfermedades. Se evitó que las deyecciones se filtren y contaminen los esteros que son utilizados en el consumo humano, pues la parroquia Peñaherrera no cuenta con agua potable ni alcantarillado.

La recolección de la leña era una tarea de mujeres, pues aquí se evidencia un problema de género. Con el uso del biogás, las mujeres tienen mayores oportunidades para estudiar y desarrollarse, pudiendo de esta manera aportar económicamente al hogar.

Como producto de la descomposición de la materia orgánica alojada en la cámara de biodigestión, se obtiene el lodo residual o biol, el cual es rico en nutrientes al ser un abono natural listo para ser regado en la tierra agrícola. Con el uso del biol la comunidad de la parroquia Peñaherrera disminuyó totalmente la compra de fertilizantes químicos, pues se incrementó la producción agrícola y se diversificó el trabajo, pues se requiere mayor personal para la cosecha de los productos.

La tierra agrícola de las comunidades beneficiarias de los biodigestores ahora cuenta con mayor producción y los productos son de mejor calidad y sin químicos, lo que favorece a los pobladores de bajos recursos que con mayores ingresos ahora pueden alimentar mejor a su familia.

Beneficio ambiental

Los beneficios con los que se aporta al ambiente, por el uso controlado de los desechos orgánicos de los cerdos, son variados, pues con lo que se detalla a continuación se puede

tener una imagen de cuánto más se beneficiaría el ambiente si se reciclara los desechos de todos los animales de granja, humanos y desechos agrícolas tan solo de las zonas rurales.

En los hogares de las comunidades con biodigestores disminuyó el uso de la leña como combustible para cocinar y se evitó de esta manera la deforestación indiscriminada del bosque, al tener en cuenta que Íntag está en la zona de amortiguamiento de la Reserva Cotacachi-Cayapas. Según el autor Miller, al evitar la tala de bosques se obtienen servicios ecológicos que “mantienen el flujo de energía y el reciclamiento químico, reducen la erosión del suelo, absorben y sueltan agua, purifican el agua, purifican el aire, influyen sobre el clima local y regional, almacenan carbono atmosférico, proporcionan numerosos hábitats naturales (o silvestres)” (Miller, 2007: 109).

Los pobladores en busca de leña, recurren a la selva, pero como el ingreso es demasiado hostil, proceden a quemar grandes extensiones de terreno para quitar la maleza y así acceder a los árboles y obtener la leña. Ésta mala práctica, de quemar la maleza produce CO₂ con lo cual se contribuye a la contaminación del ambiente, y se ahonda más el problema cuando se talan los árboles.

Por otro lado, al tener controlados los desechos orgánicos de los animales, se evita la descomposición al aire libre de los mismos. Pues estos gases también emiten CO₂ (dióxido de carbono) y el proceso de descomposición lleva largo tiempo y los nutrientes no son absorbidos adecuadamente por la tierra. Además, provocan contaminación del agua circundante.

El uso del biogás también disminuyó notablemente la utilización del gas licuado de petróleo (GLP), lo cual reduce la dependencia al combustible fósil. Con el uso del biogás se quema el metano producido por el estiércol, que es mucho más dañino que el dióxido de carbono y se evitaría la producción de CO₂ al disminuir el uso del GLP.

La naturaleza es cíclica y todo lo que existe en ella se recicla para comenzar nuevos procesos de regeneración. Un caso que se enmarca dentro de este proceso es el uso de biodigestores, pues de los excrementos de los cerdos se obtiene el biogás y el lodo residual o biol, los cuales serán utilizados para cocinar alimentos y el otro para nutrir la tierra como abono orgánico, respectivamente. El uso del biol como abono orgánico permite obtener productos saludables y libres de químicos, evitando la contaminación de los suelos agrícolas.

Beneficio económico

Como se explicó anteriormente, Íntag es una zona agrícola y ganadera y además es un lugar turístico, lo cual genera importantes ingresos a la localidad. A este lugar llega un alto número de turistas nacionales e internacionales, quienes quedan asombrados por la riqueza vegetal, los bosques vírgenes, los restos arqueológicos ubicados en la cúspide de una montaña (Centro Ceremonial de Wariman), las artesanías, los productos naturales (jabón natural, café orgánico, miel de abeja, entre otros) y muchas actividades deportivas extremas, lo que cautiva la atención de los visitantes.

Las mujeres de los hogares que cuentan con biodigestores, anteriormente a la utilización de estos, no podían ser parte de la asociación de artesanos y contribuir con su trabajo para la elaboración de varios productos que son puestos a la venta para los turistas. Pues la búsqueda, recolección y adecuamiento de la leña para luego transportarla a sus hogares disminuía la participación en cualquier actividad extra.

El uso del biogás disminuyó notablemente la necesidad de proveerse del cilindro de gas, pues al no haber alternativas viables o sustitutas hace que los pobladores lo compren al precio que les fijen los proveedores. A esto hay que sumarle el precio del transporte y la carga que significaba llevar a hombros el cilindro hasta sus domicilios.

El no consumo de la leña como combustible principal en la cocina bajó la contaminación por humo dentro de los hogares y permitió la disminución de los gastos de medicinas y transporte para los enfermos de la familia, quienes debían ser llevados a la ciudad más cercana para ser atendidos, pues en la localidad no se cuenta con un dispensario médico provisto con equipamiento y la atención médica no es continua.

El uso del residuo orgánico del biodigestor como abono evadió la compra de abonos químicos, lo que benefició económicamente a las familias usuarias del biodigestor. Con respecto a la producción, el uso del biol hace que las tierras sean más productivas, obteniéndose mayores cosechas que representan mayores ingresos para las familias.

Se puede colegir que la situación económica de los pobladores cambiaría, si un número mayor de usuarios fueran los beneficiarios de los biodigestores, del biogás y del biol. Esto gracias al uso de biogás como combustible y del biol como abono orgánico que nutre efectivamente la tierra, permitiendo obtener más productos agrícolas y de buena calidad.

Uso del biogás como combustible en el caso de estudio

En el proceso de búsqueda de información para realizar la presente tesis se mantuvieron conversaciones con miembros de la Asociación de Campesinos Agroecológicos de Íntag (ACCAI), quienes brindaron información y facilitaron el acompañamiento de un delegado para que nos permita conocer los lugares en donde se han instalado los biodigestores y también sea el intermediario con las familias para proceder a la toma de datos y las entrevistas realizadas.

El acompañante y guía Robinson Guachagmira nos contó acerca de los trabajos emprendidos por la Asociación de Campesinos Agroecológicos y algunas organizaciones sin fines de lucro en defensa y conservación del medioambiente de la zona de Íntag. El trabajo que ha realizado la asociación se ha hecho directamente con las comunidades afectadas por el ingreso de las compañías mineras tanto para la exploración como para la explotación del cobre en la zona de Íntag.

Paralelamente al apoyo brindado a las comunidades afectadas, se trabajó en la construcción de los biodigestores como generadores del biogás que ha permitido realizar el cambio de combustible para la cocción en la parroquia Peñaherrera.

Con fecha 25 de enero de 2014, en el viaje que se realizó con Robinson, se conocieron lugares y personas que en un inicio no se mostraban receptivas. Los problemas que las comunidades han estado resistiendo desde 1993 hasta la actualidad son muy delicados y se han dado por enfrentamientos directos con grupos armados, quienes han amedrentado a la población para que desocupen las tierras en donde ahora el gobierno quiere realizar la extracción minera.

Gracias a la compañía del delegado de la asociación que, al ser parte de la comunidad y dirigente activo de la parroquia Peñaherrera, se pudo tener acceso a la información. Pudiendo conocer de cerca la situación social de la población frente al uso de los biodigestores, el uso y beneficios que adquirieron del biogás y del biol.

Por otro lado, se pudo platicar con los jefes de familia y sus esposas quienes comentaron cómo les ha favorecido el uso del biogás en las tareas diarias y las cosas que faltarían por hacer para el aprovechamiento del biogás.

Dentro de la comunidad, una familia normalmente tiene de uno a tres chanchos en el corral, cuyos desperdicios suministran diariamente material orgánico al biodigestor.

Producto de la fermentación de la materia da como resultado el biogás, que es llevado mediante tuberías hacia la cocina familiar y en este lugar se conecta a la tubería la cocina artesanal que fue adaptada para que funcione con biogás.

El abastecimiento del biogás es continuo y está disponible todo el tiempo mientras haya carga del material orgánico en el biodigestor.

En la cocina, el uso del biogás como combustible es usado para cocinar los granos secos, preparar el desayuno, hacer café, preparar el almuerzo. No hay un único uso del biogás. Como la forma de obtención del biogás y la distribución hacia la cocina no es tecnificada, los parámetros como la presión, la calibración para una buena combustión y el uso de válvulas dosificadoras al final del proceso influyen como factores necesarios para mejorar la calidad del biogás en la producción y distribución del mismo.

La comunidad que usa el biogás está contenta con los beneficios obtenidos del biodigestor, a pesar de conocer que proviene de los excrementos de los animales lo usan sin restricción para cocinar sus alimentos.

Un punto a destacar es el sabor de la comida, según indicaron los usuarios el sabor no cambia con respecto a la comida cocinada con el gas licuado de petróleo, pues al preguntarles sobre esta cuestión, muchos contestaron que cuando se cocina con amor no se siente la diferencia.

Por otro lado, tampoco extrañan cocinar con leña, pues recuerdan toda la labor que involucra usarla como combustible. La leña se ha reducido en su uso a agente calefactor para los cuyes.

El nivel de satisfacción por el uso del biogás es alto, pues con este combustible los beneficiarios del biogás han dejado de depender de la leña o el gas licuado de petróleo.

Problemas actuales y futuros que limitan el progreso de los biodigestores en la parroquia Peñaherrera

Sin el apoyo económico, técnico, la voluntad de los comuneros y el incentivo de parte de la institución privada, no habría sido posible la inserción de este tipo de energía en la parroquia.

Fue necesario que todos estos factores coadyuvaran para realizar un fin que beneficie a un pequeño grupo de familias, quienes con su colaboración permitieron la

implementación de un beneficio en común que es la obtención de un tipo sustentable de energía.

Desde esta perspectiva, son tres los puntos neurálgicos que se va a analizar como desventajas que podrían limitar el progreso de este tipo de energía en la parroquia Peñaherrera. Los factores son: técnicos, socioeconómicos e institucionales.

