



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**Revisión Sistemática: Pretratamientos en la digestión anaeróbica
para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa***

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO AMBIENTAL

AUTORES:

Alarcón Vílchez, Eduardo Martin (ORCID: 0000-0002-9044-5163)

Torres Calderon, Angel Guillermo (ORCID: 0000-0002-4153-3466)

ASESOR:

Dr. Tullume Chavesta, Milton Cesar (ORCID: 0000-0002-0432-2459)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de Recursos Naturales

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

Este trabajo lo dedico en primer lugar a Dios, y en especial a mi hijo Ian David que es mi motivo de vida, a mis padres María C. y Justo T. gracias por todo el amor y confianza que me brindan y a mi familia que siempre me tuvieron paciencia.

Torres Calderon, Angel Guillermo

Todo el esfuerzo que he puesto en este trabajo se lo dedico a mis padres y mi hermana Margarita V., Eduardo A. y Thais J., por su amor y apoyo en general para lograr este gran paso en mi vida.

Alarcón Vílchez, Eduardo Martin

Agradecimiento

Quiero agradecer a dios por guiarme y cuidarme día a día, a mis padres por todos los consejos brindados, a mi pareja Yenny por la paciencia, a mi tía Paula T. por su apoyo constante y a mi asesor el Dr. Tullume que supo guiarnos y aconsejarnos durante la elaboración de la tesis.

Torres Calderon, Angel Guillermo

Agradezco a mis padres Margarita V. y Eduardo A., mi hermana Thais J. y a todas aquellas personas que me apoyaron emocionalmente y económicamente, me ayudaron en todos los pasos para realizar la tesis.

Alarcón Vílchez, Eduardo Martin

Índice de Contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de Contenidos	iv
Índice de tablas	v
Índice de figuras	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	14
3.1. Tipo y diseño de investigación	15
3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización	16
3.3. Escenario de estudio.....	16
3.4. Participantes	16
3.5. Técnicas en instrumentos de recolección de datos	17
3.6. Procedimientos	18
3.7. Rigor científico	20
3.8. Método de análisis de información	22
3.9. Aspectos éticos.....	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	24
V. CONCLUSIONES	41
VI. RECOMENDACIONES	44
REFERENCIAS	46
ANEXOS	59

Índice de tablas

Tabla 1: Antecedentes de Artículos - Revisiones literarias y sistemáticas.	6
Tabla 2: Composición lignocelulosa de la cáscara y la paja de arroz.	8
Tabla 3: Número de artículos extraídos.	19
Tabla 4. Tipos de pretratamientos, lugar de origen y autores.	25
Tabla 5: Pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás.	27
Tabla 6: Respecto a los hallazgos encontrados.	34
Tabla 7: Pretratamientos respecto a generación económica.....	36
Tabla 8: Pretratamientos en generación de sub productos.	37

Índice de figuras

Figura 1: Representación esquemática de la digestión anaeróbica, Mirmohamadsadeghi, S., et al, 2020.....	11
Figura 2: Diagrama de procesos de selección de artículos.....	18
Figura 3: Identificación de los participantes.....	20
Figura 4: Gráfico porcentual del tipo de pretratamiento.	20
Figura 5: Respecto a los hallazgos encontrados.....	35
Figura 6: Pretratamientos por costos en la ejecución.....	37
Figura 7: Consumo de energía de los pretratamientos	40

RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo identificar los pretratamientos utilizados en la digestión anaeróbica de los residuos de *Oryza Sativa*, describir las condiciones del residuo antes del pretratamiento, identificar el contenido de metano presente en el biogás, el tiempo de digestión en los diferentes pretratamientos, asimismo identificar los beneficios que resultan al aplicar el pretratamiento como también describir las desventajas encontradas en cada pretratamiento, para ello se realizó como metodología una revisión sistemática, mediante estudios científicos se buscó analizar y comparar los resultados descritos por diferentes autores.

Después del procesamiento de la información, se obtuvo que los pretratamientos utilizados en la digestión anaeróbica sean químicos, físicos, biológicos y combinados demostrando que dichos pretratamientos realizan cambios en la composición química de la paja de arroz siendo favorables para la producción de biogás, asimismo incrementan el porcentaje de metano siendo el pretratamiento físico el que presenta un mayor contenido de metano con un 90%, pero a su vez es el pretratamiento que demanda mayor consumo de energía en el pretratamiento, el pretratamiento químico son los que requieren menor tiempo en la digestión anaeróbica pero a su vez generan sustancias químicas que no serían amigables con el ambiente sin un proceso opcional de tratamiento, el pretratamiento combinado son los que resaltan en un menor tiempo de hidrólisis que es favorable en la producción de biogás, pero este a la vez requiere de un consumo de energía adicional que debe ser considerado al momento de elegir el pretratamiento y por último el pretratamiento biológico es eficiente en la producción de metano presentando un 82,6 % de contenido en su composición, económicamente son más viables por ser de menor costo, en el pretratamiento no requiere de consumo de energía y/o equipos adicionales en tal sentido es uno de los pretratamientos que se recomendaría a utilizar.

Palabras clave: Paja de arroz, pretratamientos, biogás, digestión, anaeróbica.

ABSTRACT

The present research aims to identify the pre-treatments used in the anaerobic digestion of *Oryza Sativa* residues, to describe the conditions of the residue before pre-treatment, to identify the content of methane present in the biogas, the time of digestion in the different pre-treatments, also to identify the benefits that result when applying the pre-treatment as well as to describe the disadvantages found in each pre-treatment, for this a systematic review was carried out as a methodology, by means of scientific studies we tried to analyze and compare the results described by different authors.

After processing the information, it was obtained that the pretreatments used in the anaerobic digestion are chemical, physical, biological and combined demonstrating that such pretreatments make changes in the chemical composition of rice straw being favorable for the production of biogas, also increase the percentage of methane being the physical pretreatment the one that presents a greater content of methane with a 90%, but at the same time it is the pretreatment that demands greater energy consumption in the pretreatment, the chemical pretreatment are those that require less time in the anaerobic digestion but at the same time generate chemical substances that would be friendly to the environment without an optional treatment process, The combined pre-treatment are those that stand out in a shorter time of hydrolysis that is favorable in the production of biogas, but this at the same time requires additional energy consumption that should be considered when choosing the pre-treatment and finally the biological pre-treatment is efficient in the production of methane presenting a 82, 6 % of content in its composition, economically are more viable for being of less cost, in the pre-treatment it does not require of consumption of energy and/or additional equipment in such sense is one of the pre-treatments that would be recommended to use.

Keywords: Rice straw, pretreatments, biogas, anaerobic, digestion.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad a nivel mundial, la producción de arroz es alrededor de 2 720 millones de toneladas (FAO, 2020, párr. 3), en China, líder mundial de producción de arroz, a medida que aumentaba la mecanización, a menudo se quemaba la pajilla de arroz in situ, en otros casos se tomaba como combustible doméstico o se utilizaba como fertilizante, por otro lado, la quema al aire libre representa 13 359 toneladas de metano (CH₄) y 800 toneladas de dióxido de nitrógeno (NO₂) liberadas a la atmósfera cada año. La exposición al hollín y al humo causa problemas respiratorios entre los agricultores y la población local. Su incorporación al suelo es difícil, debido al tiempo relativamente corto entre los procesos de la cosecha y la semilla, (Zelanda, AM., 2017, p.156).

Uno de los problemas que se genera por la quema de residuos agrícolas, pasa en la India, varias encuestas y campañas de medición han mostrado y cuantificado las emisiones de quema de biomasa en interiores, por ejemplo, óxidos de nitrógeno (NO_x), dióxido de nitrógeno (NO₂), partículas, arsénico, etc. y su impacto en la salud humana. Se estima que alrededor de 400 000 personas prematuramente mueren cada año debido a las emisiones de la combustión de biomasa en los hogares (Sfez, S., 2017, p.1600).

Respecto a Perú la producción de arroz que se registró en febrero de 2020, se totalizó en 181 844 toneladas (INEI, 2020, p. 1) asimismo países en desarrollo como el nuestro dónde se genera grandes cantidades de celulosa y biomasa como los residuos generados por la producción de arroz (pajillas, cáscaras, semillas, hojas y melaza) se producen anualmente, pero están muy infrautilizadas. Por lo tanto, la biomasa agrícola abunda en zonas rurales y zonas suburbanas, la cual generan un impacto negativo al medio ambiente (Okeh. 2014, p.204).

A causa que la paja de arroz se queda depositada durante el período de descanso del suelo agrícola, y se realiza la quema como preparación de la tierra para las próximas temporadas de cultivo, lo cual produce que las emisiones de gases no controladas sean resultado de la digestión anaeróbica de la biomasa que ocurre durante el período de inundación del cultivo (Amnuaycheewa, P., 2016, p. 247).

Dado que una de las características de la cáscara y pajilla de arroz, es su lento grado de degradación, cuando se exponen a digestión anaeróbica, debido a su alta relación carbono/nitrógeno (C/N) y su relativamente alto contenido de lignina, estos residuos orgánicos pueden ser usados como co-sustrato con el fin de ajustar la relación C/N en un supuesto alto contenido de nitrógeno y además para superar la rápida acidificación del digestor (Haider, MR, 2015, p.451).

Para culminar el aumento poblacional y la fuerte industrialización no solo aumento la crisis energética, también el calentamiento global, contaminación del agua y la producción de smog debido al consumo excesivo de combustibles (gasolina, diésel, gas natural y carbón) se están agotando debido a la actividades humanas cotidianas (Kumar, Kumar G., Pal, 2020, p. 3), la demanda aumenta progresivamente más del 0,5 % en los últimos años, por lo que causa problemas no solo en el consumo directo sino también en la extracción del crudo. (Solarte, et al, 2018, p. 3).

Debido a lo redactado anteriormente, se procedió a formular las siguientes preguntas: ¿Cuáles son los pretratamientos aplicados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*? ¿Qué pretratamientos son utilizados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*? ¿Qué beneficios encontramos al aplicar los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*? ¿Qué desventajas encontramos en los pretratamientos de digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*?

Para reforzar y/o justificar entendemos que la biomasa de los residuos agrícolas, especialmente la biomasa lignocelulósica, no se ve como una fuente sostenible para la producción de electricidad, pero cada vez más son una fuente para la producción de biogás y biocombustible de segunda generación en los países en desarrollo (Nygaard, I., 2016, p.202). También se indica como una gran fuente de energía renovable a los residuos de biomasa, dado que son biodegradables, baratos y generan bajas emisiones de gases efecto invernadero. Por esta razón los residuos de biomasa deberían utilizarse como combustible para la elaboración

de biogás. (Haider, MR., 2015, P. 450). Asimismo, la paja de arroz es la biomasa lignocelulósica más abundante en China con una producción anual que oscila entre 180 y 270 millones toneladas (Kaur, K., 2016, p.178).

La tesis propuso un análisis detallado mediante una revisión sistemática, que busco identificar cuáles son los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*, con el propósito de beneficiar a personas o empresas que deseen optar por desarrollar o invertir en la producción de biogás (ecológico), dando a conocer el pretratamiento más eficiente y eficaz en la digestión anaeróbica, asimismo al momento de la búsqueda de información se encontró pocos artículos científicos (inglés y español) relacionados al tema de investigación (Revisión sistemática de pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*), por tal motivo nuestros resultados contribuirán en el entendimiento de la problemática y en la investigación de futuros posibles autores académicos.

De acuerdo a lo presentado se procedió a plantear los siguientes objetivos:

- ✓ Objetivo general: Sistematizar los pretratamientos aplicados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.
- ✓ Objetivo específico: Identificar los pretratamientos utilizados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.
- ✓ Objetivo específico: Identificar los beneficios que resultan al aplicar los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.
- ✓ Objetivo específico: Describir las desventajas de los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.

La tesis realiza una descripción y análisis del estado de la investigación científica en relación a los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*, teniendo como fuentes o participantes (SCOPUS, ScienceDirect, ProQuest, Google académico y Scielo), de este análisis se derivó una tabla de información con los artículos o capítulos de libros más destacados y pertinentes en nuestro tema de estudio.

II. MARCO TEÓRICO

Basado en nuestra realidad problemática y en relación con nuestros objetivos se procede a detallar los siguientes autores como antecedentes científicos:

Tabla 1: Antecedentes de Artículos - Revisiones literarias y sistemáticas.

AUTOR	TIPO DE RECURSO	OBJETIVO	METODOLOGÍA	PRE TRATAMIENTO	CONCLUSIÓN
Soltanian, et al 2020 pp. 1, 8, 9 - 10, 28.	Residuos lignocelulósicos	Resumir los métodos de pretratamiento de la lignocelulosa	Revisión exhaustiva	<ul style="list-style-type: none"> ✓ P. biológico. ✓ P. físico ✓ P. químico. ✓ P. combinado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Las técnicas de explosión (física) y microbiano (biológicos) parecen ser eficaces. ✓ Las técnicas de combinado son más eficientes que la de método único. ✓ La técnica alcalina (química) posible contaminación ambiental. ✓ La técnica ultrasónica (fisicoquímica) operación rápida pero necesidad de equipo costoso.
Beidaghy, et al. 2019 pp. 2, 12 y 17	Cascara de arroz Paja de arroz	Demostrar las propiedades del combustible (cascara y paja de arroz).	Revisión literaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Pretratamiento combinados 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El pretratamiento tiene un impacto significativo en el control de problema de fusión de cenizas de la cascara y paja de arroz. ✓ La mayoría de estudios experimentales fueron realizados a escala laboratorio.
Surra, et al. 2019 pp. 1, 4, 5, y 10	Residuos de mazorca de maíz	Identificar los pretratamientos más adecuados antes de la digestión co-anaeróbica.	Revisión literaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ P. mecánico. ✓ P. térmico y termoquímico. ✓ P. químico. ✓ P. biológico. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Al realizar el P. radiación de microondas se promueve eficientemente la eliminación del 60% de lignina y aumenta un 38% de disponibilidad de superficie útil. ✓ Al utilizar NaOH al 2% como catalizador, 100°C, 30 min se obtiene una concentración de 84,2 g/L de glucosa. ✓ Recomienda agregar otro co - sustrato con mayor contenido de nitrógeno para un mayor rendimiento de biogás.
Yu, Liu, Li y Ma. 2019 pp. 51 -54 y 56.	Paja de cultivo	Resumir los efectos de los tratamientos previos para la producción de biogás.	Revisión literaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Método físico. ✓ Método químico. ✓ Método biológico. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El físico encuentra eficiente la fermentación anaeróbica sin embargo consume demasiada energía, requiere de máquinas y tecnología que eleva el costo de producción. ✓ El químico es de fácil operación y su efecto es mejor en la fermentación anaeróbica, a veces genera compuestos inhibidores que dificultan el proceso, asimismo puede causar contaminación como consecuencia secundaria. ✓ El biológico acelera el proceso de hidrólisis, descompone de forma continua los compuestos orgánicos, requiere menor energía y equipos simples, pero es un pretratamiento largo.

AUTOR	TIPO DE RECURSO	OBJETIVO	METODOLOGÍA	PRE TRATAMIENTO	CONCLUSIÓN
Kumari y Singh. 2018 pp. 877, – 881, 886 y 889.	Desechos lignocelulósicos	Comparar diferentes tratamientos previos para la generación de bioenergía.	Revisión literaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ P. físico ✓ P. químico. ✓ P. Físicoquímico. ✓ P. biológico. ✓ P. combinado. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Los químicos requieren alta cantidad de productos químicos costosos para pre tratar el sustrato lignocelulósico lo cual no es rentable. ✓ Los físicos utilizan demasiada energía en su producción para ser factible. ✓ Los pretratamientos combinados son más efectivos en comparación con un pretratamiento individual. ✓ El sustrato de micro y macro algas es el idóneo para producir biometano. ✓ La utilización de biomasa lignocelulósica es rentable y respetuoso con el medio ambiente.
Gonzales, Jurado y Gómez 2017 pp. 44 – 47, 49 y 58	Estiércol de animal y sub productos de cultivo	Identificar los sustratos empleados en la producción de metano.	Revisión sistemática	<ul style="list-style-type: none"> ✓ L/L (biogás / sustrato). ✓ L/kg_{SV}*d (biogás/sólido volátil). ✓ L/kg_{ST}*d (biogás/sólido total). 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La co digestión anaeróbica se lleva acabo con cualquier tipo de sustrato biodegradable. ✓ La T° se debe mantener en 35 y 40 °C, produce mayor volumen de metano. ✓ La relación C/N en un rango de 20 -30:1 para garantizar que más del 50% de gas generado sea metano.
Reyes 2017 pp. 60 - 65 y 77.	Residuos orgánicos biodegradables.	Identificar las metodologías de biogás generado por diversos sustratos.	Revisión bibliográfica	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Digestión anaeróbica. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ El biogás es un recurso energético que puede utilizarse para generar calor, energía mecánica. ✓ La difusión de técnicas son necesarias para aprovechar los desechos de producción y contribuir con la disminución de la contaminación del medio ambiente.
Tsavkelova y Netrusov 2011 pp. 15 y 19.	Diferentes tipos de plantas y materiales de papel.	Revisar métodos para la formación de biogás.	Revisión literaria	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Método biológico. 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ La celulosa debe tener un pretratamiento, el cual genera un alto costo de producción de biogás. ✓ Bajo desarrollo tecnológico en producción de biocombustible con residuos que contengan celulosa. ✓ La selección adecuada de comunidades microbianas son cruciales para la digestión de residuos con celulosas.

