

**Producción de Biogás a partir de pulpa de Café en codigestión
con aguas residual doméstica
Resumen Analítico**

***Biogas production from Coffee pulp in co-digestion with
domestic wastewater
Analytical Summary***

**Autores (Authors): Gabriel Sebastián Delgado Pérez, Nicolás Guerrero Luna.
Facultad (Faculty): Ingeniería
Programa (Program): Ingeniería Ambiental
Asesor (Support): Juan Carlos Narváez Burgos
Fecha de terminación del estudio (End of the research): 06/06/20024
Modalidad de Investigación (Kind of research): Enfoque experimental.**

PALABRAS CLAVE

Biodigestor anaerobia, Biogás, Proporciones de ARD y pulpa de café, Producción de metano, Codigestión, Residuos orgánicos, Eficiencia del proceso, Sustratos, Microorganismos, Compuestos orgánicos biodegradables.

KEY WORDS

Anaerobic biodigester, biogas, proportions of Domestic Wastewater (ARD) and coffee pulp, methane production, codigestion, organic waste, process efficiency, substrates, microorganisms, biodegradable organic compounds..

RESUMEN

La presente investigación evaluó la eficiencia de la producción de biogás mediante la codigestión anaerobia utilizando un sustrato compuesto por pulpa de café y aguas residuales domésticas de una finca cafetera de la vereda El Suspiro, en el municipio del Rosario, Nariño. Se mezclaron muestras de pulpa de café y aguas residuales en diferentes proporciones y se analizaron los parámetros físico-químicos influyentes en el proceso de biodigestión y la producción de metano, además se estabilizó el sistema de codigestión anaerobia en términos de pH. La mayor producción de metano se obtuvo con la proporción 70:30 de pulpa de café y aguas residuales, respectivamente. Además, fue evidente la influencia del pH, el contenido de materia orgánica y la conductividad en el desarrollo de la metanogénesis.

La investigación resalta la importancia de la gestión sostenible de los residuos en la industria del café y la promoción de prácticas responsables en toda la cadena de producción. Se recomienda implementar sistemas de monitoreo y control en las fincas cafetaleras y en las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como promover la concientización y educación sobre la codigestión como una estrategia ambientalmente responsable. Estas conclusiones contribuyen al avance de la sostenibilidad en la industria del café y a la gestión eficiente de los recursos naturales.

Palabras clave: Agua Residual, Co-digestión, Control de Residuos, Eficiencia, Producción de Biogás, Pulpa de Café, Sostenibilidad, Temperatura.

ABSTRACT

The study assessed the performance of biogas production through anaerobic co- digestion using a blend of coffee pulp and domestic wastewater from a coffee farm in “El Suspiro”, Rosario, Nariño. Samples of coffee pulp and wastewater were collected in varying proportions, and the physicochemical parameters influencing the biodegradation process and methane production were analyzed. The anaerobic co- digestion system was stabilized in terms of pH. with the highest methane production achieved with a 70:30 ratio of coffee pulp to wastewater. The impact of pH, organic matter content and conductivity on methanogenesis development was also evident.

The significance of sustainable waste management in the coffee industry and the promotion of responsible practices throughout the production chain are apparent. Recommendations include implementing monitoring and control systems on coffee farms and wastewater treatment plants, as well as promote awareness and education about codigestion as an environmentally responsible strategy. These conclusions contribute to advancing sustainability in the coffee industry and the efficient management of natural resources.

Key words: Wastewater, Co-digestion, Waste Control, Efficiency, Biogas Production, Coffee Pulp, Sustainability, Temperature.

CONCLUSIONES

La codigestión anaerobia a escala de laboratorio de pulpa de café y ARD originarios del sector cafetero en la vereda El Suspiro (Municipio El Rosario, Nariño), permitió identificar que la producción de metano es en extremo sensible a la variación entre las proporciones de pulpa de café y ARD. Dado que, entre las 9 combinaciones establecidas, 7 fueron significativamente diferentes entre sí, mientras que tan solo 2 registraron producciones de metano similares. En ese sentido, la presente investigación sienta las bases para optimizar la producción de biogás a partir de residuos del sector cafetero en el departamento de Nariño, pues comprueba que el rendimiento en la producción de biogás mejora significativamente al variar las proporciones de pulpa de café y ARD. En particular se determinó que la proporción idónea para obtener la mayor producción de metano (80 PPM) fue una mezcla del 70% de pulpa de café con un 30% de ARD.

Entre las 9 proporciones de ARD y pulpa de café, la proporción 70P30ARD contó con la mayor eficiencia en la producción de metano, dado que estuvo 45.6 PPM sobre el promedio global de todo el experimento. En contraparte, la proporción 10P90ARD estuvo 23 PPM por debajo del promedio global. Ello denota como las diferencias físico-químicas registradas para cada mezcla, convergen en distintos niveles de eficiencia en el metabolismo metanogénico. Al respecto, es pertinente afirmar que la producción de metano en el presente contexto, cuenta con límites más laxos frente a proporciones elevadas de materia orgánica (pulpa de café), mientras que, en términos de ARD es menos permisiva. Sin embargo, la mezcla con mayor eficiencia en la producción de metano (70P30ARD) se encuentra a más de 20 PPM por arriba de la segunda mejor (90P10ARD), ello corrobora la necesidad de un equilibrio entre macro y micronutrientes, que permita modular a la baja los posibles

efectos inhibitorios, tanto de la ARD como de la pulpa de café, en la comunidad microbiana encargada de producir el biogás.

