

BIODIGESTIÓN ANAERÓBICA DE LA PULPA DE CAFÉ. PROPUESTA DE SANEAMIENTO AMBIENTAL Y AHORRO ENERGÉTICO

Anaerobic biodigestion of coffee pulp. Proposal of environmental cleaning and power saving

Italia Chinappi Ciccolella * y Alonzo Jerez Carrizo **

Recibido: 19/11/08
Aprobado: 12/02/09

Profesores de la Universidad de los Andes. Núcleo Universitario Rafael Rangel. Departamento de Ingeniería. Laboratorio de Energía y Mecanización Agrícola. Trujillo Estado Trujillo.

* e-mail: danielpalma@cantv.net

** e-mail: alonsoj@cantv.net

Autora principal: Italia Chinappi Ciccolella

Resumen

En las zonas productoras de café los desechos de esta actividad son arrojados a los cursos de agua y/o terrenos agrícolas, sin tratamiento alguno, ya que el productor no cuenta con alternativas de uso, causando graves problemas de contaminación. Planificar el desarrollo agropecuario tomando en cuenta la dimensión social y cultural del productor y el medio ambiente, es una necesidad impostergable. El trabajo compartido entre productores e investigadores permite la confluencia del conocimiento científico y el local, trayendo como resultado la generación de tecnologías apropiadas a las necesidades específicas de las comunidades. En el contexto del enfoque de la investigación participativa, el presente trabajo pretende sensibilizar a instituciones involucradas en la extensión rural y a los productores de café, en la implementación del biogás como fuente de energía alterna en la producción cafetalera, y al mismo tiempo dar respuesta al problema ambiental que representa la pulpa de café en los Andes venezolanos.

Palabras claves: biogás, pulpa de café, digestión anaeróbica, investigación participativa, bioenergía.

Abstract

In the coffee producing zones the residues of this activity are thrown to the rivers and/or agricultural land, without treatment, because the producer does not have alternative uses, caused serious contamination problems. To plan the farming development taking account the social, cultural and environment dimension is an urgent necessity. The work shared between farmers and investigators allows the confluence of the scientific and local knowledge, to generate appropriate

technologies for the specific necessities of the communities. In the context of the participant approach, the present work tries to sensitize to institutions involved in the rural extension and the coffee producers in the implementation of biogas as alternative energy source in the coffee production, and at the same time to give answer to the environmental problem that represents the coffee pulp in venezuelan Andes.

Key words: biogas, coffee pulp, anaerobic fermentation, participant investigation bio-energy.

Agradecimiento: Los autores agradecen al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico y Tecnológico (CDCHT) de la Universidad de los Andes, por el apoyo económico para el desarrollo y culminación de la presente investigación, la cual se desarrolló como Proyecto (NURR C- 263-99-02 - C).

Introducción

El desarrollo de la sociedad humana se ha basado en el aprovechamiento de fuentes energéticas primarias del tipo fósil: carbón, petróleo y gas natural. Su uso indiscriminado ha generado un deterioro ambiental en todos los ámbitos, que puede llegar a niveles críticos, si no se toman correctivos oportunos (Posso, 2004). Evidencias palpables de la degradación del ecosistema mundial son: el calentamiento global, la disminución de la capa de ozono y las lluvia ácidas, por lo que la necesidad de desarrollar otras fuentes energéticas que sustituyan a las convencionales, es cada vez más apremiante. En la sociedad moderna, disponer de grandes cantidades de energía a bajo precio ha sido una condición necesaria para acceder a un cierto nivel de calidad de vida. El crecimiento económico de los países industrializados se fundamenta en la disponibilidad de una fuente de energía barata y abundante: el petróleo. Del consumo energético mundial, 89% corresponde a los

combustibles fósiles (Posso, 2000). Mundialmente, la producción de bienes de consumo y los servicios dependen fundamentalmente de los hidrocarburos, una fuente de energía finita. El ritmo del deterioro ambiental del planeta, generado en gran medida por la quema de combustibles fósiles, obliga a sus habitantes a replantear no sólo los modelos de producción, sino el modo de vida.

