

EL BIODIGESTOR DE BAJO COSTO, SU APORTE A LA MITIGACIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO Y SU POTENCIAL PARA REDUCIR LA POBREZA RURAL EN AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE

Raúl Botero Botero MVZ, MSc.
Universidad EARTH, Costa Rica
rbotero@earth.ac.cr

El proceso de reducción de la pobreza en América Latina y el Caribe se encuentra estancado desde el año de 1997. La pobreza pasó del 42,5% de la población total en el año 2000 al 44,2% en el año 2003, es decir que había 224 millones de personas que vivían con menos de dos dólares al día (umbral de pobreza). De éstas, 98 millones de personas (19,4%) se encontraban en situación de pobreza extrema o indigencia, es decir, vivían con menos de un dólar al día. La pobreza en América Latina y el Caribe también tiene un componente racial o étnico. Así, en países como Bolivia, Brasil, Guatemala o Perú, la pobreza es dos veces mayor entre los indígenas y los afrodescendientes, comparados con el resto de la población (Trigo, 2004).

América Latina y el Caribe es la región más desigual, no la más pobre del planeta. La distancia entre el diez por ciento de la población de mayores ingresos y el diez por ciento de menores ingresos es de 50 a 1, en España es de 10 a 1, y en Noruega de 6 a 1. El problema no es solamente de distribución del ingreso, puesto que en este momento hay 128 millones de personas sin instalaciones sanitarias. Esto contribuye con la alta mortalidad infantil, a causa de la diarrea, por la falta de condiciones mínimas de salud. Hay además 60 millones de personas sin acceso al agua potable y 210 millones que reciben aguas servidas. Esto ocurre en el continente que posee la tercera parte del agua del planeta y el más rico del mundo en agua limpia (FAO, 2008).

Otra contradicción: América Latina y el Caribe produce alimentos para alimentar tres veces a su población. Sin embargo, en este momento, el 16 % de todos los niños sufre de desnutrición crónica y hay 52 millones de personas con hambre. Estas son desigualdades profundas, que no son solo las desigualdades de ingreso: la falta de acceso al agua potable, a alimentación, a educación, etc. El Coeficiente de Gini, que mide la desigualdad, es el más alto del mundo: 0,56. Pero si se toma el Coeficiente de Gini de distribución de la tierra, de acceso a la salud, a la educación, a Internet, los valores son aún peores (Natanson, 2008).

Según el estudio realizado en el año 2003 por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe – CEPAL; el Instituto de Investigación Económica Aplicada – IPEA y el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo - PNUD - Hacia el objetivo del milenio, de reducir la pobreza en América Latina y el Caribe -, la conclusión más importante que es posible derivar de este estudio, es que “el principal obstáculo que se interpone al éxito de los esfuerzos por reducir la pobreza en América Latina y el Caribe radica en que el mejor remedio para tratar la pobreza que aflige a la región — la reducción de la desigualdad — parece ser un tema sobre el que le resulta muy difícil recetar. Una leve disminución de la desigualdad contribuiría mucho a reducir las privaciones extremas que se dan en los pobladores de la región. Sin embargo, al parecer son muy pocas las economías de la región que han sido capaces de lograrlo, aún en pequeña medida” (CEPAL; IPEA y PNUD, 2003).

La CEPAL proyectó que la pobreza aumentaría 1,1 por ciento en el 2009, en comparación con el año 2008, subiría entonces de 180 a 189 millones de personas, y la indigencia se incrementaría en 0,8 por ciento, pasando de 71 a 76 millones de personas. De esta forma, 34,1% de la población latinoamericana terminó el 2009 sumida en la pobreza y 13,7% en la indigencia. Este 47,8 % actual de la población en pobreza (265 millones de personas en el 2009, 40 millones más que en el año 2003) rompe la tendencia a la baja que se venía registrando desde 2002, cuando se inició un sexenio de crecimiento económico, que finalizó en el año 2008 con la debacle financiera y económica mundial (Estrada, 2009). La crisis económica del 2008 - 2009 afectó fuertemente a América Latina y el Caribe. El PIB disminuyó en 1,8% para el 2009, hay una alta volatilidad actual en los precios de los productos agrícolas y la seguridad alimentaria ha retrocedido a los niveles de 1990 (CEPAL; FAO; IICA, 2010).