Fuente: Elaboración propia.

Como conceptos generales, citado de diferentes autores tenemos lo siguiente:

La cascara y la paja de arroz son partes no comestibles, en tal sentido son residuos de cultivos generados en la cosecha, estos representan un abundante recurso renovable para la producción de biogás, (Huang y Lo, 2019, p. 628), asimismo la paja contiene un bajo valor nutricional y alto contenido inorgánico, la cascara representa el 23% de peso del cultivo de arroz anual y el salvado puede utilizarse como alimento de ganado (Abaide, 2019, p. 241).

La paja de arroz es una biomasa lignocelulósica. Quiere decir que la mayor parte de la celulosa está asociada con la lignina, por lo tanto, es difícil para los microorganismos anaerobios poder digerirlo, debido a su resistente estructura (Mustafa, AM., 2017, p.661). A continuación, se muestra la composición química de la cascara y la paja de arroz.

Tabla 2: Composición lignocelulosa de la cáscara y la paja de arroz.

Composición química	Cáscara de Arroz (%)	Paja de arroz (%)
Hemicelulosa	23,57 ± 3,86	24,26 ± 5,39
Celulosa	32,91 ± 2,88	42,19 ± 2,78
Lignina	26,21 ± 8,50	20,83 ± 3,77

Fuente: Utilization of rice hull and straw (p. 629).

La biomasa lignocelulosa se puede describir como un producto vegetal, que contiene grandes macromoléculas de superficies irregulares, porosas y rugosas compuestas principalmente por tres biopolímeros que son: celulosa (~30-50% en peso), hemicelulosa (~19-45% en peso) y lignina (~15-35% en peso) (Momoh, OLY, 2018, p. 72).

Asimismo, un pretratamiento que tenga un éxito aplicado en términos de ruptura de la matriz lignocelulósica y produzca compuestos con bajo peso molecular debe contar con ciertos parámetros que son: accesibilidad al área superficial, descristianización de celulosa, lignina y solubilidad de hemicelulosa, para mejorar la digestibilidad de biomasa lignocelulósica (Solarte, 2018, p.6).

Uno de los procesos más eficaces y más utilizados para la pirólisis de residuos orgánicos es la digestión anaeróbica, que se define como un sistema termoquímico que somete biomasa a una ausencia o limitación total de oxígeno para aumentar la producción de bio-aceite o biogás. (Loy, 2018, p. 213). Asimismo, la digestión es una mezcla de dos o más sustratos que puedan mejorar la producción del biogás, mejorar la estabilidad del sistema, también diluir los productos químicos que puedan ser tóxicos, proporcionar un mejor equilibrio de nutrientes, mezclar los desechos fácilmente y mejorar el valor de los fertilizantes de los residuos digeridos (Zhan-jiang, P., 2014 p. 61).

La fermentación anaeróbica se define como la catabolización de la materia orgánica al no encontrar un aceptor de electrones externo, se produce una reacción REDOX, a través de microorganismos anaeróbicos estrictos o facultativos mediante reacciones con baja condición de oscuridad. El producto generado en el proceso acepta el electrón liberado durante la descomposición de la materia orgánica. En tanto, el compuesto orgánico actúa como dador y aceptor de electrones. En la fermentación, el sustrato es parcialmente oxidado y sólo una pequeña cantidad de la energía contenida en el sustrato se conserva (Vamero, M., 2011, p. 14).

La respiración anaeróbica, es denominada un proceso biológico de óxido-reducción de monosacáridos y otros compuestos donde el aceptor terminal de electrones es una molécula inorgánica distinta del oxígeno, y raramente una molécula orgánica. La realización es exclusivamente de ciertos grupos de bacterias, para ello se utiliza una cadena transportadora de electrones análoga de las mitocondrias. No se debe confundir con la fermentación, ya que este es un proceso también anaeróbico, pero no participa la cadena transportadora de electrones y el aceptor final de electrones siempre es una molécula orgánica. (Vamero, M., 2011, p. 15)

La digestión anaeróbica se clasifica como fermentación o respiración anaeróbica dependiendo del tipo de aceptores de electrones. (Vamero, M., 2011, p. 14).

La digestión anaeróbica de ciertos tipos de desechos en un solo sustrato es inhibida, debido a los nutrientes desequilibrados en la materia prima, la rápida

acidificación de los digestores, la materia orgánica baja de nitrógeno y metales pesados, contenido ácidos grasos de cadena larga, dependiendo del sustrato que puede inhibir la actividad metano génica (Haider, MR., 2015, P. 451). Asimismo, al momento de realizar el pretratamiento de la biomasa lignocelulósica por consecuencia puede conducir a la formación de compuestos inhibidores por ejemplo en la hidrólisis puede formarse compuestos fenólicos y furanos, de no elegir el pretratamiento adecuado estos alteran la conversión química de la biomasa (Kucharsca et al, 2018, p. 389).

Durante el proceso de digestión anaeróbica ocurren distintos procesos de descomposición por la participación de grupos de microorganismos en la materia orgánica esto se divide en 04 etapas: En la primera etapa, llamada hidrólisis, los sustratos orgánicos complejos se degradan en monómeros solubles (Hernández, S., 2014, p. 237), Para Gasparello (2018, p. 46) este proceso ocurre cuando las bacterias hidrolíticas liberan enzimas que descomponen el material a través de reacción bioquímicas. En la segunda etapa, acidogénesis, los monómeros solubles se transforman en ácidos orgánicos, alcoholes, dióxido de carbono e hidrógeno. Por consiguiente, la tercera etapa se obtiene el acetogénesis, los ácidos orgánicos se transforman en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono. Finalmente, la cuarta etapa, la metanogénesis donde el CH_4 es producido por dos vías: la primera a partir de la degradación de ácido acético y la segunda por la reacción del dióxido de carbono y el hidrógeno producida en las etapas previas. (Hernández, S., 2014, p. 237).

Asimismo se puede observar las etapas que ocurre durante la digestión anaeróbica en la figura N° 1.

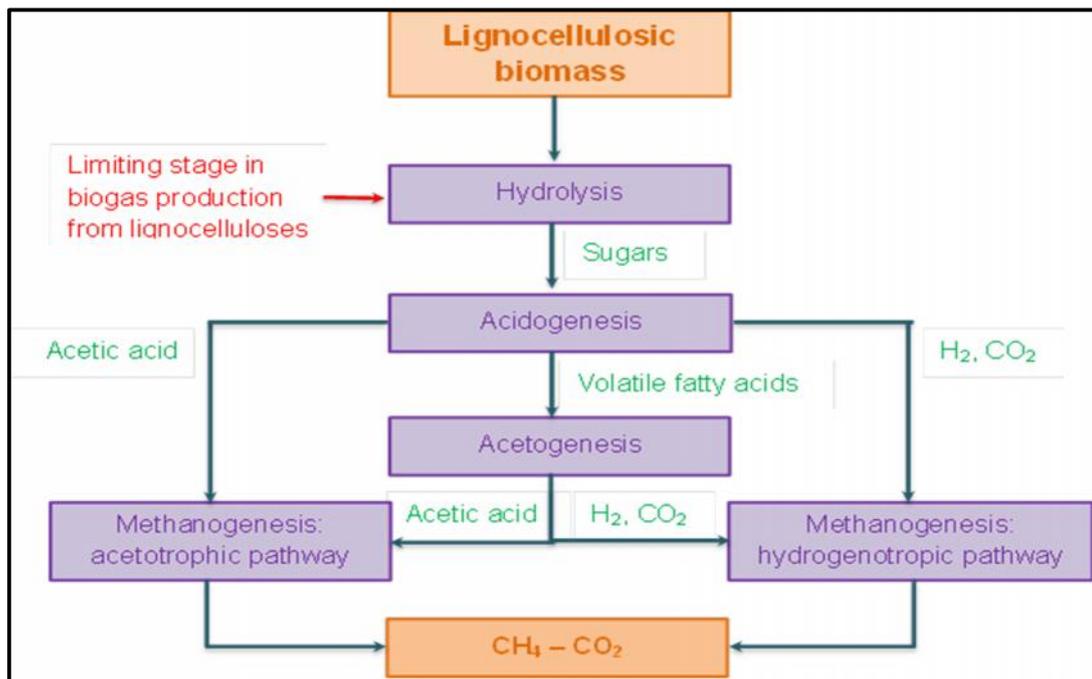


Figura 1: Representación esquemática de la digestión anaeróbica, Mirmohamadsadeghi, S., et al, 2020.

La fermentación metanogénico es la producción de glucosa en etanol, debido a que el acetato en la fermentación anaeróbica actúa como dador y como receptor de electrones. (Vamero, M., 2011, p. 14).

Los microorganismos metanogénicos suelen ser considerados como los más importantes dentro del cultivo de microorganismos anaerobios, debido a que son los responsables de la formación de CH₄, siendo, además, los que dan nombre al proceso general de biometanización. (Vamero, M., 2011, p. 22).

Además existen factores ambientales determinantes en el proceso metanogénico: como la temperatura, que debe de estar entre un promedio mesofílico (25 a 40°C) o termofílico (45 a 60°C); también potencial REDOX, que debe de ser negativo (-220 mV); y el PH, que debe estar la más neutral posible entre 6,7 y 7,49. (Gonzales y Sánchez, M., 2015, p. 229).

La temperatura es un aspecto importante en muchos sistemas biológicos, es igual en el caso de los procesos anaeróbicos, ya que son muy dependientes de la temperatura. La velocidad de reacción de los procesos biológicos depende de la velocidad de crecimiento de los microorganismos involucrados que, a su vez, dependen de la temperatura. A medida que se incrementa la temperatura,

aumenta la población microbiana y se acelera el proceso de digestión, dando lugar a mayores producciones de biogás. (Vamero, M., 2011, p. 38).

La relación carbono/nitrógeno (C/N) que son las principales fuentes de alimentación de las bacterias metanogénicas. El carbono compone la fuente de energía y el nitrógeno es utilizado para la generación de nuevas células. Estas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima de estos dos elementos en la materia prima se considera en un rango de 30:1 hasta 20:1. (Vamero, M., 2011, p. 35).

Varias materias primas de bajo costo como lodos de depuración, residuos de alimentos, residuos municipales, estiércol animal, residuos de cadáveres de animales, etc. pueden ser usados como sustrato para la producción de biogás, respecto al metano principal componente del biogás, comúnmente generado por la digestión anaeróbica, es una alternativa considerada como producto que satisface necesidades energéticas mundiales (calefacción, motor estacionario, combustible de vehículos, red de gas natural, etc.) y ofrece la eliminación de residuos orgánicos. (Huang, C., 2017, p. 53). El cambio de contenido de metano influye en la calidad de producción del biogás después de su pretratamiento, asimismo la producción de biogás con un pretratamiento a temperatura moderada es beneficioso para mejorar la velocidad de producción. (Du, 2019, p. 265).

El biogás es una mezcla gaseosa formada principalmente de metano (54%–70%), dióxido de carbono (20%–45%) y otros gases (Huang, 2019, p. 647). La composición del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso (Vamero, M., 2011, p. 16). Asimismo, es un gas energético producto de la biodegradación de materia orgánica que pueden ser residuos urbanos, industriales y agrícolas (Fardin, Barros y Días, 2018, p. 1).

Además el biogás se considera un recurso renovable prometedor que aporta en la reducción de la contaminación ambiental (reduce las emisiones de gases contaminantes), mejora la estabilidad económica (comercialización energética) y la seguridad energética de la sociedad (máxima eficiencia en la producción de energía), asimismo la inversión tiene un tiempo de 2 años de recuperación

(Nadaleti, 2019, p. 69), en comparación con los combustibles fósiles, el biogás reduce los gases de efecto invernadero (Unrean, 2018, p. 5).

Las aplicaciones del biogás tienen diferentes usos en el sector residencial o industrial (calor o electricidad), Suecia utiliza el 50% en calefacción, 8% electricidad y 18% combustible vehicular (Soteldo, 2018, p. 15).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

La investigación de tipo aplicada se define a partir de crear conocimientos con una nueva tecnología esta debe adquirirse mediante la investigación estratégica, que determina si puede ser útil para los propósitos definidos, esta información debe ser aplicada en cualquier lugar por ello su difusión es significativa. (Tam, J., p. 147, 2018). El objetivo de esta investigación es valorar los resultados de estudios con relación a los objetivos propuestos, asimismo tener en cuenta al momento de tomar decisiones y discusiones sobre el tipo de proyecto (Jeannette A., p. 65,2009).

Además, se considera una investigación aplicada cuando los problemas surgen directamente de la práctica social y generan resultados que pueden aplicarse en el ámbito donde se realizó. Añadir que la labor del investigador no finaliza con el informe de sus resultados sino con la búsqueda de vías para la introducción de éstos en la práctica (Jiménez R., p. 14,1998).

Nuestra investigación es de tipo aplicada, porque mediante estudios científicos o trabajos previos de diversos autores, que contengan temas que buscan respuestas a un problema común, pero con distintas metodologías, realidades o escalas, buscamos representar y explicar los resultados con la finalidad de sugerir e implementar soluciones a nuestra problemática.

La metodología cualitativa se define como la posibilidad de obtener un entendimiento profundo de significados y conceptos de un tema a tratar, asimismo nos indica que una investigación narrativa de tópicos es donde el investigador busca recolectar información enfocados en una temática, suceso o fenómeno para luego escribirlas y examinarlas (Salgado, A., p. 71, 2007). Además, tiende a ser de orden explicativo, orientado a sistemas teóricos, asimismo se caracteriza por utilizar un diseño flexible para afrontar la realidad (Jeannette A., p. 65,2009).

El diseño de nuestra investigación es cualitativo narrativo de tópicos, ya que se buscó recolectar información para luego comparar definiciones y

diferentes situaciones que nos presentan los diferentes autores; viendo sus puntos de vistas principales, sus objetivos, sus procesos metodológicos y como se va dando los resultados o acontecimientos en diferentes escenarios y ambientes. así contribuir en la investigación de posibles autores académicos.

3.2. Categorías, subcategorías y matriz de categorización

En la elaboración y distinción de tópicos, tenemos que recoger y organizar información, para ello se procedió a distinguir categorías y subcategorías que pueden ser apriorísticas, quiere decir construidas antes del proceso recopilatorio de la información o emergentes durante la investigación (Cisterna, 2005, p. 64). Después de plantear el problema general y los problemas específicos, se procedió a elaborar la matriz de categorización apriorística detallando en cada objetivo específico una categoría y dos sub categorías que a su vez contiene tres criterios, como se puede observar en el anexo N° 1.

3.3. Escenario de estudio

Se revisó la metodología de diferentes artículos científicos, tesis que desarrollen diseños experimentales, casos prácticos, proyectos pilotos o elaborados a escala de laboratorio, asimismo respecto al siguiente objeto de estudio que es el proceso de producción de biogás, utilizando como sustrato residuos de arroz obtenidos como residuos orgánicos generados por las actividades agrícolas de diferentes campos de cultivo, pequeña y gran escala (artesanal e industrializada respectivamente) ubicándose en diversos países de Europa, África, Asia y América.

3.4. Participantes

Para Quintana, A. (2006, pp.64) la selección de participantes se orienta en dos principios; la primera es la pertinencia donde se identifica al participante que pueda aportar mayor y mejor información a la investigación, y el segundo principio es la adecuación la cual debe contar

con data suficiente para desarrollar una completa y profunda descripción del tema.

Durante el desarrollo de búsqueda de información de la tesis se obtuvo diversos artículos científicos, las cuales fueron extraídos de las fuentes como: ScienceDirect, Scopus, ProQuest, Scielo, Google académico, EBSCO y Web of Science.

3.5. Técnicas en instrumentos de recolección de datos

Según Tania P. (2007, p. 58) el análisis documental es una técnica o método que implica facilitar el acceso a fuentes de información, ya que se encuentra en gran volumen de información. Además, resalta que otros autores están realizando o han hecho una investigación de un tema específico, y por último nos ayuda a conocer toda la información respectiva que existe sobre un tema en específico. Por tanto, a través del método de investigación técnico, el cual es un conjunto de operaciones que busca unificar y representar algunos documentos para facilitar la información requerida según indica María D. (2004, p.02).

Para un adecuado y correcto manejo de información de los artículos científicos previamente seleccionados, se procedió a elaborar una ficha de recolección de datos la cual esta detalla en el anexo N° 02, la cual consistió en codificar cada ficha que resumiría o resaltaría los conceptos más importantes para nuestra tesis, detallando el tipo de investigación, tipo de pretratamiento, autores, compuesto utilizado, resultados y conclusión que es de interés de cada artículo para la elaboración de la tesis de investigación.

3.6. Procedimientos

Para la obtención de los artículos científicos se procedió a muestrear la búsqueda de información teniendo los siguientes criterios palabras claves (inglés y español), publicaciones no mayores a 5 años, el contenido tenía relación con nuestro tema de investigación a continuación procedemos a detallar la secuencia del procedimiento a realizado.