La necesidad de mantener los suministros de energía para los países desarrollados, así como los requerimientos crecientes de los países sub-desarrollados, presionan al consumo de energía mundial, siendo esa la principal causa de la crisis permanente (Bolívar y otros, 2006). El empleo de fuentes no convencionales de energía en un modelo productivo que toma en cuenta la dimensión humana y el ambiente, se perfila a corto plazo, como una necesidad imperante. Se ha estimado que en Estados Unidos, cerca del 20% de las emisiones atmosféricas pueden ser evitadas sustituyendo las tecnologías

de conversión de energía fósil por bioenergías (Wright y otros, 1993). La implementación de sistemas energéticos empleando la biomasa, ofrece una serie de ventajas ambientales bien establecidas, sin embargo, su aceptación requiere cambiar políticas, actitudes y hábitos en diferentes sectores de la sociedad y en las instituciones vinculadas a los procesos productivos. Con un estimado de 14.000 MW de capacidad mundial instalada, la biomasa es la mayor fuente alterna de potencia generadora de electricidad, después de la hidroeléctrica (Posso, 2002).

En los Andes venezolanos, la producción de café es uno de los rubros que posee carácter conservacionista, y es una actividad que ha sostenido a muchas familias por varias generaciones. Los estados Lara, Portuguesa, Yaracuy y Trujillo, aportan cerca del 83% de la producción nacional de café (Arizaleta y otros, 2002). Del beneficio del café se producen residuos sólidos (pulpa y cascarilla) y residuos líquidos (aguas miel), que constituyen aproximadamente el 55 % en peso del fruto (base húmeda). La pulpa de café, definida como el epicardio o cubierta del fruto del cafeto, que es obtenida en el momento del beneficio, representa 3/4 partes del peso seco de los subproductos del café (Bautista y otros, 2005). En los países productores, los residuos y subproductos del café constituyen una fuente de grave contaminación y problemas ambientales. Por ese motivo, desde mediados del siglo pasado se ha tratado de utilizarlos como materia prima para la producción de piensos, alimento para peces, bebidas, vinagre, biogás, cafeína, pectina, enzimas pépticas, proteína, etanol, sustrato para hongos comestibles, compuestos antioxidantes, flavonoides y abono,

entre otros (Urbaneja y otros, 1997; Castillo y otros, 2002; Rathinavelu y otros, 2005; Steiner, 2006; Gualtieri y otros, 2007).

En la República Bolivariana de Venezuela se producen 75 mil toneladas de café (MAT, 2007), que generan aproximadamente 150 mil toneladas de pulpa al año. El productor cafetalero, generalmente lo arroja a los cursos de agua, alrededor de las vías, o lo amontona en terrenos agrícolas, al no tener alternativas de uso y/o deposición adecuada, causando graves problemas de contaminación. Para dar respuesta a la problemática planteada es necesario, diseñar las tecnologías apropiadas, así como, las estrategias compatibles sociales, económicas y ecológicas, que produzcan los cambios necesarios para alcanzar sistemas productivos sostenibles. Las definiciones de la Agricultura Sostenible promueven la armonía ambiental, económica y social en una nación, como esfuerzo para alcanzar el significado de la sostenibilidad (Berroterán y otros, 2000).

Asumir con una visión sensible los problemas de las zonas rurales y, ofrecer las posibles soluciones en el contexto de la investigación participativa, conllevará a trascender las fronteras para que el proceso de investigación institucional, cumpla con su rol transformador del sistema productivo agrícola.

ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

Los modelos tradicionales de desarrollo rural, se han llevado a cabo en nuestro país, sin tomar en cuenta los principales actores, por lo que no han tenido el éxito esperado, de allí nace la necesidad de implementar un

modelo nuevo, en el cual la participación de los actores involucrados, sea un eje importante en el proceso investigativo. (Materán y otros, 2004).

El cultivo del café juega un rol crítico en la conservación de los recursos naturales en los Andes venezolanos, al proteger los suelos y contribuir con el mantenimiento de la biodiversidad y los cuerpos de agua. Además, tiene mucha importancia, debido a que de éste dependen económicamente un gran número de pequeños agricultores con amplia tradición en el cultivo (Berlinger, 2006).