La proporción de los habitantes rurales de América Latina y el Caribe que viven en condiciones de pobreza e indigencia se mantuvo casi constante en el 60%, en las últimas dos décadas (años 1980 al 2000). Cerca de 80 millones de personas viven actualmente en las zonas rurales latinoamericanas con un ingreso insuficiente para cubrir sus necesidades básicas más elementales y, de ellas, alrededor de 48 millones, ni siquiera tienen lo necesario para adquirir una canasta básica de alimentos. Por lo demás, como es bien sabido, la insuficiencia en los ingresos suele ir acompañada de otras carencias en prácticamente todos los planos como salud, educación, vivienda, servicios eléctricos y de agua potable. Esta persistencia de la pobreza rural, debe además, ser puesta en el contexto de una continua emigración a zonas urbanas y hacia países fuera de la región, con un gasto social y de infraestructura que aumentó en casi todos los países de América Latina y el Caribe. “La pobreza es uno de los rasgos más persistentes de la sociedad latinoamericana y ha sido resistente a las políticas convencionales diseñadas para disminuirla o eliminarla”. (CEPAL; DDPE; RIMISP y FAO, 2003). Entre 2002 y 2006 las exportaciones de alimentos crecieron en un 12% al año y la contribución actual del sector agrícola al PIB regional oscila entre un 27 y un 34%. Sin embargo, la pobreza rural persiste, con más de la mitad de la población del campo sumida en la pobreza (FAO, 2008).

La instalación de 14 millones de biodigestores familiares hasta el año 2005, ha mejorado la economía familiar en las áreas rurales en China. Los resultados de múltiples estudios indican que el uso de biodigestores reduce la pobreza, puesto que disminuye el gasto en la compra de combustibles, abonos orgánicos y alimentos, liberando recursos que son invertidos por las familias en cubrir otras necesidades. El uso de los residuos del proceso de biodigestión como abono, incrementa la producción agrícola, aunque el soporte de estos beneficios es aún empírico. El ambiente sanitario de la familia se mejora, ya que se reducen los malestares y enfermedades causados por la quema de leña para cocinar y por el consumo de aguas contaminadas. El medio ambiente se beneficia, al reducirse las emisiones de gases de efecto invernadero y de lluvia ácida. En encuestas realizadas entre usuarios o no de biodigestores en las provincias de Gansu y Sichuan, fue evidente que el efecto del uso de biodigestores sobre el bienestar familiar es positivo. Sin embargo, con un soporte técnico apropiado, los beneficios pueden ser incrementados significativamente (van Groenendaal y Gehua, 2009).

Desde su concepción, la Universidad EARTH asumió el reto de rescatar, generar, validar, adaptar, y difundir tecnologías aplicables a la realidad del trópico y capacitar a sus estudiantes internacionales con el aprendizaje de tecnologías apropiadas, amigables con el ambiente, a escala, simples, de bajo costo y de alta eficiencia y rentabilidad. Al regresar a sus países de origen, como Ingenieros Agrónomos, pueden aplicar estos conocimientos y obtener beneficios socioeconómicos y ambientales para sus naciones y comunidades rurales y urbanas.

El biodigestor plástico de bajo costo y de flujo continuo, modelo Taiwán (FIGURAS 1a ; 1b y 1c, que puede ser elaborado en Polietileno, Polipropileno, PVC, EPDM, etc.), se introdujo a EARTH en 1994, desde la Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV de Colombia (Botero y Preston, 1987). El biogás es una mezcla combustible de gases, que contiene metano. Es producido por bacterias metanogénicas, que se reproducen y actúan en ausencia de oxígeno (sumergidas en agua) y que están presentes, de forma natural, en la materia orgánica que es mezclada con las aguas servidas, que pueden ser tratadas dentro de un recipiente hermético – el biodigestor.

