***“Potencial energético teórico y biomásico de los residuos de cosecha del maíz blanco gigante (Zea mays) del valle del Cusco”***

Angela Tiffany Castillo Híjar, Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Perú, +51-969443052, atcastilloh@lamolina.edu.pe

Mary Flor Cesare Coral, Facultad de Ciencias - Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Perú, +51-990148641, mcesare@lamolina.edu.pe

José Manuel Alejandro Cerdán Morillo, Facultad de Ciencias - Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Perú, +51-941799870, jcerdan@lamolina.edu.pe

José Luis Calle Maraví, Facultad de Ingeniería Agrícola - Universidad Nacional Agraria La Molina. Av. La Molina s/n, La Molina, Perú, +51-997409383, jcalle@lamolina.edu.pe

**Descripción general**

El cultivo de maíz en zonas alto andina del Perú representa un gran aporte económico en el sector agrícola, para el 2015 la producción anual aproximadamente fue 1.2 millones de toneladas, siendo este el más alto de los últimos 20 años (MIDAGRI, 2022). Sin embargo, la gestión de residuos en la zona alto andina del Valle del Cusco presenta una problemática ambiental creciente, por la mala disposición de estos.Entre los residuos generados en la producción del maíz, la mayor relevancia se encuentra en las mazorcas, tusas o corontas, por ello se propone como alternativa sostenible para la gestión de estos residuos de la zona determinar su potencial energético mediante la cuantificación anual de esta biomasa. Esto no solo contribuiría a una gestión más eficiente de los residuos, sino que también abriría oportunidades para el desarrollo de fuentes de energía renovable en la región. Por ello, se propone evaluar el potencial energético del maíz, en la zona alto andina del Valle del Cuzco, Perú, incluyendo la cuantificación anual de biomasa disponible. Además de considerar la viabilidad de producir biocombustibles de segunda generación, busca ofrecer información relevante para mejorar las políticas y prácticas de gestión de residuos en la región, contribuyendo así a un enfoque más sostenible en la producción agrícola. Los resultados obtenidos del análisis Elemental, Proximal y contenido energético de la mazorca de maíz se realizaron en Laboratorio de Energías Renovables de la Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima - Perú.

**Métodos**

**Determinación del potencial biomásico**La cuantificación del potencial biomásico del maíz se determinó a partir de la aplicación de expresiones desarrolladas por la Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (2008). Estas expresiones se basan en las áreas de cultivo y el potencial de biomasa residual asociado a la superficie sembrada. El índice de residuo (IR) relaciona la producción de residuos con el rendimiento productivo del cultivo (kg de residuo/ kg de producto) del maíz (Tabla 2). Mediante la ecuación (1) se determina la biomasa residual empleando el IR basado en el rendimiento:

**Caracterización físico-química y contenido energético de la biomasa**

La caracterización físico-química del residuo de maíz, se basó en métodos estandarizados, análisis elemental (C, H, O, N, S) se siguió las metodología (ASTM D5373-13 y ASTM D4239-15) en base seca, tal como lo indica el manual de los equipos analizadores elementales CHN628, O628 y S628 de la marca LECO; El análisis Proximal (Termogravimétrico) consistió en determinar: Humedad, Material Volátil, Ceniza y Carbono Fijo mediante el equipo Termogravimétrico TGA701 de la marca LECO, empleando la metodología ASTM D7582-15 en base húmeda, establecido en el manual del equipo TGA701.Se determinó el poder calorífico superior (PCS) y poder calorífico inferior (PCI) mediante un calorímetro AC600 de la marca LECO, de acuerdo a la metodología propuesta por la norma ASTM D5865-13.

**Potencial energético de la biomasa residual agrícola**

El potencial energético teórico de la biomasa residual agrícola que se genera del cultivo de maíz se determinó mediante la expresión matemática propuesta por La Picirelli et. al. (2021) a partir de la cuantificación de la biomasa residual (kg/año) del maíz, el poder calorífico en función de su contenido en humedad. A partir del potencial energético teórico expresado en kWh por año de la biomasa residual agrícola.