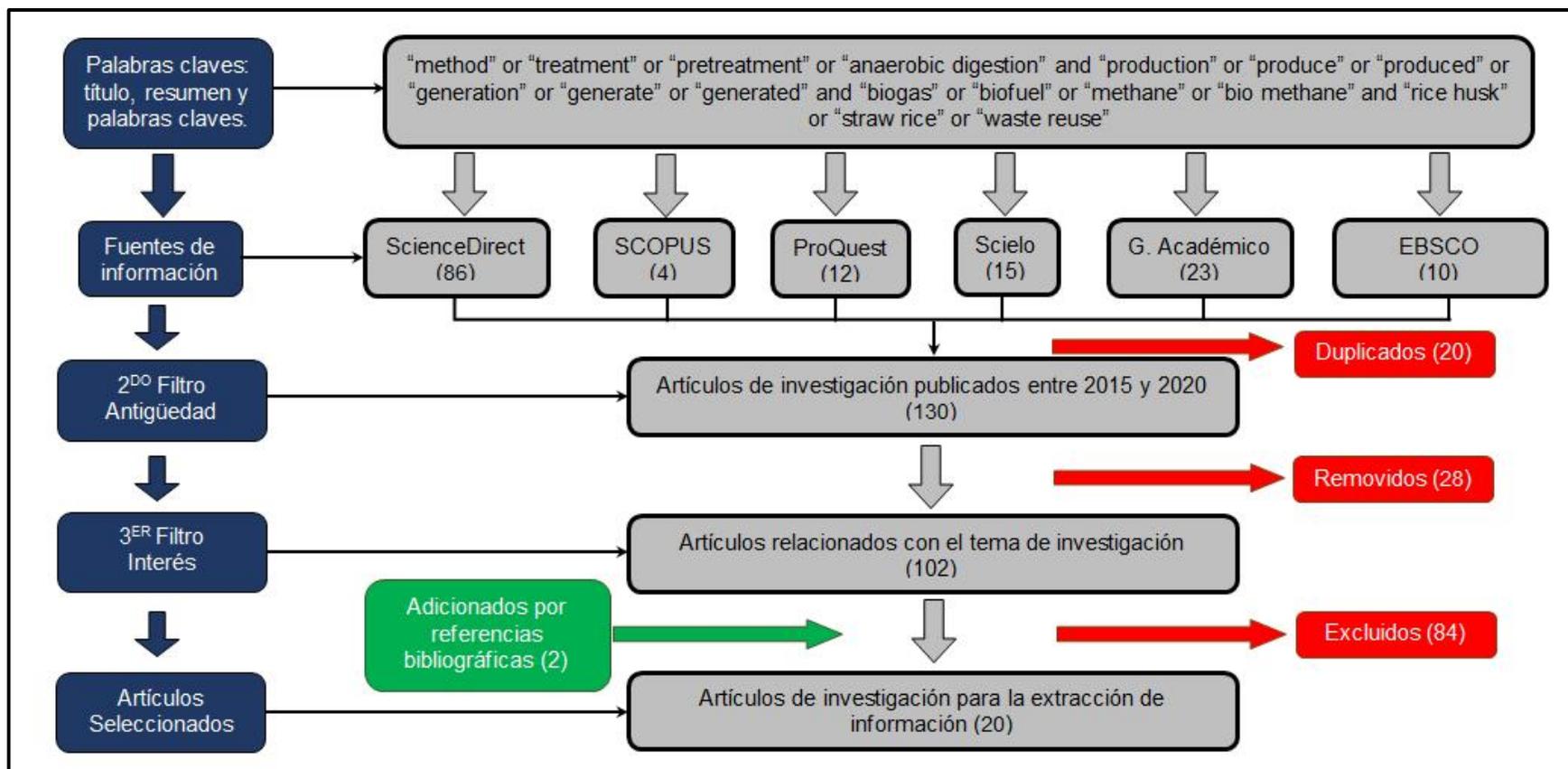


Figura 2: Diagrama de procesos de selección de artículos.

Asimismo cabe precisar la secuencia del diagrama detallado en la figura 2, inicio con la búsqueda de los artículos científicos con palabras claves (inglés y español) ya detalladas en el diagrama de diversas fuentes confiables e indexadas (participantes).

Se recolecto un total de ciento cincuenta (150) artículos científicos, como se detalla en la tabla N° 3. Seguidamente se procedió con la primera selección de artículos que consto en retirar los artículos que fueron replicados de los participantes extraídos, encontrando veinte (20) artículos duplicados, quedándonos con ciento treinta (130) artículos científicos, la segunda selección consto en retirar los artículos que fueron publicados fuera del periodo estipulado por los autores (2015 – 2020), removiendo veintiocho (28) artículos científicos quedándonos con ciento dos (102) artículos, la tercera selección consto en retirar los artículos que no contemplaron el tema de interés con nuestro tema de investigación, excluyendo un total de ochenta y cuatro (84) artículos, asimismo se incluyó dos (2) artículos que fueron encontrados en las referencias bibliográficas de los artículos seleccionados previamente, ya que cumplieron con los criterios de selección mencionados anteriormente, finalmente quedándonos con un total de veinte (20) artículos científicos como se puede observar en la figura N° 3, puesto fueron procesados y analizados.

Tabla 3: Número de artículos extraídos.

Participantes	Artículos recolectados	Artículos seleccionados
EBSCO	10	3
Google Académico	23	1
ProQuest	12	1
SCOPUS	4	0
ScienceDirect	86	14
Scielo	15	1
TOTAL	150	20

Fuente: Elaboración propia.

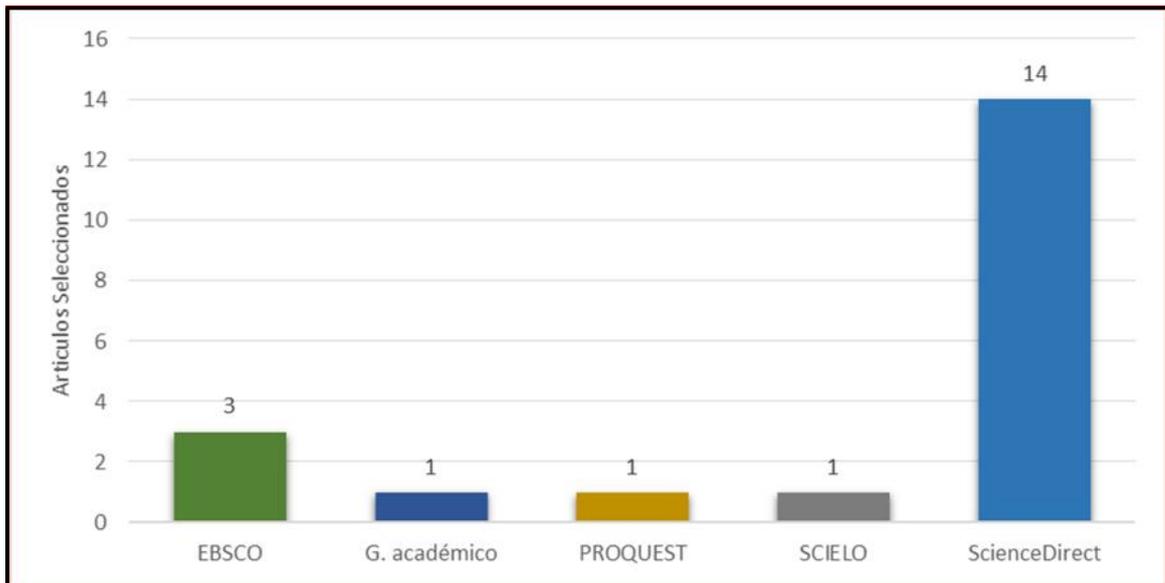


Figura 3: Identificación de los participantes.

Por otro lado, se detalla de manera porcentual la distribución de los artículos seleccionados correspondientes a los pretratamientos químicos, físicos, biológicos y combinados como se observa en la figura N°4.

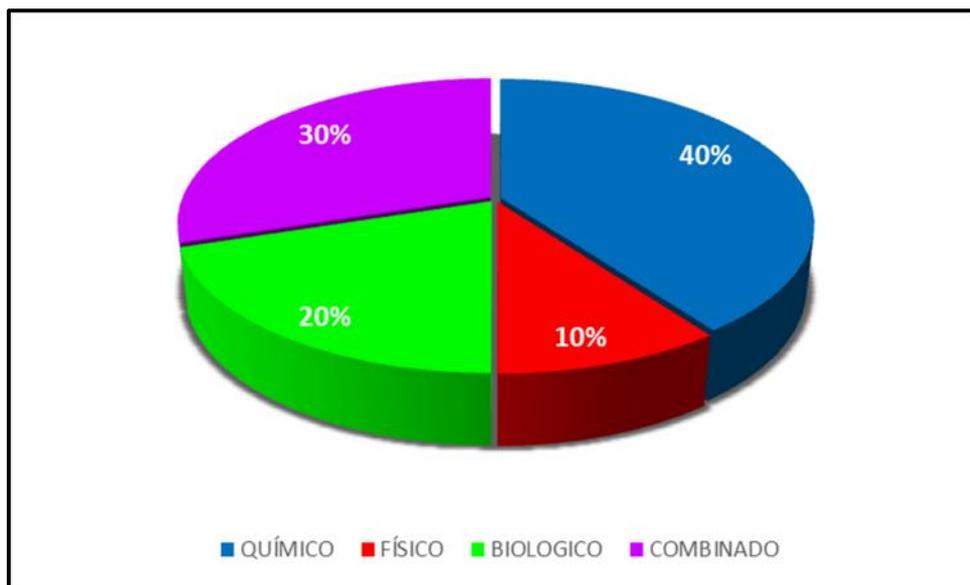


Figura 4: Gráfico porcentual del tipo de pretratamiento.

3.7. Rigor científico

Una de las posibles desventajas de la investigación cualitativa es la aparente validez y confiabilidad que puedan tener, para ello el investigador se genera diversas preguntas, que debe garantizar el rigor del trabajo con ciertos criterios que son los siguientes:

La dependencia el cual consta en recolectar datos de investigadores similares el cual generaran resultados equivalentes (Salgado, 2007, p. 74). La dependencia o consistencia lógica, se define también como grado de recolección de investigación en el campo y diferencia de análisis, y estos generaran resultados distintos o equivalentes (Ana. S., 2007, p. 74). Respecto al desarrollo de la tesis durante la sistematización y el análisis de los artículos científicos con temas relacionados al título de nuestra investigación dispondremos de fuentes confiables e indexadas asimismo se realizó el seguimiento en la codificación de las fichas de recolección de datos.

La credibilidad contiene una relación directa del reconocimiento del estatus del método científico con el procedimiento científico orientado en el proceso, asimismo se lleva a cabo pautas que nos permitan evaluar el proceso de los investigadores para llegar a las conclusiones (Erazo, 2011, p.128),

Además, se confirma o reconoce cuando los hallazgos son reales o verdaderos, por las personas que realizaron la investigación, ya que ellos son los que experimentaron el fenómeno estudiado (Arlas, V., 2011, p. 503). Asimismo, al realizar la recolección de información, el análisis y discusión de los resultados estas serán coherentes y verdaderas sin adulterar los resultados de los artículos seleccionados continuando con las conclusiones de los autores académicos.

La auditabilidad es un método, llamado por los autores el cual consiste en continuar la ruta o los pasos del investigador original. La transferibilidad se refiere a extender los resultados obtenidos y trasladar los hallazgos en otro contexto o variable (Salgado, 2007, p. 75), además proponen la revisión donde se asegura la calidad, ya que el auditor examina todos los procedimientos como los productos intermedios y finales: los datos, los hallazgos, las interpretaciones y recomendaciones; de la misma manera, se da testimonio de que la investigación está apoyada por su coherencia de su línea base para ser aceptada. (Arlas, V., 2011, p. 503). Por lo cual en nuestra investigación se realizará un registro y documentación completa de todos los criterios de análisis, conclusiones el cual quedará como evidencia

de los pasos seguidos durante la elaboración de la investigación, asimismo nuestros resultados serán utilizados para corroborar, descartar, seleccionar una técnica adecuada al contexto sobre la producción de biogás con residuos de arroz, el cual para otros estudios puede variar el sustrato y conformaría una guía para otros autores académicos.

3.8. Método de análisis de información

El método de análisis de información se realizó en base a los artículos científicos, previamente seleccionados para lo cual fueron agrupados en categorías y sub categorías de la matriz apriorística. Lo cuales son las siguientes categorías:

La primera categoría pretratamiento utilizado y se relaciona con cuatro (4) sub categorías que son químico, físico, biológico y combinado, luego se relacionó bajo tres (3) criterios de acuerdo a: i) Nivel de justificación de mejora; ii) Nivel de eficacia en rendimiento; iii) Nivel de complejidad.

La segunda categoría se tiene beneficios y se relación con tres (3) sub categorías que son ambiental, social y económica asimismo se relacionan con tres (3) criterios de acuerdo a i) Uso de residuos agrícolas, ii) Hallazgos encontrados, iii) Nivel de generación económico.

Por última categoría desventajas entre técnicas con dos (2) sub categorías que son producción lenta y generación de impactos negativos, asimismo se relacionan con tres (3) criterios de acuerdo a: i) Generar sub productos (compuestos tóxicos), ii) Consumo de energía en los procesos operacionales iii) tiempo de hidrólisis, además se muestran las subcategorías de cada una de ellas, en la matriz apriorística (Anexo N° 1)

3.9. Aspectos éticos

La integridad de una investigación se define con una serie de buenas prácticas que incluyen honestidad intelectual, detallar la contribución de autores y transparencia en los conflictos de interés (Avanzas, et al, 2011, pp. 427), en la presente investigación se respetó la autoría de las fuentes de información lo cual se evidencia con un correcto citado según lo estipulado en el manual de estilo internacional ISO 690 y 690-2, también no se cambió ni adultero la información recolectada de los diferentes artículos

científicos, los resultados obtenidos son verídicos, asimismo estos resultados contribuirán en futuras investigaciones de otros posibles autores académicos.

Nuestra investigación cumplió y respeto lo establecido en la Resolución de Consejo Universitario N° 0126-2017/UCV (Código de Ética de Investigación de la Universidad César Vallejo).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la tesis fueron obtenidos en base a veinte (20) artículos seleccionados y analizados como se demuestra a continuación:

4.1-Identificación de los pretratamientos utilizados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.

Se debe resaltar que todo residuo orgánico contiene en su estructura, celulosa, hemicelulosa y lignina; estos son digeridos por microorganismos en la digestión anaeróbica según lo indica Surra, et al (2019), en tal sentido un aumento de biodegradabilidad de los residuos lignocelulósicos a través de pretratamientos, es un proceso elemental y esencial en la generación de biogás.

Tabla 4. Tipos de pretratamientos, lugar de origen y autores.

Tipo de Pre tratamiento	Pretratamiento	País	Autores	Año	Código de Ficha de Recolección de datos
Biológico	<i>Pleurotus</i> <i>Ostreatus</i>	China	Huang W, et al	2019	PDA-001
Químico	H ₂ O ₂ Ca(OH) ₂ NHA ₃ -H ₂ O	China	Du Jing, et al	2019	PDA-002
Químico	NaOH Nano partícula de TiO ₂ Alcalino foto catalítico	EE.UU	Sabeeh M. et al	2020	PDA-003
Físico	Ultrasonido	Tailandia	Pansriporg S., et al	2019	PDA-004
Combinado	CaOH Hidrotérmico	China	Du J., et al	2019	PDA-005
Biológico	<i>Pleurotus</i> <i>Ostreatus</i> <i>Phanerochaete</i> <i>Chrysosporium</i> <i>Ganoderma</i> <i>Lucidum</i>	India	Kainthol J., et al	2019	PDA-006
Combinado	Amoniaco Humedad	China	Yuan H.	2019	PDA-007
Combinado	Molienda <i>Pleurotus</i> <i>Ostreatus</i>	China	Mustafa A. et al	2016	PDA-008
Físico	Microondas	India	Kainthola J. et al	2019	PDA-009
Combinado	Estructora 2 tornillos CaOH	China	Gu Y., et al	2015	PDA-010
Combinado	Extrusora Níquel, molibdeno, cloruro ferroso	Italia	S. Menardo, et al	2015	PDA-011
Combinado	<i>Pleurotus</i>	China	Ahmed M. et al	2017	PDA-012

Tipo de Pre tratamiento	Pretratamiento	País	Autores	Año	Código de Ficha de Recolección de datos
	<i>Ostreatus</i>				
Químico	C ₆ H ₈ O ₇ C ₂ H ₄ O ₂ C ₂ H ₂ O ₄	Tailandia	Plaimein Amnuaycheewa, et al	2016	PDA-013
Biológico	Rumen Fluid	India	Haibo Zhang, et al	2016	PDA-014
Químico	HCl NaOH	China	Dianlong Wang, et al	2015	PDA-015
Químico	NaOH	India	Jun Zhoua, et al	2016	PDA-016
Biológico	Residuos liquido de biogás	Irán	Forough Momayeza, et al	2018	PDA-017
Químico	NaOH	India	Deepa J. et al	2016	PDA-018
Químico	NH ₃ -HO H ₂ O ₂	China	Zilin Song, et al	2015	PDA-019
Químico	Oxido de N-metilforlina	India	Anna T., et al	2016	PDA-020

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla N° 4 se puede observar los artículos estudiados, detallando su país de origen, autor(es), año, código y además se clasifican en 04 tipos de pretratamiento siendo los siguientes: químico, físico, biológico y combinado.