Factor técnico

Los problemas que se observan con la elección del tipo de biodigestor y su funcionamiento como una tecnología apropiada dependen de las características de la misma tecnología. Dicho de otra manera, la tecnología escogida debe ser amigable con el ambiente, la cultura, las costumbres, la gente y sus necesidades. Siendo también de importancia la sostenibilidad en el tiempo de la misma (Ferrer-Martí et al., 2013: 92).

Entonces, al momento de la elección del tipo de biodigestor en la parroquia Peñaherrera se tomó en cuenta la producción de estiércol, humanizando la tarea de recolección y transporte del material hacia el biodigestor, con la construcción de las chancheras diseñadas para eliminar los desperdicios usando la técnica de la gravedad.

Por este lado, las personas tan solo deben preocuparse de lavar las chancheras y por sí solo el material se desplazará hacia el biodigestor. Como conocimiento técnico de los usuarios del biogás, basta conocer de la importancia de proveer el desecho orgánico al biodigestor dejar pasar unos días y obtener gas para cocinar. Pero no existe una debida sociabilización y capacitación para que el biodigestor se mantenga como un generador de energía por tiempo indefinido.

En las entrevistas realizadas, dos familias habían dejado de utilizar los biodigestores, de las veinte familias beneficiarias que los recibieron los motivos del desuso son del tipo técnico y económico.

Adentrándonos en las razones podemos decir: que la primera razón se debió a que dejaron de proporcionar material orgánico al biodigestor, porque vendieron a los cerdos, pero no sabían que podían utilizar otro tipo de excrementos provenientes de animales y así continuar con el funcionamiento del biodigestor.

La segunda razón es el mantenimiento deficiente al sistema completo de biodigestion, pues los ácidos y óxidos que se generan durante la producción del biogás hacen que se deterioren los tubos o elementos constitutivos del biodigestor. La tercera

razón se debe a que no hay disponibilidad de personal técnico que preste los servicios de asesoramiento técnico correctivo o preventivo en el lugar de instalación de los biodigestores. Y como cuarta razón es que para poder realizar todas las actividades anteriores es necesario contar con el capital suficiente para adquirir los servicios o los animales para dar continuidad a la labor de los biodigestores instalados.

La voluntad de construir los biodigestores no fue suficiente para que el funcionamiento de los mismos perdure. En este proyecto está haciendo falta un seguimiento periódico de un delegado comunitario que recepte las necesidades y solucione técnicamente los problemas y que cuente con el respaldo económico necesario para los proyectos de desarrollo en la zona rural.

En la búsqueda de información académica que pudiera servir en la realización de la presente tesis, se encontraron documentos académicos con información muy variada sobre el uso de biodigestores familiares que han sido instalados en las zonas rurales de China, India, Perú, Honduras, Nicaragua, Puerto Rico, Italia y entre otros países más, de los cuales se han tomado nota de problemas en común con el caso de los biodigestores instalados en Ecuador.

En las líneas siguientes se realizará el análisis de los aciertos y desaciertos de las situaciones vividas y de la experiencia que tiene China debido al éxito en la prolongación de uso de los biodigestores en la zona rural tanto para el uso como combustible para cocción como para la electrificación.

En China desde 1880 comenzaron a instalar biodigestores a nivel rural con la intención de solventar problemas de falta de energía. Y hoy en día, China ha continuado desarrollando a nivel rural proyectos de implementación de biodigestores para el uso eléctrico y para cocción de alimentos de la población rural (Aamodt y Chen, 2014: 4).

Las zonas pobres de China tienen las mismas dificultades que las zonas pobres de otros países, con la diferencia de que han desarrollado programas nacionales, los cuales han llevado a la unificación de centros de investigación con empresas e instituciones que están vinculadas con el biogás. Fortaleciendo el desarrollo de los biodigestores y con esto asegurando la provisión energética a las zonas pobres de China (Barreto, 2003: 4).

La zona rural de China, al ser un referente comparativo con la parroquia Peñaherrera de Íntag, en el uso de biodigestores como un servicio energético que provee biogás a un grupo de personas desprovistas de servicios básicos y energía, puede servir

de ayuda para dilucidar aquellos aspectos en los que se debe mejorar, para que el biogás tenga un amplio desarrollo en Ecuador.

Dentro del campo técnico, la similitud de los biodigestores instalados en Íntag y los instalados en las áreas rurales de China es que la población no ha llegado a identificarse con el uso de los biodigestores y del biogás, aunque reconocen las prestaciones positivas que han obtenido de él, aún falta promover el compromiso de las familias para que siga funcionando el biodigestor. Pero esto no va solo, se debe contar con la ayuda técnica para el mantenimiento de los biodigestores, pues el biogás en el proceso de generación tiene gases oxidantes que dañan las tuberías. Otros daños también pueden ocurrir, como es el deterioro de la bolsa plástica, acumulación de residuos, entre otros.

Otro problema técnico identificado es que no se aprovisiona durante largos períodos los materiales orgánicos al biodigestor, desconociendo que pueden ingresar otros desechos orgánicos que no necesariamente provengan de los cerdos. El limitante para optar por abastecer de otro material orgánico al biodigestor, sería el trabajo adicional de los usuarios, ya que deben llevar el material hacia la bolsa de almacenamientos del biodigestor. Caso que no ocurre con los cerdos ya que están encerrados y colocados en lugares altos para que la carga se realice automáticamente por gravedad.

Como los diseños y la construcción de los biodigestores se realizaron de manera artesanal, el producto gas no alcanza grandes volúmenes y por lo tanto la producción de biogás como combustible no cubre todas las necesidades de cocción, de una familia numerosa.

Al igual que los biodigestores, las cocinas también fueron construidas artesanalmente, lo cual conlleva a pérdidas y deficiencia en el calor que emite la llama, que sirve para cocinar los alimentos.

En la construcción, implementación y puesta en marcha de los biodigestores ha faltado la capacitación técnica, la cual ha incurrido en varios errores al ser realizada por personal no calificado.

El paulatino desinterés en conservar los biodigestores es también por los cambios en la estructura económica local, pues si la economía de la familia se enfocaba antes en la crianza y venta de animales pues ahora se dedica solo a la venta de productos, lo cual

hace que el biodigestor quede subutilizado, por la falta de material orgánico que alimenta el biodigestor.

Factores socioeconómicos

A continuación, se analizarán los problemas que se han identificado como factores socioeconómicos que influyen en el funcionamiento e instalación de nuevos proyectos de biodigestores

Desde el punto de vista económico, si la población tuviera acceso a fondos se podría contribuir y acelerar la adopción de un mecanismo de energía renovable en la localidad rural de interés. En este caso, los biodigestores serían técnicamente mejor construidos aprovechando a su máxima capacidad el biogás y el lodo residual generado.

Los problemas económicos que se han identificado en la parroquia Peñaherrera son la variación de la fuente de ingreso familiar, dejando de lado la venta de cerdos para dedicarse a otras actividades. Problemas como el uso discontinuo del biodigestor que acompañado del problema que causa el desempleo en la zona y que por esta razón se produce la migración de familias enteras hacia la ciudad hicieron que el biodigestor quedase subutilizado.

Otro de los problemas identificados es la escasa producción de biogás, debido a la poca carga de materia orgánica ingresada en el biodigestor. Razón que ha obligado a que los usuarios del biogás pierdan el interés y busquen nuevamente abastecerse de leña y/o el cilindro de gas licuado de petróleo.

Son 20 los biodigestores instalados en la parroquia Peñaherrera, los cuales fueron construidos como premio e incentivo en los predios de las familias que habían tenido éxito en los proyectos agrícolas emprendidos por la Asociación de Campesinos Agroecológicos de Íntag (ACAI).

Los recursos limitados impidieron la construcción de un mayor número de biodigestores, optándose la construcción de biodigestores como incentivo para los asociados. Por otro lado, las familias beneficiarias del biodigestor debían hacerse cargo del mantenimiento técnico y desbroce del área ocupada, lo cual generó problemas pues no contaban los comuneros en su totalidad con el conocimiento técnico ni la asesoría para poder realizarlo.

El biodigestor es un tipo de tecnología que persigue un cambio social en el manejo de los desechos y el tipo de combustible, los cuales involucran conocimiento y capacitación, pero que por no contar con los medios necesarios en los lugares de instalación no se ha aprovechado el recurso energético, tal es el caso de las cocinas artesanales que son adaptaciones de las cocinas a gas licuado de petróleo, pero para que funcionen deben adicionarse o adaptar elementos que permitan una buena combustión entre el oxígeno y el biogás, las cuales conlleva a pérdidas energéticas en calor y biogás.

Otro producto que es desaprovechado por los usuarios del biodigestor es el biol sólido y líquido, ya que por desconocimiento no utiliza de manera adecuada el abono orgánico arrojando resultados no tan favorables con respecto al abono químico.

En el caso comparativo de la zona rural y pobre de China con respecto a la zona de Íntag, la inversión de capital para incentivar el uso de biodigestores va de la mano con el desarrollo económico nacional y del ingreso de los campesinos, los cuales no deben afectar la calidad de la construcción del biodigestor.

Pero en Ecuador la inversión depende de la voluntad de organismos privados con y sin fines de lucro, más la voluntad y la mano de obra de las comunidades interesadas que con un mínimo de capital deben construir un biodigestor artesanal.

A la ausencia del factor económico se verá limitada la adquisición de las partes constitutivas del biodigestor. Según lo indica Aamodt y Wenqin, el dinero en mano y poder gastarlo tiene más valor que los beneficios que serán obtenidos del biogás.

El éxito de encontrar los fondos que garanticen el desarrollo en nuevas alternativas energéticas, en el caso de interés los biodigestores, sería también mejorar la calidad de vida de un grupo humano con escasos recursos económicos y al que se ha catalogado pertenecer a países que tienen pobreza energética (Aamodt y Chen, 2014:10).

El éxito que ha tenido la zona rural de China en la implementación de los biodigestores es porque China invirtió en mejorar la tecnología que usaban los primeros biodigestores, mejorando drásticamente la infraestructura y la calidad del gas.

El gobierno apoyó esta alternativa de energía, mediante los programas de cooperación, la asignación de recurso que está orientada al desarrollo de energía renovable y la implementación de políticas públicas.