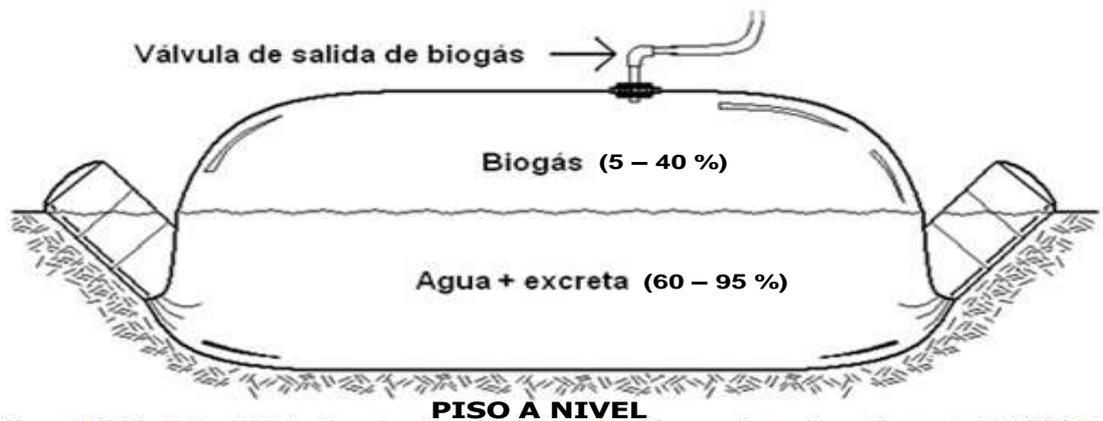


FIGURA 1a. Biodigestor de polietileno de bajo costo y de flujo continuo, modelo Taiwán (Lansing et al., 2008).



FIGURA 1b. Biodigestor en bolsa doble de polietileno de bajo costo, modelo Taiwán instalado y operando en una finca familiar.



FIGURA 1c. Modelos de casetas para la protección de los biodigestores de tipo Taiwán y para muy diversas opciones adicionales de uso.

El efluente, que sale diariamente del biodigestor, debe ser conducido a canaletas de sedimentación, para separar los lodos semisólidos, de los líquidos que se vierten luego a lagunas de descontaminación. Todo el espejo de agua debe ser cubierto con plantas acuáticas flotantes en alta densidad. Estas plantas evitan la proliferación de las larvas de zancudos transmisores del Dengue y de la Malaria, además se cosechan y utilizan como forraje para animales y como alimento para humanos (berros y espinaca de agua). El efluente también se puede utilizar directamente como ferti-riego de cultivos, praderas, jardines y sistemas acuícolas, o bien separar el líquido con procesos simples de sedimentación y flotación y reutilizarlo en el lavado de las instalaciones donde se alojan y manejan animales de granja, o bien potabilizarlo como agua de bebida para humanos y animales (FIGURA 2).



FIGURA 2. Plantas acuáticas flotantes en canaletas de sedimentación y en lagunas de descontaminación, que reducen la proliferación de larvas de zancudos en zonas endémicas de Dengue y de Malaria, enfermedades humanas cuya incidencia se verá incrementada debido al calentamiento global.

Un biodigestor familiar instalado en bolsa doble de polietileno tubular transparente, calibre 8, protegido contra rayos ultravioleta, que se alimenta diariamente con 20 a 40 kilos de excrementos animales (2 vacas; 4 caballos; o 10 cerdas de cría) y/o humanos frescos u otras fuentes de materia orgánica, solos o mezclados entre sí y con 100 a 200 litros de agua, demanda una inversión de entre US\$ 150 a 300, elimina la necesidad de leña y de carbón, permite la cocción diaria de los alimentos para una familia campesina de hasta seis personas y produce diariamente entre 100 a 200 litros de abono orgánico.

El biodigestor puede producir diariamente un volumen de biogás de entre el 15% al 30%, con relación al volumen de la fase líquida total, que puede llegar a ser de 10 a 40 metros cúbicos o mucho más, y que se almacena permanentemente dentro del biodigestor. Este biogás alcanza un contenido de entre 60 a 70% de metano, que es un combustible renovable, apto para su uso directo y sin presión en estufas, calentadores para agua, refrigeradores, lámparas incandescentes, etc., o se comprime para la generación de energía eléctrica. El volumen de producción y la calidad del biogás dependen de la cantidad y de calidad nutricional de la materia orgánica que contengan las aguas servidas que son tratadas dentro del biodigestor.

Con periodos de retención de entre 20 a 50 días dentro del biodigestor, 10 días dentro de las canaletas de sedimentación y hasta 30 días dentro de tres lagunas de descontaminación, en un total de 60 a 90 días, se logran descontaminar las aguas servidas que ingresan al biodigestor y cumplir con el Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales que se ajusta al Código Internacional Industrial Unificado – CIU, por el que se rigen los Ministerios de Agricultura y Ganadería, Salud Pública y Ambiente de Costa Rica desde el año 2007 (FIGURA 3).