Tabla 5: Pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás.

Pre tratamiento	Condiciones previos al pretratamiento		Justificación de la mejora	Eficacia Producción de biogás (mL/g SV)	Contenido de Metano (%)	Tiempo de digestión (días)	Código de Ficha de Recolección de datos
Biológico	Paja de arroz.	Humedad 65%	Diluir los ácidos grasos volátiles (AGV) con 90% humedad	984	60	45	PDA-001
		pH 7,5 - 8					
		Agitación 2 veces al día					
		Tamaño 30 – 40 mm					
Hongo	Cultivado en aserrín						
	Tiempo 24 horas						
Digestión Anaeróbica	Temperatura 35° C						
Químico	Paja de arroz.	Humedad 75 %	Eliminar lignina y hemicelulosa al romper estructura de la pared celular	413,46	50	30	PDA-002
		pH 7,5					
		Almacenado 4°C					
		Tamaño 5 mm					
	Ca(OH) ₂	Concentración 8%					
Tiempo 72 horas							
Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C						
Químico	Paja de arroz.	Humedad 10 %	Romper enlaces éter y glucosídicos de la pared celular	724	71	45	PDA-003
		pH neutral					
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño 1 mm					
	NaOH	Concentración 1,5 %					
Tiempo 3 horas							
Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C						
Físico	Paja de arroz	Humedad 12 %	Descomponer mecánicamente la pared	250,36	90	45	PDA-004
		pH 7					

Pre tratamiento	Condiciones previos al pretratamiento		Justificación de la mejora	Eficacia Producción de biogás (mL/g SV)	Contenido de Metano (%)	Tiempo de digestión (días)	Código de Ficha de Recolección de datos
		Almacenado T° ambiente	celular				
		Tamaño 2,5 mm					
	Equipo	8 transductores					
		Frecuencia 37 kHz					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 35° C					
Combinado	Paja de arroz	Humedad 60 %	Daño de estructura y disolución de materia orgánica	411	50	35	PDA-005
		pH 7,62					
		Almacenado a 5° C					
		Tamaño 5 mm					
	CaOH	Concentración 2 %					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Biológico	Paja de arroz	Humedad 75 %	Descomponer matriz lignocelulósica y transformarlos en ácidos grasos volátiles (AGV)	339,31	70	35	PDA-006
		pH 6,7					
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño 5 – 10 mm					
	<i>Phanerochaete Chrysosporium</i>	Cultivado agar dextrosa					
	Tiempo 7 días						
		Humedad 70%					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 30° C					
Combinado	Paja de arroz	seco	Amoníaco destruye estructura, aumenta concentración orgánica	250,34	--	55	PDA-007
		pH 9,35 i y 8,8 f					
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño 5 mm					
	Amoníaco	Concentración 4%					

Pre tratamiento	Condiciones previos al pretratamiento		Justificación de la mejora	Eficacia Producción de biogás (mL/g SV)	Contenido de Metano (%)	Tiempo de digestión (días)	Código de Ficha de Recolección de datos
	humedad	70%					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 35° C					
Combinado	Paja de arroz	Humedad 60 %	Degradar componentes de arroz y romper estructura	353	72,6	30	PDA-008
		pH 7,91					
		Almacenado T° ambiente					
	Tamaño 6,2 mm						
	<i>Pleurotus ostreatus</i>	Cultivado agar papa dextrosa					
		Tiempo 7 días					
Molienda	Tamaño 2mm						
Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C						
Físico	Paja de arroz	Humedad %	Destruir la estructura lignocelulosa	325,76	17,98	40	PDA-009
		pH 6,85					
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño >10 mm					
	Microondas	Temperatura 190° C					
Digestión Anaeróbica	Tiempo 4 minutos						
		Temperatura 30 - 35° C					
Combinado	Paja de arroz	Seco	Cambiar enlaces inter e intramoleculares	574,5	76,4	40	PDA-010
		pH neutro					
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño 20 mallas					
	fresado	extruccion					
CaOH	Concentración 8%						

Pre tratamiento	Condiciones previos al pretratamiento		Justificación de la mejora	Eficacia Producción de biogás (mL/g SV)	Contenido de Metano (%)	Tiempo de digestión (días)	Código de Ficha de Recolección de datos
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 35° C					
Combinado	Paja de arroz		El níquel, molibdeno y cloruro ferroso degrada y rompe estructura	292	50,3	40	PDA-011
	Extractora	2 anillos					
	Compuestos químicos	Ni, Mo y ClFe					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 35° C					
Combinado	Paja de arroz	Tamaño < 62 mm	El pretratamiento aumenta la eliminación de lignina	270		30	PDA-012
	<i>Pleurotus</i>	Incubado 100°C					
	<i>Ostreatus</i>	Tiempo 24 horas					
	Fresado						
	Digestión Anaeróbica	Temperatura C					
Químico	Paja de arroz		03 pretratamientos para mejorar la eficiencia de la degradación de enzima celulosa	322,1		45	PDA-013
	acido	HCl					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 80° C					
Biológico	Paja de arroz	Contenido 3 gr.	Aumento de producción de biogás del 66,5 %	285	82,6	30	PDA-014
		Agitación 120 rpm					
	Rumen fluid	Tiempo 24 h					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 39° C					
Químico	Paja de arroz	pH 6,98	El pretratamiento con NaOH y HCL se utilizaron como sustrato para aumentar la fermentación.	287,0	68,58	40	PDA-015
		Almacenado T° ambiente					
		Tamaño 2 mm					
	NaOH	Concentración 2%					
		Tiempo 60 horas					

Pre tratamiento	Condiciones previos al pretratamiento		Justificación de la mejora	Eficacia Producción de biogás (mL/g SV)	Contenido de Metano (%)	Tiempo de digestión (días)	Código de Ficha de Recolección de datos
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Químico	Paja de arroz		Concentración de ácido que inhibe el crecimiento y actividad micro orgánica.	297	54,7	50	PDA-016
	NaOH	Concentración 10%					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Biológico	Paja de arroz		El pretratamiento con NaOH se utilizó como sustrato para aumentar la fermentación	200		34	PDA-017
	Residuo liquido de biogás	Centrifugado 4 000 rpm Tiempo 20 minutos					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Químico	Paja de arroz	Almacenado T° ambiente pH neutro	Se evaluó la eficiencia del pretratamiento con la demanda química soluble de oxígeno	370		-	PDA-018
		NaOH						Concentración 1% Tiempo 3 horas
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Químico	Paja de arroz		El contenido de celulosa y hemicelulosa disminuye con el pretratamiento	327,5		30	PDA-019
	H ₂ O ₂	Concentración 4%					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					
Químico	Paja de arroz		El pretratamiento aplicará mediante la digestión anaeróbica.	245	65	49	PDA-020
	Oxido de N-metilforlina	Concentración 7%					
	Digestión Anaeróbica	Temperatura 37° C					

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla N° 5, la paja de arroz presenta cambios en su estructura o composición química, debido que es esencial en la digestión anaeróbica, encontrando que los pretratamientos químicos mediante el uso de ácidos y alcalinos solubilizan la lignina, la hemicelulosa y la celulosa, conforme lo ratifican Du J., et al (2019), Sabeeh M., et al (2020) quienes afirman que un pretratamiento químico degrada o destruye la lignina mediante la ruptura de enlaces éter en las paredes celulares de la paja de arroz, dado que la lignina es un compuesto desfavorable en la digestión anaeróbica disminuyendo el rendimiento del metano. En tal sentido se puede afirmar que los pretratamientos químicos son los más eficaces para mejorar la degradación de enlaces complejos como los que se encuentran en los residuos agrícolas (paja de arroz), según lo afirma Reckson, K. (2019).

Asimismo, el pretratamiento biológico aparte de destruir la composición de la paja de arroz también genera y diluye los ácidos grasos volátiles (AGV), conforme lo indican Huang W., et al (2019) y Kainthola J. et al (2019). Del mismo modo, para el pretratamiento biológico (como en el caso del hongo *Pleurotus Ostreatus*), ha demostrado aumentar la producción de biogás a partir de la degradación de paja de arroz hasta 30%. Además, es uno de los hongos más eficaces para degradar lignina en comparación a otros hongos. (Ahmed, M., 2017)

Por otro lado, los pretratamientos combinados aumentan la carga orgánica antes de la digestión anaeróbica, esto es corroborado por Du J., et al (2019) y Yuan H., et al (2019). Por último, para el pretratamiento físico se encontró que se destruye mecánicamente la composición de la paja de arroz.

Respecto al pretratamiento que obtuvo un mayor porcentaje de metano en su producción final, se encontró que el pretratamiento físico presentó un 90% de metano en su composición de biogás según detalla Pansriporg S., et al (2019), también el pretratamiento biológico presenta un 82,6 % de metano en su composición final de biogás como se observa en el artículo de Haibo Zhang, et al (2016) y por último en un pretratamiento combinado (físico-químico) con un 76,4 % de contenido de metano en su producción final de biogás como lo indica Gu Y., et al (2015), asimismo estos resultados respecto al porcentaje de

metano que contiene el biogás es favorable para el biogás, como se indica en el manual del biogás (2019) cuando el biogás presenta un contenido superior al 45% es inflamable y beneficioso. Finalmente para aumentar el volumen de metano en el biogás producido la temperatura se debe encontrar en un rango de 35° C a 40°C según Gonzales, Jurado y Gómez (2018).

Asimismo en la tabla N° 5 también se observa el tiempo requerido para la digestión anaeróbica encontrando que los pretratamientos químicos son lo que requieren de menor tiempo en el proceso como lo indican Du J., et al (2019), Deepa J., et al (2016) y Ziling Z. (2015), por el contrario un pretratamiento biológico requiere mayor tiempo en la digestión anaeróbica como lo indica Huang W., et al (2019), esta información es un factor determinante para la elección de un pretratamiento óptimo a utilizar según lo manifiesta el manual del biogás (2019).

En la tabla N° 5 se muestran los tipos de pretratamiento, las condiciones de pretratamiento, justificación de la mejora, el porcentaje de metano contenido en el biogás y el tiempo de digestión.

4.2-Identificación de los beneficios que resultaron al aplicar los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.

Respecto a la tasa de hidrólisis, resultó que los pretratamientos físicos son los más rápidos entre los pretratamientos, esto se corroboró en el postulado de Kainthola J., et al (2019) en un pretratamiento por microondas este postulado concuerda con Surra, et al (2019) donde indica que el pretratamiento por radiación iónica promueve eficientemente la disponibilidad de superficie útil que a su vez favorece en el acceso de las bacterias en el proceso de hidrólisis y aceleran la generación de metano, por otro lado el pretratamiento químico también puede ser considerado un pretratamiento rápido en la hidrólisis, según indican Deepa J, et al (2016), Zhoua J, et al (2016) y Dianlong W., et al (2015), pero Sabeeh M, et al (2020) indicó que un pretratamiento químico puede generar restos de titanio y NaOH, que alteran el nivel normal en el proceso y contaminar el medio ambiente, esto es corroborado con Yu, Liu, Li y Ma (2019)

que indicaron que en un pretratamiento químico a veces genera compuestos inhibidores que dificultarían el proceso de hidrólisis, asimismo el pretratamiento biológico se le considera una de los pretratamientos más lentos para aumentar la tasa de hidrólisis como indican Kainthola J, et al (2019) y Zhang H., et al (2016), esto es corroborado en el postulado de Tsavkelov y Netruso (2011). Por último los pretratamientos combinados se consideran rápido en el proceso de hidrólisis pero puede tener una demora en los tiempos de traspase entre pretratamientos por ejemplo un biológico - físico o químico – físico según los postulado por Gu Y., et al (2015).

Tabla 6: Respecto a los hallazgos encontrados.

PRETRATAMIENTO	OBSERVACIONES	CÓDIGO
BIOLÓGICO	Genera fertilizante orgánico.	PDA-001
QUÍMICO	Presencia de corrosión en los equipos	PDA-002
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-003
FÍSICO	Requirió mantenimiento de equipos	PDA-004
COMBINADO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-005
BIOLÓGICO	Genera fertilizante orgánico.	PDA-006
COMBINADO	Alto consumo de agua	PDA-007
COMBINADO	Requirió mantenimiento de equipos y genero fertilizante orgánico.	PDA-008
FÍSICO	Requirió mantenimiento de equipos	PDA-009
COMBINADO	Requirió mantenimiento de equipos, equipos presentan desgaste.	PDA-010
FÍSICO	Requirió mantenimiento de equipos	PDA-011
COMBINADO	Requirió mantenimiento de equipos y genero fertilizante orgánico.	PDA-012
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-013
BIOLÓGICO	Genera fertilizante orgánico.	PDA-014

PRETRATAMIENTO	OBSERVACIONES	CÓDIGO
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-015
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-016
BIOLÓGICO	Genera fertilizante orgánico.	PDA-017
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-018
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-019
QUÍMICO	Presenta desgaste en los equipos	PDA-020

Fuente: Elaboración propia.

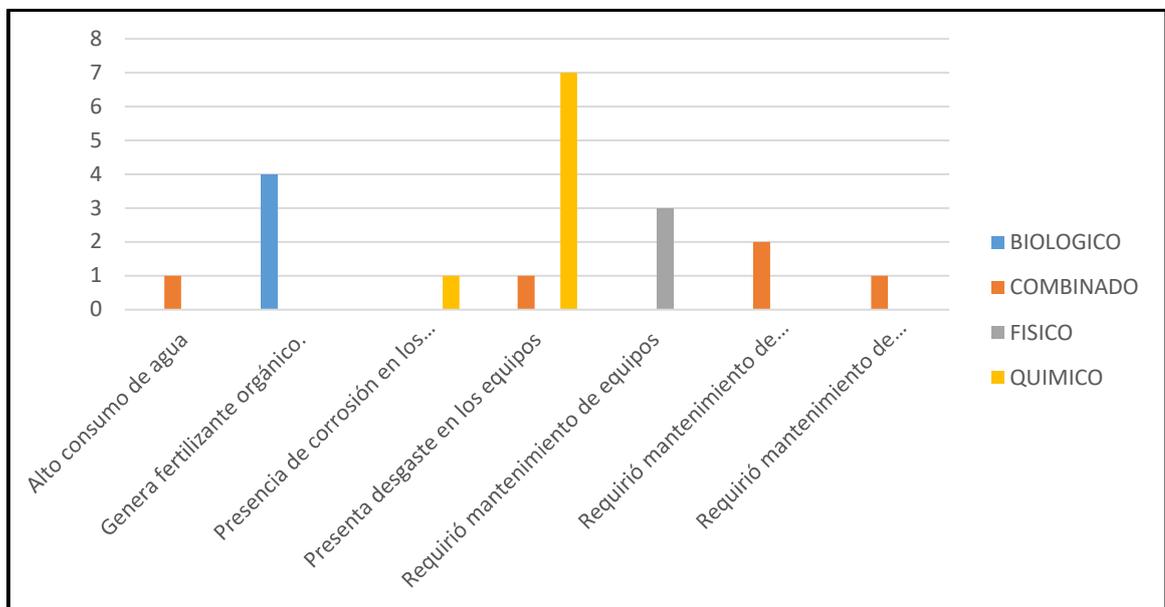


Figura 5: Respecto a los hallazgos encontrados.

De los artículos seleccionados la información obtenida sobre los pretratamientos en referencia a los hallazgos encontrados, se detalla en la tabla N° 6, los pretratamientos químicos se evidencio un desgaste o corrosión en los equipos de trabajo como lo evidencia Du J. (2019), Teghammar A., et al (2016) y Zilin S., et al (2015) en su postulación, asimismo en los pretratamientos biológicos se encontró en el artículo de Huang W., et al (2019) el pretratar la paja de arroz con hongos no solo genera un aumento en el rendimiento del biogás sino de igual manera benéfica a la comunidad con la comercialización de hongos y fertilizantes orgánicos. También los

pretratamiento combinados para mantener el porcentaje de humedad en los parámetros apropiados en las operaciones se requiere un alto consumo de agua como detalla Huang H., et al (2019) en su postulado, por último el pretratamiento físico según Kainthola J., et al (2019) y Pansriporg S., et al (2019) indican generar un costo adicional en la obtención y mantenimiento de equipos en los procesos operacionales, pero que estos pueden ser rentables al finalizar y comparar con la generación de biogás al final del proceso.

Tabla 7: Pretratamientos respecto a generación económica.