En China la participación del Estado es fuerte, pues apoya económicamente para el desarrollo de los biodigestores. La amplia experiencia del país asiático hoy en día

permite que la población rural pueda beneficiarse económicamente del uso de los biodigestores locales. Pues el biogás genera electricidad, la cual es suministrada ruralmente a una tarifa especial por ser un pueblo generador de energía y distribuye biogás para el consumo de las familias rurales, en el caso de no tener cocinas eléctricas (Aamodt y Chen, 2014: 4-6).

Factor institucional

La implementación de los biodigestores en la parroquia Peñaherrera surgió del interés de los comuneros pertenecientes a un grupo organizado y activo dentro de la parroquia, más el apoyo económico de la Junta Parroquial y de las Pequeñas Donaciones de las Naciones Unidas (PPD), permitieron que pudieran llevar a cabo la construcción de los biodigestores en la parroquia.

Sin este apoyo no hubiera sido posible la implementación del proyecto del biogás en la zona de Íntag, transformándose en importancia alta el apoyo que pudieran prestar las instituciones públicas y/o privadas en proyectos de energía rural.

En la nueva Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica del Ecuador expedida el 12 de enero de 2015, dentro de los considerandos dice: “Que, resulta imperativo construir una matriz de generación eléctrica económica y ecológicamente equilibrada, incrementando la participación de las energías limpias y renovables como la eólica, biomasa, biogás, fotovoltaica, geotérmica, mareomotriz e hidroeléctrica, disminuyendo la generación térmica ineficiente que utiliza combustibles fósiles” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015: 2).

En Ecuador, en 1996 se creó el Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM), que fue el encargado de “la electrificación de zonas marginales tanto a través de la ampliación de la red convencional eléctrica como mediante la instalación de sistemas de energía renovable” (Ferrer-Martí et al., 2013: 253). Ahora en la nueva Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, se reconoce en el Programa de Energización Rural las obligaciones que tiene el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables para gestionar los fondos provenientes del Presupuesto General del Estado y preparar en los tres primeros meses del año los proyectos de electrificación rural del próximo año. Mientras que el ARCONEL, regulará la identificación de los proyectos, supervisará y controlará la ejecución de los mismos.

Programa de Energización Rural. - El estado promoverá y financiará, de manera prioritaria los proyectos de desarrollo de la electrificación rural, especialmente en zonas aisladas de los sistemas de distribución. Los valores anuales, necesarios para la ejecución del mismo, serán gestionados por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables ante el Ministerio de Finanzas.

El programa se financiará con los recursos provenientes del Presupuesto General del Estado. Sin embargo, podrán también financiarse con aportes o donaciones de entidades públicas o privadas, nacionales o extranjeras, y otros que se determinen en esta u otras leyes, debidamente controlados por el Ministerio de Electricidad y Energías Renovables.

Para que sea incluido en el PME, el Ministerio de Electricidad y Energía Renovable preparará en el primer trimestre de cada año, el Programa de Energización Rural, en el cual se priorizará las zonas de menor desarrollo, favoreciendo un progreso armónico de todas las regiones del país, para el año inmediato siguiente.

El ARCONEL se encargará de emitir las regulaciones para la identificación de los proyectos de energización rural, y para la supervisión y control de la ejecución del Programa.

Los distribuidores estarán a cargo de la identificación, ejecución, operación y mantenimiento de las obras; así como la fiscalización de las mismas (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía, 2015:21)

En la Ley consta como uno de los objetivos específicos el “Desarrollar la energización rural (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica, 2015: 3).

Dentro de las disposiciones generales de la Ley Orgánica del Servicio Público de Energía, en la cuarta disposición dice: “El Estado garantizará la implementación de programas y proyectos de electrificación alternativos en las comunidades indígenas y rurales de difícil acceso” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía, 2015:27)

En las disposiciones fundamentales en el Artículo 2 dentro de Objetivos específicos de la Ley en el numeral 5 dice: “Desarrollar mecanismos de promoción por parte del Estado, que incentiven el aprovechamiento técnico y económico de recursos energéticos, con énfasis en las fuentes renovables. La promoción de la biomasa tendrá preeminencia en la de origen de residuos sólidos” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía, 2015:3).

En el Artículo 53 dice:

“De la Planificación e inversión en el sector eléctrico. - El PME, cuya elaboración estará a cargo del Ministerio de Electricidad y Energía Renovable, con una proyección a diez años, identificará los proyectos de generación prioritarios para el sector eléctrico.

El plan identificará igualmente los programas de expansión y mejora en generación, transmisión, distribución y energización de zonas rurales aisladas.

El Plan Maestro de Electricidad garantizará que se incremente la cobertura de energía eléctrica en zonas rurales aisladas de manera progresiva” (Ley Orgánica del Servicio Público de Energía, 2015:18)

En la actualidad los proyectos FERUM siguen siendo reconocidos bajo el mismo nombre y se observa que ahora están siendo orientados a proyectos más grandes y no sólo a proyectos rurales.

Bajo el conocimiento de lo expuesto en párrafos anteriores, la población de la parroquia Peñaherrera, para la implementación de los biodigestores, contó con el apoyo institucional privado. Pero para la conservación del uso del biogás y de los biodigestores locales es necesario seguir teniendo el apoyo económico para contratar personal calificado y que se encargue del mantenimiento y asesoramiento técnico.

Y es aquí en donde el apoyo institucional debe intervenir y ser tomado en cuenta como un proyecto de interés, para que cuente con la aprobación y el posterior desembolso del dinero que permitirá el crecimiento de los biodigestores en la población rural.

Pues en el caso de los biodigestores instalados en la zona rural de China, el éxito que han tenido es debido a que el gobierno, a través de las instituciones gubernamentales, ha apoyado con la creación de políticas de desarrollo de los biodigestores en las zonas pobres. Y estas políticas han obligado a mejorar las técnicas utilizadas. En las leyes ecuatorianas como se puede observar en párrafos anteriores, el apoyo que pudiere recibir el biogás sería sólo en el ámbito eléctrico.

Se crearon políticas que incentivaron la utilización de energías renovables, las cuales fueron adoptadas y afianzaron la generación de biogás en la población rural de China. A nivel de ministerios se coordinaron campañas que promovieron el desarrollo de los biodigestores y el uso eficiente del biogás en la población.

En el Ecuador, el plan de desarrollo energético se ha orientado a la explotación minera, petróleo y la construcción masificada de hidroeléctricas a nivel nacional, minimizando otros proyectos que también generan energía y que, por la falta de leyes, el uso de una inadecuada técnica y bajos recursos económicos no cumple con las expectativas locales para el consumo.

Entonces sería necesario que las otras energías que no están enmarcadas dentro de las estrategias energéticas del plan de desarrollo del Ecuador tengan el mismo peso que tienen las hidroeléctricas en estos días. Tomando en cuenta que la generación de biogás a

partir de la gran cantidad de residuos urbanos y rurales ayudaría a conservar el medioambiente y generaría abono a gran escala para ser usado en la agricultura nacional.

Para concluir, se cita el ejemplo de China, con la creación de leyes en las que se incluyó al biogás como una fuente de energía que ayuda al desarrollo energético de las zonas rurales pobres, también se crearon planes de desarrollo económico rural. El beneficio para la población se reflejó en la educación y salud. Y en la parte ambiental mejoró el manejo de los residuos y los malos olores desaparecieron, además que el uso del biogás se masificó y se vieron mejoras en la calidad de vida de los pobladores de las zonas rurales (Aamodt y Chen, 2014: 4-6).

Con estos tres factores analizados, se puede determinar que la implementación y uso del biodigestor en la parroquia Peñaherrera han sido incipientes y se ha basado en el mejor esfuerzo que han puesto tanto las asociaciones y organismos como los beneficiados.

El no poder contar con los fondos y el conocimiento para realizar un buen mantenimiento técnico a los biodigestores, sumado el apoyo inexistente de parte del gobierno para el desarrollo del biogás como una alternativa para solucionar problemas de abastecimiento energético en la población rural, ha hecho que el uso de los biodigestores no se desarrolle en número mayor, beneficiando tan solo a un grupo reducido de familias.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DEL DESARROLLO DEL BIOGÁS COMO UNA ALTERNATIVA ENERGÉTICA EN LA PARROQUIA PEÑAHERRERA

El biogás como alternativa para sustituir el uso del gas licuado de petróleo en la parroquia Peñaherrera conlleva ventajas y desventajas que aportan al florecimiento de un tipo de energía nuevo y diferente a las energías renovables más comunes como la energía hidráulica, energía eólica, energía solar o energía geotérmica.

El incentivo que el gobierno ecuatoriano ha dado al florecimiento de las energías renovables en el Ecuador es importante, pero aún no es suficiente para que abarque la amplia gama de proyectos en energías renovables a nivel macro y micro que incentiven a la difusión de un nuevo tipo de energía como el uso de biodigestores para la obtención de biogás y abono orgánico.

Incentivo institucional para el desarrollo de la energía de bio-digestión en el Ecuador

En el presente apartado se analiza el incentivo que tiene el combustible biogás como fuente de energía renovable frente a las demás energías renovables en el Ecuador. Con el discurso sobre el cambio de la matriz productiva y de la matriz energética en el Ecuador, se ha venido trabajando en proyectos emblemáticos para la obtención de energía a nivel nacional.

La carrera emprendida en búsqueda de fuentes alternativas de energía ha llevado a nivel macro la construcción de varias represas hidroeléctricas en todo el territorio nacional, parques eólicos, proyectos de energía geotérmica, entre otros, desestimando proyectos energéticos pequeños de aplicación en las zonas rurales.

En lo referente a las leyes de apoyo a las energías renovables de proyectos de generación en la zona rural no se tiene mayor desarrollo, pues las leyes respaldan los grandes proyectos de generación eléctrica, desplazando la responsabilidad de los proyectos de la zona rural a programas como el Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal (FERUM) que es el ente encargado de gestionar los fondos necesarios para la implementación de pequeños sistemas de energías renovables en las comunidades que no tienen acceso a la energía eléctrica y tiene la responsabilidad de implementar el tendido eléctrico hacia poblaciones sin electricidad.