CONCLUSIONS

The laboratory-scale anaerobic codigestion of coffee pulp and Domestic Wastewater (ARD) originating from the coffee sector in the El Suspiro village (El Rosario Municipality, Nariño), allowed identifying methane production as extremely sensitive to variations in coffee pulp and ARD proportions. Among the 9 established combinations, 7 were significantly different from each other, while only 2 showed similar methane productions. In this sense, the present research lays the groundwork for optimizing biogas production from coffee sector waste in the department of Nariño, as it confirms that the performance in biogas production significantly improves when varying the proportions of coffee pulp and ARD. In particular, it was determined that the ideal proportion to obtain the highest methane production (80 PPM) was a mixture of 70% coffee pulp with 30% ARD.

Among the 9 proportions of ARD and coffee pulp, the 70P30ARD ratio showed the highest efficiency in methane production, as it was 45.6 PPM above the overall experiment average. In contrast, the 10P90ARD ratio was 23 PPM below the global average. This denotes how the physicochemical differences recorded for each mixture converge into different levels of efficiency in methanogenic metabolism. Regarding this, it is pertinent to affirm that methane production in the present context has more lenient limits towards high proportions of organic matter (coffee pulp), while it is less permissive towards ARD. However, the mixture with the highest efficiency in methane production (70P30ARD) is over 20 PPM above the second-best (90P10ARD), corroborating the need for a balance between macro and micronutrients, allowing to modulate downwards the potential inhibitory effects, both of ARD and coffee pulp, on the microbial community responsible for biogas production.

RECOMENDACIONES

En primer lugar, sobre la base de los resultados de este estudio, es evidente que la utilización óptima de las proporciones de pulpa de café y aguas residuales es esencial para maximizar la producción de biogás. Por lo tanto, se recomienda que las fincas cafetaleras y las plantas de tratamiento de aguas residuales implementen sistemas precisos de monitoreo y control para asegurar que estas proporciones se

mantengan dentro de los rangos óptimos. Esto no sólo mejorará la eficiencia de la producción de biogás, sino que también ayudará a reducir el desperdicio de recursos naturales.

En segundo lugar, es esencial mantener un control constante de la temperatura en los sistemas de digestión anaerobia. Aunque en este estudio se mantuvo una temperatura estable, debe prestarse especial atención a este factor en las aplicaciones prácticas. Una temperatura óptima es esencial para la actividad microbiana y, por tanto, para la producción de biogás. Se recomienda la implantación de sistemas de control avanzados para mantener la temperatura dentro de los rangos adecuados.

En tercer lugar, este estudio sienta las bases para futuras investigaciones en el campo de la codigestión de la pulpa de café y las aguas residuales. Es urgente realizar más estudios para comprender mejor las interacciones entre los componentes de la muestra y cómo influyen en la producción de biogás. Además, se pueden explorar técnicas de codigestión y pretratamientos de residuos más avanzados para mejorar la eficiencia y rentabilidad de estos procesos.

En cuarto lugar, es necesario acoplar herramientas de identificación microbiana a futuras investigaciones que pretendan optimizar la producción de biogás de la presente disertación. Dichas herramientas permitirán modular el ecosistema microbiano de tal modo que el metabolismo de las bacterias metanogénicas promisorias sea

beneficiado. Particularmente, sugerimos el uso de metagenómica de amplicon dirigida a regiones de código de barras sobre marcadores moleculares específicos, una técnica que permite identificar todo tipo de microorganismos de manera masiva y en un corto lapso de tiempo, ello sin el uso de técnicas clásicas de cultivo y sus complicaciones asociadas.

RECOMMENDATIONS

Firstly, based on the results of this study, it is evident that the optimal utilization of coffee pulp and wastewater proportions is essential to maximize biogas production. Therefore, it is recommended that coffee farms and wastewater treatment plants implement precise monitoring and control systems to ensure that these proportions remain within optimal ranges. This will not only improve biogas production efficiency but also help reduce the waste of natural resources.

Secondly, it is essential to maintain constant temperature control in anaerobic digestion systems. Although a stable temperature was maintained in this study, special attention should be paid to this factor in practical applications. An optimal temperature is crucial for microbial activity and, therefore, for biogas production. Implementation of advanced control systems to maintain temperature within appropriate ranges is recommended.

Thirdly, this study lays the groundwork for future research in the field of coffee pulp and wastewater codigestion. Further studies are urgently needed to better understand the interactions between sample components and how they influence biogas production. Additionally, more advanced codigestion techniques and waste pretreatments can be explored to improve the efficiency and profitability of these processes.

Fourthly, coupling microbial identification tools to future research aiming to optimize biogas production from this dissertation is necessary. Such tools will allow for the modulation of the microbial ecosystem so that the metabolism of promising methanogenic bacteria is benefited. Particularly, we suggest the use of amplicon metagenomics targeting specific molecular markers, a technique that allows for the mass identification of all types of microorganisms in a short period of time, without the use of classical culture techniques and their associated complications.

Control de Cambios		
Versión	Vigencia	Descripción
01	30/03/2023	Se crea la adaptación del Formato Institucional