Se estimó, hasta finales del año 2010, que cerca de 2000 unidades de biodigestores del tipo Taiwán se encuentran instalados y operando en fincas, en agroindustrias y en hoteles de Costa Rica, en trabajo conjunto entre la Universidad EARTH, la Cooperativa de Productores de Leche Dos Pinos; el Ministerio de Agricultura y Ganadería – MAG; El Instituto Costarricense de Electricidad – ICE; La Pastoral Social de Limón; El Proyecto POCOTSI de la Fundación Neotrópica; El Proyecto COBODES de la Unión Europea; la Municipalidad de Heredia y las Empresas privadas Agromec; Biosinergia Alternativa; Biodigestores de Costa Rica y Viogaz.

SISTEMA DE DESCONTAMINACIÓN PRODUCTIVA DE AGUAS SERVIDAS										
FINCA PECUARIA INTEGRADA - UNIVERSIDAD EARTH										
Laboratorio de Calidad de Aguas - Universidad de Costa Rica (2004 - 2010)										
Sítios de Muestreo	DQO mg/l	DBO 5,20 mg/l	S.S.T mg/l	Grasas y aceites mg/l	pH	Temperatura °C	Sólidos Sedimentables ml/l	Nitrógeno Total mg/l	Fósforo Total mg/l	Sustancias Activas al Azul de Metileno mg/l
Entrada al Biodigestor	3180	1360	3140	221	6,5	29,1	100	100	60	0,44
Salida del biodigestor	166	10,8	56	<8	8,2	31,5	0,9	166	16,1	0,39
Salida de las canaletas de sedimentación	113	23,5	<8	<8	8,1	28,0	0,4	151	11,6	0,57
Salida de la última laguna	59	3,5	<8	<8	7,2	28,0	0,2	1,2	0,07	<0,18
NORMAS CIU*	500	200	200	30	5 a 9	15 a 40	1	50	25	5

*Código Internacional Industrial Unificado.

Reglamento de Vertido y Reuso de Aguas Residuales, Decreto Ejecutivo No. 33601 MINAE. DIARIO OFICIAL LA GACETA No. 55, 19 de marzo 2007. COSTA RICA.

FUENTE: R. Botero, 2010.

Los datos de la FIGURA 3 indican que las aguas servidas que ingresan al biodigestor tienen una carga contaminante que no permite verterlas directamente a las fuentes de agua corriente. También, que el solo paso de las aguas servidas a través del biodigestor, aumenta su contenido de nitrógeno y mantiene el contenido de fósforo en un 25% de su concentración original. Ambos elementos minerales son los más limitantes en los suelos tropicales y de allí el alto potencial del efluente del biodigestor como abono orgánico. Reduce además la carga contaminante hasta en un 80% y cumple con la legislación ambiental. Esto permitiría utilizar únicamente el biodigestor, que es el componente del Sistema de Descontaminación Productiva de Aguas Servidas que demanda el menor espacio e inversión, lo cual se ajusta desde empresas pecuarias muy pequeñas, a ganaderías y porquerizas intensivas y a la agroindustria.

La EARTH inauguró el 26 de septiembre del 2006 un proyecto de generación de energía eléctrica a partir de biogás, que está dirigido a suplir esta necesidad en viviendas, comunidades pequeñas y medianas y empresas agroindustriales rurales. Este proceso de generación de electricidad consiste en que el agua del lavado diario de los pisos, instalaciones y equipos para el alojamiento y manejo de animales de granja y/o proveniente de la agroindustria es llevada por gravedad dentro del biodigestor. Allí se fermenta entre 20 a 50 días, hasta que la bolsa se infla, continua y diariamente, con el biogás producido por la fermentación de los excrementos y desechos orgánicos disueltos en la fase líquida. Posteriormente este biogás se pasa por filtros con óxido de calcio disuelto en agua, con limadura de hierro o con abonos orgánicos, donde se retienen el monóxido y el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico y se almacena el biogás purificado en otra bolsa plástica. De allí es succionado por un compresor, que lo deposita y conserva en un tanque metálico a una presión de entre 10 y 40 psi, para luego ser utilizado para encender y operar el motor, que mueve el generador de energía eléctrica (FIGURA 4).