Pero en lo que se refiere al uso de la biomasa como fuente de energía renovable para obtener los biocombustibles, existe el plan gubernamental de biocombustibles, en el que se da impulso a la producción del etanol proveniente de la caña de azúcar y del biodiesel proveniente de la palma africana, piñón, entre otros, para realizar la mezcla con la gasolina y el diésel respectivamente, pero no se menciona al biogás como parte del plan gubernamental de biocombustibles

En el Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017, en el numeral de las líneas de acción para la Zona 5, que corresponde a las provincias de Santa Elena, Guayas, Bolívar, Los Ríos y Galápagos, se indica entre varios otros puntos que, para el cambio de la matriz productiva se debe “aprovechar los procesos de bio-digestión e impulsar la producción de etanol a partir de subproductos agrícolas, y la producción de biodiesel a partir de micro algas y piñón” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013: 396).

En este apartado se cita que para el cambio de la matriz productiva se debe aprovechar los procesos de bio-digestión, pero ésta intención no está amparada en la ley para que sustente su desarrollo y por tal motivo no tiene el incentivo económico para la implementación, dejando un vacío legal para el aprovechamiento técnico del biogás como combustible principalmente en las zonas rurales o a nivel macro como combustible para distribución urbana o generador de energía eléctrica a nivel nacional.

Luego de la revisión del Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017 se encuentran varios puntos en los que se reconoce la necesidad de transformar la matriz energética del país desarrollando el potencial energético de los recursos renovables como son: “complejos solares fotovoltaicos, termosolares, complejos eólicos e hidráulicos” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2013: 393), dejando de lado a los sistemas de biodigestión.

El interés del gobierno ecuatoriano es apoyar a los proyectos de generación de energía eléctrica que utilizan los recursos renovables. Como lo dice en la Constitución Política del Ecuador en el “Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (Constitución Política del Ecuador, 2008: 5).

En los últimos años el Estado emprendió grandes proyectos emblemáticos para la generación eléctrica, la producción de combustibles fósiles y de biocombustibles para mezclar con los fósiles, pero ninguno en favor del biogás.

En el Ecuador se han venido construyendo biodigestores en la población rural a nivel nacional sin la ayuda del gobierno, los interesados de la implementación de los proyectos de biodigestores han sido los colaboradores activos en lo económico y técnico sumada la colaboración de las familias campesinas que son beneficiadas con los biodigestores.

Para la presenta tesis se considera importante realizar un breve análisis de los proyectos emblemáticos emprendidos en Ecuador versus los proyectos a base de biomasa, tan sólo como argumento para las conclusiones que se presentarán.

Análisis de proyectos emblemáticos para generación eléctrica

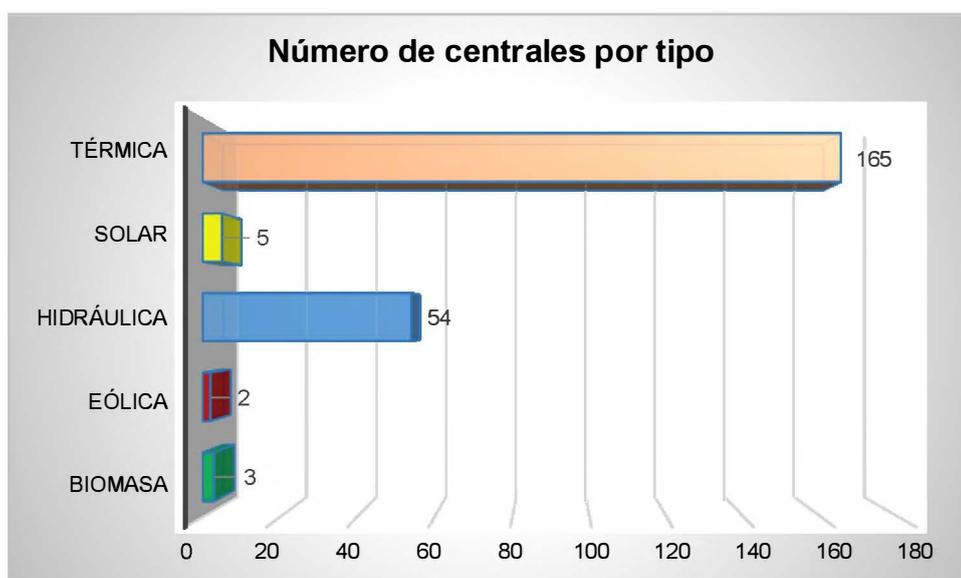
Los proyectos emblemáticos creados por el gobierno nacional con el fin de cambiar la matriz eléctrica del Ecuador se orientan a aprovechar la energía que provienen del viento y del agua. En el caso del aprovechamiento energético del viento, está la central eólica Villonaco con una potencia de 16,5 MW (megavatios) que está en funcionamiento desde el 2013 y que se encuentra ubicada en la ciudad de Loja la cual ayuda a suplir las necesidades eléctricas de la localidad, cuenta con once aero navegadores cada uno con una potencia de 1,5 MW (megavatios) e instalados a una altura de 2 700 metros sobre el nivel del mar aprovechando una velocidad de viento de 12,4 m/s (metros por segundo).

Como segundo y último de los proyectos emblemáticos están las hidroeléctricas que aprovechan los causes de los ríos para la generación eléctrica y son: Coca Codo Sinclair, Delsitanisagua, Mazar Dudas, Minas San Francisco, Quijos, Sopladora, Toachi Pilatón y la Central Manduriacu que en el 2015 entró en funcionamiento (Agencia de Regulación y Control de Electricidad, 2015: 75 y 123).

Los proyectos emblemáticos, los proyectos en construcción y las centrales generadoras existentes son mostrados a continuación en los gráficos siguientes. En el Gráfico N. °10 se puede observar la influencia de cada tipo de energía en la matriz eléctrica del Ecuador, tomando en cuenta que las centrales térmicas todavía siguen siendo las principales generadoras de electricidad a nivel nacional, seguidas por las centrales hidroeléctricas.

Mientras que la contribución de la energía eléctrica de la biomasa es de tres empresas azucareras como: Ecoelectric, San Carlos y Ecudos, mismas que avizoraron un tipo de negocio diferente a la producción azucarera y utilizaron los desperdicios del bagazo de caña para producir energía eléctrica y venderla al CENACE, para la distribución nacional.

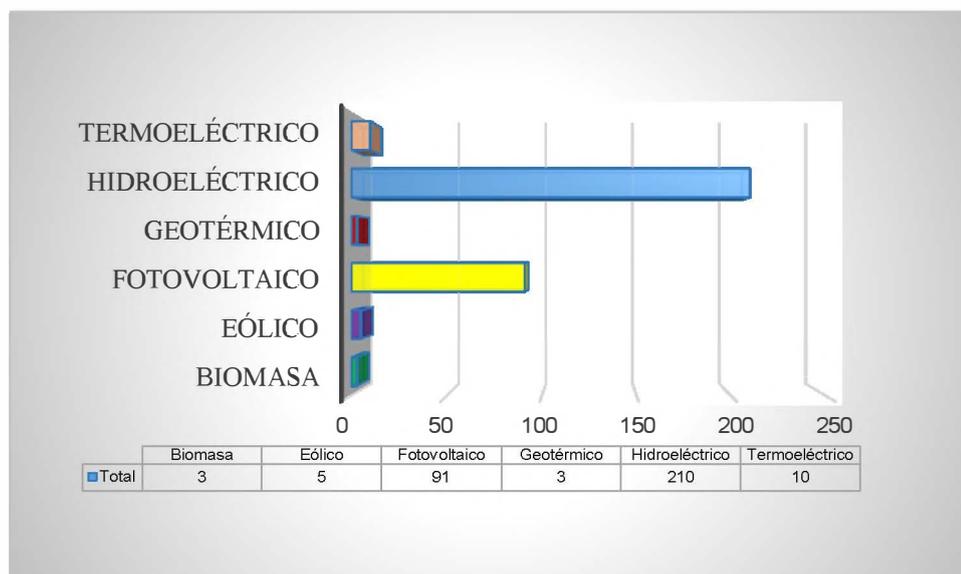
Gráfico N.º 10. Centrales eléctricas al 2015



Fuente: Unidad de negocios Transelectric (2015)

En el Gráfico N.º 10 se muestran los proyectos de generación eléctrica en el Ecuador. Algunos de los proyectos están en estudio de factibilidad, otros están en construcción mientras que el resto está bajo revisión y aprobación para su ejecución.

Gráfico N.º 11. Proyectos de generación eléctrica al 2015



Fuente: Unidad de negocios Transelectric (2015)

En el Gráfico N.º 11 se observa un mayor número de proyectos de generación en la parte hidroeléctrica y fotovoltaica. Mientras que los proyectos de biomasa son dos proyectos que están en construcción, los dos pertenecen a los rellenos sanitarios de Quito y Cuenca en los que se aprovechará el biogás para generación eléctrica. Y un tercer proyecto que aún sigue en estudio en la provincia de Manabí.

Por ahora existen proyectos de generación eléctrica a partir del biogás en rellenos sanitarios tanto de Cuenca y Quito como son el Relleno Sanitario de Pichacay y el Relleno Sanitario del Inga, respectivamente, pero que por motivos técnicos y económicos todavía no entran a generar electricidad.

Como se puede observar, el biogás es subutilizado a nivel nacional, todavía no existe la normativa de apoyo institucional específica para el biogás. Aún bajo el conocimiento del aporte económico que prestaría el biogás como suministro de combustible a nivel urbano o para generación eléctrica sigue siendo desestimada su utilidad y si esto sucede a nivel macro, pues a nivel micro el uso del biogás seguirá dependiente de la voluntad de implementación bajo el apoyo económico de organismos no gubernamentales que sigan apoyando el desarrollo de las zonas rurales pobres del Ecuador.

Confrontación entre la calidad de vida, los objetivos de desarrollo y la energía en las zonas rurales

La alta dependencia del petróleo de parte de los países del mundo como un recurso energético versátil ha conducido a problemas sociales, económicos y ambientales sin precedentes, que han abierto brechas entre sociedades ricas y pobres en donde la calidad de vida se ha visto afectada directamente en la falta de insumos para la alimentación, salud, educación y tecnología.