**Resultados**

Los resultados de la caracterización fisicoquímica y contenido energético para la biomasa residual del cultivo de maíz se pueden apreciar en la Tabla 1.

**Tabla 1.   Caracterización fisicoquímica y energética  de la coronta de maíz (porcentaje)**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Parámetros | Unidad | Valor | Desviación estándar | Coeficiente de variabilidad |
| Carbono | **% b.s.** | 41.22 | 0.98 | 0.02 |
| Nitrógeno | **% b.s.** | 0.55 | 0.02 | 0.06 |
| Hidrógeno | **% b.s.** | 6.18 | 0.21 | 0.03 |
| Oxígeno | **% b.s.** | 48.87 | 1.8 | 0.00 |
| Azufre | **% b.s.** | 0.11 | 0.04 | 0.03 |
| Humedad | **% b.h.** | 8.15 | 0.15 | 0.02 |
| Material volátil | **% b.h.** | 77.79 | 0.61 | 0.01 |
| Ceniza | **% b.h.** | 2.31 | 0.82 | 0.28 |
| Carbón fijo | **% b.h.** | 11.09 | 1.48 | 0.13 |
| Poder calorífico Superior | **kcal/kg** | 4181.85 | 26.47 | 0.01 |
| Poder calorífico Inferior | **kcal/kg** | 3841.33 | 24.54 | 0.01 |

**Fuente: Laboratorio de Energías Renovables (LER), UNALM.**

Nota:  Porcentajes determinados en (b.h): base húmeda y (b.s): base seca.

Los resultados del Análisis elemental de la coronta de maíz determinada en la presente investigación fueron numéricamente similares a las reportadas por otras investigaciones. Omar et al. (2017) nos presentan los siguientes valores del análisis elemental de mazorcas de maíz: 43.2% C, 7.1% H, 48.8% O, 0.6% N y 0.3% S. Por otro lado, Meng et al. (2021) nos mencionan los siguientes valores para el rastrojo de maíz: 40.49% C, 5.25% H, 52.09% O, 1.04% N y 1.13% S. En el análisis proximal, se obtuvieron resultados cercanos a Omar et al. (2017) quien presentan los siguientes valores del análisis proximal de mazorcas de maíz siguientes: 13.3% Humedad, 69.2% Volátiles, 1.8% Cenizas y 15.7% Carbono fijo. Asimismo, Meng et al. (2021) nos da los siguientes resultados para el rastrojo de maíz: 3.75% Humedad, 79.64% Volátiles, 5.62% Cenizas y 10.99% Carbono fijo.En relación al análisis del contenido energético se determinó el poder calorífico inferior (PCI) y poder calorífico superior (PCS) de la coronta de maíz, donde el PCS resultó 4181.85 kcal/kg (17.50MJ/kg), siendo este valor mayor a obtenido por Meng et al. (2021) de 3482.31 kcal/kg (14.57 MJ/kg). No obstante, se corrobora lo indicado por Escalante et al (2011) donde señalan que el poder calorífico disminuye con el alto contenido de cenizas. En la tabla 2 se presentan los resultados obtenidos respecto al potencial de biomasa residual del maíz (tn/año) y su potencial energético. Estos datos se basan en la superficie cultivada de maíz en el Valle Sagrado del Cuzco durante el año 2021, los cuales representan 4,423 hectáreas de cultivo de maíz (Agraria 2022).

**Tabla 2: Potencial de la biomasa residual agrícola del maíz (tn/año)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Tipo de biomasa residual** | **Superficie (Ha)** | **Rendimiento de cosecha (kg producto/Ha\*año)** | **Índice de residuos (kg residuo/kg producto)** | **Biomasa residual (tn/año)** | **Potencial Energético (GWh/año)** |
| Rastrojo de maíz | 4,423 | 7,500 | 2.0 | 66,345 | 296.39 |

**Conclusiones**

Se concluye que los residuos de maíz presentan buen potencial energético teórico, sin embargo, solo representa el 12,27% de la demanda total anual de energía de la región Cusco.