El motor de la planta eléctrica fue construido para gas natural y fue calibrado para funcionar con biogás, con un contenido mínimo de 55% de metano. Esta planta tiene un potencial de generación de energía eléctrica de 40 kilovatios/hora y consume 25 metros cúbicos de biogás por hora, lo que permitiría cubrir la demanda energética diaria de entre 40 a 50 viviendas dotadas con iluminación y con los electrodomésticos básicos. Esta planta suple la electricidad de toda la Finca Pecuaria Integrada de EARTH, compuesta por la porqueriza y la lechería, que consumen actualmente 10 kilovatios/hora, durante las 4 horas diarias de mayor demanda. La energía eléctrica adicional generada se introducirá y utilizará en la red eléctrica de la EARTH. Mediante transferencia automática, se podrá decidir si se utiliza la electricidad del generador o la proveniente del ICE. Se conectan a la planta eléctrica en las horas pico de demanda: la bomba de vacío del equipo de ordeño, el tanque de enfriamiento de la leche, la bomba de agua, el pulsador de la cerca eléctrica, la picadora de forraje, un trapiche, un refrigerador, una computadora, un ventilador y cerca de 10 bombillos. Este motor fue construido para hospitales, por lo que produce muy bajo ruido y por ello no afecta el bienestar humano y animal.

Dependiendo de la cantidad de animales que posea la empresa agropecuaria y del volumen de captación de excretas u otros desechos orgánicos y de las aguas servidas, se puede producir mayor o menor cantidad de biogás y por ello instalar un generador con menor o mayor capacidad. Esto hace que sea un sistema a escala, sin requerir siempre de altas inversiones.

Esta planta de generación de electricidad fue donada por la empresa Cummins. Las investigaciones de laboratorio y de campo y la instalación de la planta fueron financiadas por el Departamento de Energía de los Estados Unidos - DOE.



FIGURA 4. Infraestructura para la generación de energía eléctrica a partir de biogás. Finca Pecuaria Integrada – Universidad EARTH, 2011.

Luego de varios años de monitoreo, sobre el contenido de las aguas servidas de origen humano de las viviendas de los estudiantes de la Universidad EARTH en Costa Rica, se documentó que además de los jabones de baño, champú, desodorante, antitranspirante, talco, loción, crema dental, enjuague bucal, medicamentos de uso externo, etc. disueltos en las aguas de duchas, lavamanos e inodoros, estas contienen también papel higiénico, toallas sanitarias femeninas, tampones sanitarios, preservativos y sus empaques, sellos y frascos de medicamentos, tapas de refrescos, cajas de cigarrillos y de fósforos, cordones de zapatos, ropa interior, residuos de alimentos, etc. Los productos químicos, ya mencionados, quizás afectan la eficiencia en producción de biogás, pero no la impiden. De todas maneras se debe evolucionar hacia su sustitución por productos biodegradables. Las aguas servidas que ingresan inicialmente al tanque séptico, son filtradas, con el fin de retener y retirar los sólidos no biodegradables, para evitar su ingreso a los demás componentes del Sistema de Descontaminación Productiva de Aguas Servidas. En este caso, las aguas servidas de las viviendas de los estudiantes se mezclan con las aguas servidas provenientes del lavado de frutas, hortalizas, cárnicos, lácteos y de otros alimentos crudos, además de la vajilla, accesorios y equipos y de los servicios sanitarios de la cafetería de la Universidad. Se tienen trampas de grasas, que retienen la mayor parte de ellas, para que no ingresen al sistema.

Este sistema, con un ingreso de aguas servidas de entre 7 a 20 metros cúbicos por día y con una capacidad de 150 metros cúbicos de fase líquida, en dos biodigestores tubulares paralelos en PVC, retiene las aguas servidas durante un mínimo de 7,5 días y un máximo de 21 días, se puso en funcionamiento en Abril del año 2009 (FIGURA 5) y produce diariamente 30 metros cúbicos de biogás, que se almacenan en una bolsa aérea adicional en PVC, se conduce por tubería de PVC y se utiliza para cocinar en la cafetería de la Universidad (FIGURA 6). El mencionado sistema está cumpliendo con el Reglamento de Vertidos y Reuso de Aguas Residuales del Código Internacional Industrial Unificado, por el que se rige Costa Rica desde el año 2007.