PRETRATAMIENTO	OBSERVACIONES	CÓDIGO	
QUÍMICO	Los pretratamientos químicos son relativamente económicos	PDA-002 PDA-003 PDA-013 PDA-015	PDA-016 PDA-018 PDA-019 PDA-020
FÍSICO	Los pretratamientos físicos requieren de un alto costo en el pretratamiento	PDA-004	PDA-009
BIOLÓGICO	Los pretratamientos biológicos son rentables por su bajo costo en el pretratamiento	PDA-001 PDA-006	PDA-014 PDA-017
COMBINADO	Los pretratamientos combinados requieren de un alto costo en el pretratamiento	PDA-005 PDA-007 PDA-008	PDA-010 PDA-011 PDA-012

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla N° 7 los pretratamientos biológicos que han sido estudiados, se evidencio que requiere de bajo costo al realiza el pretratamiento, debido que consumen menos energía y son más seguros en comparación con otros métodos de pretratamiento (Ahmed, M., 2017). Los pretratamientos biológicos son más rentables que otros pretratamientos por el menor uso de productos químicos, menor tiempo de tratamiento y la eliminación del elemento calentamiento; además los pretratamientos físicos como la extrusión estas son más costosas al realizar el pretratamiento, que al realizar el tamizado o el picado como pretratamiento. (Deepa, J., 2016)

Se identificó que el peróxido de hidrogeno (H_2O_2) es más económico, ya que es más barato que el nitroxilo (NHO). En China, el H_2O_2 tiene el costo de 7 Yuanes Chinos, un dólar equivale a 6,27 Yuanes Chinos, por 500 ml. Mientras

que el $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ llega a costar en China un aproximado de 10YC. (Zilin, S., 2015).

Asimismo se puede evidenciar en la figura N°5 los pretratamientos agrupados por rango de costos.

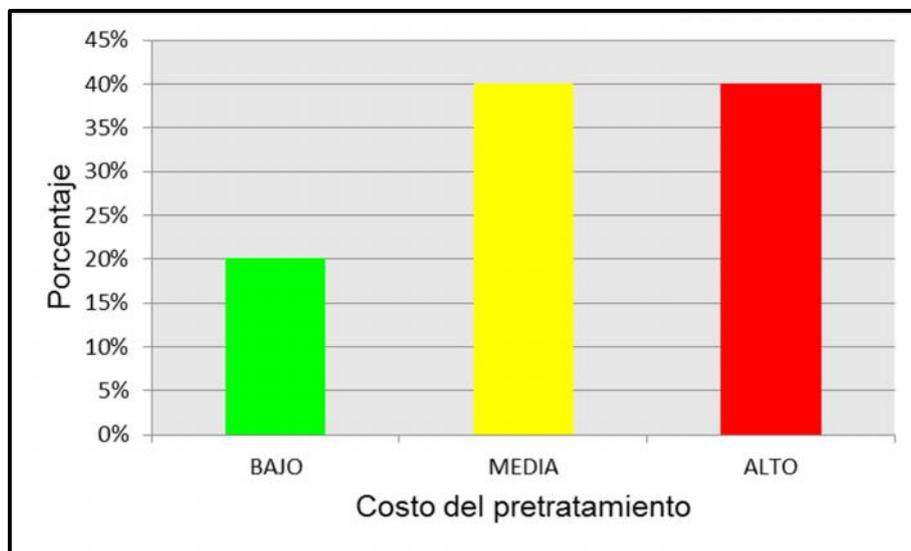


Figura 6: Pretratamientos por costos en la ejecución.

4.3-Descripción de las desventajas de los pretratamientos de digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de *Oryza Sativa*.

Tabla 8: Pretratamientos en generación de sub productos.

PRETRATAMIENTO	OBSERVACIONES	CÓDIGO
BIOLÓGICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-001
QUÍMICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-002
QUÍMICO	Restos de titanio (Ti) y monóxido de sodio (NaOH)	PDA-003
FÍSICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-004
COMBINADO	Restos de hidróxido de calcio (CaOH)	PDA-005
BIOLÓGICO	No genera residuos tóxicos	PDA-006
COMBINADO	Restos de amoníaco (CH ₃)	PDA-007

PRETRATAMIENTO	OBSERVACIONES	CÓDIGO
COMBINADO	No genera residuos tóxicos.	PDA-008
FÍSICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-009
COMBINADO	Restos de hidróxido de calcio (CaOH)	PDA-010
FÍSICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-011
COMBINADO	No genera residuos tóxicos.	PDA-012
QUÍMICO	Restos de Ácido acético (2H ₄ O ₂) ácido cítrico (C ₆ H ₈ O ₇) y ácido oxálico (C ₂ H ₂ O ₄)	PDA-013
BIOLÓGICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-014
QUÍMICO	Restos de monóxido de sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCL)	PDA-015
QUÍMICO	Restos de monóxido de sodio (NaOH)	PDA-016
BIOLÓGICO	No genera residuos tóxicos.	PDA-017
QUÍMICO	Restos de monóxido de sodio (NaOH)	PDA-018
QUÍMICO	Restos de hidróxido de amonio (NH ₃ HO) y peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)	PDA-019
QUÍMICO	Restos de óxido N-Metilfordina (NMMO/NMO)	PDA-020

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N° 8 se ha encontrado que, según los residuos generados al finalizar el pretratamiento, los más resaltantes son los químicos. Se puede apreciar los diferentes residuos que pueden generar, debido a las diferentes y variables concentraciones que se realiza en cada pretratamiento con la finalidad de buscar el pretratamiento ideal para la producción de biogás Du Jing, et al. (2019), Dianlong Wang (2015) Jun Zhoua (2016), Zilin Song (2015).

Se identificó que los pretratamientos físicos no generan residuos en el pretratamiento, dado que estos buscan disminuir el tamaño de la cáscara y paja de arroz con el fresado, molienda, estructura, ultrasonido, microondas. Ahmed M. (2017), S. Menardo, V. (2015), Gu Y., et al (2015), Kainthola J, (2019), Mustafa A., (2016).

La figura N° 7 describe los resultados de los diversos artículos analizados respecto al consumo de energía en donde de los 20 artículos el 60% de pretratamientos, principalmente que el pretratamiento biológico presenta una ventaja respecto a los otros pretratamientos mencionados debido que es un método que demanda un bajo consumo de energía, dado que permite ahorrar productos químicos y energía como indican Haibo Z., et al (2016), Forough M., et al (2018) y Kainthol J. et al (2019), que postularon que los hongos en el pretratamiento biológico ofrecen ventajas debido a que su desarrollo o condiciones de reacción no consumen energía, por contrario con un 30 % de los artículos estudiados el pretratamiento físico demostró que requiere de un alto consumo de energía en sus procesos sea por altas temperaturas o reducción de tamaños de paja de arroz, como detalla Pansriporg S., et al (2019) en su investigación utilizo un equipo de ultrasonido para romper la estructura de la paja de arroz mediante ondas con un instrumento equipado con 8 transductores que requirió un alto consumo de energía y Kainthola J., et al (2019), en su estudio utilizo microondas como parámetro operativo para llevar la paja de arroz a temperaturas de 130, 150 y 230°C consumiendo energía en sus procesos. Los pretratamientos combinados también demandan un alto consumo de energía como lo demuestra Mustafa A., et al (2016) al momento de utilizar la molienda, asimismo Gu Y., et al (2015) en su postulado detalla el uso de la estructora en un pretratamiento combinado es menor en comparación con otro pretratamiento físico pero de igual manera tiene un alto consumo de energía en sus procesos.

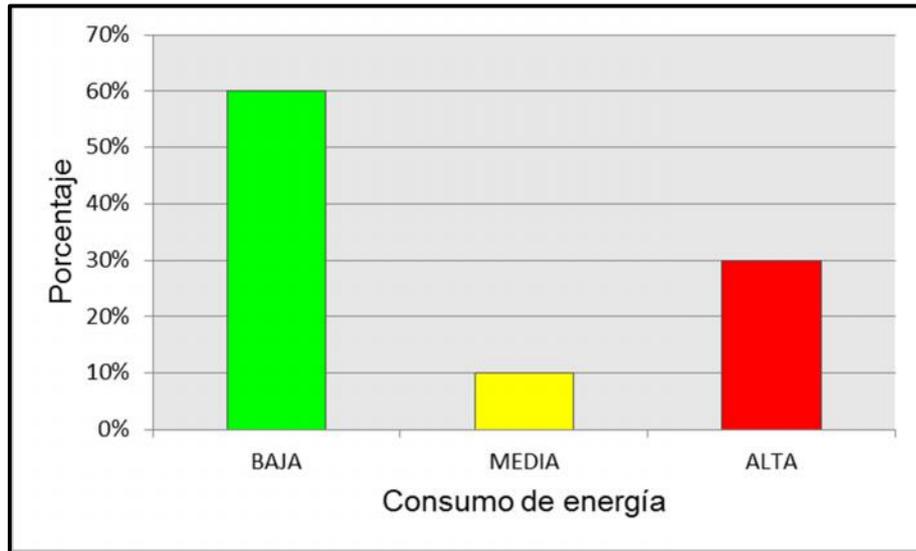


Figura 7: Consumo de energía de los pretratamientos

V. CONCLUSIONES

De la presente investigación se concluye lo siguiente:

- ✓ Se logró sistematizar los pretratamientos aplicados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás, mediante el uso de los criterios definidos para cada objetivo específico.
- ✓ Se logró identificar los pretratamientos para la digestión anaeróbica y estos fueron químicos, físicos, biológicos y combinados demostrando que dichos pretratamientos realizan, cambios en la composición química de la paja de arroz, también diluyen los ácidos grasos volátiles lo cual es favorable, dado que mejora la producción de biogás en la digestión anaeróbica en comparación con una producción de biogás con paja de arroz sin un pretratamiento (estado natural). Asimismo se concluyó que los pretratamientos químicos son los que requieren de menor tiempo en la digestión anaeróbica y por el contrario un pretratamiento biológico necesita de una cantidad mayor de días. También el porcentaje de contenido de metano en el biogás se obtuvo en el pretratamiento físico, biológico y químico con 90%, 82,6% y 76,4% respectivamente.
- ✓ Los beneficios encontrados fueron los siguientes, respecto al tiempo de hidrólisis resaltan los pretratamientos combinados donde se consideran rápidos en el proceso de hidrólisis. Por hallazgos encontrados, se determinó que los pretratamientos biológicos, ya que utilizan residuos orgánicos, dan como resultado fertilizantes orgánicos debido al proceso de metanización. Respecto al nivel de generación económica se concluye que el pretratamiento más económico es el biológico a comparación del resto de tipos de pretratamientos debido a que utilizan equipos o sustancias que requieren de mantenimiento y son costosos.
- ✓ Las desventajas encontradas entre los pretratamientos fueron dos, la primera consistió respecto al consumo de energía en los pretratamientos, el pretratamiento más recomendado por su baja necesidad de consumo de energía es el pretratamiento biológico dado que el hongo para su desarrollo requiere de tiempo, mas no llevar a algún parámetro como temperatura, o

necesidad del consumo de compuestos químicos, por el contrario con el pretratamiento físico requiere de un alto consumo de energía para obtener el fresado, o asimismo de una temperatura adecuada en el pretratamiento físico. Y la segunda desventaja encontrada, fue los sub productos adicionales, donde se concluye que los pretratamientos químicos generan residuos debido a que se dosifica las sustancias químicas con el residuo de paja y cascara de arroz con el fin de hallar el pretratamiento más eficiente y estos no son amigables con el ambiente.

VI. RECOMENDACIONES

Para complementar y/o mejorar futuras investigaciones académicas respecto al tema de esta investigación se recomienda lo siguiente:

- ✓ Se debe considerar o monitorear los parámetros y concentraciones correctas en los postulados dado que de no ser controladas estos en los pretratamientos químicos o físicos, se podrían generar compuestos tóxicos que afecten al medio ambiente o también compuestos inhibidores en el proceso digestión anaeróbica que desestabilice y genere lentitud en la operación.

- ✓ Hondar más en artículos de pretratamientos biológicos para aportar mayor base científica como elección de un pretratamiento sea variando la especies (hongos).

REFERENCIAS

- 1- Abaide, E. *et al.* Reasons for processing of rice coproducts: Reality and expectations. *Biomass and Bioenergy*. [en línea] marzo noviembre 2018, n° 120 [fecha de consulta: 12 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S096195341830326X>
- 2- Amnuaycheewa, P., Hengaroonprasan, R., Rattanaporn, K., Kirdponpattara, S., Cheenkachorn, K., y Sriariyanun, M. (2016). Improvement of enzymatic hydrolysis and biogas production from rice straw by pre-treatment with organic acids. [En línea] 2017, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0926669016302990?via%3Dihub>
- 3- ARLA V., MARIA M., GIRALDO M., CLARA V., Investigación y educación en enfermería. [en línea] mayo 2011, n° 42 [fecha de consulta: 09 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/1052/105222406020.pdf>
- 4- AVANZAS, Pablo *et al.* Consideraciones éticas de la publicación de artículos científicos. *Revista española de cardiología*. [en línea] abril 2011, n° 64 [fecha de consulta: 20 de junio de 2020]. Disponible en: <https://www.revespcardiol.org/es-pdf-S0300893211002739>
- 5- BEIDAGHY, Hossein *et al.* Generation of high quality biogenic silica by combustion of rice husk and rice straw combined with pre- and post-treatment strategies—A review. *Applied sciences*. [en línea] enero-marzo 2019 [fecha de consulta]. Disponible en https://www.researchgate.net/publication/331781390_Generation_of_High_Quality_Biogenic_Silica_by_Combustion_of_Rice_Husk_and_Rice_Straw_Combined_with_Pre-_and_Post-Treatment_Strategies-A_Review
- 6- Carlos-Hernández, S., Sanchez, E. N., Béteau, J.-F., & Jiménez, L. D. (2014). Análisis de un Proceso de Tratamiento de Efluentes para Producción de Metano [en línea] enero-marzo 2019 [fecha de consulta]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1697791214000132>

- 7- CISTERNA, Francisco. Categorización y triangulación como procesos de validación del conocimiento en investigación cualitativa. *Theoria*. [en línea] marzo – mayo 2005, vol. 14, n° 1 [fecha de consulta: 28 de mayo de 2020]. Disponible en: <http://www.ubiobio.cl/theoria/v/v14/a6.pdf?PHPSESSID=2658468bdb78a164febc0ee6ce982258>
- 8- DU, Jing, *et al.* The feasibility of shortening the pretreatment time for improvement of the biogas production rate from rice straw with three chemical agents. *BioResources*. [en línea] 2019, vol. 14 n° 2. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=7&sid=edf3353b-379c-48ae-a2b5-071c0cf15df7%40pdc-v-sessmgr05>
- 9- DU, Jing *et al.* Hydrothermal and alkaline thermal pretreatment at mild temperature in solid state for physicochemical properties and biogas production from anaerobic digestion of rice straw. *Renewable Energy* [en línea]. Enero-febrero 2019, n.º 139. [fecha de consulta: 24 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119301107>
- 10- ERAZO, M. Rigor científico en las prácticas de investigación cualitativa. *Ciencia, Docencia y Tecnología*. [en línea] mayo 2011, n° 42 [fecha de consulta: 09 de junio de 2020]. Disponible en <https://www.redalyc.org/pdf/145/14518444004.pdf>
- 11- FARDIN, Jussara, De Barros, Odair y DIAS, Augusto. Biomass: Some Basics and Biogas. *Advances in Renewable Energies and Power Technologies*. [en línea]. 2018, [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128131855000012>
- 12- GASPARELLO De Oliveira, Leandro Comparação de alternativas de produção de biogás a partir da combinação de substratos da suinocultura com resíduos de batata da região dos campos gerais: oportunidades e discussões, tesis (Magister en ingeniería producción), Brasil: Universidad Tecnológica Federal de Paraná, 2018. P. 46. Disponible en:

http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/3288/1/PG_PPGEPM_Oliveira%2c%20Leandro%20Gasparello%20de_2018.pdf

- 13-GOEL, Ramesh, *et al.* Fungal pretreatment and associated kinetics of rice straw hydrolysis to accelerate methane yield from anaerobic digestion. *Bioresource Technology*. [en línea] marzo – abril 2019, n° 286. [fecha de consulta: 08 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241930598X>
- 14-González-Sánchez, M. E., Pérez-Fabiel, S., Wong-Villarreal, A., Bello-Mendoza, R., & Yañez-Ocampo, G. (2015). Residuos agroindustriales con potencial para la producción de metano mediante la digestión anaerobia. [en línea]. 2015, [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0325754115000826>
- 15-GONZALES, Erika, JURADO, Catalina y GÓMEZ, Luis. Substrates and production of biogas in biodigesters. A systematic review. *Ingeciencia*. [en línea] vol. 2, n.º 1. [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en http://editorial.ucentral.edu.co/ojs_uc/index.php/Ingeciencia/article/view/2352
- 16-GU Y., Zhang Y. y Zhou X. Effect of Ca (OH)₂ pretreatment on extruded rice straw anaerobic digestion. *Bioresource Technology*. [en línea] mayo – junio, n° 196. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415009578>
- 17-HAIDER, MR, Zeshan, Yousaf, S., Malik, RN y Visvanathan, C. Effect of the mixing ratio of food waste and co-digestion of rice husk and substrate to inoculum ratio on biogas production. [En línea] 2015, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852415002916?via%3Dihub>
- 18-HASHFI, Abdul y HADIYANTO, Hady. optimization of biogas production from rice husk waste by solid state anaerobic digestion (ssad) using response surface methodology. *Journal of Environmental Science and Technology*. [en línea] 2018, vol. 11 n° 3. [fecha de consulta: 13 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.scopus.com/home.uri> ISSN 1994 - 7887