Cuando el caficultor emplea el secado artificial para el grano, el combustible utilizado es generalmente gasoil, en tal sentido, el Laboratorio de Energía y Mecanización Agrícola del Núcleo Rafael Rangel de la Universidad de los Andes, construyó un fermentador de 1200 litros de capacidad para el tratamiento anaeróbico de la pulpa de café. En el referido estudio se observó que este residuo puede ser anaeróbicamente digerido como única fuente de carbono, sin agregar ningún co-sustrato y/o nutriente, sólo se determinó una moderada inhibición por sustrato, al incrementar la concentración de pulpa (Chinappi y otros, 2003). Dado que la producción de pulpa es estacional, el sistema diseñado puede funcionar con ambos combustibles, en la adición propuesta, o con uno sólo, de manera independiente. El fermentador puede funcionar con otros sustratos de origen orgánico que se generen en la unidad de producción cafetalera, para garantizar el funcionamiento del equipo durante todo el año. Con el biogás obtenido, se estudió un sistema híbrido de energía,

adicionando el gas, producto de la fermentación, en un quemador gasificador que funciona convencionalmente con gasoil. Los resultados de la investigación demuestran que es técnicamente factible la asociación de dos combustibles, el diesel en estado líquido y el biogás en fase gaseosa, sin producir cambios importantes en el quemador. La referida adición incrementó la eficiencia de transformación energética del quemador, cuando la proporción de adición del biogás superó el 22% (Jerez y otros, 2003). Los cambios que se requieren para el funcionamiento del sistema híbrido (gasoil/biogás) pueden ser realizados por el productor.

Los datos hallados en la investigación arriba mencionada, permiten concluir que el biogás producto de la biodigestión anaeróbica de la pulpa del café, constituye un ahorro energético importante para la labor de secado del grano, disminuyendo la quema de combustibles fósiles, además el efluente después del tratamiento se puede incorporar al suelo como abono.

En el proceso fermentativo anaeróbico de la pulpa de café, se produce una reducción de la carga orgánica del residuo, que puede alcanzar una remoción del 40 % (Chinappi y otros, 2003). Los resultados obtenidos en los estudios arriba mencionados, referidos al proceso de digestión de la pulpa y a la incorporación del metabolito gaseoso al proceso de secado, constituyen el punto de partida para puntualizar una propuesta orientada a involucrar a los productores cafetaleros en el marco de la investigación participativa, el

cumplimiento de las leyes ambientales y los acuerdos internacionales para la protección ambiental.

LA PROPUESTA

La investigación en el sector agrícola cumple su verdadera función social cuando los resultados obtenidos son utilizados por los productores en sus fincas. La transferencia de tecnología es una de las acciones que se dan en el proceso de investigación participativa. La decisión de adoptar una nueva tecnología no sólo enfrenta el aspecto técnico, se involucran otros de tipo económico, social, político y cultural. Para los promotores de cambios en el sector rural es necesaria una visión integradora tanto de la compleja realidad interna del sector, como de los escenarios de la cambiante economía mundial. La extensión rural está concebida como una actividad de enseñanza-aprendizaje adecuadamente planificada, en la cual el extensionista debe conocer todos los métodos de comunicación para poder utilizarlos según las necesidades planteadas (Ramsay y otros, 1997).

La diversidad de escenarios y la complejidad de los sistemas de producción agrícola hacen de la transferencia de tecnología un proceso complejo. Con la investigación participativa, considerada una experiencia educativa (Cano, 1997), se pretende que los diferentes actores interactúen para lograr el objetivo de la investigación: contribuir a transformar la realidad social y económica de las comunidades rurales agrícolas. En tal sentido, la presente propuesta está orientada a integrar a los actores que participan en la implementación del biogás como aporte energético en una unidad de producción cafetalera, es

decir, conciliar la experiencia de los productores como investigadores nativos, las tecnologías generadas en los centros de investigación, y el conocimiento de los extensionistas que actúan localmente. Para ello se propone aplicar la metodología de investigación agrícola participativa propuesta por el Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT de Colombia (Sierra y otros, 1998), que consta de las siguientes etapas: selección de la comunidad, motivación, constitución del CIAL (Comité de Investigación Agrícola Local), diagnóstico participativo, planeación, montaje, seguimiento y evaluación del ensayo, análisis de resultados e información a la comunidad.