Biodigestor agroindustrial tipo Taiwán en PVC, descontaminando aguas servidas con excretas humanas. Universidad EARTH, Costa Rica. Abril, 2009.

FIGURA 5.



FIGURA 6. Cocina industrial operada con biogás producido a partir de excretas humanas y de aguas servidas provenientes del lavado de alimentos crudos, vajilla y equipo. Cafetería Universidad EARTH. 2009.

En las viviendas, hoteles, empresas agropecuarias y agroindustriales en las que no se tratan las excretas y los demás desechos orgánicos, estos se descomponen en forma natural a cielo abierto, contaminan las fuentes de agua y producen gases como metano, óxido nitroso, amoníaco, sulfuro de hidrógeno, monóxido y dióxido de carbono, los cuales se liberan a la atmósfera, contribuyendo al calentamiento global del planeta, debido al efecto invernadero que causan estos compuestos. El gas metano (CH_4) y el óxido nitroso (N_2O) tienen respectivamente 25 y 310 veces mayor efecto invernadero, comparados con el dióxido de carbono (CO_2); además, el amoníaco (NH_3), el óxido nitroso (N_2O) y el sulfuro de hidrógeno (H_2S) contribuyen con la lluvia ácida. El calentamiento global afecta a todo el planeta y se manifiesta en la forma de lluvias y de sequías más intensas, frecuentes, fuertes, prolongadas, destructivas e impredecibles. Ejemplo de ello son los desastres naturales por inundaciones que se han presentado recientemente en Pakistán, Brasil, Australia, Colombia y Venezuela o como las recientes sequías, sin precedentes, ocurridas en Guatemala y Rusia.

El Biodigestor de polietileno de bajo costo que está siendo promovido por la Fundación CIPAV en Colombia, por la Universidad EARTH en Costa Rica y por la Red de Biodigestores para Latinoamérica y el Caribe - RedBioLAC, permite:

- Que los materiales para la construcción de la caseta para la protección del biodigestor pueden ser de bajo costo y la mano de obra no requiere de alta capacitación. La caseta puede construirse con techo y paredes con estructura en madera, metal o tubería de PVC, que se recubren con lámina de polietileno transparente, a manera de un secador solar. Esta caseta protege la bolsa de polietileno de su rápida degradación, causada por los rayos ultravioleta del sol, potencializa el calor del sol durante el día, favoreciendo una mayor producción de biogás, y lo protege del viento y del frío nocturno. Permite el secado rápido y sin costo, de las ropas de la familia, después del lavado y las protege de la humedad ambiental, de la lluvia y del polvo. Permite almacenar los granos secos para consumo, reduciendo el riesgo del ataque de hongos e insectos – plaga (gorgojos). Se logran deshidratar de manera natural y a muy bajo costo: forrajes (heno), frutos, granos, semillas y plantas alimenticias, medicinales, aromáticas y ornamentales. Permite almacenar la sal de cocina y la sal mineralizada para el ganado, el azúcar y la panela, los fertilizantes y los aperos para animales de paseo, trabajo y transporte. Adicionalmente el techo permite captar el agua lluvia limpia, que se puede almacenar en un depósito cercano a la vivienda, para comodidad, sin contaminación, y para el consumo de la familia. Si la caseta se construye con techo en lámina de polietileno transparente, pero con las paredes en malla de sarán, esta se puede utilizar como invernadero para la producción intensiva en suelo y/o hidropónica de vegetales y de plantas medicinales, aromáticas y ornamentales para consumo y/o para la venta, o también como mariposario, aviario, ranario, producción de caracoles, etc.

- Tratar todas las aguas servidas de las viviendas, hoteles y/o de la agroindustria. Estas aguas servidas deben contener exclusivamente desechos orgánicos como: aguas del lavado de los vegetales, edulcorantes, harinas, huevos, lácteos y cárnicos, aceites vegetales de fritura, grasas animales y vegetales, vajilla, accesorios y equipos de preparación y de cocción, cadáveres o piezas de lechones, conejos, aves, excretas animales y humanas, etc. Las grasas y aceites animales y vegetales (en cuyo caso un litro de aceite de desecho de fritura tiene el potencial de contaminar un millón de litros de agua), que ingresen al biodigestor diariamente, en una proporción no mayor al 2,5 % de la fase líquida total, durante su permanencia dentro del biodigestor son consumidos, como fuente de energía, por las bacterias metanogénicas, produciendo así hasta 30% de biogás diariamente, con respecto al volumen de la fase líquida total y el efluente que sale del biodigestor, ya no contaminará las aguas limpias con grasas y aceites.