- 19-Huang, C., Guo, H.-J., Wang, C., Xiong, L., Luo, M.-T., Chen, X.-F., Chen, X.D., Efficient continuous biogas production using lignocellulosic hydrolysates as substrate: a long term study on a semi-pilot scale. [En línea] 2017, nº 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890417307999?via%3Dihub>
- 20-HUANG, Wenbo, *et al.* Full utilization of nutrients in rice straw by integrating mushroom cultivation, biogas production, and fertilizer use. *Int J Agric & Biol Eng.* [en línea] julio 2019, vol. 12 nº 4. [fecha de consulta: 30 de setiembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852420307215#:~:text=Alkaline%2C%20photocatalytic%20and%20combined%20pretreatment,to%20alkaline%20and%20combined%20pretreatment>.
- 21-HUANG, Yu-Fong, LO, Shang-Lien. Utilization of rice hull and straw. Elsevier Inc. in cooperation with AACC International. [en línea] [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780128115084000198>
- 22-*INSTITUTO Nacional de Estadística e Informática.* Abril de 2020, nº 4. Disponible en http://m.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/boletines/informe_panorama_abril2020.pdf
- 23-JEANNETTE A., Apuntes de métodos de Investigación en ciencias sociales. Colección esquemas [en línea] mayo 2009, [fecha de consulta: 01 de junio de 2020]. Disponible en https://trabajodegradoucm.weebly.com/uploads/1/9/0/9/19098589/tipos_de_investigacion.pdf
- 24-JIMENEZ R., Metodología de la Investigación. Elementos básicos para la investigación clínica. Editorial Ciencias Médicas [en línea] enero – marzo 1998, [fecha de consulta: 01 de junio de 2020]. Disponible en: http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/bioestadistica/metodologia_de_la_investigacion_1998.pdf
- 25-KAINTHOLA, Jyoti, KALAMDHAD, Ajay y GOUD, Vaibhav. A review on enhanced biogas production from anaerobic digestion of lignocellulosic

- biomass by different enhancement techniques. *Process Biochemistry*. [en línea] enero – mayo 2019, n.º 84. [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1359511319301217>
- 26-KAINTHOLA, Jyoti; KALAMDHAD, Ajay y GOUD, Vaibhav. Enhanced methane production from anaerobic co-digestion of rice straw and hydrilla *verticillata* and its kinetic analysis. *Biomass and Bioenergy*. [en línea] abril 2019, n.º 125. [fecha de consulta: 07 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718313173>
- 27-KAINTHOLA J., *et al*, Enhanced methane potential of rice straw with microwave assisted pretreatment and its kinetic analysis. *Journal of Environmental Management*. [en línea] octubre – noviembre 2018, n.º 232. [fecha de consulta: 10 de noviembre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479718313173?via%3Dihub>
- 28-KAUR, K. y Phutela, UG (2016). Improvement of rice straw digestibility and biogas production through pre-treatment with sodium hydroxide and microwaves. *Renewable energies* [en línea] 2017, n.º 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148116300830?via%3Dihub>
- 29-KUCHARSKA, Karolina *et al*. Key issues in modeling and optimization of lignocellulosic biomass fermentative conversion to gaseous biofuels. *Renewable Energy*. [en línea] febrero – mayo 2018, n.º 129 [fecha de consulta: 29 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118306487>
- 30-KUMAR R., KUMAR G., PAL P. Synergy of biofuel production with waste remediation along with valueadded co-products recovery through microalgae cultivation: A review of membrane-integrated green approach. *Science of the Total Environment* [en línea] junio-agosto 2019 [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719341464>

- 31-KUMARI, Dolly y SINGH, Radhika. Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [en línea] marzo 2018, n° 90 [fecha de consulta: 05 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032118302041>
- 32-LIU, Yang *et al.* Change to biogas production in solid-state anaerobic digestion using rice straw as substrates at different temperatures. *Bioresource Technology* [en línea]. Julio-agosto 2019, n.º 293. [fecha de consulta: 24 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419312969>
- 33-LI, Xiaoli, *et al.* Quantitative visualization of subcellular lignocellulose revealing the mechanism of alkali pretreatment to promote methane production of rice straw. *Biotechnology for Biofuels*. [en línea] 2020 vol. 13 n° 8. [fecha de consulta: 02 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2341164451/D86EC9A9C9404A27PQ/66>
- 34-Loy, ACM, Gan, DKW, Yusup, S., Chin, BLF, Lam, MK, Shahbaz, M., Rianawati, E. (2018). Thermogravimetric kinetic modelling of in-situ catalytic pyrolytic conversion of rice husk to bioenergy using rice hull ash catalyst. [En línea] 2018, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852418305236?via%3Dihub>
- 35-LIU, Yang, *et al.* Change to biogas production in solid-state anaerobic digestion using rice straw as substrates at different temperatures. *Bioresource Technology*. [en línea] agosto 2019, n° 293. [fecha de consulta: 10 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852419312969>
- 36-MANCINI, Gabriele, *et al.* A preliminary study of the effect of bioavailable Fe and Co on the anaerobic digestion of rice straw. *Energies*. [en línea] febrero 2019, vol. 12, n° 577. [fecha de consulta: 03 de octubre de 2020]. Disponible en:

<https://www.proquest.com/docview/2403007918/fulltextPDF/D86EC9A9C9404A27PQ/32>

- 37- María, D., Ana, M., Análisis documental y de información: dos componentes de un mismo proceso. [En línea] 2004, nº 1. [Fecha de consulta: 03 de Julio de 2020]. Disponible en http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1024-94352004000200011
- 38- Menardo, S., Cacciatore, V. y Balsari, P. (2015). Producción discontinua y continua de biogás a partir de piensos que varían en volumen de paja de arroz después del pretratamiento con extrusión. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S096085241500005X?via%3Dihub>
- 39- Momoh, OLY y Ouki, S., Development of a new fractal-type kinetic model to elucidate the effect of particle size on the mechanism of hydrolysis and biogas yield from lignocellulosic biomass. [En línea] 2018, nº 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148117310984?via%3Dihub>
- 40- Mustafa, AM, Poulsen, TG, Xia, Y. y Sheng, K., Combinations of mushroom pre-treatment and milling to improve rice straw biogas production during solid state anaerobic digestion. [En línea] 2017, nº 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261916310856?via%3Dihub>
- 41- MUSTAFA, Ahmed, *et al.* Combinations of fungal and milling pretreatments for enhancing rice straw biogas production during solid-state anaerobic digestion. Bioresource Technology. [en línea] agosto – noviembre 2016, nº 224. [fecha de consulta: 11 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852416315334>
- 42- Mustafa, AM, Poulsen, TG, Xia, Y. y Sheng, K. (2017). Combinaciones de pretratamientos fúngicos y de molienda para mejorar la producción de biogás de paja de arroz durante la digestión anaeróbica en estado sólido. Disponible en:

- <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852416315334?via%3Dihub>
- 43- Momayez, F., Karimi, K. y Horváth, IS (2018). Mejora de la producción de etanol y metano a partir de paja de arroz mediante pretratamiento con residuos líquidos de la planta de biogás. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0196890418311233?via%3Dihub>
- 44- NADALETI, Willian. Utilization of residues from rice parboiling industries in southern Brazil for biogas and hydrogen-syngas generation: Heat, electricity and energy planning. *Renewable Energy* [en línea]. Junio-julio 2018, n.º 131. [Fecha de consulta: 25 de abril]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148118307997>
- 45- NYGAARD, Ivan *et al.* Lignocellulosic residues for production of electricity, biogas or second generation biofuel: A case study of technical and sustainable potential of rice straw in Mali. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [en línea] enero – marzo 2016, nº 61, [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002586>
- 46- Nygaard, I., Dembelé, F., Daou, I., Mariko, A., Kamissoko, F., Coulibaly, N., Bruun, TB (2016). Lignocellulosic waste for the production of electricity, biogas or second generation biofuel: a case study of the technical and sustainable potential of rice straw in Mali *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [En línea] 2017, nº 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032116002586?via%3Dihub>
- 47- OMIDVAR, Maryam, *et al.* Enhanced ethanol and glucosamine production from rice husk by NaOH pretreatment and fermentation by fungus *Mucor hiemalis*. *Biofuel Research Journal*. [en línea] julio – setiembre 2016, nº 11 [fecha de consulta: 04 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.proquest.com/docview/2442977243/D86EC9A9C9404A27PQ/5>

- 48-Okeh, OC, Onwosi, CO y Odibo, FJC (2014). Biogas production from rice husks generated in several rice mills in Ebonyi State, Nigeria. [En línea] 2017, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148113003510?via%3Dihub>
- 49-ORGANIZACIÓN de las Naciones Unidas para la Alimentación y la agricultura. Febrero de 2020. Disponible en <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/es/>
- 50-PANSRIPONG, Saran, *et al.* Effect of ultrasonic pretreatment on biogas production from rice straw. Oriental journal of chemistry. [en línea] julio – agosto 2019, vol. 35, n° 4. [fecha de consulta: 05 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://www.orientchem.org/vol35no4/effect-of-ultrasonic-pretreatment-on-biogas-production-from-rice-straw/#:~:text=The%20effect%20of%20ultrasonic%20pretreatment,time%20decreased%20the%20hemicellulose%20content.>
- 51-QIAN, Yuting, *et al.* Hydrothermal and alkaline thermal pretreatment at mild temperature in solid state for physicochemical properties and biogas production from anaerobic digestion of rice straw. Renewable Energy. [en línea] enero – febrero 2019, n° 139. [fecha de consulta: 06 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960148119301107>
- 52-REYES, Edwin. Generación de biogás mediante el proceso de digestión anaerobia, a partir del aprovechamiento de sustratos orgánicos. Revista Científica de FAREM-Estelí. [en línea] octubre-diciembre 2017 n.º 24 [fecha de consulta: 02 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.lamjol.info/index.php/FAREM/article/view/5552>
- 53-SABEEH, Mariam, *et al.* Effect of alkaline and alkaline - photocatalytic pretreatment on characteristics and biogas production of rice Straw. Bioresource Technology. [en línea] febrero – abril 2020, n° 309. [fecha de consulta: 01 de octubre de 2020]. Disponible en: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?vid=9&sid=edf3353b-379c-48ae-a2b5-071c0cf15df7%40pdc-v-sessmgr05>

- 54-SALGADO A., Investigación Cualitativa: Diseños, evaluación del rigor metodológico y retos. LIBERABIT. [en línea] septiembre 2007, n° 13 [fecha de consulta: 04 de junio de 2020]. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/liber/v13n13/a09v13n13.pdf>
- 55-SOLARTE J., CHACON Y. y CARDONA C. Evaluation of biogas and syngas as energy vectors for heat and power generation using lignocellulosic biomass as raw material. Electronic Journal of Biotechnology [en línea] marzo 2018, [fecha de consulta: 05 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0717345818300101>
- 56-SOLTANIAN, Salman *et al.* A critical review of the effects of pretreatment methods on the exergetic aspects of lignocellulosic biofuels. Energy Conversion and Management. [en línea] febrero-marzo 2020, n.º 212. [fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0196890420303307>
- 57-Shetty, D. J., Kshirsagar, P., Tapadia-Maheshwari, S., Lanjekar, V., Singh, S. K., & Dhakephalkar, P. K. (2017). Alkali pretreatment at ambient temperature: A promising method to enhance biomethanation of rice straw. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852416316546?via%3Dihub>
- 58-Sfez, S., De Meester, S. y Dewulf, J. (2017). Co-management of rice straw and cow dung to provide cooking fuel and fertilizer in rural India: impact on human health, resource flows and climate change. [En línea] 2017, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969717318533?via%3Dihub>
- 59-SURRA, Elena, *et al.* Biomethane production through anaerobic co-digestion with Maize Cob Waste based on a biorefinery concept: A review. Journal of Environmental Management [en línea] junio-agosto 2019, n.º 249. [fecha de consulta: 01 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719310606>
- 60-TAM, J., G. VERA y R. OLIVEROS, Tipos, métodos y estrategias de investigación. Pensamiento y acción [en línea] enero – marzo 2008, [fecha

- de consulta: 01 de junio de 2020]. Disponible en: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/articulos/imarpe/oceanografia/adj_m odela_pa-5-145-tam-2008-investig.pdf.
- 61-Tania, P., Johann P., La complejidad del Análisis Documental. [En línea] 2007, n° 1. [Fecha de consulta: 03 de Julio de 2020]. Disponible en <http://eprints.rclis.org/17138/>
- 62-Teghammar, A., Karimi, K., Sárvári Horváth, I. y Taherzadeh, MJ (2012). Producción mejorada de biogás a partir de paja de arroz, paja de triticale y piceas de madera blanda mediante pretratamiento NMMO. Disponible en [https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411005289?via %3Dihub](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0961953411005289?via%3Dihub)
- 63-TSAVKELOBA y NETRUSOV. Biogas Production from Cellulose Containing Substrates: A Review. Applied Biochemistry and Microbiology. [en línea] Vol.48, n° 5. [fecha de consulta: 01 de mayo]. Disponible en <https://search.proquest.com/docview/1038759546/9E946745FD514848PQ/16?accountid=37408>
- 64-UNREAN P, *et al.* Comparative techno-economic assessment and environmental impacts of rice husk-to-fuel conversion technologies. Energy [en línea]. Febrero-marzo 2018, [fecha de consulta: 15 de mayo de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544218305218>
- 65-VAMERO, M. Manual de Biogas. 1er Edición. Santiago de Chile FAO (2011). Disponible en www.fao.org/3/as400s/as400s.pdf
- 66-WACHEMO, Akiber *et al.* Continuous dynamics in anaerobic reactor during bioconversion of rice straw: Rate of substance utilization, biomethane production and changes in microbial community structure. Science of the Total Environment [en línea] marzo-mayo 2019, n.º 687. [fecha de consulta; 25 de abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969719324647>
- 67-Wang, D., Ai, P., Yu, L., Tan, Z. y Zhang, Y. (2015). Comparación del rendimiento de hidrólisis y producción de biogás de pretratamientos alcalinos y ácidos de paja de arroz mediante fermentación anaeróbica en

- dos etapas. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511015000306?via%3Dihub>
- 68-YU, Qiong *et al.* A review of crop straw pretreatment methods for biogas production by anaerobic digestion in China. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. [en línea] enero-febrero 2019, n° 107 [fecha de consulta: 06 de mayo de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119301133>
- 69-YUAN, Hairong, *et al.* Improving physicochemical characteristics and anaerobic digestion performance of rice straw via ammonia pretreatment at varying concentrations and moisture levels. *Chinese Journal of Chemical Engineering*. [en línea] junio – julio 2019. [fecha de consulta: 09 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1004954119308055>
- 70-Zelanda, A. M., Roskilly A. P. y D. W. Graham, The Effect of Feeding Frequency and Organic Loading Rate on the Anaerobic Digestion of Chinese Rice Straw [En línea] 2017, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917307274?via%3Dihub>
- 71-Zhan-jiang, P., Jie, L., Feng-mei, S., Su, W., Ya-bing, G. y Da-lei Zhang. High-strength anaerobic digestion of food waste and rice straw for biogas production. [En línea] 2014, n° 1. [Fecha de consulta: 28 de Abril de 2020]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1006810415300210>
- 72-ZHANG, Min, *et al.* Biogas and quality fertilizer production from dry anaerobic digestion of rice straw with nitrogen addition. *Bioresource Technology Reports*. [en línea] abril – julio 2020. [fecha de consulta: 12 de octubre de 2020]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2589014X20301304>
- 73-Zhang, H., Zhang, P., Ye, J., Wu, Y., Fang, W., Gou, X. y Zeng, G. (2016). Mejora de la producción de metano a partir de paja de arroz con pretratamiento del fluido ruminal: un estudio de viabilidad. Disponible en:

<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0964830516300919?via%3Dihub>

- 74- Zhou, J., Yang, J., Yu, Q., Yong, X., Xie, X., Zhang, L., Jia, H. (2017). Diferentes tasas de carga orgánica en la producción de biogás durante la digestión anaeróbica de paja de arroz: un estudio piloto. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960852417312622?via%3Dihub>.

ANEXOS

Anexo N° 1: Matriz de categorización apriorística.