En la búsqueda de un nuevo esquema que permita una equidad de oportunidades, el abastecimiento energético y el cuidado del medioambiente, se ha redireccionado el interés hacia las energías renovables junto con una política de apoyo. Sin embargo, se observa un apoyo exagerado a la generación eléctrica en grandes proyectos y el apoyo deficiente a proyectos pequeños que mejoran la calidad de vida de las poblaciones rurales. La inversión en energías renovables se hace en proyectos a nivel macro, como por ejemplo las hidroeléctricas, mientras que el apoyo a las energías renovables utilizadas en proyectos sociales es mínimo, como por ejemplo los biodigestores rurales.

El acceso a la energía es un parámetro importante que conducirá a la equidad social (Modi et al., 2006: 17).

La percepción de que una persona haya adquirido una mejor calidad de vida no depende directamente de la disponibilidad de energía que tenga el individuo. Pues la calidad de vida (CV) viene asociada a otros factores que, según el:

Modelo de Schalock (2000), en el marco conceptual de la CV en los hogares, es uno de los más comúnmente citados. Está compuesto de ocho dimensiones e indicadores centrales relacionados: bienestar emocional (seguridad, felicidad, libertad de estrés); relaciones interpersonales (intimidad, interacciones familiares, amistad, soporte social); bienestar material (seguridad financiera, alimentación, posesiones, empleo); desarrollo personal (educación, habilidades, competencia personal, actividades útiles); bienestar físico (salud, nutrición, ocio, actividades de la vida diaria); autodeterminación (autonomía, toma de decisiones, participación personal); inclusión social (aceptación, integración y participación en la comunidad); y derechos (privacidad, acceso, obligación procesal, responsabilidad civil) (Fernández, 2015: 58).

La relación que mantiene la energía con la calidad de vida y los objetivos de desarrollo determinan el nivel de importancia que tiene la energía para la consecución de metas sociales.

Alrededor del mundo todavía quedan poblaciones muy pobres en África, India, América del Sur, entre otras, que no cuentan con los productos alimenticios, agua ni servicios básicos, que les permita sobrellevar la vida. Los pobladores hombres, mujeres y niños diariamente luchan por sobrevivir, pues les aquejan varias enfermedades debido a la desnutrición. Son lugares que no tienen acceso a la salud y peor aún a la educación. El componente energía por sí solo no puede combatir la pobreza extrema.

La energía ayuda a acondicionar el medio en donde existen condiciones de vida soportables, es aquí en donde la energía permite la implementación de pequeños negocios, mejora la atención en la salud, mejora el nivel educativo. Y esto gracias a que la energía endosomática permite que el ser humano tenga fuerzas para vivir y producir.

Los ocho primeros Objetivos de Desarrollo del Milenio estaban faltos de objetivos puntuales que ataquen el problema medular de la pobreza que es la falta de alimentación y una vida digna, es por eso que la meta no pudo ser cumplida en el 2015.

Entrevista realizada a los usuarios de los biodigestores de la Parroquia Peñaherrera

Datos de la entrevista

Con fecha 25 de enero de 2014 en compañía de Robinson Guachagmira nos trasladamos a la Parroquia Peñaherrera ubicada en el valle de Íntag, en donde se identificó los lugares donde fueron implementados los biodigestores.

Las preguntas que se diseñaron para realizar a los usuarios de los biodigestores nos permitieron conocer a los mismos, obtener la dirección en donde están instalados los biodigestores, el tiempo de uso de los biodigestores, cómo utilizan los biodigestores, cómo trabajan las familias con los biodigestores, cuál es el uso del biogás, conocer si el sabor de la comida cambia cuando usan el biogás para cocinar, cuál es el uso que le dan al biol y cuál es la contribución del uso de los biodigestores en el ambiente familiar.

Con las entrevistas se obtuvieron resultados sobre la calidad de vida de los usuarios, los problemas que deben manejar para solucionar los daños en los biodigestores, el ahorro que representa tener un biodigestor en la finca familiar, la disponibilidad de tiempo de las amas de casa, el cuidado de la naturaleza, la satisfacción que representa tener un biodigestor en casa y el manejo de los desechos orgánicos de los cerdos.

Las familias entrevistadas fueron en un total de siete, tomando la palabra el jefe de familia y/o la esposa. El lugar donde se realizaron las entrevistas fueron en las

correspondientes fincas en donde habitan y tienen instalados los biodigestores. Los instrumentos que se utilizaron para realizar la entrevista fueron el celular como grabador de voz y una cámara fotográfica para tomar fotografías del lugar.

Previamente a las entrevistas se pidió consentimiento a los entrevistados para proceder a grabar la conversación, registrando el nombre completo del entrevistado y la fecha.

Sistematización de las entrevistas

En busca de información de lugares donde existan biodigestores instalados, nos condujo hacia un sitio web de la Asociación de Campesinos Agroecológicos de Íntag con sus siglas ACAI, mismo que nos permitió ponernos en contacto con una oficina en Quito y solicitar una cita para realizar un acercamiento al tema, obtener información y poder hacer el contacto con alguien que nos muestre el camino hacia un lugar donde se pueda obtener las experiencias de uso de los biodigestores, el biogás y el biol.

Ventajosamente el día de la cita se pudo entablar una conversación abierta y franca en donde se expuso la necesidad de conocer los biodigestores instalados y funcionando para la recolección de datos y poder realizar entrevistas a los usuarios con el objeto de utilizar la información en la presente tesis. Durante la conversación con los señores de la organización se pudo conocer al señor Robinson Guachagmira, dirigente activo de las comunidades de Íntag, socio de ACAI y uno de los responsables de la construcción de los biodigestores.

Muy gentilmente Robinson se comprometió a conducirnos hacia la población en donde están instalados los biodigestores y así poder ser el lazo con la comunidad y poder obtener las entrevistas.

El día 25 de enero de 2014 junto con Robinson nos trasladamos al valle de Íntag ubicado en la provincia de Imbabura en el cantón Cotacachi, durante el viaje Robinson nos conversó de Íntag, su biodiversidad y los problemas que aquejan a las comunidades debidos a los proyectos mineros que se pretenden implementar en la zona.

En la conversación nos pudimos dar cuenta que el lugar al que nos dirigíamos es una zona de mucha tensión y conflicto debido a los enfrentamientos armados que se han dado entre las comunidades de Íntag y el personal contratado de las empresas mineras y

del gobierno. Los enfrentamientos fueron serios y por varias ocasiones pusieron en riesgo la vida de los comuneros a quienes se iban a realizar las entrevistas.

Como nos podemos dar cuenta el nexo entre el entrevistador y la comunidad afectada y desconfiada, fue Robinson quien luego de dialogar con cada una de las familias pudimos acceder a los hogares y entablar conversaciones abiertas con los entrevistados.

La visita comenzó en la comuna El Paraíso perteneciente a la parroquia Peñaherrera, aquí fuimos atendidos por el primer entrevistado con quien pudimos conversar ampliamente sobre el uso que le da su familia al biodigestor al gas que produce y el biol.

El entrevistado, bajó código E1, permitió conocer que es socio de ACAI y que ha venido trabajando en los proyectos agrícolas emprendidos por la asociación, obteniendo buenos resultados razón por la cual se hizo acreedor a que le instalen un biodigestor en la finca.

E1, está satisfecho con el uso del biogás y el biol que produce en su biodigestor e indica que la expectativa que tuvieron al momento de la construcción de los primeros biodigestores fue superada por la emoción de ver la llama que producía la combustión del biogás, que a su vez era obtenido del biodigestor al que se le llena con los desechos de los chanchos de su propiedad. Indicó también que antes de tener el biodigestor gastaba un cilindro de gas cada quince días porque es una familia grande y que después de la instalación del biodigestor compra un cilindro cada dos meses aproximadamente.

Con respecto a lo económico dijo que los ingresos económicos mejoraron porque el usa el biol en sus tierras en donde siembra y cosecha productos de buena calidad y en mayor cantidad, obteniendo más forraje con el que alimenta a sus animales. Cuando se le preguntó acerca del sabor de la comida, supo responder que la comida por tradición es más rica con leña, pero que en comparación con la comida cocinada con gas licuado de petróleo y la cocinada con biogás no existe ninguna diferencia, aunque sea más lenta la cocción.

Como miembro de ACAI ha participado en las capacitaciones de los biodigestores e indicó que a pesar de las varias capacitaciones existen familias que no usan adecuadamente el biodigestor, como es el caso, en el que se dedicaron a llenar el biodigestor tan sólo con agua y sin nada de desechos orgánicos.

También observó que debido a los problemas de la minería no están siendo ejecutados los proyectos en las comunidades, anulando cualquier tipo de apoyo económico de parte del gobierno para la zona de Íntag y que a pesar de abonar orgánicamente la tierra agrícola con el biol obtenido de los biodigestores no son bien vistas estas prácticas porque no entienden las familias que no tienen biodigestores el por qué dejan de utilizar los abonos químicos, evidenciándose una pobre sociabilización en el tema de biodigestores.

La segunda entrevista se realizó al matrimonio E2, la particularidad en esta entrevista fue que, en los enfrentamientos armados debido a la entrada de personal armado contratado por las empresas mineras, fueron los participantes activos en el enfrentamiento sufriendo problemas serios de salud ya que fueron atropellados por los camiones que ingresaban.

Como fue de esperarse son personas temerosas y desconfiadas y gracias a la compañía de Robinson pudimos obtener la entrevista y obtener información valiosa de parte de ellos. La pareja E2 indicó que luego de haber tenido éxito en la finca de su propiedad por implementar los proyectos agrícolas emprendidos por la asociación, se hicieron acreedores a que les instalen un biodigestor en su finca. Los fondos provinieron de la Junta Parroquial de las Comunas Peñaherrera y de García Moreno, de ACAI y de las pequeñas donaciones de las Naciones Unidas.

Los entrevistados están satisfechos con el biodigestor y reconocieron que en el caso de ellos el biogás llegó a ser un sustituto del gas licuado de petróleo, que solamente en el caso de no contar con los chanchos o que los chanchos sean pequeños se aprovisionan del gas licuado cada dos meses.

La madre de familia E2 indicó que ahora dispone de mayor tiempo para realizar otras cosas que antes estaba impedida, el tiempo que le tomaba en trasladarse y cortar la leña ahora lo aprovecha en su beneficio y también evitan la tala de los bosques. Hasta la fecha de la entrevista tuvieron dos biodigestores, el primero les había durado cinco años y el segundo aún estaba funcionando, aunque con poca carga ya que no tenían chanchos y esperaban vender los choclos y comprar chanchos. Los entrevistados no ven ninguna desventaja del biodigestor, al contrario, indican que en su finca no usan abonos químicos y sólo utilizan el biol que riegan en la tierra que siembran, obteniendo mayor productividad sin uso de químicos.