- Utilizar el tubo de entrada y el biodigestor para instalar el servicio sanitario y el pozo séptico, para depositar allí las excretas humanas y animales. La fermentación anaeróbica de las excretas y de los demás desechos orgánicos destruye los huevos y larvas de insectos y de parásitos gastrointestinales y pulmonares, algunas bacterias coliformes patógenas y las semillas de plantas indeseables contenidas en las excretas animales y humanas.

- Descontaminar las aguas servidas, tratándolas dentro del biodigestor y utilizándolas como abono orgánico líquido, que puede utilizarse en la misma finca o venderse, y que permite incrementar los rendimientos en los cultivos, sin el riesgo de quemarlos. Permite igualmente lograr una eficiente producción acuícola y de especies de animales menores, para ser utilizados, todos ellos, en el consumo humano y animal y reducir así la desnutrición que se presenta, principalmente en los niños, en las comunidades rurales de América Latina y el Caribe.

- Por cada 10 metros cúbicos de fase líquida acumulada dentro del biodigestor, se producen entre 1,5 a 3 metros cúbicos de biogás diariamente. Cada hornilla de cocina consume cerca de 300 litros de biogás por hora, lo que permite cocinar, freír y hornear los alimentos y hervir, para potabilizar, el agua para el consumo de la familia. Los calentadores para agua y para lechones y pollitos, lámparas para iluminación incandescente y refrigeradores consumen cerca de 150 litros de biogás por hora de funcionamiento. La captación, almacenamiento y utilización del biogás como combustible, permite evitar su liberación a la atmósfera y reducir o eliminar el gasto de leña y/o de carbón, requeridos para la cocción, conservación y para dar valor agregado a los alimentos y productos para consumo o para la venta. El humo proveniente de la quema de la leña causa serios problemas para la salud humana. Además, se puede empacar biogás a presión en cilindros para facilitar su transporte y comercialización y/o generar energía eléctrica para el consumo y venta a los vecinos. Todo esto permite actuar eficazmente contra el cambio climático.

- Se reducen también la deforestación y el tiempo requerido para la cosecha, transporte, almacenamiento bajo techo y acondicionamiento de la leña para su uso, y para la elaboración de carbón vegetal, liberando tiempo a las familias para realizar actividades de educación, capacitación, deporte y diversión sana en el medio rural.

- Al reducir la deforestación, se promueve la regeneración natural de arbustos y árboles, aumentando así la cobertura arbórea, la fijación o captura e inmovilización del carbono en la madera, en las raíces y en el suelo, puesto que los arbustos y árboles actúan como sumideros de carbono. Se podría también incrementar la fijación del nitrógeno atmosférico en las raíces de los arbustos y árboles leguminosos. Se reduce entonces la liberación a la atmósfera de gases de efecto invernadero y de gases causantes de la lluvia ácida, lo cual debería significar ingresos futuros, provenientes del pago por servicios ambientales a las comunidades rurales de América Latina y el Caribe.

- Eliminar los malos olores, el consumo de aguas contaminadas y reducir la proliferación y el ataque de insectos picadores, plagas, parásitos, hongos y enfermedades (Gastroenteritis, Cólera, Dengue y Malaria) favorecidas por la descomposición de los desechos orgánicos sólidos y de las aguas servidas a cielo abierto. Además, de no contaminar el aire ni las aguas corrientes (riachuelos), quietas (lagunas) y subterráneas (pozos), en beneficio del bienestar comunitario.

- En regiones con sequías estacionales fuertes, y por ello con escasas temporal de aguas subterráneas, corrientes, quietas y de aguas lluvias, el efluente líquido, que sale diariamente del biodigestor, se puede utilizar para el lavado de instalaciones y equipo y mezclarlo con excretas o con materia orgánica frescas e introducirlo de nuevo como fuente de alimentación del biodigestor (afluente).