Las instituciones que se ocupan del desarrollo local participativo en el estado Trujillo, como es el caso de FUNDATADI (Fundación para la Agricultura Tropical Alternativa y el Desarrollo Integral), han encontrado durante la realización de los diagnósticos participativos, en zonas cafetaleras del estado Trujillo, que el impacto ambiental asociado al beneficio del café y al uso de combustibles fósiles, no constituye un problema sentido por los productores. En vista de esto es pertinente desarrollar una estrategia para la adaptación tecnológica participativa, proceso que posee el objetivo de promover la prueba, adaptación y difusión de opciones tecnológicas que respondan a la exigencia del problema planteado (CATIE, 2002). Para sensibilizar a los productores frente al problema ambiental generado por la pulpa de café y para motivarlos en el aprovechamiento de los metabolitos producto del tratamiento anaeróbico del desecho, se debe contemplar inicialmente la realización de talleres y

seminarios, compartir experiencias con otras comunidades y programar actividades para establecer la comunicación y la confianza necesaria entre los investigadores, los extensionistas y el productor. La metodología desarrollada para la adaptación tecnológica participativa posee lineamientos establecidos de los cuales es importante acotar que únicamente busca respuesta en el corto y mediano plazo (Oduber, 2005).

Bajo la estructura de la metodología participativa sugerida en la presente propuesta, la culminación de la etapa de identificación del problema, genera el diagnóstico participativo, producto necesario para la etapa de planeación, que tiene como objeto la formulación del proyecto de adaptación tecnológica participativa. En esta fase se recomienda la instalación de un fermentador piloto para probar a nivel de finca la innovación tecnológica, esto permite capacitarlos en el manejo y operación del sistema de biodigestión y al mismo tiempo constituye la oportunidad de evaluar el biogás como fuente alterna de energía. Los resultados serán posteriormente discutidos y divulgados a través del CIAL a los demás agricultores de la comunidad.

REFERENCIAS BIBLIOHEMEROGRÁFICAS

- POSSO, F. **Estudio del desarrollo de las energías alternativas en Venezuela.** ANALES de la Universidad Metropolitana. Vol. 4, N° 1 (Nueva serie), 147-164, 2004.
- POSSO, F. **Energía y ambiente: pasado presente y futuro. Parte uno: Sistema energético basado en fuentes fósiles.** Geoenseñanza. Vol. 6. Número 2. Páginas 197-228, 2000.
- BOLÍVAR RAFAEL, JORGE MOSTANY Y MARÍA DEL CARMEN GARCÍA. **Petróleo versus energías alternas. Dilema futuro.** Revista Interciencia. INCI v.31 n.10, 2006.
- WRIGHT, L. AND HUGHES, E. U.S. **Carbon offset potential using biomass energy systems.** Water air and soil pollution. Vol. 70. Iss 1-4. Páginas 483-497, 1993.
- POSSO, F. **Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. Parte dos: sistema energético basado en energías alternativas.** Geoenseñanza. Vol.7-(1-2). p. 54-73, 2002.
- ARIZALETA MIGUEL, ORLANDO RODRÍGUEZ Y VIANEL RODRÍGUEZ. **Relación de los índices Dris, índices de balance de nutrientes, contenido foliar de nutrientes y el rendimiento del cafeto en Venezuela.** Bioagro 14 (3): 153-159, 2002.
- BAUTISTA EDGAR OMAR, JASAE PERNÍA, DAVID BARRUETA Y MANUEL USECHE. **Pulpa ecológica de café ensilada en la alimentación de alevines del híbrido cahhamay (*Colossoma macropomum* x *Piaractus brachypomus*)** Revista Científica. Vol.15, no.1, p.33-40. ISSN 0798-2259, 2005.
- URBANEJA GLADYS, JOSÉ R. FERRER, GISELA PÁEZ, LILIA ARENAS DE MORENO, GILBERTO COLINA Y LUIS SANDOVAL. **Hidrólisis ácida y caracterización de carbohidratos de la pulpa de café.** Rev. Fac. Agron. (LUZ). 14: 265-275, 1997.
- [CASTILLO CORELLA](#) EDUARDO, YANIXI ACOSTA, NELSON N. BETANCOURT SANTOS, ELBA LIDIA CASTELLANOS MC COOK, ANA MILDRED MATOS GÓMEZ, VICTOR COBOS TELLEZ Y MIGUEL JOVER CERDÁ. **Utilización de la pulpa de café en la alimentación de alevines de tilapia roja.** Revista Aqua TIC N° 16, 2002.
- RATHINAVELU RAJKUMAR Y GIORGIO GRAZIOSI. **Posibles usos alternativos de los residuos y subproductos del café.** Uso de los residuos y subproductos del café. Organización Internacional del Café. Departamento de Biología de la Universidad de Trieste - Italia, 2005.