Con respecto al sabor de la comida no notan ninguna diferencia tan sólo hace la acotación que cuando se hace la comida con amor todo sale rico, además indica que el biogás es confiable y no es peligroso como el gas licuado de petróleo. Con respecto a la construcción de los biodigestores indicó que si hay la presencia de un técnico que inspecciona la obra pero que no es necesario porque es fácil y además hay bastantes albañiles que lo construyen.

La tercera entrevistada fue E3, quien nos indicó que sólo utiliza el biogás en su cocina y lo usa para cocinar en especial los granos, ya no utiliza la leña y se ve beneficiada porque cuando la leña estaba mojada producía mucho humo y por otro lado con la carga diaria de los desechos orgánicos de los chanchos evita la producción de malos olores y moscas por toda la casa.

El tiempo que la señora debe invertir en la limpieza de la chanchera depende del número de chanchos que tenga, por lo general es de dos veces al día que debe limpiar la chanchera, cabe recalcar que las fincas de todos los entrevistados tienen chancheras diseñadas para que caiga por gravedad los desechos al biodigestor.

La cuarta entrevista fue E4, quien indicó que su biodigestor hace un mes se le había dañado la funda plástica, por tal motivo ya no lo estaba usando, pero que estaba esperando que le instalen otro biodigestor, al momento de la entrevista aprovechó la oportunidad y solicitó a Robinson un biodigestor nuevo.

La entrevistada indicó que con el biogás podía cocinar segura y no debía atizar la leña para que se cocinen los granos, aunque no utilizaba para el resto de la elaboración de las comidas pues no poseía muchos chanchos que generen la materia prima para la producción del biogás. El biodigestor había estado funcionando diez años a partir del 2004.

La quinta entrevista se realizó a E5, quien indicó que tenía tres chanchos pequeños y que con los desechos alimentaba al biodigestor, pero que la producción de biogás no le permitía cocinar más de una vez al día, pero cuando tenía los chanchos grandes le alcanzaba a cocinar las tres comidas y le sobraba reemplazando el uso del gas licuado de petróleo y la leña. El sabor de la comida no tiene diferencia con la comida cocinada con gas licuado y se siente más segura usar el biogás que con el gas licuado.

El sexto entrevistado fue E6, quien es miembro de ACAI y es la persona que ha estado a cargo de los proyectos de instalación de biodigestores en la zona, en donde la

propuesta de los proyectos fue el manejo adecuado de los desechos orgánicos de los chanchos para lo cual se diseñaron las chancheras adecuándolas para que no sean una carga adicional de trabajo para la familia, ajustándose a las necesidades y dejando tiempo libre a la persona encargada.

En un principio los biodigestores se construyeron en Íntag sin ningún diseño, ahora son previamente diseñados y se realizan cálculos, como por ejemplo en un inicio todos los biodigestores tenían una longitud de doce metros, hoy en día se construyen máximo de siete metros y son más eficientes que los primeros.

La producción de gas depende del número de chanchos que se tenga y citó un ejemplo: por cada parte de estiércol se pone tres partes de agua, con una temperatura promedio de 18°C se obtendrá biogás de treinta a cuarenta y cinco días de uso en la cocina.

Por otro lado, indicó que ya no hay malos olores en las fincas producidos por las heces fecales de los chanchos que antes andaban sueltos, ahora el manejo que se le da al excremento con el uso de los biodigestores han permitido ahorrar dinero tanto en la compra de gas licuado como en la compra de abonos químicos, usando el biol en la tierra para la siembra.

EL entrevistado E6 está consiente que para la implementación y funcionamiento de los biodigestores es necesario tener el aporte técnico en un 20% mientras que el 80% se refiere a que los usuarios se acoplen y tengan un cambio de actitud frente a la nueva tecnología, así como también tengan el compromiso de mantener y cuidar los biodigestores para que sigan funcionando.

CONCLUSIONES

Durante la investigación para la realización de la presente tesis, se obtuvo información desconocida en un inicio, pues el tema de biodigestores y el proceso químico que lleva a cabo en su interior fue complejo entenderlo, pues en los documentos académicos consultados se muestran fórmulas químicas que tan sólo los entendidos en la materia pueden analizarlo. Preocupación que se tuvo hasta estar de frente ante un biodigestor y conocer el funcionamiento empírico de parte de los usuarios y beneficiarios del uso del biogás y del biol en la parroquia Peñaherrera ubicada en la zona de Íntag dentro del cantón Cotacachi.

En el dialogo con los usuarios de los biodigestores se observó un auténtico compromiso con el tipo de tecnología implementada en las fincas, pues todos ellos mostraban signos de complacencia con los productos que obtienen del biodigestor. Con las visitas realizadas a las fincas en donde estaban instalados los biodigestores se pudo constatar que, tras la implementación la intensión de las organizaciones sin fines de lucro que apoyaron el proyecto, fue crear el compromiso de las comunidades para mantener en buen estado y funcionando la tecnología concedida cuyo fin es el autoabastecimiento de combustible y abono orgánico listo para ser utilizado en la tierra agrícola.

Las comunidades visitadas gozan de un ambiente sin contaminación, de paisajes hermosos y productos agrícolas orgánicos que son consumidos en la localidad, por turistas nacionales y extranjeros pues en la zona de Íntag las comunidades se organizaron para conservar el medioambiente con prácticas sustentables como es el uso de biodigestores y el turismo comunitario.

En las entrevistas y el dialogo con los usuarios de los biodigestores se evidenció una total aceptación al biogás como combustible para cocinar los alimentos de la familia, no tienen ningún tabú con respecto al origen del biogás y su uso, pues un entrevistado supo decir que no hay ninguna diferencia de sabor con el resto de combustibles usados para este fin.

El tema de la organización de los cerdos en las chancheras permitió el control de las plagas por mosquitos, y desaparecieron los malos olores en las fincas, se evitó la contaminación de las acequias aledañas y se facilitaron las tareas de limpieza de las chancheras realizada por las mujeres de la casa.

De las entrevistas se concluye que el tiempo que invierten las amas de casa al cuidado de los animales es un tiempo compartido con el cuidado del biodigestor que aprovecha los restos de la limpieza para procesarlos y entregar biogás listo para cocinar, lo que ahorra tiempo que era invertido para la búsqueda de la leña para cumplir con el mismo fin. En efecto, con el uso del biogás las mujeres y niños de la familia disponen de tiempo que antes era utilizado para la búsqueda de la leña, el corte y el traslado a sus hogares. El tiempo que las mujeres gozan desde que utilizan el biogás, les ha permitido ser parte activa y económica en sus hogares y en la comunidad, utilizando el tiempo para desarrollarse profesionalmente y en algunos casos llegando a ser dirigentes de partidos políticos creados por la necesidad de tener una agrupación política que luche a favor de las comunidades que son afectadas por la minería que ha ingresado por varias ocasiones a Íntag con la intención de realizar la exploración para pasar a la explotación minera de los yacimientos de cobre y demás minerales que existen en Íntag.

Las mujeres del hogar manifiestan que el uso del biogás les ha permitido dejar desatendida la cocina con la llama prendida mientras realizan otras tareas dentro o fuera de la casa, pues al extinguirse la llama el biogás por sus características no causa la muerte ya sea por aspiración o explosión como lo hace el gas licuado de petróleo.

En la parte económica las familias beneficiadas con el uso del biodigestor en las fincas disponen del producto combustible para cocinar, disminuyendo la necesidad de abastecerse quincenalmente o mensualmente del cilindro de gas, aplazando su compra para dentro de dos o tres meses, práctica que ha llevado al ahorro en la familia y disminuir la dependencia del gas licuado.

Con respecto al uso que hacen las familias del biol sólido y líquido que se obtiene del biodigestor, son utilizados como abonos en las plantaciones agrícolas de la finca o son regados en los pastizales respectivamente.

Éstas prácticas han permitido obtener mayor producción agrícola, los pastizales crecen más rápido y alimentan mejor al ganado tanto para los que son de consumo humano como para los que se utilizan sólo para la producción de leche. En los cultivos disminuyeron las plagas y las plantas ahora son más resistentes con el uso del biol.

Los biodigestores instalados en la parroquia Peñaherrera para su funcionamiento dependen directamente de la carga diaria de los excrementos de los cerdos más la mezcla con el agua que permite que se desplacen los desechos desde la chanchera hacia el

biodigestor. El tipo de desechos a ser utilizados como material de carga es limitado por los mismos usuarios, pues en las fincas visitadas tan sólo unas tres familias sabían que pueden utilizar como carga al biodigestor los excrementos de las vacas, cuyes, así como también los desechos de frutas, vegetales o los restos de las cosechas. Demostrándose una deficiente capacitación a los usuarios de los biodigestores, así como también falta de seguimiento a los proyectos instalados en las fincas.

De los entrevistados fueron dos familias que por no tener chanchos dejaron de utilizar el biodigestor, y corren el riesgo que por falta de uso y cuidado del biodigestor, este sufra rupturas que ocasionen orificios en el plástico o se taponen las cañerías que llevan el biogás hacia la cocina.

Un punto importante para que pueda realizar el proceso anaeróbico dentro del biodigestor es la presencia del agua como elemento indispensable para éste fin, que gracias a la ubicación geográfica de la parroquia Peñaherrera no es un problema el abastecimiento de agua, aunque en las comunidades de la zona de Íntag no cuentan con agua potable se abastecen de las acequias aledañas de donde trasladan el agua mediante tubería hacia las fincas.

Con respecto a la construcción de los biodigestores en la primera fase que comenzó en el año 2004, se obtuvo información de parte de los entrevistados que inicialmente se construyeron biodigestores de doce metros de largo, que resultaban ser muy grandes para la carga diaria de excrementos de máximo cuatro cerdos. En la segunda fase se comenzaron a construir biodigestores de no más de siete metros de largo para los desechos orgánicos de la misma cantidad de cerdos que en la primera fase. Los diseños y cálculos de los biodigestores fueron de la mano con la adaptación de la nueva tecnología al medio, a los recursos y el dinero existente para la construcción, implementación y puesta en marcha de los biodigestores en las comunidades de la parroquia Peñaherrera.