Objetivo General	Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Categoría	Subcategoría	Criterio N° 1	Criterio N° 2	Criterio N° 3
Sistematizar los pretratamientos aplicados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> .	¿Qué pretratamientos son utilizados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> ?	Identificar los pretratamientos utilizados en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> .	Pretratamiento utilizado	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Químico. ✓ Físico. (Soltania, 2020). ✓ Biológico. ✓ Combinado (Surra, 2019). 	De acuerdo al nivel de justificación de mejora que es enfocado	De acuerdo al nivel de contenido (%) de metano (CH ₄)	Respecto al tiempo de digestión anaeróbica.
	¿Qué beneficios encontramos al aplicar los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> ?	Identificar los beneficios que resultan al aplicar los pretratamientos en la digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> .	Beneficios	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Ambiental. (Nygaard, 2016). ✓ Social. (Tsavkelova, 2011) ✓ Económico. (Reyes, 2017). 	Respecto al tiempo de hidrólisis de la producción	Respecto a los hallazgos encontrados	Respecto al nivel de generación económico
	¿Qué desventajas encontramos en los pretratamientos de digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> ?	Describir las desventajas de los pretratamientos de digestión anaeróbica para la producción de biogás con residuos de <i>Oryza Sativa</i> .	Desventajas entre pretratamientos	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Generar impactos (Yu, 2019). 	Respecto a generar sub productos adicionales (compuestos tóxicos).	Respecto a la cantidad de consumo de energía en los procesos operacionales.	--

Fuente: Elaboración propia

Anexo N° 2: Ficha de recolección de datos.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
--	---

TÍTULO: Full utilization of nutrients in rice straw by integrating mushroom cultivation, biogas production, and fertilizer use.

CÓDIGO PDA-001	AÑO DE PUBLICACIÓN 2019	LUGAR DE PUBLICACIÓN CHINA
--------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

TIPO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL	TIPO DE PRETRATAMIENTO: BIOLÓGICO	AUTOR (ES): Huang, W., et al
---	---	--

PALABRAS CLAVES:	Rice straw, <i>Pleurotus Ostreatus</i> , anaerobic digestión.
COMPUESTO UTILIZADO:	Hongo (<i>Pleurotus. Ostreatus</i>)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz 10% humedad, Tamaño 30-40 mm almacenada temperatura ambiente/ pH 7,5 -8, baño de agua 35°C agitación manual 2 veces al día por 45 días. hongo cultivada en aserrín / 24 horas / T° ambiente
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Al tener 90 % de humedad en DA, los ácidos grasos volátiles se diluyen en el sistema liquido (evita la acidificación).
TIPO DE PROCESO:	Convencional complejo e integrada / aumenta el capital y los costos operacionales al llevarlo a una gran escala (industrializada).
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Rendimiento de biometano: 133,0 L/kg SV) Eficiencia en producción de metano: 50 % a los 14 días total 60% a los 45 días.) Producción de biogás 984,0 mL a los 45 días.) Uso eficiente del hongo es de 40,1 %.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Uso de residuos orgánicos (paja de arroz) es amigable con el medio ambiente.) Productos resultantes de la DA son un cultivo de hongos y fertilizantes orgánicos.) Beneficia a la comunidad en la comercialización (alimento seco (hongos), energía limpia y fertilizante orgánico.) No genera compuestos tóxicos.) No consume energía en sus procesos, pero si requiere de un alto consumo de agua para mantener el porcentaje de humedad.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: The feasibility of shortening the pretreatment time for improvement of the biogas production rate from rice Straw with chemical agents.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-002	2019	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Du Jing, et al.

PALABRAS CLAVES:	Room temperature, solid state, chemical pretreatment, straw, methane production.
COMPUESTO UTILIZADO:	(a) H_2O_2 / (b) $Ca(OH)_2$ / (c) NH_3-H_2O
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz secado y cortado a 5mm / almacenado a 4°C / humedad 75% nivel de concentración (a) 3%, (b) 8% y (c) 5% / pH 7,5 y el digestor a 37°C.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Elimina lignina y hemicelulosa al romperse la estructura de la pared celular en pequeñas moléculas, baja cristalinidad y aumento el proceso de hidrólisis.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Rendimiento de biometano (a) 182,6 mL/g, (b) 198,0 mL/g y (c) 185,2 mL/g.) Eficiencia en producción de metano: (a) 35,4% al 7 día, (b) 45,8 % al 3 día y (c) 37,5 % al 5 día.) rendimiento de biogás (a) 386,6 mL/g; (b) 413,46 mL/g; (c) 390,5 mL/g.) Proceso de DA fue de 30 días.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Usa residuos orgánicos como paja de arroz.) Solo genera como producto final biogás ecológico.) No es recomendable su comercialización debido a que necesita 30 días de recuperación y no es factible.) Al ser un tratamiento en estado sólido no genera compuestos tóxicos.) No consume energía en sus procesos.) Resultan corrosión de equipos.) Disminuye extractos de benceno y alcohol.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Effect of alkaline and alkaline – photocatalytic pretreatment on characteristics and biogas production of rice straw.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-003	2020	EE.UU

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Sabeeh Mariam, et al.

PALABRAS CLAVES:	Alkaline pretreatment, anaerobic digestion, rice Straw, titanium nanoparticles photocatalytic.
COMPUESTO UTILIZADO:	(a) NaOH / (b) nano partícula de TiO ₂ / (c) alcalino -foto catalítico
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz al 10 % humedad; triturada a 1 mm almacén a temperatura ambiente. (a) 1,5% NaOH, tiempo 3 h proporción 1:20; pH neutral (b) 0,25% TiO ₂ , 4 lámpara UV, proporción 1:20, 3h de agitación 120 rpm. (c) 1,5% NaOH + 0,25% TiO ₂ 37°C digestión pH 7.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Degradación de lignina por la ruptura de enlaces éter y glucosídicos en la pared celular.
RESULTADOS:	)} Rendimiento de metano: (a) 498 NmL/g, (b) 397 NmL/g y (c) 645 Nm/L.)} Eficiencia en producción de metano (a) 50%; (b) 71% y (c) 122%.)} Rendimiento de biogás: (a) 724 Nm/L; (b) 626 Nm/L y (c) 645 Nm/L.)} Proceso de DA fue de 45 días.
CONCLUSIONES:	)} Uso de residuos orgánicos (paja de arroz).)} Solo genera como producto final biogás ecológico.)} Se puede comercializar el biogás.)} Genera como sub productos restos de titanio y NaOH)} Consumo de energía moderado.)} Leer mayor información para recuperar los desechos inorgánicos y disminuir el impacto ambiental.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Effect of ultrasonic pretreatment on biogas production from rice straw.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-004	2019	TAILANDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	FÍSICO	Pansriporg, S. et al.

PALABRAS CLAVES:	Pretreatment, ultrasonic, biogas, rice straw.
COMPUESTO UTILIZADO:	ULTRASONIDO
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz al tamaño de 2,5 mm y humedad al 12 %. Equipo con 8 transductores al fondo con frecuencias de 37 kHz y 102 kHz. pH al 7,0 – velocidad de agitación 150 rpm y temperatura a 35°C.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Influir significativamente en el compuesto hemiceluloso, descomponer mecánicamente la pared celular y el enlace éter de bencilo entre lignina y polisacárido.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) El rendimiento de metano en la frecuencia de 37 kHz fue de 250,36 mL/g SV.) El rendimiento de metano en la frecuencia de 102 kHz fue de 243,79 mL/g SV.) Al día 10 aumento la producción de metano) El proceso se estabilizo a los 45 días.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Uso de residuos orgánicos.) El pretratamiento es seguro y respetuoso con el medio ambiente.) No se produce un producto adicional al biogás.) No genera sub productos tóxicos o contaminantes.) Comparación con otros pretratamientos físicos el consumo de energía es menor, pero al ser comparado con un pretratamiento químico es alta.) El rendimiento de metano es menor que un pretratamiento químico, pero mejor que otro pretratamiento físico.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Hydrothermal and alkaline thermal pretreatment at mild temperature in solid state for physicochemical properties and biogas production from anaerobic digestion of rice straw.

CÓDIGO PDA-005	AÑO DE PUBLICACIÓN 2019	LUGAR DE PUBLICACIÓN CHINA
TIPO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL	TIPO DE PRETRATAMIENTO: COMBINADO	AUTOR (ES): Du, Jing, et al

PALABRAS CLAVES:	Solid state, mild hydrothermal, alkaline thermal, pretreatment, anaerobic.
COMPUESTO UTILIZADO:	CaOH Diferentes concentraciones (0,5; % 2 %y 5 %)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz a un tamaño de 5 mm, secado a ambiente, almacenado a 5°C y un pH de 7,62. Humedad 60% Presión normal proporción de 1:5; 200 rpm temperatura de 37°C tiempo 35 días.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	El pretratamiento brinda una fuerte capacidad de deslignización (daño de la estructura y disolución de la materia orgánica).
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">)] El pretratamiento alcalino produce 411,1 mL/g SV)] Al sexto día es una producción más eficiente 50 % de metano. A los 18 días mayor producción de biogás.)] El pretratamiento hidrotermal produce 360,0 mL/g VS de biogás.)] Al día 16 es la producción más eficiente de metano de 63,89 %. Al día 13 es la mayor producción de biogás.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">)] El costo operacional aumenta al tratar de neutralizar el procedimiento en la digestión anaeróbica.)] El pretratamiento alcalino es más eficiente en la taza de producción de biogás.)] El pretratamiento es más económico al agregar Na (OH) al 2 %.)] Utiliza residuos orgánicos en los procesos.)] Es seguro en los procesos debido al proceso en estado sólido.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Fungal pretreatment and associated kinetics of rice Straw hydrolysis to accelerate methane yield from anaerobic digestion.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-006	2019	INDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	BIOLÓGICO	Kainthola J., Kalamdhad A., Goud V. y Goel R.et al.

PALABRAS CLAVES:	Anaerobic digestion, rice Straw, lignocellulosic, fungal pretreatment biogas
COMPUESTO UTILIZADO:	<i>Pleurotus Ostreatus</i> (PO) <i>Phanerochaete Chrysosporium</i> (PC) <i>Ganoderma Lucidum</i> (GL)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	La paja de arroz es secada al ambiente, de un tamaño de 5 a 10 mm, pH 6,7. Hongos se cultivaron en placas de agar papa dextrosa a 30°C en un tiempo de 7 días, el porcentaje de humedad es PO – 75%, PC – 70% y GL – 65%. La incubadora presenta un temperatura de 30°C, 70% humedad, agitación 150 rpm y tiempo de 28 días.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Los hongos descomponen la matriz lignocelulósica, y los compuestos secretados por el hongo es responsable de la degradación de la paja de arroz, luego estos se transforman en AGV, que se degradan a acetato y este en biogás.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Tiempo de producción de metano es de 35 días, después el rendimiento es insignificante.) Producción de metano PC – 339,31 ml/g VS; GL – 295,91 ml/gVS; PO 269,99 ml/gVS.) PC es más eficiente 2,22 veces mayor en comparación de una paja sin tratar; GL 1,88 y PO 1,64.) El rendimiento máximo de PC es al 13 día de 147,38 ml; GL es al día 14 de 143,06 ml y de PO al día 8 de 121,63.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Tiene un bajo consumo de energía en sus procesos.) Reduce el tiempo de retención para obtener el máximo rendimiento) La constancia de gas retraso es el tiempo necesario para que las bacterias se aclimatisen en el sistema.) Pretratamiento eficaz.) Se recomienda a escala industrial.) No genera compuestos tóxicos y es amigable con el ambiente.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Improving phytochemicals characteristics and anaerobic digestion performance of rice straw via ammonia pretreatment at varying concentrations and moisture levels.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-007	2019	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	COMBINADO	Yuan H.; Guan R.; Chufo A.; Zhang Y.; Zuo X. y Li X.

PALABRAS CLAVES:	Anaerobic digestión, ammonia pretreatment, rice Straw, physicochemical carácter, lignocellulosic.
COMPUESTO UTILIZADO:	Amoniaco (concentraciones 2%, 4% y 6%) Humedad (30%, 50%, 70% y 90%)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz a un tamaño de 5 mm, temperatura de 35°C agitación a 120 rpm x 3 min incubación por 7 días. Digestión por 55 días a 35°C, pH inicial 9,35, pH final 7,96 – 8,80
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	El amoniaco daña efectivamente la estructura de arroz, aumentando la concentración orgánica soluble y mejora la hidrolisis de la paja de arroz, elimina lignina, se expone la estructura interna, en tal sentido las bacterias anaeróbicas entran en contacto con celulosa y hemicelulosa y digieren eficazmente.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Concentración de humedad de 70% y 90% tienen un aumento de producción de metano del 2 día hasta llegar al día 30.) Concentración de humedad de 30% y 50% tienen un aumento de producción de metano del 2 día hasta llegar al día 25.) El mayor porcentaje de producción de metano fueron con una concentración de 4% y humedad al 70% aumentando un 28,55% producción de 250,34 ml/g SV
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Puede tener problemas de costos de reactivos.) Mejora las características y comportamiento de la paja de arroz.) Tiene un alto consumo de agua.) Por contener productos químicos puede generar otros compuestos.) Es eficiente en comparación con otros pretratamientos químicos como CaO y NaOH.) Pretratamiento eficiente.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Combinations of fungal and milling pretreatments for enhancing rice straw biogas production during solid-state anaerobic digestion

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-008	2016	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	COMBINADO	Mustafa A.; Poulsen T.; Xia Y. y Sheng K.

PALABRAS CLAVES:	Rice straw, fungal pretreatment, milling, incubation time, solid state anaerobic digestion and methane yield.
COMPUESTO UTILIZADO:	Molienda 2 mm Hongo <i>Pleurotus ostreatus</i>
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Paja de arroz diámetro 2 mm (molienda) almacenado a T° ambiente, pH 7,91. <i>Pleurotus ostreatus</i> cultivado en agar papa dextrosa incubado a 28°C por 7 días humedad al 70%. Digestión duro 30 días a 37°C.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Fuerte impacto en la degradación de los 4 componentes de la paja de arroz con el uso del hongo, la molienda rompe la estructura de la paja y aumenta superficie específica.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) En el experimento físico – fúngico arrojó un rendimiento de biogás 299 Lkg VS) Rendimiento de metano 212 Lkg VS y su contenido al 71% en 30 días debido a que mejoro la degradabilidad en condiciones anaeróbicas.) En el experimento fúngico – físico el rendimiento de biogás es 353 mL/g VS aumento un 17,7%.) Rendimiento de metano 258 Lkg VS aumento 18,9% y su contenido al 72,6% aumento 0,9 % en comparación, debido a la combinación apropiada entre el hongo y la molienda aumenta significativamente el rendimiento energético.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Aumento en el tiempo de incubación, aumenta significativamente eliminación de lignina y el rendimiento final de metano.) Consumo de energía) Tiempo de digestión de 30 días para un rendimiento óptimo.) Amigable con el medio ambiente.) No genera compuestos tóxicos.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Enhanced methane potential of rice straw with microwave assisted pretreatment and its kinetic analysis.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-009	2019	INDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	FÍSICO	Kainthola J, Shariq M., Kalamdhad A. y Goud V.

PALABRAS CLAVES:	Biogas, pretreatment, rice straw microwave.
COMPUESTO UTILIZADO:	Microondas (Samsung CE 118 KF 7200 W).
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	P.A tamaño > 10 mm almacenado temperatura ambiente temperaturas 130, 150, 170, 190, 210 y 230 en tiempos de 2, 3, 4 y 5 Digestión de 30-35 °C.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Destruir la estructura lignocelulosa, mayor concentración de ácidos grasos volátiles.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) La concentración óptima fue de 190 °C por 4 min.) Se reduce la formación de compuestos fenólicos y heterocíclicos.) Rendimiento de 325,76 mL/g VS) Tiempo de digestión 40 días aumentando un 17,98%.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) La alta velocidad de calentamiento disminuye la concentración de compuestos fenólicos.) Es económicamente viable considerando el gasto de energía adicional, ya que al calcular la producción de metano tiene una recuperación de energía.) Controlar los procesos ya que se puede generar los compuestos inhibidores.) Amigable con el medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia.

	FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO
---	---

TÍTULO: Effect of Ca (OH)₂ pretreatment on extruded rice straw anaerobic digestion

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-010	2015	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN: EXPERIMENTAL	TIPO DE PRETRATAMIENTO: COMBINADO	AUTOR (ES): Gu Y., et al
---	---	------------------------------------

PALABRAS CLAVES:	Biogas production, Ca (OH) ₂ , pretreatment, enzyme hydrolysis, extrusion pretreatment, rice straw.															
COMPUESTO UTILIZADO:	Estructora (2 tornillos) Ca (OH) diferentes concentraciones.															
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	P.A. T° ambiente, tamiz 20 mallas CaOH (5, 8, 10, 12 y 15%) incubación 25°C, 72 h, pH neutro digestión 35°C, 40 días.															
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Cambiar los enlaces inter e intramoleculares de la paja de arroz, también los enlaces de hidrogeno.															
RESULTADOS:	<p>) El rendimiento a diferentes concentraciones son:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: left;">8%</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">330,9</td> <td style="text-align: right;">ml/g</td> <td style="text-align: right;">SV</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">10%</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">327,8</td> <td style="text-align: right;">ml/g</td> <td style="text-align: right;">SV</td> </tr> <tr> <td style="text-align: left;">12%</td> <td style="text-align: center;">-</td> <td style="text-align: right;">322,6</td> <td style="text-align: right;">ml/g</td> <td style="text-align: right;">SV</td> </tr> </table> <p>) Mejor es a una concentración de 8% por la digestibilidad lógica y enzimática.</p> <p>) Metano 76,4 %</p> <p>) La estrucción puede rasgar parcialmente la superficie de paja de arroz y exponer la fibra celulosa en parte.</p>	8%	-	330,9	ml/g	SV	10%	-	327,8	ml/g	SV	12%	-	322,6	ml/g	SV
8%	-	330,9	ml/g	SV												
10%	-	327,8	ml/g	SV												
12%	-	322,6	ml/g	SV												
CONCLUSIONES:	<p>) Comparación con otros pretratamientos físicos (molienda) la estrucción parece provocar un menor consumo de energía.</p> <p>) Mejora significativamente la producción de biogás.</p> <p>) Aumenta la eficiencia de hidrolisis enzimática.</p> <p>) Sobrecargar el CaOH causaría mayor pérdida de carbohidratos fermentables</p> <p>) Uso de residuos agrícolas.</p>															

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Batch and continuous biogas production arising from feed varying in rice straw volumes following pre-treatment with extrusion.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-011	2015	Italia

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	COMBINADO	S. Menardo, V. Cacciatore, P. Balsari.