- Los biodigestores construidos en concreto, en ferrocemento o en lámina metálica tienen un alto costo de construcción y de mantenimiento, posibilidades de fugas de biogás por agrietamiento y corrosión y un alto riesgo de daño o destrucción en regiones con ocurrencia de sismos fuertes, como lo es toda América Latina y el Caribe. En los biodigestores plásticos tipo Taiwán, que se protegen dentro de una fosa en tierra, sus riesgos de corrosión debidos a los componentes del biogás, y de daño o destrucción por sismos, son mínimos o simplemente no ocurren.

- El biodigestor de polietileno tiene una vida útil de 10 años y la inversión se recupera en 6 meses, al valorar los minerales contenidos en el efluente utilizable como abono orgánico, y su equivalente en el costo del fertilizante sintético o químico sustituido y al valorar además el biogás producido, comparado con el costo del uso de gas propano o GLP. En biodigestores construidos con Polipropileno, PVC y EPDM, la vida útil se puede aumentar a 20 años o más, aunque su costo también es mucho mayor. La inversión inicial es variable, pero la asistencia técnica, la operación, el mantenimiento y las reparaciones requeridas por un biodigestor plástico tipo Taiwán, son sencillos y de bajo costo.

Los múltiples beneficios listados anteriormente y el apoyo del estado, al eliminar, por ejemplo, el impuesto de venta de los plásticos utilizados en la instalación de biodigestores, el apoyar la asistencia técnica requerida con el personal profesional capacitado y competente de los Ministerios de Agricultura y Ganadería, Salud Pública y Ambiente y el destinar un presupuesto para efectuar el pago justo y oportuno de los servicios ambientales prestados así por los productores rurales, permitirían la adopción masiva de esta tecnología simple, de bajo costo y de fácil manejo. Esto no solo aumentaría el bienestar de la familia campesina, sino que representaría una herramienta efectiva en la lucha contra la pobreza rural, reduciendo la marcada desigualdad social que se presenta actualmente en América Latina y el Caribe.

BIBLIOGRAFÍA

Botero, R. y T.R. Preston. 1987. Biodigestor de bajo costo para la producción de combustible y fertilizante a partir de excretas. Manual para su instalación, operación y utilización. Fundación Centro para la Investigación en Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria – CIPAV. Cali, Colombia. 30 p.
<http://usi.earth.ac.cr/glas/sp/biodigestor.pdf>

CEPAL; IPEA y PNUD, 2003. Hacia el objetivo del milenio de reducir la pobreza en América Latina y el Caribe. Conferencia Electrónica. Pobreza Rural, distribución del ingreso y políticas sociales en América Latina y el Caribe.
<http://www.grupochorlavi.org/pobrezarural/>

CEPAL; DDPE; RIMISP y FAO, 2003. La pobreza rural en América Latina: lecciones para una reorientación de las políticas. División Desarrollo Productivo y Empresarial. Unidad de Desarrollo Agrícola. Santiago de Chile. Agosto de 2003.
<http://www.eclac.cl/publicaciones/xml/4/13364/lcl1941e.pdf>

CEPAL; FAO e IICA, 2010. Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2010. Santiago, Chile, FAO 2010. <http://www.rlc.fao.org>

Estrada, D. 2009. Pobreza – América Latina: Urgen reformas. Inter Press Service.19/11/2009.
<http://domino.ips.org/ips%5Cesp.nsf/vwWebMainView/86D2413213982690C1257673006E567B/?OpenDocument>

FAO, 2008. Persiste pobreza rural en América Latina y el Caribe. Centro de Noticias ONU. Mayo 6 del 2009.
<http://www.un.org/spanish/News/fullstorynews.asp?NewsID=11837>

Lansing, S.; R, Botero Botero and J.F. Martin. 2008. Wastewater treatment and biogas production in small-scale agricultural digesters. Bioresource Technology (99) 13: 5881-5890. www.sciencedirect.com

Natanson, J. 2008. Pobreza y crecimiento en América Latina. Revista Futuros. No. 20 vol. 6. Citizen Digital Facilitation.
http://www.revistafuturos.info/futuros20/pobreza_al.htm

Trigo, A. 2004. Pobreza y desigualdad en América Latina. Revista Futuros. No. 8 vol. 2. Citizen Digital Facilitation.
http://www.revistafuturos.info/futuros_8/pobreza1.htm

van Groenendaal, W y Gehua, W. 2009. Microanalysis of the benefits of China's family bio-digesters. Science Direct - Energy, 30:1-10. www.elsevier.com/locate/energy