En la parroquia de estudio no fue posible construir los biodigestores en todas las fincas vecinas, por tal motivo los usuarios de los biodigestores tienen un manejo diferente de los excrementos de los cerdos y el uso del abono orgánico en sus sembríos con respecto al resto de fincas, lo que ha favorecido para que los usuarios de los biodigestores tengan una diferencia en la conceptualización del manejo de la nueva tecnología implementada, frente al resto de fincas sin biodigestores, convirtiéndose ésta diferencia en una forma de

desaprobación de parte de las fincas que no tienen biodigestores, pues aún siguen pensando que no tienen otra alternativa que los abonos químicos.

Con el uso de los biodigestores en las fincas de los entrevistados aumentó la calidad de vida de la familia en especial de las mujeres y niños, con el uso del biogás como combustible para cocinar evitaron absorber el humo que resulta de la combustión de la leña, mejorando notablemente la salud de los integrantes de la familia. Además, dejaron de manipular el abono químico que también era dañino para su salud, obteniendo productos agrícolas sanos y libres de contaminantes.

A pesar de los beneficios nombrados el apoyo de parte del gobierno aún sigue siendo insipiente para éste tipo de energía renovable que ha venido trabajando en las poblaciones rurales pobres, la falta de incentivos a éste tipo de energía ha conducido a que buenos proyectos sociales decaigan por la falta del apoyo técnico y económico de parte de una institución fuerte como es el Estado, que con leyes a favor de éste tipo de tecnología podrían incentivar a la proliferación de más proyectos a favor de éste sector marginado.

En la visita realizada a la localidad de estudio, se observó trabajos en la vía principal tanto de construcción como de ampliación, que en contraste con las vías en mal estado que conectan las comunidades y el pueblo, más los servicios básicos deficientes como son: el agua no potabilizada, baja calidad de la luz eléctrica, centros de salud que no abastecen la demanda de una población numerosa, establecimientos educativos lejanos y el acceso a la tecnología limitada, permiten observar el incumplimiento de parte del gobierno en la implementación de soluciones que cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sustentable en la zona de Íntag

El gobierno ecuatoriano tras la búsqueda de abastecimiento propio ha implementado proyectos hidroeléctricos emblemáticos a los que les ha favorecido con leyes para su desarrollo, minimizando las necesidades de los proyectos pequeños de las zonas rurales que favorecen a sectores pobres. Aunque es de conocimiento que el nivel de aplicación de las leyes es diferente y favorecen a sectores estratégicos de interés nacional, sigue siendo importante que el Estado dicte leyes que favorezcan el desarrollo de energías renovables diferentes a las acostumbradas para beneficio de las poblaciones marginadas y que necesitan de pequeños proyectos para solventar necesidades que no se tienen en la zona urbana.

Con respecto a los beneficios que presta el uso de biodigestores cabe señalar que controla principalmente al gas metano que es el más dañino de los gases de efecto invernadero, contribuyendo así al cuidado de la capa de ozono. Otro beneficio es que permite que los usuarios tomen un nuevo ritmo de vida diferente al que tenían cuando dependían de la leña para cocinar permitiéndose tiempo para su desarrollo personal y aplicando sus destrezas podrán emprender en negocios que les permitirán beneficiarse económicamente.

Es imprescindible que para la adopción de un tipo diferente de energía renovable a los ya acostumbrados, haya la predisposición de los actores que toman las decisiones y la sociedad a cambiar de actitud frente a un tipo diferente de tecnología y aceptarla como una solución viable prometedora que con la debida atención ayudaría perfectamente a cubrir las necesidades de abastecimiento como combustible y para generación eléctrica, controlando las emisiones de gases de efecto invernadero que producen los desechos que en el Ecuador no están siendo manejados adecuadamente.

RESULTADOS

Los biodigestores son una solución viable para el manejo de desechos orgánicos tanto de poblaciones pequeñas como de las grandes ciudades.

El biodigestor es una alternativa energética que depende de las características del desecho orgánico proveniente de los animales de la granja, de la disponibilidad del agua, de la temperatura ambiente del lugar y de la capacitación de los usuarios, para que en conjunto presente múltiples oportunidades para generar productos útiles para el consumo humano (productos agrícolas) y como combustible (biogás).

Los biodigestores construidos a bajo costo e instalados en la zona de Íntag están cumpliendo con el cometido inicial de proveer combustible para la cocción de los alimentos y coadyuva al crecimiento económico familiar con el abastecimiento de abono orgánico listo para ser usado en la agricultura.

El uso de los biodigestores detuvo la tala de árboles de parte de las familias que ahora tienen instalado un biodigestor en su propiedad.

Con el uso del biogás la cocción de los alimentos se realiza en menos tiempo.

Las mujeres y niños del hogar que antes usaban leña para cocinar ahora gozan de mejor salud debido a que el humo que aspiraban les provocó problemas respiratorios graves.

La calidad de vida de las mujeres y niños del hogar ha mejorado notablemente desde que usan el biogás, pues antes les tomaba mucho tiempo el trabajo de recolectar leña obligación que impedía cumplir con cualquier otra tarea de desarrollo personal.

Con el uso del biogás disminuyeron los incendios en la localidad causados por la combustión de la leña sin supervisión dentro de los hogares.

Con el uso de los biodigestores se detuvo la emisión de gases que aportan al efecto invernadero, provenientes de la putrefacción de los excrementos de los cerdos y la combustión de la leña.

RECOMENDACIONES

Es importante recalcar que los biodigestores para que puedan seguir funcionando correctamente necesitan estar sometidos a mantenimientos realizados por técnicos o personal capacitado que asegure la operatividad de éste tipo de tecnología en la zona rural.

Se debe capacitar a los usuarios de los biodigestores de manera periódica para el adecuado uso y funcionamiento de los biodigestores instalados.

La sociabilización del uso y funcionamiento del biodigestor es importante para que el resto de la población que aún no utiliza el biodigestor pueda tomarlo como una alternativa energética lista para ser utilizada en su granja.

Para mejorar en su estructura a los biodigestores instalados se requiere un mayor aporte económico proveniente de instituciones públicas o privadas que con el aval del gobierno local garantice dar seguimiento a éste tipo de tecnología, para que se conserve en el tiempo y pueda seguir beneficiando al sector rural de Íntag.

En las entrevistas realizadas, se observó que existen usuarios que dejaron de usar los biodigestores porque ya no tenían cerdos, pues una manera de mejorar este inconveniente es ampliar la gama de materiales orgánicos a utilizarse. La parroquia Peñaherrera por ser una población agrícola con una amplia variedad de animales de corral puede utilizar los desechos que se generan de los animales y de las cosechas como materia prima en el biodigestor.

Para el florecimiento de éste tipo de energía renovable es necesario crear una normativa que incentive el uso del biogás proveniente de los biodigestores, como una alternativa energética que soluciona en gran medida el desabastecimiento de combustible para la cocción de alimentos en la zona rural y además como una alternativa de generación eléctrica.

El gobierno debe incentivar el uso de otro tipo de energías renovables y diferentes a las acostumbradas, como ejemplo están las hidroeléctricas que cuentan con todo el apoyo del gobierno para su desarrollo, minimizando la funcionalidad del resto de energías renovables.

BIBLIOGRAFÍA

- CEA (2013). *Informe biodigestores en Ecuador*. Recuperado el 20 de enero de 2016, de <http://redbiolac.org/informe-ano-2013-miembros-redbiolac/>:
<http://redbiolac.org/wp-content/uploads/Informe-biodigestores-2013-Ecuador-CEA.pdf>
- Aamodt, J., y Chen, W. (2014). *International legal perspectives on the future of development: Can the Chinese biogas experience shed light on the future of sustainable energy development*. Obtenido de Biblioteca Universidad Tecnológica Superior de Monterrey:
www.lexisnexis.com.millennium.itesm.mx/hottopics/lnacademic/?verb=sr&csi=270077&sr=cite%2842%20Denv.%20J.%20Int%271%20L.%20&%20Pol%27y%20427%29
- Agencia de Regulación y Control de Electricidad. (2015). *III Atlas del Sector Eléctrico Ecuatoriano 2014*. Quito: SECTOR PUBLICO GUBERNAMENTAL.
- Barreto, S. (2003). *Para un desarrollo de programas rurales de empleo del biogás*. Obtenido de Biblioteca Universidad Tecnológica Superior de Monterrey:
<http://0-eds.a.ebscohost.com.millennium.itesm.mx/eds/pdfviewer/pdfviewer?vid=3&sid=5335b882-9c9b-4ad4-b7a8-2efb74d8a8a4%40sessionmgr4001&hid=4103>
- Boyle, G., Everett, B., y Ramage, J. (2004). *Energy systems and sustainability*. Oxford: Oxford University Press.
- Comisión Nacional de Energía. (2007). *Proyectos de biomasa*. Recuperado el 13 de febrero de 2014, de antiguo.cne.cl/cnewww/export/sites/default/05_Public_Estudios/descargas/GuiaBiomasaEIA.pdf
- Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi. (s.f.). Consejo Municipal del Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Cotacachi. Cotacachi, Ecuador.
- Constitución Política del Ecuador. (2008). Constitución Política del Ecuador. Montecristi, Ecuador. Recuperado el 28 de julio de 2015, de www.desarrollosocial.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2013/10/constitucion.pdf