- STEINER RETO. **Utilización energética de residuos orgánicos en la industria bananera, cafetalera y azucarera en Costa Rica. Considerando el mecanismo de desarrollo limpio.** Postgrado en Ingeniería Ambiental: Trabajo de tesis. Agencia de Cooperación Técnica Alemana GTZ, San José, Costa Rica, 2006.
- GUALTIERI A.MARÍA J, CAROLINA VILLALTA R., LORENA E DÍAZ T., GERARDO MEDINA, ELISA LAPENNA, MARÍA E RONDÓN. **Producción de biomasa de *Saccharomyces cerevisiae* y *Candida utilis* usando residuos de pulpa de *Coffea arabica* L.** Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel. Vol.38, N°.2, p.111-130. ISSN 0798-0477, 2007.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y TIERRAS (MAT). Dirección de Estadística e Informática. Documento en línea. Disponible en: <http://www.mat.gov.ve>, 2007.
- BERROTERÁN J. L. Y J. A. ZINCK. **Indicadores de la sostenibilidad agrícola nacional cerealera. Caso de estudio: Venezuela.** Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2000, 17: 139-155, 2000.
- MATERÁN M., F. URDANETA, E. MARTÍNEZ, J. CASTILLO Y N. RINCÓN. **Diagnóstico rural participativo de dos comunidades del municipio La Cañada de Urdaneta, estado Zulia.** Rev. Fac. Agron. (LUZ). 21: 84-95, 2004.
- BERLINGERI CHIARA Y OMAR CARRERO G. **Rentabilidad del sistema agroforestal de café en el estado Trujillo, Venezuela.** Simposio - Taller: Experiencias en Agroforestería ejecutadas o en proceso por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Documento en línea. Disponible en: www.ceniap.gov.ve, 2006.
- CHINAPPI CICCOLELLA ITALIA Y HÉCTOR CARABALLO. **Construcción de un biodigestor anaeróbico continuo para el tratamiento de pulpa de café (*coffea arabica*).** Revista Científica Arbitrada Geoterra Didáctica. Volumen 1, Número 3. Enero – Junio, 2003.
- JEREZ, A., CHINAPPI, I., TERÁN, A. Y HURTADO, B. **Incorporación del biogás obtenido de la fermentación anaeróbica de la pulpa de café en la combustión del gasoil.** Revista Geoterra Didáctica. Vol. 2. N° 2, 2003.
- RAMSAY, J. Y LUIS, B. **Extensión agraria estratégica para el desarrollo rural. Instituto interamericano de cooperación para la agricultura (IICA) y Fundación para la capacitación e investigación aplicada a la reforma agraria de Venezuela (CIARA).** Serie Libros y Materiales Educativos N° 94. Caracas- Venezuela, 1997.
- CANO, M. **Investigación participativa: Inicios y desarrollos.** Ciencia

Administrativa. Nueva época.
Número 1. Xalapa. Páginas:
86-91. Veracruz- México, 1997.

SIERRA, T. Y ALONSO G. **Los Comités de Investigación Agrícola Local, un modelo para resolver problemas tecnológicos con la participación de productores en Colombia.** Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, Corpoica. Documento en línea. Disponible en: <http://www.geocities.com>, 1998.

CATIE (CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA). **Principios, lineamientos y metodología para la adaptación tecnológica participativa.** Curso Internacional “Metodologías y estrategias de extensión y desarrollo rural participativo”. Documento N° 4. Páginas 102-122. Turrialba-Costa Rica, 2002.

ODUBER RIVERA, JOSÉ. **Aprendiendo sobre extensión rural con extensionistas locales.** Guía Didáctica: Capacitación sobre técnicas de extensión rural para uso de extensionistas locales. CATIE. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Turrialba, Costa Rica, 2005.