PALABRAS CLAVES:	Rice Straw, Biogas, Extrusion, Energy balance, Continuous stirred digester
COMPUESTO UTILIZADO:	Pretratamiento: Extrusora de dos tronillos contrarrotativos. Adición de níquel ((15 mg/kg), molibdeno (0,10 mg/kg), cloruro ferroso (30 mg/kg)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Se introdujo en el extrusor un total de 200 kg de biomasa (materia prima), 100 kilos se utilizaron para limpiar el extrusor y se tomó muestra de salida de 10 kg por biomasa extruida y se almaceno a 18°C hasta su análisis. El experimento duró 186 días.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	La composición media del material de alimentación en mesófilo y el digestor termófilo consistía en 200 kg de residuos sólidos (TS-90%), 410 kg de material digestivo (TS-21%), 454 L de agua, 15 mg de níquel, 27 g de pastel de ricino y 200 kg de RS (TS-90%), 460 kg de material digestivo (TS-19%), 410 L de agua, 10 mg de cobalto, 27 g de pastel de ricino, respectivamente.
RESULTADOS:	) Producción de biogás: La paja de arroz produjo 292, 250 y 241 mL/g de biogás.) Contenido de metano: 50,3%.
CONCLUSIONES:	) Como conclusión se obtiene que el pretratamiento de la materia prima por extrusión antes de su entrada en el digestor es válido para mejorar la mezcla del digestato y al igual para la producción de biogás.) Es amigable con el medio ambiente.) Poca viabilidad económica.) No genera compuestos tóxicos.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Combinations of fungal and milling pretreatments for enhancing rice straw biogas production during solid-state anaerobic digestion

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-012	2017	China

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	COMBINADO	Ahmed M. Mustafa, Tjalfe G. Poulsen, Yihua Xia, Kuichuan Sheng

PALABRAS CLAVES:	Rice Straw, Fungal pretreatment, Milling, Incubation time, Solid-state anaerobic digestion, Methane yield
COMPUESTO UTILIZADO:	Fresado y hongos <i>Pleurotus Ostreatus</i>
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Un tercio de la paja de arroz fue picado y luego molido para un diámetro máximo de 62 mm. El hongo <i>Pleurotus ostreatus</i> fue cultivado en placas de agar. Luego se picó 10 muestras de 200 gr. de paja de arroz. Se incubó a 100°C durante 24 h en bolsa de polietileno con los residuos de paja de arroz.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Este pretratamiento se evaluó durante la elaboración de biogás, en comparación con la paja de arroz no pretratada. En la combinación de pretratamientos dio como resultado la eliminación de lignina del 30,4%.
TIPO DE PROCESO:	No convencional complejo e integrada / en este caso se realiza una producción a escala laboratorio.
RESULTADOS:	) Máximo rendimiento de metano 258 mL/g VS) Aumento de rendimiento de metano 165%
CONCLUSIONES:	) Los efectos de los pretratamientos en degradación tuvo impactos significativos.) Amigable con el medio ambiente.) No genera residuos tóxicos) Es viable económicamente.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Enhancing enzymatic hydrolysis and biogas production from rice straw by pretreatment with organic acids

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-013	2016	TAILANDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Plaimein Amnuaycheewa, Rotchanaphan Hengaronprasan, Kittipong Rattanaporn, Suchata Kirdponpattara, Kraipat Cheenkachorn, Malinee Sririyanun.

PALABRAS CLAVES:	Organic acid pretreatment, Rice Straw, Saccharification, Biogas, Lignocellulosic biomass.
COMPUESTO UTILIZADO:	Ácido acético ($C_2H_4O_2$), ácido cítrico ($C_6H_8O_7$) y ácido oxálico ($C_2H_2O_4$)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Los pretratamientos se realizaron en un tapón de rosca de botella de 10% de paja de arroz con cada solución ácida (50ml) esto fue llevado a un horno a 80°C.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Se utilizaron los 03 pretratamientos para mejorar la eficiencia de la degradación de la enzima celulosa donde se evaluó, el tiempo de tratamiento, temperatura y concentración de ácido.
RESULTADOS:	) Rendimiento de biogás: 322,1 ml/g cuando se utilizaron cítricos el pretratamiento con ácido que era 7,40 veces más alto que la biomasa no tratada.
CONCLUSIONES:	) Las resultados de los pretratamientos fueron óptimos y se encontrado que el ácido oxálico era el mejor ya que produce un mayor azúcar reductor que el no tratado.) Genera residuos de $C_2H_4O_2$, $C_6H_8O_7$ y $C_2H_2O_4$.) No es económicamente viable a pequeñas escalas.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Improvement of methane production from rice straw with rumen fluid retreatment: A feasibility study.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-014	2016	INDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	BIOLÓGICO	Haibo Zhang, Panyue Zhang, Jie Ye, YanWu, Wei Fang, Guangming Zeng, Xiying Gou.

PALABRAS CLAVES:	Rumen fluid pretreatment, Rice Straw, Methane production, Anaerobic digestión, Modified Gompertz model.
COMPUESTO UTILIZADO:	Pretratamiento con rumen fluid
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Se utilizó 3 gr de paja de arroz y rumen fluid de 60 ml mezclándolos en flasks, luego purgado con N para quitar el O ₂ en un agitador a 120 r/min durante 12h, 24h, 48h, 72h, 96h y 120 h a temperatura constante de 39° C. Este proceso se llevó a cabo durante 30 días.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Este proceso dio lugar a un aumento de producción de biogás del 66,5% y aumento de producción de metano del 82,6%.
RESULTADOS:	) Producción de metano de 56,6 a 58,5%) Rendimiento máximo de metano de 285,1 ml/g
CONCLUSIONES:	) El pretratamiento de rumen fluid resulto ser eficaz para mejorar la biodegradabilidad de la paja de arroz y producción de metano.) El rumen de 24 h se considera óptimo debido a tiene 82,6% más de rendimiento de metano.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Comparing the hydrolysis and biogas production performance of alkali and acid pretreatments of rice straw using two-stage anaerobic fermentation.

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-015	2015	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Dianlong Wang, Ping Ai, Liang Yu, Zhongxin Tan, Yanlin Zhang.

PALABRAS CLAVES:	Rice Straw, Pretreatment, Hydrolysate, Anaerobic fermentation, Two-stage
COMPUESTO UTILIZADO:	Monóxido de Sodio (NaOH) y ácido clorhídrico (HCL)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Se concentró NaOH (0,5%, 1%, 2%, 3%, 4%, p/p), temperaturas moderadas (15 C, 30 C, 45 C, 60 C, 75 C) y el tiempo de retención (12 h, 24 h, 36 h, 48 h, 60 h) en la degradación de la paja del arroz. Y de la misma manera se concentra de HCl (0,5%, 1,0%, 1,5%, 2,0%, 2,5%, p/p), temperaturas moderadas (15 C, 30 C, 45 C, 60 C, 75 C) y el tiempo de retención (12 h, 24 h, 36 h, 48 h, 60 h) sobre la degradación de la paja del arroz.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	El compuesto del pretratamiento de NaOH y HCL se utilizó como sustrato para el estudio de fermentación anaeróbica por lotes. Estos neutralizaron el pH
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Los rendimientos de metano del hidrolizado alcalino fueron 193,2, 162,6, 135,8 y 89,4 ml/g en diferente concentraciones de 100%, 75%, 50% y 25%, respectivamente.) De manera similar, los rendimientos de metano del hidrolizado ácido fueron 275,5, 279,2, 248,7, y 287,0 ml/g
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) El pretratamiento alcalino fue más alto que el pretratamiento de ácidos.) Las condiciones adecuadas para la hidrólisis fueron del 2% (p/p), 60 h y 60 C con pretratamiento de NaOH.) Genera residuos de NAOH y HCL.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Different organic loading rates on the biogas production during the anaerobic digestion of rice straw: a pilot study

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-016	2016	INDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Jun Zhoua, Jun Yanga, Qing Yua, Xiaoyu Yonga, Xinxin Xiea, Lijuan Zhanga, Ping Weia , Honghua Jiaa,

PALABRAS CLAVES:	Lignocellulose, Paddy Straw, Pretreatment ,Sodium, hydroxide, Microwave, Biogas production
COMPUESTO UTILIZADO:	NaOH (hidróxido de sodio)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Se utilizó como pretratamiento NaOH (hidróxido de sodio) en diferentes concentraciones (2, 4, 6, 8, 10%) acompañado de irradiación de microondas (30 min, 720 w y 180°C)
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	La mayor concentración (10%) es el más eficiente ya que la alcalinidad baja la concentración de ácidos que resulta en una inhibición del crecimiento y la actividad de los microorganismos metalogénicos.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Producción de biogás: 297 mL/g en concentración de 10% de NaOH.) Aumento de producción de biogás: 54,7%
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Someter la paja de arroz al pretratamiento redujo el contenido de lignina 65% y sílice 88,7%.) Genera residuos de NAOH.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Enhancing ethanol and methane production from rice straw by pretreatment with liquid waste from biogas plant

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-017	2018	IRÁN

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	BIOLÓGICO	Forough Momayeza, Keikhosro Karimia, Ilona Sárvári Horváth

PALABRAS CLAVES:	Bioethanol Biomethane, Liquid anaerobic digestion, Dry anaerobic digestion, Enzymatic hydrolysis, Thermal pretreatment
COMPUESTO UTILIZADO:	Residuo líquido de biogás (BLW)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	El residuo obtenido de una planta digestora fue centrifugado a 4000 rpm durante 20 minutos, se realizó el pretratamiento con agua caliente. Donde la paja de arroz se mezcló con este líquido (93 ml) en 150 ml del reactor tubular de acero inoxidable y luego se realiza un baño con aceite a temperatura de 130, 160 o 190. El pretratamiento duro 34 días.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Producción de metano: 200 Nml/Gvs) El pretratamiento más eficaz fue el tratado con agua caliente a 190°C durante 30 o 60 min.) Aumento de rendimiento de hidrólisis 38 al 76%
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) El tratamiento de agua aumentó el rendimiento de la glucosa y el etanol, pero no en el biogás.) Es viable económicamente.) Amigable con el medio ambiente.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Alkali pretreatment at ambient temperature: a promising method to enhance biomethanation of rice straw

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-018	2016	INDIA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Deepa J. Shetty, Pranav Kshirsagar, Sneha Tapadia-Maheshwari, Vikram Lanjekar, Sanjay K. Singh, Prashant K. Dhakephalkar

PALABRAS CLAVES:	Rice straw, Bio-methane, Ambient pretreatment, NaOH.
COMPUESTO UTILIZADO:	Pretratamiento con concentraciones de NaOH con paja de arroz en reactores de vidrio de borosilicato de 250 ml.
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	La paja de arroz fue pretratada con NaOH a temperatura ambiente y el pH fue neutralizado con HCl. El ajuste del pH fue difícil cuando el contenido de paja de arroz era superior al 3,75% (p/v) debido al exceso de sólidos contenido
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Se evaluó la eficiencia del pretratamiento determinando la Demanda Química Soluble de Oxígeno de la paja de arroz
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) Rendimiento de biogás: 370 mL/g VS) Paja de arroz no tratada a 506 m/g VS cuando la paja de arroz fue pretratada para 3 horas con un 1% de NaOH.) contenido de metano del biogás fue aumentado por 20% (1% de NaOH)
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Pretratamiento de NaOH cambió el contenido de lignina y hemicelulosa de la paja de arroz. Máximo rendimiento de metano 20 (303 mL/g VS) se logró con paja de arroz tratada con 1% de NaOH a temperatura ambiente temperatura durante tres horas.) Genera residuos de NaOH.) No es viable económicamente.

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Comparison of two chemical pretreatments of rice straw for biogas production by anaerobic digestion

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-019	2015	CHINA

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE TRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Zilin Song, Gaihe Yang and Tong Zhang

PALABRAS CLAVES:	Biogas production, NH ₃ H ₂ O, H ₂ O ₂ , Pretreatment, Rice straw
COMPUESTO UTILIZADO:	Hidróxido de amonio (NH ₃ -HO) y Peróxido de hidrogeno (H ₂ O ₂)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Se trabajó en un digester con volumen de Gaige 1L. Las cantidades de NH ₃ -H ₂ O y H fueron disueltas en agua destilada para obtener concentraciones de 1%, 2%, 3% y 4% (p/p). Las soluciones preparadas de NH ₃ -H ₂ O y H ₂ O se añadieron a ocho vasos de precipitados que contenían 500 g de arroz, y la proporción entre sólido y líquido fue de 1:3, respectivamente. En cada digester se añadió 500 g de materia orgánica y 200 g de inóculo. El proceso de fermentación duro aproximadamente 30 días.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	El contenido de celulosa y hemicelulosa en la paja de arroz molida disminuyó notablemente en todos los tratamientos químicos, en comparación del punto en blanco.
RESULTADOS:	<ul style="list-style-type: none">) La producción de biogás para el pretratamiento de la NHO alcanzó su valor máximo (500 mL/g) el día 17 al 1%,) Mientras que se obtuvieron valores máximos de 548 ml/g (día 9), 700 ml/g (día 7) y 735 ml/g (día 5) para el 2%, 3% y 4%, respectivamente.
CONCLUSIONES:	<ul style="list-style-type: none">) Los resultados indican que una concentración de pretratamiento más alta es más eficaz para descomponer la matriz de lignocelulosa.) El pretratamiento con H₂O₂ al 4% y al 3% eran las condiciones óptimas para la producción de biogás de 327,5 y 319,7 ml/gVS respectivamente.) No es viable a escala laboratorio.) Genera residuos de Hidróxido de amonio (NH₃-HO) y Peróxido de hidrógeno (H₂O₂).

Fuente: Elaboración propia.



FICHA DE ANÁLISIS DE CONTENIDO

TÍTULO: Enhanced biogas production from rice straw, triticale straw and softwood spruce by nmno pretreatment

CÓDIGO	AÑO DE PUBLICACIÓN	LUGAR DE PUBLICACIÓN
PDA-020	2016	IRAN

TIPO DE INVESTIGACIÓN:	TIPO DE PRETRATAMIENTO:	AUTOR (ES):
EXPERIMENTAL	QUÍMICO	Anna Teghammar, Keikhosro Karimi, Ilona Sarvari Horvath, Mohammad J. Taherzadeh

PALABRAS CLAVES:	Spruce, Rice straw Triticale straw Biogas N-methylmorpholine-N-oxide Pretreatment
COMPUESTO UTILIZADO:	Óxido de N-metilforlina (NMMO o NMO)
CONDICIONES DEL PRETRATAMIENTO:	Los tratamientos previos se realizaron en Erlenmeyer de 500 ml que contiene 100 g de paja de arroz al 7,5% de solución de NMMO. El experimento duro 7 semanas.
JUSTIFICACIÓN DE LA MEJORA:	Los efectos de los tratamientos previos se evaluaron realizando digestiones anaeróbicas por lotes y comparando los rendimientos acumulados de metano y las tasas de digestión de las lignocelulosas no tratadas.
RESULTADOS:	) El pretratamiento dio como resultado para 15 h volumen de metano: 245 Nml/g) Aumento de producción de metano: 95%
CONCLUSIONES:	) El NMMO aumenta potencialmente la producción de biogás de la paja de arroz, que se encuentra entre el 400 y el 1200% de aumento de metano.) El 98% de disolvente del pretratamiento se recuperó luego donde se realizó la producción de metano.) Residuos de Óxido de N-metilforlina (NMMO o NMO).) Económicamente no viable.

Fuente: Elaboración propia.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, ALARCON VILCHEZ EDUARDO MARTIN, TORRES CALDERON ANGEL GUILLERMO estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA ESTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "REVISIÓN SISTEMÁTICA: PRETRATAMIENTOS EN LA DIGESTIÓN ANAERÓBICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIOGÁS CON RESIDUOS DE ORYZA SATIVA", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. Hemos mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumimos la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual nos sometemos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Nombres y Apellidos	Firma
ANGEL GUILLERMO TORRES CALDERON DNI: 46374529 ORCID 0000-0002-4153-3466	Firmado digitalmente por: ATORRESC7 el 22-12-2020 17:35:25
EDUARDO MARTIN ALARCON VILCHEZ DNI: 72571959 ORCID 0000-0002-9044-5163	Firmado digitalmente por: EALARCONV el 22-12-2020 17:46:21

Código documento Trilce: TRI - 0091662