- DeJuana, J., Santos, F., Crespo, A., Herrero, M. Á., Francisco, A. d., y Fernández, J. (2007). *Energías renovables para el desarrollo*. Madrid: Thomson editores.
- Ecuador Estratégico E.P. (2015). Datos Ecuador Estratégico. Quito, Ecuador.
- Ecuador Estratégico E.P. (s.f.). *Ecuador Estratégico*. Obtenido de <http://www.ecuadorestrategicoep.gob.ec/mision-vision>
- Fernández, M. (2010). *Rol e impacto socioeconómico de las energías renovables en el área rural de Bolivia*. La Paz: Centro de Estudios para el desarrollo laboral agrario.
- Fernández, V. (2015). *El gas natural y la calidad de vida: Factores percibidos por los hogares en un país en vías de desarrollo*. Recuperado el 10 de mayo de 2015, de Barcelona: Tesis Doctoral, Universidad Ramón Llull; www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/287061/00_PhD%20Thesis%20Victor%20FERNANDEZ_VF.pdf?sequence=1
- Ferrer-Martí, L., Cubells, A., Velo, E., y Carrillo, M. (2013). *Proyectos de electrificación rural con energías renovables: experiencias, lecciones aprendidas y retos de futuro*. Barcelona: Icaria.
- Filomeno, S., Bron, W., Sosa, B., y van Nes, W. (abril de 2010). *Estudio de factibilidad para un programa de biogás en Honduras*. RedBioLAC. Obtenido de RedBioLAC: <http://www.bibalex.org/search4dev/files/419121/442095.pdf>
- Fontaine, G. (2010). *Petropolítica: Una teoría de la gobernanza energética*. Quito: Abya Yala.
- Freitas, G. S. (1997). *Aprovechamiento sostenible de los recursos naturales renovables*. Lima: Pro Naturaleza.
- García, P. L. (2001). *Tecnologías energéticas e impacto ambiental: La biomasa como recurso renovable para la producción de calor y electricidad*. Madrid: McGraw-Hill.
- Garfí, M., Ferrer-Martí, L., Velo, E., y Ferrer, I. (2011). *Evaluating benefits of low-cost household digesters for rural Andean communities*. Renewable and sustainable energy reviews, 576-581. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de <http://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/26353/Evaluating%20benefits%20of%20low->

cost%20household%20digesters%20for%20rural%20Andean%20communities.pdf?sequence=1

Gobernación de Imbabura. (s.f.). *Visepresidente visita zona de Íntag y compromete apoyo para el desarrollo*. Obtenido de

www.gobernacionimbabura.gob.ec/?p=1732

Goodland, R., Daly, H., Haavelmo, T., Hansen, S., Tinbergen, J., Hueting, R., . . . Flavin, C. (1994). *Desarrollo económico sostenible: avances sobre el Informe Brundland*. Santa Fe de Bogotá: Tercer mundo editores.

Groppelli, E., y Giampaoli, O. (2001). *Ambiente y tecnología socialmente apropiada: el camino de la biodigestión*. Santa Fe: Universidad Nacional del Litoral.

Herrero, J. M. (s/f). Biodigestores de bajo costo: para producir biogás y fertilizante natural a partir de residuos orgánicos. *REDBIOLAC*, 2. Recuperado el 15 de diciembre de 2015, de http://redbiolac.org/biblioteca/D_bdg_ideass_Marti.pdf

Instituto para la Diversificación y ahorro de la energía. (2004). *Informe mundial de energía en: la energía y el reto de la sostenibilidad*. Recuperado el 7 de febrero de 2015, de

http://www.undp.org/content/dam/aplaws/publication/en/publications/environment-energy/www-ee-library/sustainable-energy/spanish/world-energy-assessment-overview-2004-update--spanish/WEA_Update_2004_sp.pdf

Johansson, T. (1993). *Renewable energy: sources for fuels and electricity*. Washington, D.C: Island Press.

Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica. (2015). *Ley Orgánica del Servicio Público de Energía Eléctrica*. Quito, Ecuador.

Li, G., Niu, S., Ma, L., y Zhang, X. (2009). Assessment of environmental and economic costs of rural household energy consumption in Loess Hilly Region, Gansu Province, China. *Renewable Energy*, 1438-1444. Recuperado el 20 de diciembre de 2015, de

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0960148108003881>

López, J. F. (2008). *Medio ambiente comunitario y protocolo de Kioto: la armonización de la imposición energética o un mercado sobre emisiones de gases de efecto invernadero*. Madrid: La Ley.

- Madrid, A. (2009). *Energías renovables: fundamentos, tecnologías y aplicaciones: solar, eólica, biomasa, geotérmica, hidráulica, pilas de combustible, cogeneración y fusión nuclear*. Madrid: AMV Ediciones.
- Mandujano, M. I., Félix, A., y Martínez, A. M. (1981). Biogás: energía y fertilizantes a partir de desechos orgánicos, manual para el promotor de tecnología. *OLADE*. Cuernavaca, México. Recuperado el 21 de diciembre de 2015, de http://biblioteca.olade.org/iah/fulltext/Bjmbr/v32_2/old0117.pdf
- Martínez, A. (2006). *Economía ecológica y política ambiental*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Menéndez, E. (1997). *Las energías renovables: un enfoque político-ecológico*. Madrid: Los libros de la Catarata.
- Miller, T. (2007). *Ciencia ambiental: desarrollo sostenible: un enfoque integral*. México, D.F.: Thomson.
- Ministerio del Ambiente. (2012). *Estrategia Nacional de Cambio Climático del Ecuador*. Ecuador. Recuperado el 6 de enero de 2016, de: <http://www.redisas.org/pdfs/ENCC.pdf>
- Modi, V., McDade, S., Lallement, D., y Saghir, J. (2006). *Energy and the millennium development goals*. Recuperado el 17 de mayo de 2015, de Biblioteca Universidad Tecnológica Superior de Monterrey: www.unmillenniumproject.org/documents/MP_Energy_Low_Res.pdf
- Pardo, M., y Rodríguez, M. (2010). *Cambio climático y lucha contra la pobreza*. Madrid: Fundación Carolina.
- PNUD. (1992). *Desarrollo humano: Informe 1992*. Santafé de Bogotá: Tercer Mundo Editores.
- Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. (2000). *Informe Mundial de Energía*. Organización de las Naciones Unidas y Consejo Mundial de Energía. Madrid: Instituto para la diversificación y ahorro de la energía IDAE. Recuperado el 2 de febrero de 2013, de <http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/environment-energy/world-energy-assessment-overview-2004-update--spanish.html>

- Rajendran, K., Aslanzadeh, S., y Taherzadeh, M. (2012). Household Biogas Digesters - Review. *Energies*, 2911-2942. Recuperado el 18 de diciembre de 2015, de <http://www.mdpi.com/1996-1073/5/8/2911>
- RedBioLAC. (s.f.). <http://redbiolac.org/la-redbiolac/about/>. Recuperado el 15 de enero de 2016, de RedBioLAC, Misión: <http://redbiolac.org/la-redbiolac/about/>
- Ricardo, D. (1959). *Principios de economía política y tributación*. México: Fondo de Cultura Económica.
- Rojas, M. (2011). *La medición del progreso y del bienestar: propuesta desde América Latina*. México, D.F.: Foro Consultivo Científico y Tecnológico.
- Sachs, Wolfgang. (1996). *Diccionario del desarrollo. Una guía del conocimiento como poder*. Recuperado el 8 de abril de 2013, de www.uv.mx/mie/files/2012/10/SESSION-6-Sachs-Diccionario-Del-Desarrollo.pdf
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2013). Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017. Quito, Ecuador. Recuperado el 20 de enero de 2016, de <http://www.buenvivir.gob.ec/versiones-plan-nacional>
- Sunkel, O. (1970). *El desarrollo latinoamericano y la teoría del desarrollo*. México: Siglo XXI Editores.
- Surendra, K., Takara, D., Hashimoto, A., y Kumar, S. (2014). Biogas as a sustainable energy source for developing countries: Opportunities and challenges. *Renewable and sustainable energy reviews*, 846-859. Recuperado el 17 de diciembre de 2015, de <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032113008290>
- Unidad de negocios Transelectric. (2015). Quito, Ecuador.
- Unidad de planeación minero energético. (2003). *Guía para la implementación de sistemas de producción de biogás*. (UMPE, Ed.) Recuperado el 2 de agosto de 2013, de <http://www.si3ea.gov.co/>
http://www.si3ea.gov.co/si3ea/documentos/documentacion/energias_alternativas/normalizacion/GUIA_PARA_LA_IMPLEMENTACION_DE_SISTEMAS_DE_PRODUCION_DE_BIO.pdf

- U.S. Energy Information Administration. (2015). *Annual Energy Outlook 2015 with projections to 2040*. Recuperado el 2 de marzo de 2015, de [http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383\(2015\).pdf](http://www.eia.gov/forecasts/aeo/pdf/0383(2015).pdf)
- Varnero, M. (2011). *Manual de biogás*. (" R. Proyecto CHI/00/G32, Ed.) Recuperado el 16 de agosto de 2015, de www.fao.org/docrep/019/as400s/as400s.pdf
- Veen, M., Borobio, J., Acosta, F., y Ameller, G. (2012b). *Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Perú*. RedBiolac de: <http://redbiolac.org/biblioteca-2/documentos-biodigestion/>. Recuperado el 2 de enero de 2016 en: http://redbiolac.org/biblioteca/PNB_Peru_factibilidad_2012
- Veen, M., Martí-Herrero, J., Acosta, F., y Ameller, G. (2012a). *Estudio de factibilidad para un programa nacional de biogás doméstico en Bolivia*. RedBioLAC. Recuperado el 27 de diciembre de 2015, de http://redbiolac.org/biblioteca/PNB_Bolivia_factibilidad_2012
- Vera, I., Marínez, J., Estrada, M., y Ortiz, A. (2014). *Instituto Tecnológico Superior de Monterrey*. Recuperado el 20 de mayo de 2015, de Millenium itesm: <<http://0www.redalyc.org/millenium.itesm.mx/articulo.oa?id=40431741009>> ISSN 1405-7743
- Yu, L., Yaoqiu, K., Ningsheng, H., Zhifeng, W., y Lianzhong, X. (2008). Popularizing household-scale biogas digesters for rural sustainable energy development and greenhouse gas mitigation. *Renewable energy*, 2027-2035. Recuperado el 3 de enero de 2016, de https://scholar.google.com.ec/scholar?q=popularizing+household-scale+biogas+digesters+for+rural+sustainable+energy+development+and+greenhouse+gas+mitigation&hl=es&as_sdt=0&as_vis=1&oi=scholart&sa=X&ved=0ahUKEwjwxMuu153KAhUCHB4KHectBHAQgQMIGzAA

ENTREVISTAS

E1: Sr. Pedro Bolaños, entrevista realizada el 25 de enero de 2014.

E2: Sra. Teresa Flores y Sr Vicente Quiguano entrevista realizada el 25 de enero de 2014.

E3: Sra. Elena Gómez, entrevista realizada el 25 de enero de 2014.

E4: Sra. Marina Méndez, entrevista realizada el 25 de enero de 2014.

E5: Sra. Julia Guaranga, entrevista realizada el 25 de enero de 2014.

E6: Sr. Robinson Guachagmira, entrevista realizada el 25 de enero de 2014.